

UNIVERSITÀ DELLA CALABRIA - DIPARTIMENTO DI FILOSOFIA
DIPARTIMENTO DI CHIMICA - GRUPPO NAZIONALE DI FONDAMENTI
E STORIA DELLA CHIMICA

ATTI DEL III^o CONVEGNO NAZIONALE DI STORIA E FONDAMENTI DELLA CHIMICA

A CURA DI
F. ABBRI - F. CRISPINI



EDIZIONI BRENNER

UNIVERSITÀ DELLA CALABRIA - DIPARTIMENTO DI FILOSOFIA
DIPARTIMENTO DI CHIMICA - GRUPPO NAZIONALE DI FONDAMENTI
E STORIA DELLA CHIMICA

ATTI DEL III° CONVEGNO NAZIONALE DI STORIA E FONDAMENTI DELLA CHIMICA

A CURA DI
F. ABBRI - F. CRISPINI



EDIZIONI BRENNER

Indice

F. Abbri, F. Crispini	Pag. 7
<i>Premessa</i>	
J.H. Brooke	
<i>Chemists in their Contexts: Some Recent Trends in Historiography</i>	» 9
M. Pereira	
<i>Fermentum, medicina, quinta essentia nel Testantum attribuito a Raimondo Lullo</i>	» 29
P. Carusi	
<i>«Il giardino allegorico di Bernard Palissy tra l'«Hypnerotomachia Poliphili» attribuita a Francesco Colonna e la «New Atlantis» di Francesco Bacone»</i>	» 45
L. Bona Quaglia e S. Tira	
<i>Sulla sezione di scritti alchimistici greci di un manoscritto torinese del XVI secolo e sul suo lessico</i>	» 57
E. Curi	
<i>Le analisi chimiche delle acque delle terme di Caldiero nel XV e XVI secolo</i>	» 61
M. Beretta	
<i>Chimica e storia nel XVIII secolo</i>	» 73
V. Giormani	
<i>Il laboratorio di chimica all'Università di Padova nel '700: un modello per Parma, Firenze e Torino</i>	» 83
M. Miniati	
<i>La collezione di chimica del Museo di storia della scienza di Firenze</i>	» 93
F. Abbri	
<i>«Chemistry turned upside down»: aspects of the Italian debate on Lavoisier's theory</i>	» 101
P. Amat di San Filippo	
<i>La chimica in Sardegna, nel periodo Sabauda (1750-1848)</i>	» 113
A. Di Meo	
<i>Visibile ed invisibile nella chimica</i>	» 121
A. Bassani	
<i>La lenta legittimazione dell'analisi volumetrica: da Descroizilles (1806) a Ostwald (1894)</i>	» 131
A. Lundgren	
<i>Berzelius, Dalton and chemical atoms</i>	» 163
F. Decet	
<i>Un apparato per la dilatazione dell'aria: 1300-1800</i>	» 169

L. Cerruti <i>Payment by Results: l'insegnamento della chimica nell'Inghilterra vittoriana e la figura di W.A. Tilden</i>	Pag. 181
F. Calascibetta <i>Il problema della composizione delle sostanze: il ruolo degli esperimenti e delle teorie</i>	» 195
G. Levi <i>Vigilanza igienica sul latte a Torino 1890-1920</i>	» 205
N. Nicolini <i>La cromatografia romantica di Runge</i>	» 217
L. Paoloni <i>La struttura molecolare del benzene: origine stereochimica delle formule sbagliate</i>	» 225
G. Marino <i>I chimici italiani e il regime fascista negli anni venti e trenta</i>	» 255
P. Antoniotti <i>H. Eyring e i primi studi quantistici della reattività chimica</i>	» 265
P. Amat di San Filippo <i>Alcune antiche ricette di inchiostro per scrivere</i>	» 279
A. Drago <i>Le scelte fondamentali della chimica-fisica</i>	» 291
A. Drago, O. Vitiello <i>L'origine dell'idea di ciclo in S. Carnot</i>	» 299
G. Semerano <i>I 150 anni della Fotografia (1839-1989). Il contributo della Scuola del Prof. Arturo Miolati. «L'Imaging Science and Technology»</i>	» 307
I. Iannaccone <i>Il fondamentale lavoro di Xu Shou (1818-1884) nella storia della chimica in Cina</i>	» 329
P. Manzelli <i>Energia/Materia/Informazione</i>	» 339
C. Fiorentini <i>La necessità, sul piano educativo, del rapporto tra psicologia dell'apprendimento e storia della chimica</i>	» 351
D. Potenz <i>«Evoluzione storica dei metodi per il trattamento delle acque di vegetazione dei frantoi oleari»</i>	» 361
I. Falomo, G. Semerano <i>Ricordo di Giuseppe Fracasso</i>	» 377
P. Amat di San Filippo <i>Michele Giua</i>	» 381
G. Semerano <i>Luigi Amati: un esempio e un insegnamento</i>	» 391

Premessa

Ci pare certamente significativo, e per questo lo sottolineiamo, il fatto che il III° Convegno Nazionale di storia e fondamenti della chimica si sia tenuto presso l'Università della Calabria, a Cosenza organizzato in modo ottimale dal dipartimento di Filosofia, e che nel corso delle sue giornate abbia visto la presenza numerosa di studenti, di insegnanti della scuola media superiore, di colleghi dei Dipartimenti scientifici, conoscendo altresì una vasta eco nella città e nella Regione. Si è trattato di un momento fruttuoso di confronto tra storici delle idee, della chimica, del pensiero scientifico, e di chimici, i quali, nelle discussioni che ogni relazione ha suscitato, sono intervenuti con contributi anche immediati di non scarsa rilevanza.

Ciò che è emerso con chiarezza nel corso dei lavori è la convinzione, assai diffusa, che esiste un terreno filosofico sul quale non è difficile mettere a raffronto gli interessi che attraversano gli ambiti delle scienze, il che ci pare possa rappresentare un importante risultato che certamente non sfuggirà a chi vorrà dedicare attenzione agli Atti che presentiamo.

Gli stessi convegnisti non hanno risparmiato elogi a tutti coloro che si sono prodigati per la riuscita più efficace del Convegno. Ci si consentirà quindi che anche noi ringraziamo il Segretario Amministrativo del Dipartimento di Filosofia Sig.ra Nicolina Migaldi che, insieme alla Sig.ra Piera Pecora e al Sig. Giuseppe Palermo, ha coordinato intelligentemente la segreteria organizzativa e seguito le diverse fasi.

Non minore è stato l'impegno della Sig.ra Angela Trombino e dei Sigg.ri Riccardo Allevato, Franco Doninelli (il quale ha, per altro, predisposto per la stampa la relazione del Prof. Semerano), Luigi Misasi e Vittorio Ripoli, tecnici del Dipartimento di Filosofia.

Il Dott. Antonello La Vergata è stato di grande aiuto nella fase preparatoria e durante i lavori del convegno.

Un ringraziamento e un saluto vanno rivolti al M.R. dell'Università della Calabria Prof. Rosario Aiello, ai Presidi delle Facoltà di Lettere e Filosofia e di Scienze Matematiche, fisiche e naturali Prof.i Giancarlo Alessio e Nicola Uccella, al Direttore del Dipartimento di Chimica Prof. Giuseppe Chidichimo, al Presidente del Gruppo Nazionale di Fondamenti e Storia della Chimica Prof. G.B. Marini Bettolo e al Prof. Eugenio Torracca.

Un particolare ringraziamento alla Eurobase S.p.A. di Milano, il cui contributo finanziario ha reso possibile la presenza del Dr. A. Lundgren dell'Università di Uppsala.

Università della Calabria, giugno 90

Ferdinando Abbri

Franco Crispini

John Hedley Brooke

University of Lancaster

Chemists in their Contexts: Some Recent Trends in Historiography

Introduction

There is a temptation for historians of science, as well as scientists themselves, to emphasise their originality by exaggerating the contrasts between recent developments and earlier work in their field. The danger in both cases is that new work takes on an apocalyptic quality and the often fine work of previous generations is made the object of caricature. I shall try to resist that temptation in this essay. As Colin Russell has shown, the great chemists of the past often deserve our respect, and not our condescension, for the seriousness of their historical enquiries¹.

At the same time, to appreciate why historians of science talk so much about *context*, it is important to recognise that, in many earlier approaches to the history of science, the principal concern was to relate the science of the past to the science of the present with little or no regard to the circumstances in which that earlier science had been conceived. For reasons which may be worth discussing, chemists in particular would write the history of their subject in this way — praising their predecessor who had guided chemistry into its modern path. I must, therefore, say a few words about this style of history of science — partly because it is not entirely dead, and partly because it does throw recent trends into relief. There are four words which may help to describe the approach to the history of chemistry that was routine about 25 years ago:

Celebration. The idea was to celebrate the achievements of the past, to confer dignity and importance on one's subject. This practice often had nationalistic overtones. The most famous example, which every historian of chemistry likes to quote, is that of the French chemist Adolphe Wurtz — who opened his own history with the proposition that chemistry is a French science founded by Lavoisier of immortal memory. In England, of course, it was a different story: the father of modern chemistry was Robert Boyle! Both Lavoisier and Boyle were credited with having given the first modern definition of an element, even though they lived 100 years apart.

This kind of celebration often featured in a *scientific* presentation. In the early years of the 19th century when England was at war with France, the English chemist Humphry Davy manipulated the patriotic feelings of his audience at the Royal Institution in order to strengthen his own attack on Lavoisier's view that oxygen was the principle of acidity. He achieved his victory by showing that oxygen was a component of alkalis and that other elements than oxygen could behave as acidifiers. Where the French chemists had believed chlorine to contain oxygen, Davy showed that it was an element. Actually, Italian science had a role in Davy's victory. It was the battery of Alessandro Volta that Davy used against the French².

Anticipation is my second word to characterize the old historiography. Studies of the history of chemistry were often dominated by the question: who was first to formulate or anticipate the modern view? It is quite understandable why this question should be so prominent. After all, scientists do get their kudos and their fame from discoveries that are deemed to be original and supposedly enduring. But the effect was to divide the chemists of the past into heroes and villains — the heroes like Lavoisier, who gave chemistry its modern form; and villains like Priestley, who was still clinging to phlogiston when he perished in America.

Autonomy. In the older historiography, it was often assumed that the sciences were autonomous, having their own inner logic of development. Progress had come about through experimental solutions to theoretical problems that had simply been inherited from the previous generation. This approach to the history of science was eventually described as "internalist" because it failed to recognize that the choice of problem on which a chemist worked could be dictated by external factors — by broader cultural concerns. For example, a scientific institution such as the French Academy of Sciences would decide the topics for which prizes were to be awarded — and this could change the direction of research³. To stress the autonomy of science was to miss the way in which new priorities for research could be determined. The blockade on sugar imports to France during the Napoleonic wars meant that French chemists were encouraged to find synthetic substitutes — and they did advance the subject of carbohydrate chemistry even if many of their products were sticky and unpalatable⁴.

Continuity is my fourth word to characterise the older historiography. The practice of using modern science to provide the criteria by which past science is judged only makes sense if there is a genuine continuity in the development of scientific disciplines. To give an earlier chemist the credit for anticipating later results assumes that he was doing the same sort of thing as his chemical successors — that his intentions and practise were essentially the same. It would be possible to sustain this view if science were only concerned with the accumulation of facts. The prob-

lem is that it is not. As soon as the theoretical structures and ambitions of earlier scientists are uncovered, it becomes clear that direct comparisons with later work can be largely meaningless.

It may even turn out that what superficially looks like an anticipation of later science cannot possibly be construed in that way. There is the famous example of Boyle: far from giving a modern definition of an element, Boyle was actually trying to show that there were *no* elements in the sense of undecomposable units corresponding to the ingredients of what we would call compounds. The basic building blocks of matter, the corpuscles, could be rearranged and reconstituted at a sub-elemental level. Boyle certainly attacked the view that the four elements of Aristotle or the 3 principles of Paracelsus were present in *all* substances — but his principal concern was to construct a mechanical, hierarchical chemistry in which reactions were to be explained at the corpuscular, the microscopic, level. As soon as Boyle is studied in context, the familiar story gets turned upside down. Far from adopting a modern definition of an element in opposition to the practices of the alchemist, Boyle's conception, grounded in an ultimate unity of matter, made transmutation seem more not less likely⁵.

1. The Question of Intellectual Context

I do not wish to spend further time on the older historiography — except to say that its shortcomings were already being exposed when I first became acquainted with the history of science in the mid-1960s. The work of Alexandre Koyré on Galileo had re-opened questions on continuity and discontinuity in the Scientific Revolution. And one reason why the classic study of Thomas Kuhn was making such an impact was that it had succeeded in articulating reservations that were being keenly felt at the time. It did far more, of course. But Kuhn's book consistently emphasised that past science had to be studied in its own terms — that to understand it, one had to get inside the intellectual paradigm to which it belonged. Against the view that the sciences have advanced through the linear accumulation of facts, Kuhn stressed the theoretical context in which experimental work was conducted. One of his favourite examples to show that facts were theory-laden came from the history of chemistry. When Lavoisier gave oxygen its name, it carried the theoretical meaning of acid-producer. There was a sense in which Lavoisier invented oxygen, not merely discovered it. It was possible for both Priestley and Lavoisier to *look at* the same combustion reaction and yet to *see* something different — in one case the loss of phlogiston; in the other, the gain of oxygen.

Kuhn's analysis spectacularly destroyed the "continuity" assumption to which I earlier referred. His conception of scientific revolutions, resulting in the displacement of one paradigm by another, cut right across any facile attempt to compare the past with the present. The extent to which, and on which levels, each

paradigm may be said to be incommensurable with its predecessor has of course become the subject of a specialised literature. But the effect of Kuhn's analysis was to endorse the value of serious historical enquiry. The shared assumptions of past scientific communities had to be identified.

I should like to give two examples from the history of chemistry which illustrate how popular myths collapse when the theoretical context of scientific work is made transparent:

One of the most famous myths in the history of organic chemistry is that Wöhler's synthesis of urea in 1828 dispelled vital forces from the science. If the chemist could imitate a natural product by artificial means, vital forces surely became redundant? When I first worked on the context of Wöhler's synthesis, I discovered several features which seemed to call for a different interpretation⁶:

i) Not all chemists had doubted that artificial synthesis would be possible. In France, Chevreul, for example, had predicted that it would soon be accomplished.

ii) Even among chemists who did express doubts, the failure to achieve an artificial synthesis was not considered evidence for a vital force. This was certainly true of Berzelius, who made his position clear in a letter to Agardh of 1831.

iii) Where doubts were expressed, these were often concentrated on the question whether chemists would be able to achieve a direct synthesis: from the four elements carbon, hydrogen oxygen and nitrogen alone. It should be noted that Wöhler's synthesis made no difference to this issue because his was *not* a direct synthesis.

iv) Studied in context, Wöhler's production of urea from potassium cyanate and ammonium chloride also raised the questions whether a crucial experiment is possible in science. It was always possible to follow the lead of the German physiologist Johannes Müller and declare that, as a waste product from an organism, urea was not a true organic compound!

v) It is also necessary in such cases to distinguish between the imitation of nature and the replication of nature. Wöhler succeeded in imitating nature by obtaining a natural product. But he did not replicate nature. The conditions under which his reaction proceeded involved high concentrations and high temperatures that could not possibly occur in a living organism. In fact the contrast between the silent operations of nature and the methods employed by the chemist could always support the case for a vital force *in vivo*!

vi) Finally, when placed in context, it turned out that there was a special reason why chemists expressed surprise at Wöhler's result. He had produced one of the

most striking early examples of isomerism. He had expected to obtain ammonium cyanate; but he got urea instead. The context was one in which the existence of two different compounds with the same empirical formula had been doubted. His synthesis caused excitement as much for this as for any threat to vitalism.

My second example may be more familiar because it concerns the fate of Avogadro's hypothesis. It is well known that in 1811 Avogadro showed how one could explain Gay-Lussac's laws of gaseous combination by suggesting that molecules were divisible. It is also well known that Cannizzaro later showed how Avogadro's hypothesis could be used to achieve consistency in the determination of atomic weights.

Superficially it appears strange that the value of Avogadro's work was not appreciated in the 50 years between. On the old historiography the natural question to ask was why the hypothesis had been disregarded for so long when it obviously anticipated later developments. When we examine the intellectual context, however, the mystery quickly disappears. Avogadro's hypothesis required molecules of the form X_2 , X_4 , etc.. This was simply incompatible with Dalton's atomic theory and that of Berzelius. In the one case there would be repulsion between identical heat atmospheres; in the other, repulsion between identical electrical polarities. A species of the form X_2 would be intrinsically unstable⁷.

The question of context is vital here, because it is not even clear that Avogadro was interested in determining atomic weights. His principal aim seems to have been the determination of chemical affinities, a project which, following Berthollet, was fast becoming obsolete. A similar point applies in the case of the French physicist and chemist, Ampère. He also admitted the possibility of species in which the molecule of a gas was divisible. Indeed his name has often been associated with that of Avogadro. But when the context of Ampère's work is examined, it turns out that he was not principally concerned with the determination of atomic weights either. The reasons he played with molecules of the form X_4 was derived from his interests in crystallography. Drawing on the work of Haüy, he realised that if molecules were 3-dimensional structure, then the minimum number of constituent particles had to be four⁸.

There are many such examples one could give from recent research. They show that when chemists are placed in the context of their times their objectives and intentions often turn out to be radically different from later text-book reconstructions. A further example comes from recent work by Pierre Laszlo at the École Polytechnique in Paris. He has reexamined a myth surrounding the chemical inertness of the rare gases. The usual assumption has been that in the period following their discovery — from 1895 to 1933 — their inertness was more or less taken for granted. But Laszlo has shown that this was not the case at all. In that period there were numerous attempts to make compounds of the noble gases. It was only later, during the mid-1930s, that the octet rule in electronic theory

helped to turn experimental failure into a theoretical dogma. From about 1933 to 1962, the octet theory did then paralyze experimentation in that field⁹.

Each of these examples shows how vital it is to uncover the theoretical assumptions that have been part of the context in which chemists have worked. Only in this way can we understand the controversial character of chemical innovations. I have been particularly struck by the fact that almost every theoretical innovation in 19th-century chemistry that we take for granted was greeted with hostility at the time it was put forward¹⁰.

The atomic theory of Dalton was disparaged by Berzelius. Gay-Lussac's law of combining volumes was in turn resisted by Dalton. In organic chemistry theories of substitution developed by the French chemists Laurent and Dumas were ridiculed by Berzelius as thick-fog chemistry and against the «first principles of the science» — namely his electrochemical theory. Laurent's 3-dimensional structures for hydrocarbons were criticised by Liebig as speculative and premature. When van't Hoff proposed the tetrahedral carbon atom in 1874, he was duly satirised by Hermann Kolbe for his vision of atoms arranged in space.

When chemists are placed in their contexts, the history of their innovations becomes truly exciting. In his autobiography, the American chemist Herbert C. Brown recalls a symposium held in St Louis when he first proposed that many non-classical structures for carbonium ions rested on weak foundations. He had expected to receive a fair hearing. But so entrenched had the conventional theory become that he experienced violent opposition. In his own words, it was as if he were guilty of heresy. A "holy war" had been declared upon him by the priesthood of professional chemists¹¹.

2. The Question of Social Context

My title was chemists in their contexts. But so far, I have been concerned exclusively with the intellectual context — the theoretical context — of innovation. For *recent* trends in historiography, we need to turn to the social context of science. There is nothing particularly new in stressing the social, political and economic contexts in which chemistry gained its independence from medicine during the 18th century. The question why chemistry (or any science) should be studied at all raises obvious questions about the value attached to particular forms of science by the societies in which they have been promoted. Recent work has, however, helped to document the *diversity* of claims made on behalf of scientific utility.

The promotion of chemistry in the 18th century dependend to a large degree on claims for its social and economic utility. In Britain, the rhetoric of Joseph Priestley illustrates the point. He argued for the patronage of chemistry on the grounds that it was useful in at least 4 respects:

i) It was *economically* useful: he himself carried out analyses of the clays that were used in the famous pottery of Josiah Wedgwood¹².

ii) It was *socially* useful in the sense that it offered prospects for improving human comforts. Every gas that Priestley discovered was hailed as a boon to humanity. One of my favourite examples occurs in a letter written to Volta in June 1777, where the preservation of food was the subject: «yesterday we ate a pigeon which I had kept in nitrous air near six weeks. It was perfectly sweet and good... [though] the water in which it had stood was very putrid»¹³. He thought that shaking water with what we call carbon dioxide would create a cure for the sailor's disease of scurvy. And he even predicted that his dephlogisticated air (what Lavoisier would call oxygen) might be marketed as a fashionable, luxury article.

iii) Chemistry for Priestley was also *politically useful* because, as with all the rational sciences, it would help to eliminate superstition. It would help to break the prejudices through which a corrupt and arbitrary alliance between Church and State was maintained¹⁴.

iv) It was also *spiritually* useful because it provided evidence of God's Providence in the world. Priestley himself studied the process of vegetation because he saw that nature must have a way of replenishing the air that was phlogisticated and fouled by human respiration. Chemistry helped to show that nature was an organized system designed by Providence for human happiness¹⁵.

It should not be overlooked that chemistry was sometimes valued for the scope it gave to anti-religious rhetoric. Since it was preeminently the science that promised to transform, to improve, the world, it was difficult to reconcile with an orthodox natural theology. One of the most conspicuous materialists in early 19th-century England, Richard Carlile, prized chemistry above all the sciences because it showed that «all known effects are compounds of gases»¹⁶. A spokesman for working-class radicalism, William Chilton, was particularly struck by the synthetic powers of the chemists. He implied that it was only a matter of time before men could manufacture men — a neat method of reducing labour shortages¹⁷.

It has become increasingly common to stress such social dimensions of science. The utilitarian aspects of Priestley's work, for example, were not given prominence in Kuhn's analysis. But for the most challenging recent trends, we need to go further. What are the theoretical considerations that have demanded greater attention to social context?

3. Five theoretical considerations

I have picked out 5 considerations that seem to have a special place in recent historical analysis. I shall introduce them in general terms first. Then, in the following section, I shall try to illustrate their importance for an understanding of Lavoisier's chemical revolution.

i) Historians of science have become increasingly aware that experimental results do not have power in themselves. Certainly they are used in scientific controversies to advance one interpretation at the expense of another. But rarely if ever do they resolve a controversy in an immediate and crucial way. Opponents can always question the results or reinterpret them according to their own theory. Recent work in the sociology of science has revealed the extraordinary difficulties that can arise when attempts are made to replicate experiments¹⁸. Few scientists have been as diligent and scrupulous as Priestley in describing the details of his experiments. In his case it was a deliberate attempt to encourage others to perform them for themselves. But even he acknowledged that there were problems. However complete the description, a certain grasp of experimental technique was required that could only be taught by example.

ii) A second consideration follows from this. The resolution, or closure, of scientific controversies is not an immediate or straightforward process. It involves complex negotiation over the meaning to be attached to new data. The social dimension intrudes here because the weight attached by participants to the interpretation offered by a particular scientist will depend on the status and perceived competence of that scientist in his field. In what is probably the most thorough examination of any scientific controversy, Martin Rudwick has stressed that in following the course of debate, the historian must be aware of a «gradient of attributed competence»¹⁹. The contribution of a relatively inexperienced outsider will not be accorded the same weight as that of the established doyen. To complicate matters further, there have been controversies in the development of chemistry which show that the perceived competence of a particular authority can itself change during the course of the controversy. It seems to me that in the famous debate over chlorine substitution, Berzelius had a greater perceived authority in 1839 than in 1843 when the issue was effectively closed²⁰.

iii) The third consideration, which is really an alternative way of formulating the preceding two, is often expressed in this way: scientific theories are underdetermined by the experimental facts that they purport to explain. This may sound abstract and difficult, but for the historian it raises a crucial question. If two or more theories can fit the facts more or less equally well, on what grounds do scientists choose one rather than another? The relevance of social context becomes critical

here, because beliefs rooted in a broader culture may, sometimes quite unconsciously, affect the choice.

A classic example is provided by a different science-astronomy in the 17th-century. In the choice between Copernican, Ptolemaic and Tyconic systems, one can readily understand why Jesuit astronomers favoured the "compromise" model suggested by Tycho. It had the mathematical advantages of the Copernican system in that all the planets (but not the earth) had orbits centred on the sun. And it also had the conventional advantages of the geostatic world, with reference both to biblical exegesis and to man's place in the cosmos. The history of chemistry may not show such spectacular examples, but the general point applies. One could make a case for saying that Robert Boyle's preference for a mechanical philosophy in chemistry was at least reinforced by his religious sensibilities. Boyle was looking for a natural theology that would transcend the sectarianism of the period when England was without a king. Mechanical images of nature were attractive because they promoted concepts of design on which all men might agree. One of the virtues of chemistry in Boyle's mind was that it offered empirical support for his mechanical philosophy, which in turn emphasised the Sovereignty of God rather than any autonomous powers of "nature"²¹.

iv) A fourth consideration relates to the reception of scientific innovation. In the old historiography it was often assumed that scientific truths were self-evidently true. Once established they would automatically percolate through a rational scientific community. In recent scholarship the emphasis has been different. It has been recognised that scientists have had to work hard to disseminate their ideas. And the historian of course has to work hard to find out how they did it! In the popularisation of scientific innovation the social dimension is once again crucial. This is because scientific ideas are often taken up by publicists who exploit them for their own purposes. There are classic examples in the popularisation of Newton and Darwin. The irony is that both their names were invoked to support diametrically opposite creeds, whether religious or political — but in the process they became household names²².

The importance of social context when considering the reception of scientific theories is thrown into relief by comparative studies. The reaction to Newton, to Lavoisier and to Darwin varied from one national context to another. Philosophers of science may not be interested in this kind of diversity, but for the historian it constitutes an absorbing challenge. The question becomes: what was distinctive in each scientific culture that might explain the differences in receptivity?

v) Finally, there has been a growing realisation that statements made by scientists about their principles of method have to be treated with suspicion. It is not pos-

sible to generalise about this, but in many cases the claim to be pursuing the correct method functions as a rhetorical device²³. It provides a justification for a particular stand, rather than an accurate record of practical procedure. The notion of a unique scientific method has been useful to the scientific community in projecting a united image before a public it has tried to impress. But for the historian the projection conceals more than it reveals. The concealment was well understood by Darwin who wrote to a young naturalist: «Let theory guide your observations, but till your reputation is established, be sparing of publishing theory. It makes persons doubt your observations»²⁴. Exactly that same advice was given by Liebig to his protégé Charles Gerhardt, who was jeopardising his job prospects, so Liebig insisted, by his precocious theorising²⁵. The conclusion has to be that statements about methodology serve purpose (such as the regulation of career prospects) that can be analysed in social terms. It does not follow, of course, that their meaning need be *exhausted* by sociological reduction²⁶.

4. Recent Trends in the Historiography of the Chemical Revolution

Because each of these five points may appear rather abstract, I should like to illustrate each in turn by reference to the familiar example of Lavoisier and the so-called “chemical revolution”.

i) The question of the crucial experiment.

In his recent commentary on the work of John McEvoy, Professor Abbri has correctly observed that no-one today would present the chemical revolution as a triumph of Lavoisier's empiricism over Priestley's speculative metaphysics²⁷. One reason why that formula does not work is that Priestley would have seen himself as the empiricist repudiating Lavoisier the metaphysician. Lavoisier may have had his crucial experiment with mercury and its calx; but Priestley felt he had one too. When a current of hydrogen, or inflammable air as it was known to Priestley, was passed over red lead, metallic lead was obtained. Since the inflammable air was supposedly rich in phlogiston, to Priestley this reaction was visual proof of the equation “calx plus phlogiston equals metal”. We can see the flaw easily enough: how would Priestley account for the water produced? But since he performed the experiment over water, it simply did not show up²⁸. It was a case of competing claims for a crucial experiment. And we must not forget that for some French chemists, the issue of weight gain on combustion was not decisive. It is reported that when Pierre-Joseph Macquer learned that Lavoisier's demonstration was to be based on considerations of weight, his reaction was that he therefore had nothing to fear.

ii) Our second point was the realization that scientific controversies are resolved through long processes of negotiation. It is a good question whether the dispute between Lavoisier and Priestley was ever fully closed. I say this not because the latter refused to give in, but because Humphry Davy was still speculating on a common ingredient in the metals after Priestley's death²⁹. True he did not call this common ingredient phlogiston, but he certainly considered that it might be hydrogen. Moreover, parts of Lavoisier's system did not triumph; his oxygen theory of acidity for example.

One characteristic of prolonged scientific controversies seems to be that each side modifies its position during the period of negotiation. A good feature of recent work is that there is a greater sensitivity to the changing trajectory of each participant. We should not assume, for example, that Lavoisier and Priestley retained the same positions from 1772 onwards. In fact there are now new perspectives both on Lavoisier's point of departure and Priestley's final position.

A standard view has been that Lavoisier effectively undermined the phlogiston theory during 1772 as he observed the weight gain when phosphorous and sulphur were burnt. As Carl Perrin has shown, however, Lavoisier's starting point was a position quite different from his eventual analogy between combustion and calcination. The first hypothesis for which he wished to protect his originality was not incompatible with a phlogistic model: he believed that the metals might all contain an abundance of air. He had been struck by the fact that air was released when a metal dissolved in acid. In fact Perrin has shown that Lavoisier's original aim was not to refute Stahl's theory — as retrospective accounts have always assumed. Rather, Lavoisier set out to *complement* Stahl's theory³⁰. In his draft memoir on calcination (November 1772) he speculated that air entered bodies as phlogiston left them. It was a case of both/and, not either/or. There is even evidence that Lavoisier was using a phlogiston theory as late as 1776 to explain how respirable air [oxygen] was turned into fixed air [carbon dioxide]³¹.

Did Priestley change his position during the controversy? As Lavoisier's chemistry became the new orthodoxy, his tactics do appear to have changed. His objection was increasingly directed against Lavoisier's claim that the oxygen theory had been *proved* by a crucial experiment. He could therefore afford to say that neither the oxygen theory nor the phlogiston theory could be conclusively proved. They both transcended the empirical results of analysis³². Nor was Priestley isolated in this view. The chemical entrepreneur James Keir made the same point as he stuck with phlogiston. It was the arrogance of Lavoisier as a theoretician to which they both took exception. It is almost as if Priestley were saying that claims for the experimental *proof* of a scientific hypothesis are bound to be exaggerated. It is almost as if Priestley himself anticipated the sociologists of science!

iii) Our third point concerned the relevance of the wider cultural context, which might explain why one theory is preferred to another when, in other respects, there is nothing to choose between them. Priestley's rational Christianity may provide a clue here. He was ever anxious to display the economy and rationality of the natural world. As with Humphry Davy later, he cherished those concepts which had the effect of unifying natural phenomena. Of course Lavoisier's chemistry achieved a unification in certain respects. The oxygen theory brought under one umbrella the phenomena of combustion, calcination, respiration and more problematically that of acidity. But at a cost. The cost was that once Lavoisier had finally rejected phlogiston there was nothing left to explain why the metals had common properties. For Priestley phlogiston had the edge as a unifying concept because all the metals contained it.

As Professor Abbri has indicated, the question is: should we not problematize Lavoisier as well? Was he not working in a specific cultural context too? It is obvious from his book, the *Elements of Chemistry*, that Lavoisier drew on resources outside chemistry itself. The justification he gave for reforming chemical language was based on the logic of Condillac. And Condillac himself had been concerned with prerequisites for educational reform. He had outlined a programme for linguistic reform in which he claimed that reasoning in the non-mathematical sciences could approach the clarity of reasoning in algebra. The crucial pre-requisite was that the connections between ideas should be clear from their names³³.

This is, of course, precisely what Lavoisier did for the language of chemistry. He constructed equations for chemical reactions which resembled the equations of the mathematicians. And in Lavoisier's chemistry the name of the compound gave direct access to its composition. There were linguistic rules which told you that sulphate of potash was made from sulphuric acid and potash; linguistic rules which defined such chemical genera as acids, oxides and sulphides. And to the chagrin of his opponents, his vocabulary presupposed the correctness of his oxygen theory. I do not know whether this question has yet been answered; but it would be useful to know at what stage Lavoisier began to create an identity for himself as a self-conscious exponent of Condillac's programme. Was it that Condillac's linguistic philosophy simply provided a convenient vehicle for the presentation of the new chemistry; or did it eventually structure Lavoisier's whole way of thinking? If it did that, then there is much more to the context of Lavoisier's work than his acquisition of experimental skills, or his quantitative approach.

One point has become clear. In the period following the Revolution and the Terror, Condillac's philosophy enjoyed a resurgence in France, championed by the *Idéologues*. In both his life and his death, Lavoisier helped to make this possible. In his life because the *Idéologues* could point to his chemistry as a triumphant vindication of Condillac's vision. But in his death, too, because the fact

that he had been beheaded by the Jacobins, allowed the Idéologues to reject the accusation that they were Jacobins at heart³⁴. The more highly one valued the chemistry of Lavoisier, the more one discredited the politicians who had executed him. The relationship between science and its cultural context can take many forms!

iv) The fourth point referred to differential receptivity in different contexts. The spread of Lavoisier's chemistry makes an obvious case-study. How was it received in different national contexts? This is obviously an enormous question, but historians of chemistry have begun to tackle it. In a recent issue of *Osiris* there are valuable essays on the new chemistry in Spain, Sweden and the Netherlands. The situation in Spain seems to have been distinctive in that chemistry teaching was institutionalized at just the time that Lavoisier was developing his theories. There were no schools in Spain where the phlogiston theory had become entrenched. Moreover, a young generation of Spanish chemists were trained in France — hence a fairly rapid acceptance. But Spain also appears to be distinctive in that even among antiphlogistic chemists, Lavoisier's theory of acidity was openly criticised³⁵.

In his essay on the new chemistry in Sweden Professor Lundgren has disposed of the myth that it was accepted relatively late. It appears to have been accepted with relatively little debate, especially in theoretical issues and in experimental physics. But Lundgren's study has the added virtue that it differentiates between different contexts within the same country. Among the technologists and mineralogists associated with the mining industry, there was less interest in theoretical discussion in the first place. But in the second place, the phlogiston theory met their needs perfectly well. There were not the same pressures for change as in the universities. Another characteristic of the Swedish chemists seems to be the ease with which they combined Lavoisier's theory of oxygen with and existing phlogistic chemistry — a fact which causes trouble for Kuhn's conception of incommensurable paradigms³⁶.

v) The fifth point concerned the weight to be attached to statements of methodology. Must the historian accept the testimony of a Lavoisier or a Priestley that their science had been *based* on certain correct principle of method? Or are such statements to be seen as part of the rhetoric of debate, belonging to the context of justification rather than the context of discovery? There is a real problem here because some scholars, notably John McEvoy, have explained Priestley's stand by showing how phlogiston was embedded in a complex philosophical and theological system. Phlogiston was a generic power, a carrier of certain properties such as combustibility. On this reading of Priestley, it was methodologically correct for the chemist to document the effects of such powers because they were ul-

timately expression of God's power in the world³⁷. Lavoisier, by contrast, pursued a method in which simple substances were to be identified by analysis and then classified. In McEvoy's account, this contrast goes a long way towards explaining their divergences. But one of the things that worries me is that he seems to undermine his own case. Because he also wants to show that the two chemistries were not incommensurable, he has to admit that there were features in common. Thus Priestley, like Lavoisier, stressed that he was guided by the results of analysis in the establishment of chemical facts. More spectacularly, Lavoisier gave oxygen its name precisely because he saw it as a generic principle — the principle of acidity. If Priestley was so committed to a chemistry based on generic powers, I cannot see that McEvoy gives a sufficient explanation as to why he ruled out Lavoisier's oxygen.

This leads me to my final section, because there have been other recent developments that may throw more light on the matter.

5. Texts, Contexts and Audiences

The newer approaches I have in mind are those which examine the style and character of chemical texts a critical eye on the audiences for which they were intended. An important landmark here was Owen Hannaway's book *The Chemists and the Word*. This was written at a time when it was fashionable to trace the origins of modern chemistry to Paracelsus and the magical philosophies of the Renaissance. Hannaway corrected that simple linear history by pointing out that the first book to resemble a chemical text-book was written not by a disciple of Paracelsus but by a critic — the Lutheran humanist Andreas Libavius. Modern chemistry, in other words, had dialectical origins as the excesses of the Paracelsians were tempered by humanist criticism³⁸.

In the last ten years or so historians have become more alive to the value of studying chemical textbooks — not least because there are striking examples where the pressure to create an ordered body of knowledge for teaching purposes actually promoted as well as consolidated innovation³⁹. But texts can do more than teach. They can be geared to the creation and manipulation of an audience. They can be slanted towards different sources of patronage and they can present carefully crafted images of their authors. And they are of course written, usually at least, to make money. All these considerations are important in the case of Priestley, whose first publications in the scientific field were designed to supplement his income as a Dissenting Minister⁴⁰.

In his histories of electricity and optics, Priestley sought to capture an audience that could be persuaded of the value of experimental science. In his view it offered intellectual liberation and social progress. His technique was to describe

experiments in a way that would not be too daunting for an unspecialised audience. He played down the role of genius in scientific creativity and was careful to stress the accidental nature of his own discoveries. In this way, he promoted an image of the sciences that was designed to involve the general public. They too could make scientific discoveries⁴¹.

At this point I should like to refer to the work of Jan Golinski because, unlike McEvoy, he has examined chemical texts less for their metaphysical coherence than as exercises in communication. In his commercial writing, and before he was faced with Lavoisier's challenge, Priestley had presented to the public an image of himself as well as an image of science. He personified the humble student of nature who discovered the facts of God's creation without any arrogant recourse to theory. As Golinski has pointed out, one feature of this self-presentation was that the experimenter did not need expensive apparatus. Economy and modesty were virtues in the study of natural philosophy. Science could be practised by all men, not just by a leisured and wealthy élite.

This had led Golinski to state that the dispute between Priestley and Lavoisier was as much a *moral* as a chemical one⁴². At first sight this seems an extraordinary remark. But the point is that Lavoisier violated the image of science that Priestley had presented to his public; and perhaps even more keenly, violated his own self-perception as the humble empiricist. His religious scruples become relevant again because by stressing the accidental nature of scientific discovery, he could suggest that providence was working through fallible men. Lavoisier violated Priestley's deep-seated convictions in several respects. In Lavoisier's world discoveries were not accidental but controlled by theoretical foresight. This at least was the public image if not the reality⁴³. In Lavoisier's world the chemist was self-indulgent, using unnecessary and expensive equipment. Priestley was keenly aware of this because he knew that Lavoisier had repeated his own discovery of the "air" released from mercury calx, using a more complex apparatus. But most crucially of all, Lavoisier's re-naming of chemical species epitomised the arrogance of the theorist. Priestley himself had only presumed to name things when they were new — his nitrous air for example. He was so deeply offended by Lavoisier's posture because he had been preaching the moral lesson that human progress depended on a humble empiricism. In Golinski's own words:

Candour, modesty, piety, openness, simplicity, generosity and economy were the virtues that were preached and exemplified in Priestley's writings. They underlay the proposed discourse of "facts", the economy of merit and credit, the widespread replication of experiments and the other features of the public culture of science that he endorsed.

This is surely a refreshing approach to an old problem. It places Priestley in a social as well as intellectual context.

6. Conclusion

In conclusion I should like to make brief reference to another growth point in the historiography of chemistry. One of the problems when we speak of science in *context* is that we fail to explain what we mean by context. One style of history of science where this is less of a problem has been called *local* history of science. This is a biographical approach in which the object is to identify the social, economic and educational conditions in a particular locality which made a career in science possible. It just so happens that one of the best exemplars of this approach is concerned with the local history of my home area in Lancaster. This is the biography of Edward Frankland by Colin Russell⁴⁴.

Frankland was in the front rank of chemists. He is best known as a pioneer of the theory of valency. He also opened up the field of organo-metallic chemistry. His career illustrates the growing opportunities for a professional career in chemistry in mid-19th-century Britain. As an analyst, he became the great authority on river pollution and the quality of the domestic water supply. Frankland's early and formative years were spent in Lancaster, a town which produced other chemists of note in the same period. Russell's question is what was peculiar about Lancaster which enabled it to launch distinguished scientific careers? The answer turns out to be complex, but one of the contributing factors was the presence in the town of a new type of institution, one of the so-called mechanics institutes, which were set up to give artisans an introduction to the sciences. The Lancaster institute was one of the first of its kind and it had a useful scientific library.

Frankland had already developed a liking for chemical explosions whilst at school. But during his apprenticeship to a Lancaster pharmacist he took advantage of the library to further his interest in chemistry. One book caught his eye, and stimulated his desire for an experimental life. It was a book which described the experiments of its author and in such detail that they could be repeated. Who was the author of this book that helped to launch so distinguished a career? It was not Lavoisier of immortal memory, but that "villain" Joseph Priestley!⁴⁵.

References

- 1) Colin A. Russel, «“Rude and disgraceful beginnings”: a view of history of chemistry from the nineteenth century», *British Journal for the History of Science*, 21 (1988), 273-94.
- 2) John H. Brooke, «Davy's chemical outlook: the acid test», in Sophie Forgan (ed.), *Science and the sons of genius: studies on Humphry Davy* (London: Science Reviews Ltd., 1980), pp. 121-75; David M. Knight, *The transcendental part of chemistry* (Folkestone: Dawson, 1978), pp. 61-90. I should also like to draw attention to the as yet unpublished discussion of Davy by Jan Golinski, «Humphry Davy: the public face of genius», which constitutes chapter six of his forthcoming book on chemistry in the Enlightenment.
- 3) The scientific career of Gay-Lussac illustrates the relevance of such “external” demands on the life of the aspiring chemist in France. See Maurice Crosland, *Gay-Lussac: scientist and bourgeois* (Cambridge, 1978), pp. 159-66 and 178-204.
- 4) On the response of the chemical industry in France to external pressures, see J.G. Smith, *The origins and early development of the heavy chemical industry in France* (Oxford, 1979).
- 5) T.S. Kuhn, «Robert Boyle and structural chemistry in the seventeenth century», *Isis*, 43 (1952), 12-36.
- 6) John H. Brooke, «Wöhler's urea and its vital force — a verdict from the chemists», *Ambix*, 15 (1968), 84-114.
- 7) I have discussed this reason, among many others, for the relative neglect of Avogadro's hypothesis in John H. Brooke, «Avogadro's hypothesis and its fate: a case-study in the failure of case-studies», *History of Science*, 19 (1981), 235-73.
- 8) The most recent discussion of this point of which I am aware is by C.L. Dowland-Pillinger, «“A chemist of bold and ingenious ideas”: the chemical philosophy of A.M. Ampère (1755-1836)», University of Cambridge PhD dissertation, 1989, pp. 190-233.
- 9) Pierre Laszlo and Gary J. Schrobilgen, «One or several pioneers? The discovery of noble-gas compounds», *Angewandte Chemie. International Edition*, 27 (1988), 479-89.
- 10) I have developed this point at greater length in John H. Brooke, «Organic chemistry», in Colin A. Russel (ed.), *Recent developments in the history of chemistry* (London: Royal Society of Chemistry, 1985), pp. 97-152, especially 145-49.
- 11) H.C. Brown, *Boranes in organic chemistry* (Ithaca and London, 1972), pp. 140-41.
- 12) J.V. Golinski, «Utility and audience in eighteenth-century chemistry: case studies of William Cullen and Joseph Priestley», *British Journal for the History of Science*, 21 (1988), 1-31.
- 13) Priestley to Volta, 6 June 1777, in R.E. Schofield, *A scientific biography of Joseph Priestley* (Cambridge Mass. and London, 1966), pp. 159-60.
- 14) The political dimensions of Priestley's science have recently been discussed by Simon Schaffer, «Priestley and the politics of spirit», in R.G.W. Anderson and Christopher Lawrence (eds.), *Science, medicine and dissent: Joseph Priestley (1733-1804)* (London: Wellcome Trust/Science Museum, 1987), pp. 39-53.
- 15) J.G. McEvoy and J.E. McGuire, «God and nature; Priestley's way of rational dissent», in R. McCormach (ed.), *Historical Studies in the Physical Sciences*, 6 (1975), 325-404; John H. Brooke, «“A sower went forth”: Joseph Priestley and the ministry of reform», in *Oxygen and the conversion of future feedstocks*, Proceedings of the Third BOC Priestley Conference (London: Royal Society of Chemistry, 1984), pp. 432-60.
- 16) Richard Carlile, *Lion*, 1 (1828), 281. I am grateful to a post-graduate student at Lancaster, Mr. Jonathan Topham, for drawing to my attention this example of chemical materialism.

- 17) Adrian Desmond, «Artisan resistance and evolution in Britain, 1819-1848», *Osiris*, new series, 3 (1987), 77-119, p. 101.
- 18) H.M., Collins, *Changing order: replication and induction in scientific practice* (Beverly Hills: Sage, 1985).
- 19) Martin J.S. Rudwick, *The great Devonian controversy: the shaping of scientific knowledge among gentlemanly specialists* (Chicago and London, 1985), pp. 418-26.
- 20) I say this, despite wishing to be as sympathetic as possible towards Berzelius's stance: John H. Brooke, «Chlorine substitution and the future of organic chemistry: methodological issues in the Laurent/Berzelius correspondence», *Studies in the History and Philosophy of Science* 4 (1973), 47-94.
- 21) E.M. Klaaren, *Religious origins of modern science* (Grand Rapids Michigan, 1977): Gary B. Deason, «Reformation theology and the mechanistic conception of nature», in David C. Lindberg and Ronald L. Numbers (eds.), *God and nature: historical essays on the encounter between Christianity and science* (Berkeley, Los Angeles and London, 1986), pp. 167-91; Steven Shapin and Simon Schaffer, *Leviathan and the air-pump: Hobbes, Boyle and the experimental life* (Princeton, 1985).
- 22) Bibliographic guidance on the diversity of Newtonianism can be obtained from Simon Schaffer, «Newtonianism», in R.C. Olby, G.N. Cantor, J.R.R. Christie and M.J.S. Hodge (eds.), *Companion to the History of Modern Science* (London: Routledge, 1990), pp. 610-626. On the diversity of "social Darwinism", see Greta Jones, *Social Darwinism and English thought: the interaction between biological and social theory* (Brighton and Atlantic Highlands New Jersey, 1980).
- 23) John A. Schuster and Richard R. Yeo, *The politics and rhetoric of scientific method* (Dordrecht: Reidel, 1986).
- 24) Charles Darwin to J. Scott, 6 June 1863, in F. Darwin and A.C. Seward (eds.), *More letters of Charles Darwin*, 2 vols., vol. 2 (London, 1903), p. 323.
- 25) Liebig to Gerhardt, 1 March 1849, in John H. Brooke, «Laurent, Gerhardt and the philosophy of chemistry», *Historical Studies in the Physical Sciences*, 6 (1975), 405-29, p. 421.
- 26) John H. Brooke, «Methods and methodology in the development of organic chemistry», *Ambix*, 34 (1987), 147-55.
- 27) F. Abbri, *Nuncius*, 4 (1989), fasc. 1, 242-45.
- 28) Stephen E. Toulmin, «Crucial experiments: Priestley and Lavoisier», *Journal of the History of Ideas*, 18 (1957), 215-27.
- 29) Robert Siegfried, «The phlogistic conjectures of Humphry Davy», *Chymia*, 9 (1964), 117-24; Richard L. Ziemacki, «Humphry Davy and the conflict of traditions in early 19th-century chemistry», University of Cambridge PhD dissertation, 1975.
- 30) C.E. Perrin, «Document, text and myth: Lavoisier's crucial year revisited», *British Journal for the History of Science*, 22 (1989), 3-25.
- 31) Frederic L. Holmes, «Lavoisier's conceptual passage», *Osiris*, new series, 4 (1988), 82-92, p. 89.
- 32) John G. McEvoy, «Causes and laws, powers and principles: the metaphysical foundations of Priestley's concept of phlogiston», in R.G.W. Anderson and Christopher Lawrence (eds.), *Science, medicine, and dissent*, op. cit. (14), pp. 55-71.
- 33) Maurice Crosland, «The development of chemistry in the eighteenth century», *Studies on Voltaire and the Eighteenth Century*, 24 (1963), 369-441.
- 34) W.R. Albury, «The order of ideas: Condillac's method of analysis as a political instrument in the French Revolution», in Schuster and Yeo, op. cit. (23), pp. 203-25.
- 35) Ramon Gago, «The new chemistry in Spain», *Osiris*, new series, 4 (1988), 169-92.
- 36) Anders Lundgren, «The new chemistry in Sweden», *ibid.*, 146-68.
- 37) McEvoy, op. cit. (32).
- 38) Owen Hannaway, *The chemists and the word* (Baltimore, 1975).
- 39) I give some examples of this in my op. cit. (10), pp. 143-45.

40) Maurice Crosland, «Priestley Memorial Lecture: a practical perspective on Joseph Priestley as a pneumatic chemist», *British Journal for the History of Science*, 16 (1983), 223-38.

41) John G. McEvoy, «Electricity, knowledge and the nature of progress in Priestley's thought», *British Journal for the History of Science*, 12 (1979), 1-30.

42) J.V. Golinski, «Joseph Priestley and the English Enlightenment», op. cit. (2), ch. 3, forthcoming.

43) For a more critical view of the reality, see Holmes, op. cit. (31), p. 90.

44) Colin A. Russell, *Lancastrian chemist: the early years of Sir Edward Frankland* (Milton Keynes, 1986).

45) *Ibid.*, p. 122.

Michela Pereira
Università di Firenze

Fermentum, medicina, quinta essentia nel Testamentum attribuito a Raimondo Lullo

Summary

In the alchemical Testamentum (XIVth c.) attributed to Raymond Lull there is a clear attempt at shaping a philosophy based on the alchemical opus, whose roots can be traced back to Roger Bacon's attitude towards alchemy and the theory of the elixir. In fact, the doctrine of the Testamentum, although it uses an Aristotelian - Scholastic language, is clearly grounded on the alchemical practice, focussing upon the central idea of giving dynamic or vital perfection to material things by means of a ferment, which the alchemist can extract from the most perfect products of nature (gold and silver).

Una delle caratteristiche peculiari del *corpus* di scritti alchemici attribuiti a Raimondo Lullo, forse la più rilevante, è l'ampio spazio in essi concesso alla teoria dell'alchimia¹: tutte le opere più importanti, infatti, a cominciare dalla più antica di esse, il *Testamentum* (XIV sec.)², si strutturano anche esternamente in una parte teorica ed una parte pratica, sviluppando la suddivisione, già operata all'interno dei testi filosofici di Ruggero Bacone, in alchimia speculativa e alchimia operativa³. Questa bipartizione caratterizza la riflessione dei secc. XIII e XIV sull'alchimia, ed è invece assente dai testi della tradizione ermetica tradotti a partire dal XII secolo: possiamo considerarla come un tentativo d'integrazione dell'alchimia nel sistema della filosofia naturale aristotelico-scolastica, i cui esponenti finiscono comunque per rifiutarla⁴.

Gli esiti cui ha dato luogo l'attenzione all'esigenza teorica nell'alchimia latina medievale non sono uniformi⁵: il più noto, forse il più antico, è legato ad una fonte araba, il *De conglutinatione et congelatione lapidum*, testo avicenniano, ma attribuito a lungo ad Aristotele come parte del quarto libro dei *Metereologica*, e consiste nello sviluppo della teoria della generazione dei metalli, in base alla quale Alberto Magno vide nell'alchimia la possibilità di completare la filosofia naturale aristotelica; nelle opere di Ruggero Bacone troviamo invece espressa l'idea (legata anch'essa all'*autoritas* avicenniana, ma ad un altro testo, il *De anima in arte alchemiae*)⁶ che alchimia, filosofia naturale e medicina siano sostanzialmente equivalenti, e possano essere espresse cripticamente l'una nel linguaggio dell'altra, il che equivale ad attribuire all'alchimia (e naturalmente alla medicina) il

carattere di una scienza generale della natura⁷. I testi alchemici più antichi attribuiti a Raimondo Lullo — il *Testamentum* e il *Codicillus* — sembrano avere al fondo un motivo di questo genere, rintracciabile del resto, anche se in forma assai meno esplicita e, soprattutto, meno sviluppata, in numerosi altri scritti trecenteschi d'alchimia: dalle opere attribuite ad Arnaldo da Villanova (in particolare il *Rosarium* e i testi ad esso collegati), agli scritti di John Dastin, allo pseudo — Tommaso del *De multiplicatione specierum*, e anche, sia pure con riferimento ad una pratica fondamentalmente diversa, al *De consideratione quintae essentiae* di Giovanni da Rupescissa⁸.

In tutte queste opere prende forma la riflessione sulla complessa realtà della dottrina alchemica dell'elixir, che aveva trovato accoglienza già presso Ruggero Bacone: per essa, la pratica dell'alchimia non è limitata al campo della metallurgia (come, ad esempio, nella *Summa perfectionis* del Geber latino), ma tende alla produzione di un agente di perfezione capace di operare su *tutti* i campi della natura, dalla trasformazione dei metalli imperfetti in argento e oro alla guarigione dei corpi umani, alla fertilizzazione in apparenza miracolosa delle piante, fino ad un aspetto che è particolarmente rilevante nel *corpus* pseudolulliano, la preparazione di pietre preziose artificiali, che posseggano altrettanta — e più — potenza di quelle naturali (s'intende, per gli usi magici e terapeutici per cui venivano utilizzate le gemme). Nell'ambito della teoria dell'elixir, l'alchimia si presenta dunque come una via per l'ottenimento della perfezione materiale in tutti i suoi aspetti, in cui l'elemento religioso — iniziatico, che nei testi ellenistici appariva già intimamente legato alle pratiche della *chrysopoeia*, si carica delle aspettative escatologiche della *renovatio* (anche qui, è fondamentale la posizione baconiana del problema)⁹, e si trasforma in una ricerca della conoscenza che salva, della scienza carica di valore sapienziale, della filosofia¹⁰.

Di fronte ad uno sviluppo del pensiero filosofico cristiano — che affonda le sue radici nella filosofia greca classica — in cui soltanto l'aspetto intellettuale e spirituale della realtà umana trovava legittima espressione, gli alchimisti che si definiscono filosofi si fanno carico di una riflessione, spesso molto incerta e confusa, sulla realtà materiale intesa non come immutabile zavorra del pensiero (com'è nella tradizione neoplatonica, di cui *tutto* il pensiero scolastico è, in misura maggiore o minore, imbevuto) ma come campo delle trasformazioni possibili e dunque della realizzazione concreta di quella perfezione totale, che si esprimeva miticamente nei dogmi cristiani dell'Incarnazione e della Resurrezione dei corpi¹¹.

Su questa base possiamo allora facilmente comprendere perché l'autore del *Testamentum* definisca l'alchimia come «una parte occulta della filosofia naturale, assai necessaria, sulla quale si fonda un'arte che non a tutti è dato conoscere. Essa insegna a trasformare tutte le pietre preziose e riportarle al loro perfetto temperamento; a conferire la massima salute a tutti i corpi umani; a trasmutare tutti i metalli in vero oro e argento, mediante una sola medicina universale, nella quale sono comprese tutte le medicine particolari. Questa medicina è realizzata nella

sua interezza mediante operazioni manuali segrete, rivelate ai figli della luce delle cose generate, e mediante il calore del fuoco, osservando le sei diverse intensità di calore, che possono venire ridotte a tre principali¹²: si deve mettere in rilievo immediatamente che la *filosofia* del *Testamentum* è inscindibile dall'*operazione manuale*, il che costituisce, per un pensatore medievale, un vero e proprio paradosso.

Il cuore di questa «parte occulta della filosofia» è costituito dalla «medicina universale nella quale sono comprese tutte le medicine particolari»; il compito che l'autore del *Testamentum* sembra essersi assunto nello scrivere quest'opera è infatti la trascrizione nel linguaggio filosofico (cioè nel linguaggio della filosofia naturale scolastica) della produzione di questa medicina universale: la teoria aristotelica della materia, del misto, della generazione e corruzione, sono ripercorse per definire una realtà, che però solo in parte coincide con quella su cui la strumentazione naturale aristotelico-scolastica era stata elaborata. La medicina universale, o elixir, non è un oggetto naturale nello stesso senso in cui lo sono gli oggetti considerati della filosofia aristotelica: la sua caratteristica è infatti quella di essere un prodotto dell'attività dell'uomo, che ha un'origine naturale, ma supera la natura in quanto porta a compimento ciò che essa ha lasciato incompleto e soggetto alla corruzione¹³. Nella posizione espressa nel *Testamentum* si riconosce lo sviluppo dell'affermazione baconiana, secondo cui «l'arte imita la natura e la porta a perfezione»¹⁴ ciò che permette all'artefice di superare la natura, sua maestra, è fondamentalmente l'elemento di coscienza, proprio dell'essere umano, mediante il quale egli incanala l'opera della natura, dando ad ogni suo intervento una direzione o un orientamento verso quella meta di perfezione, che la natura da sola raggiunge solo in alcuni casi e con tempi lunghissimi¹⁵.

L'opera della natura e quella dell'artefice sono comunque strettamente embricate: se la natura non può realizzare la perfezione di tutte le cose senza l'apporto della scienza e dell'arte umana, l'artefice non può operare al di fuori della natura stessa, né può raggiungere la perfezione senza valersi di ciò che la natura stessa racchiude in sé di già perfetto: l'oro e l'argento¹⁶. I metalli nobili, nei quali la natura esprime il suo massimo risultato, diventano per l'alchimista semi di perfezione, dai quali mediante l'*opus* si può ricavare una virtù perfezionatrice attiva, definita col termine di *fermentum*¹⁷, passaggio necessario per la realizzazione dell'elixir. Oro e argento costituiscono pertanto, per l'autore del *Testamentum*, non il fine, ma uno dei principi dell'alchimia, il cui scopo non è la produzione di metalli preziosi, ma inerti, bensì la produzione di una sostanza capace di moltiplicare la perfezione naturale (*temperamentum*) in tutti i corpi, metalli compresi.

Ciò che permette il passaggio dalla perfezione statica e rara dei metalli nobili alla perfezione diffusa e dinamica dell'elixir è propriamente il procedimento alchemico: di conseguenza la centralità della pratica nell'alchimia è decisamente affermata proprio all'inizio della *Theorica testamenti*, dove si dice chiaramente che la seconda parte dell'opera rivela ciò che nessuno ha mai rivelato, ed è dunque l'espressione del «segreto, che porta a perfezione il magisterio alchemico e la

natura»¹⁸: di fatto, proprio questa centralità del fare, dell'operare dell'artefice, fa sì che gli elementi fondamentali dell'*opus* risultino eccedenti rispetto alla filosofia naturale aristotelica; perciò il tentativo di definirli deve prendere le mosse da un'analisi della *practica* esposta nel *Testamentum*.

Per comprenderne — per quanto possibile — il significato ho preso in considerazione, nell'ordine: le sostanze principali; la serie delle operazioni; la definizione del risultato.

I) Le sostanze di partenza impiegate sono caratterizzate dalla presenza degli acidi minerali: esse vengono enumerate all'inizio della *Practica*¹⁹, e ad ognuna è fatta corrispondere una lettera dell'alfabeto, che ne permette l'inserimento in figure utili alla comprensione e alla memorizzazione del procedimento. Le sostanze elencate sono: B, *argentum vivum*; C, *salis petram*; D, *vitriolum azoqueum*; F, *argentum finum*; H, *aurum*. Ad essi vanno aggiunte due sostanze usate nel *Liber mercuriorum* e nella *Practica de furnis, sal e lunaria*. *Sal*, benché identificato con «sal armoniacum» nell'alfabeto che segue le edizioni a stampa della *Practica de furnis*, è definito all'interno del testo in modo assai vago²⁰; *lunaria* dovrebbe essere il succo di una pianta, non facilmente identificabile²¹: essa sembra costituire un equivalente vegetale dell'argento vivo o, alternativamente, un acido di origine organica (vegetale). La pluralità dei «mercurii» descritti nella terza parte dell'opera sembra comunque riferirsi a preparati diversi, e non a materie prime (nel senso di: materiali di partenza dell'*opus*) diversificate. Nella descrizione delle operazioni le sostanze impiegate sono indicate spesso con le lettere dell'alfabeto corrispondenti — in accordo con l'intento di semplificazione e aiuto per la memoria; oppure con termini generici, legati all'aspetto visivo e alla consistenza tattile che esse vengono assumendo in conseguenza delle successive manipolazioni. *Aqua e oleum* sono i termini impiegati più correntemente, a indicare rispettivamente una sostanza liquida più o meno trasparente o colorata, e un fluido untuoso di densità variabile. Cenere, terra, polvere indicano in genere i residui secchi delle varie operazioni. Talvolta, infine — non raramente — le sostanze sono indicate con i nomi dei quattro elementi: oltre ad *aqua e terra*, troviamo *aer e ignis*, spesso in accezione simile ad *oleum*.

L'identificazione delle sostanze impiegate è uno degli elementi che hanno maggiormente impegnato fin qui gli storici della scienza che si sono occupati del *Testamentum* (in particolare Ganzenmüller e Multhauf)²², ed in effetti, per chi consideri le tecnologie alchemiche alla luce degli sviluppi della chimica moderna, questo è un argomento di interesse centrale. Dal mio punto di vista, non posso (per mancanza di una competenza specifica) e non intendo intervenire in questo tipo di discussione, ma desidero sottolineare soltanto un aspetto: il fatto che i materiali impiegati nella pratica del *Testamentum* non comprendano sostanze di origine animale indica che l'autore di quest'opera considera il dinamismo dell'*elixir* (qualcosa di assai simile ad una forza vitale, o anima) come una proprietà esistente in potenza nella materia in quanto tale, non solo nella materia animata: anche

questo elemento indica con chiarezza che l'attività dell'alchimista è considerata come una continuazione e un superamento dell'*opus naturae*, non una sua semplice mimesi.

II) La successione delle operazioni alchemiche è uno degli elementi più caratteristici della seconda parte del *Testamentum*: la suddivisione esplicita della serie di manipolazioni, a cui si devono sottoporre le sostanze prese inizialmente, in quattro *regimina*, è anche il tratto più evidente di parallelismo con il *Codicillus* e con l'alchimia arnaldiana del *Rosarium* e delle opere ad esso assimilate. Nel *Testamentum* la suddivisione in quattro fasi coesiste con la descrizione, nella terza parte, di una prassi operativa scaglionata su sette tappe successive, che però, lungi dal contraddire lo schema dei quattro *regimina*, tende eventualmente a sottolinearne il significato eminentemente teorico: le sette operazioni, infatti, si succedono anch'esse secondo una serie di quattro più tre, sostanzialmente ripetendosi in ordine inverso (*liquefactio, solutio et elementatio, elementatio et congelatio, sublimatio, elementatio et congelatio, solutio et elementatio, liquefactio*). Di fatto, noi vediamo comparire il parallelismo del quattro (elementi, fasi dell'*opus* colori) a partire dalla descrizione di manipolazioni, che in realtà non appaiono così facilmente schematizzabili; persino nel *Codicillus*, opera forse dello stesso autore del *Testamentum*, o di un suo discepolo o stretto collaboratore, che porta all'estremo la schematizzazione operata nel *Testamentum*, siamo lontani da una corrispondenza reale dei colori (nero, bianco, giallo, rosso) con le fasi dell'*opus* (si veda ad esempio la prima fase, in cui il colore è la *nigredo* per l'*opus ad rubeum*, ma la *viriditas* per l'*opus ad album*; o la seconda fase, cui corrispondono «vari colori»)²³; sembra piuttosto che essi vengano introdotti come motivo ordinatore parzialmente estrinseco, a partire da un'osservazione dell'effettiva, ma più indefinita alterazione cromatica che avviene nelle sostanze durante le successive manipolazioni²⁴.

L'oggetto della prima delle operazioni²⁵, definita *solutio*, è la riduzione della prima materia (intesa come sostanza di partenza dell'*opus*), ai quattro elementi. Questa «prima materia» sono, come abbiamo visto, i metalli nobili (oro e argento) che, in quanto costituiscono il risultato più perfetto raggiunto dalla natura nel dare forma alla materia inorganica, possono — dopo essere stati opportunamente manipolati — moltiplicare e trasferire questa perfezione, venendo a costituire il *fermentum* da cui si ottiene alla fine la sostanza della trasmutazione (*medicina* o *elixir*). Attraverso una serie di operazioni, in cui si utilizzano gli acidi nominati sopra e il calore del fuoco, si ottiene una massa materiale oscura e informe, considerata equivalente alla «materia prima» intesa in senso metafisico (il caos primordiale o la materia intesa come pura potenzialità, precedente la distinzione nei quattro elementi): si raggiunge cioè lo stadio che è caratterizzato dal primo dei quattro colori dell'*opus*, la *nigredo*. Da essa si debbono separare i quattro elementi, mediante operazioni di sublimazione e forse, ma ciò è più incerto, di vera e propria distillazione. In questo consiste la seconda fase della *solutio*,

al termine della quale l'alchimista si trova ad avere di fronte, come oggetti materiali veri e propri, i «quattro elementi puri», ovverosia i costituenti di base (in senso metafisico, ma qui anche tangibilmente fisico) della *prima materia*. Nel *Codicillus* la prima fase termina con la *nigredo*, e la separazione dei quattro elementi costituisce il primo momento della fase seguente²⁶.

La fase successiva è quella della *ablutio*²⁷: in essa i quattro elementi, presi separatamente, devono essere lavati, purgati, *rectificati*, «preparandoli» ciascuno secondo la loro natura. Ciò significa che ognuno dei quattro preparati ottenuti al termine della prima fase deve essere, mediante il calore (la «cottura»), raffinato in modo da poter sviluppare appieno le proprie potenzialità, o che, nella terminologia impiegata nel *Codicillus*, si deve estrarre l'anima dagli elementi²⁸. Questo sembra corrispondere ad una attivazione del dinamismo degli elementi, che si manifesta in un cambiamento — sostanzialmente in un raffinamento — del loro aspetto materiale. Mediante ripetute «distillazioni», dall'acqua si ottiene un'*aqua vitae*²⁹; dall'aria si ottiene l'*unguentum philosophiae*³⁰; dal fuoco una polverina, *ignem rubeum in pulvere subtili*³¹; dalla terra infine una sostanza bianca che viene definita *magnesia* od *oleum album*³² (Cod. p. 893). Viene ripetuto più di una volta che tutte queste operazioni debbono essere effettuate a partire sia dall'oro (Sol) che dall'argento (Luna), cosicché alla fine della seconda fase l'alchimista si trova ad avere nel proprio laboratorio un'*aqua solis* e un'*aqua lunae*, e lo stesso per la terra e per tutti gli altri elementi.

Il terzo momento è definito *congelare*³³, ovverosia preparare un composto solido, il *lapis*; questa fase ha come colore caratteristico l'*albedo* e consiste nel «nutrire» le due terre (*terra lunae* e *terra solis*), imbevendole di *aqua*: quella ottenuta dall'argento, per operare *ad album*, finché il composto si trasforma in una polvere bianca sottile o «terra alba foliata», definita anche *arsenicum* o *sulphur*³⁴; poi si imbeve questo composto con *aqua Solis*, ottenendo *sulphur rubeum* o *sanguis*³⁵. Il tempo del nutrimento è molto sottolineato, soprattutto nel *Codicillus*, ed è nella sua descrizione che si sviluppano soprattutto le metafore della gravidanza, del parto e dell'allevamento del bambino, che sono così caratteristiche dei testi alchemici³⁶: la tensione verso la creazione del nuovo non riesce ad esprimersi se non mediante immagini radicate nella vita, ed il ricorso ad esperienze del corpo femminile spinge a individuare il prototipo profondo della possibilità di trasformazione della materia nella idea della formazione del corpo del bambino a partire dal sangue mestruale, che è corrente nella fisiologia medievale ed a cui si deve, forse, anche l'uso del termine *menstruum* per indicare la materia dell'*opus*³⁷.

I composti (*sulphur album* e *rubeum*) così ottenuti sono definiti *fermentum*, e costituiscono un passaggio fondamentale per l'ottenimento della *medicina*: com'è spiegato nella *Theorica*, «non si può realizzare il temperamento dei corpi, se non mediante i fermenti... il fermento non si può ottenere se non dall'oro e dall'argento, poiché quello che cerchiamo di ottenere è che la pietra si trasformi

in ciò che le è simile: ed in essi vi è la pienezza del temperamento. Ed il fermento non si ha, finché i corpi predetti non siano stati riportati alla loro prima natura»³⁸.

La stessa definizione di un duplice fermento compare nel *De multiplicatione specierum*, un testo attribuito a Tommaso d'Aquino, che gli editori considerano opera di un domenicano di tendenze spirituali, e collocano cronologicamente nella prima metà del '300 (dunque contemporaneo del *Testamentum*): la *medicina* viene preparata a partire da una sola materia, «che non ha bisogno di nient'altro, se non del fermento bianco o rosso»³⁹.

Ottenuti i due *sulphur*, bianco e rosso, si passa alla quarta fase dell'*opus*, definita *fixare* o *reducere*⁴⁰. Si tratta di ottenere la medicina o *elixir*, cioè la sostanza di trasmutazione, congiungendo *questo* zolfo, che non è naturalmente lo zolfo volgare, ma il *sulphur nostrum* o filosofico, il *fermentum*, con il mercurio. Occorre qui precisare che neppure esso è il comune argento vivo, ma è il risultato di una «preparazione» descritta nella terza parte del *Testamentum*, il *Liber mercuriorum* appunto: in esso si insegna a prendere la *lunaria* (che qui sembra utilizzata come sinonimo dell'argento vivo comune)⁴¹ e, mediante la suddivisione nei quattro elementi e una serie di operazioni analoghe a quelle fin qui viste, ad ottenere il mercurio filosofico, diverso dall'argento vivo volgare, come i fermenti sulfurei sono diversi dall'oro e dall'argento metallici, perfetti ma inerti, dai quali sono derivati. Il risultato a cui il Magister Testamenti tende con la quarta operazione, la fissazione, non è unico: si può infatti cercar di ottenere la medicina perfetta, che funziona con qualsiasi corpo o metallo, congiungendo lo zolfo filosofico con il mercurio filosofico; però ci si può anche limitare ad una medicina più semplice, che funziona soltanto in relazione ad un singolo corpo, e in questo caso è sufficiente congiungere lo zolfo filosofico con una certa quantità del corpo su cui si dovrà in seguito proiettare la medicina)⁴²; di fatto nell'ultima parte si danno esempi di *opera* a partire da singoli metalli, tornando ad una struttura espositiva vicina a quella, ad esempio, di Geber latino⁴³.

La *fixatio* avviene così: si prepara un amalgama del mercurio e/o dei metalli e lo si mette in un vaso, metà al di sotto e metà al di sopra di una certa quantità di *sulphur (lapis)*, che opera come il fermento nella pasta⁴⁴ e, sotto lo stimolo del calore, e attraverso una molteplice ripetizione di operazioni di imbibizione simili a quelle descritte nella terza fase, si ottiene la *inceratio*: la sostanza diventa cioè molle e fusibile come la cera. L'alchimista deve operare con molta attenzione e delicatezza, perché non deve — in questa fase — creare un metallo perfetto, che risulterebbe inerte come lo sono i metalli in natura, bensì una *medicina* dotata di *virtus*: il nutrimento, che produce la *exuberatio* (crescita con miglioramento di qualità, raffinamento) dello zolfo «secondo», o medicina filosofica, dev'essere effettuato molto lentamente, secondo la sua capacità di assorbimento, in modo da non saturarlo, esaurendo la sua *virtus*. Il metallo perfetto, oro o argento *non vulgaris*, verrà ottenuto successivamente, mediante la proiezione della sostanza così otte-

nuta, che costituisce per l'autore del *Testamentum* la *medicina* o *elixir*⁴⁵.

Mentre il *Codicillus* si ferma a questo stadio della descrizione, il *Testamentum* prosegue, descrivendo una fase successiva (ulteriore rispetto allo schema dei quattro *regimina*), la *multiplicatio*⁴⁶. Si tratta di una serie di operazioni che, a partire dalla diluizione della sostanza ottenuta nell'«aqua mercuri albi» (o «rubei»), da cui è stata fatta, e reiterando le distillazioni, secondo uno schema che sembra sinteticamente ripercorrere quello dei quattro *regimina* fin qui descritti, ottiene una *medicina* sempre più attiva, cioè in grado di diffondere la propria perfezione secondo una proporzione centuplicata⁴⁷. La *multiplicatio* però può essere soltanto quantitativa, e non accompagnarsi a un incremento di virtù, se la *medicina* di partenza viene semplicemente proiettata sul mercurio (in questo caso sembra proprio che l'autore stia parlando dell'argento vivo comune): la sostanza così ottenuta è ancora in grado di trasmutare i metalli, ma non di trasmettere ai corpi su cui viene proiettata la propria *virtus* attiva: ancora una volta risulta chiaramente che la trasmutazione dei metalli è considerata dall'autore del *Testamentum* soltanto un risultato parziale. Di fatto, come abbiamo già visto nella definizione dell'alchimia, la *medicina* del *Testamentum* è molto di più che una medicina per i metalli (in questo senso ristretto il termine è usato anche da Alberto Magno e da Geber latino)⁴⁸. Ci si potrebbe anche chiedere se questo superamento della prospettiva strettamente metallurgica non segni in realtà il ritorno ad una concezione più vicina a quella originaria dell'alchimia: certo la *medicina* che opera la perfezione dei corpi sembra più vicina alla «cosa» di cui parlano la *Tabula smaragdina* e altri testi ermetici, di quanto non lo sia l'oro artificiale.

III) Il risultato cui mira l'alchimia, secondo l'autore del *Testamentum*, è dunque la realizzazione della perfezione delle sostanze materiali come attualizzazione della loro dinamica intrinseca: rendere perfetto un corpo significa renderlo capace di irradiare la propria *dynamis*, cioè renderlo vivo. Le metafore del fermento (ricordiamo che ha una risonanza evangelica!) e della generazione del figlio non vogliono indicare altro che questa capacità della materia inorganica di acquisire, mediante le manipolazioni cui viene sottoposta nell'*opus*, la qualità più alta che appartiene all'artefice in quanto essere naturale, la vita.

Per questo la sostanza di trasmutazione è medicina perfetta: la sua forza dinamica, infatti, è in grado di guarire i corpi umani da qualunque malattia, realizzando il sogno che era stato espresso da Ruggero Bacone e da quanti, anche in Occidente, si erano dedicati alla ricerca del farmaco della *prolongatio vitae*⁴⁹. Bacone aveva distinto l'alchimia intesa come sviluppo della *scientia experimentalis* dall'alchimia comune e, nell'*Opus Maius*, aveva definito il risultato a cui essa tende come il «massimo segreto che non solo produce il bene dello stato, desiderato da tutti, dando oro in quantità sufficiente; ma, cosa infinitamente più rilevante, concede il prolungamento della vita. Infatti i sapienti ritengono che quella medicina, che è in grado di eliminare le impurità e la corruzione del metallo vile,

per farne oro e argento purissimi, dev'essere anche in grado di eliminare la corruzione del corpo umano, sì da prolungarne la vita per molti secoli. Questa medicina è il corpo temperato elementare»⁵⁰. Sulla base di questa concezione, Bacone è stato considerato da Needham come il maggiore esponente occidentale della teoria dell'*elixir*⁵¹.

La posizione dell'autore del *Testamentum* è vicinissima a quella baconiana, di cui sembra costituire uno sviluppo: in un lungo passo (che ricorre quasi alla lettera nel *Rosarium* arnaldiano e nel *Donum Dei*, o *Rosarium*, di John Dastin)⁵², egli così esalta le virtù della *medicina*: «È questa la pietra eccelsa di tutti i filosofi, nascosta agli ignoranti e agli indegni ma rivelata a te, che trasforma tutti i corpi imperfetti in corpi capaci di produrre all'infinito vero oro e argento. E similmente ti diciamo che ha virtù ed efficacia al di sopra di tutte le altre medicine, di guarire realmente tutte le malattie del corpo umano, fredda o calda che sia la loro natura. Per questo, poiché è di natura sottilissima e nobilissima, e riporta tutte le cose al loro temperamento perfetto, conserva la salute e rafforza le energie... Perciò non ci si deve meravigliare se a buon diritto questa medicina viene ricercata dagli uomini più di tutte le altre, perché le contiene tutte quante in generale. Perciò, figlio, se la possiedi, tu possiedi un tesoro durevole»⁵³.

La chiave di questa descrizione è l'affermazione che la medicina conferisce a tutte le cose *summam aequalitatem* (espressione che ho tradotto con «temperamento perfetto»): questo è possibile perché possiede la virtù dinamica, che compendia le qualità elementari e le supera, virtù che viene definita esplicitamente *vita e spiritus quintae essentiae*⁵⁴.

Anche se quest'ultima espressione (*quinta essentia*) non viene, di fatto, usata nelle opere filosofiche di Bacone (se non in un titolo, che potrebbe essere interpolato), siamo ancora una volta di fronte a un tema baconiano: nell'*Opus minus*, infatti, la *aequalitas* veniva definita come il perfetto equilibrio delle qualità elementari nei corpi misti, il cui possesso conferisce la perfezione che, nei corpi umani, corrisponde all'immortalità (l'esempio di un corpo naturalmente dotato di *aequalitas* perfetta è rintracciato da Bacone in quello di Adamo ed Eva prima del peccato originale). La discussione si conclude con queste parole: «il perfetto temperamento delle qualità elementari nelle cose miste è lo stesso che la forma del cielo nelle cose celesti», da cui si comprende facilmente perché la *aequalitas* elementare possa infine essere stata denominata *quinta essentia*, cioè con l'espressione che nella filosofia aristotelica designa la sostanza materiale incorruttibile dei corpi celesti⁵⁵.

Quanto abbiamo veduto fin qui mi pare dunque sufficiente a richiamare l'attenzione sull'alchimia del *Testamentum*, che sembra costituire un interessante sviluppo della ricerca di Ruggero Bacone e colloca l'autore dell'opera pseudolulliana nella schiera dei sostenitori occidentali della idea dell'*elixir*, il «grande sogno creativo» dell'alchimia⁵⁶.

Note

1) Per la composizione e le caratteristiche della collezione di scritti alchemici attribuiti a Lullo nei secoli XIV-XVII, mi sia concesso di rinviare al mio: *The alchemical corpus attributed to Raymond Lull*, "The Warburg Institute Surveys and Texts", 18, London 1989.

2) L'importanza centrale di quest'opera è riconosciuta unanimemente da quanti si sono occupati dell'alchimia pseudolulliana: cfr. L. Thorndike, *A History of Magic and Experimental Science* (New York 1923-58), vol. IV, pp. 28ss.; D.W. Singer, "The Alchemical testamentum Attributed to Raymond Lull", *Archeion* 9 (1928-9), pp. 43-52, costituisce lo studio di base; sull'opera sono tornata di recente, in una comunicazione presentata al Convegno Internazionale "Ramon Llull, il Lullismo internazionale, l'Italia" (Napoli 30 marzo - 1 aprile 1989, in corso di stampa negli atti), facendo riferimento in particolare al manoscritto Oxford, Corpus Christi College, 244, il testimone più rilevante della tradizione, che contiene il testo in latino e in catalano; a questo manoscritto, che offre un testo normalmente assai migliore delle edizioni a stampa (in *Theatrum Chemicum*, IV e J.J. Manget, *Bibliotheca Chemica Curiosa*, I) si riferiscono le citazioni del *Testamentum* riportate nel corso dell'articolo, cui faccio seguire l'indicazione del luogo dell'edizione Manget.

3) La distinzione dell'alchimia in una parte "Practica" o operativa e in una parte speculativa è avanzata esplicitamente da Bacone nell'*Opus minus*, ed. Brewer (London, 1859), pp. 183 ss., 388ss.; e nell'*Opus tertium*, ed. cit., pp. 40ss. ("scientia duplex" p. 41); cfr. anche P. Duhem, *Un fragment inédit de l'"Opus tertium"* (Quaracchi, 1909), pp. 190ss.; la definizione della parte teorica è la seguente: «alkimia speculativa, quae speculatur de omnibus inanimatis et tota generatione rerum ab elementis»; quella della pratica: «alkimia operativa et practica, quae docet facere metalla nobilia, et colores, et alia multo melius et copiosius per artificium, quam per naturam fiant» (*Opus tertium*, p. 50).

4) La discussione scolastica sull'alchimia è stata ampiamente ricostruita da C. Crisciani, "La Quaestio de alchimia fra Duecento e Trecento", *Medioevo. Rivista di storia della filosofia medievale*, 2 (1976), pp. 119-69.

5) Cfr., oltre al saggio citato nella nota precedente: C. Crisciani, C. Gagnon, *Alchimie et philosophie au Moyen Age, perspectives et problèmes*, Montréal 1980; R. Halleux, *Les textes alchimiques*, Brepols, Turnhout 1979 pp. 132-140; R.P. Multhaus, *The Origins of Chemistry*, Oldbourne, London 1966, pp. 176-200.

6) L'attribuzione di quest'opera ad Avicenna, concordemente sostenuta nel Medioevo, è oggi considerata controversa: confutata da G.C. Anawati, "Avicenne et l'alchimie", in *Oriente e Occidente nel Medio Evo. Atti del Congresso internazionale (1969)*, (Accademia nazionale dei Lincei, Roma 1971), p. 288, è invece accettata da H. Stapleton (H.E. Stapleton, R.F. Azo, M. Hidayat Husai, G.L. Lewis, "Two alchemical treatises attributed to Avicenna", *Ambix* 10 (1962), p. 47).

7) *Un fragment*, pp. 180, 183: «Hic aperiuntur magnarum scientiarum radices, scilicet naturalis Philosophie, Medicinae et Alkimiae [...] Nam quia communicant in radicibus naturalibus Philosophia, Medicina et Alkimia, ideo simulavi me tradere radices has tanquam essent solum naturalia et medicinalia, cum tamen sint alkimistica, et pro talibus ea introduxi»; cfr. *Opus tertium*, pp. 39, 42.

8) Sulla "filosofia alchemica" del *Testamentum* pseudolulliano ho in corso uno studio, nel cui contesto sono stati elaborati alcuni dei materiali presentati in questa comunicazione.

9) La presenza di tematiche escatologiche in Ruggero Bacone, sottolineata in tutte le monografie sul filosofo inglese, è posta al centro della ricerca di D. Bigalli, *I Tartari e l'Apocalisse. Ricerche sull'escatologia in Adamo Marsh e Ruggero Bacone*, La Nuova Italia, Firenze 1971.

10) Già negli studi di M. Eliade sull'alchimia il tema dell'ottenimento della perfezione tende a porsi in primo piano (cfr. soprattutto *Arti del metallo e alchimia* (1977), tr. it. Boringhieri, Torino

1980, p. 152: «Se le nostre analisi e le nostre interpretazioni sono fondate, l'alchimia continua e consuma un antichissimo sogno dell'*homo faber*: collaborare al perfezionamento della Materia e nello stesso tempo perseguire la propria perfezione»; ma solo gli studi di J. Needham e dei suoi collaboratori sull'alchimia cinese hanno unificato il tema della perfezione della materia e di quella dell'uomo, attraverso l'analisi dell'idea di elixir, medicina salvifica che conferisce l'immortalità, alla quale le pratiche metallurgiche di *aurifaction* sono finalizzate (si veda il quinto volume di *Science and Civilisation in China*, Cambridge 1974, con i contributi di N. Sivin). Basandosi sulle conclusioni raggiunte da questi studiosi, e su una vastissima conoscenza degli orientamenti della ricerca più recente sull'alchimia, H. Sheppard ha tentato una definizione generale: «Alchemy is the art of liberating parts of the Cosmos from temporal existence and achieving perfection which, for metal is gold, and for man, longevity, then immortality, and, finally, redemption. Material perfection was sought through the action of a preparation (Philosopher's Stone for metals; Elixir of Life for humans), while spiritual ennoblement resulted from some form of inner revelation or other enlightenment (Gnosis, for example, in Hellenistic and Western practices)» (H. J. Sheppard, "European Alchemy in the Context of a Universal Definition", in *Die Alchemie in der europäischen Kultur- und Wissenschaftsgeschichte*, "Wolfenbütteler Forschungen" 32, O. Harrassowitz, Wiesbaden 1986, pp. 16-17).

11) Quanto esposto costituisce a mio avviso il nucleo dell'interpretazione dell'alchimia data da C.G. Jung nei suoi numerosi e importanti contributi (in particolare *Psicologia e alchimia* [GW 12], tr. it. Boringhieri, Torino 1981; *Studi sull'alchimia* [GW 13], tr. it. Boringhieri, Torino 1989; *Mysterium Coniunctionis* [GW 14], tr. it. I vol. Torino 1989 II vol., Torino 1990), come ho cercato dimostrare in "Il paradigma della trasformazione. L'alchimia nel *Mysterium Coniunctionis* di C.G. Jung", *aut-aut* 229-230 (1989), pp. 197-217. La "dominante cristiana", cui Jung si riferisce, è infatti l'idea della salvezza che comprende lo spirito e la carne, "dimenticata" o rimossa nella lettura neoplatonizzante del messaggio cristiano, che ha determinato alla radice la posizione dei problemi filosofici ad esso collegati. Ancor oggi la difficoltà di pensare in termini realmente "psicosomatici" è evidente nella lettura "spirituale" che viene data correntemente dell'interpretazione junghiana dell'alchimia, la quale ha del resto radici nella frequente ambiguità delle stesse affermazioni di Jung al riguardo.

12) *Testamentum*, Ms Oxford, Corpus Christi College 244, f. 46ra: «Alchimia est una pars celata philosophie naturalis magis necessaria de qua constituitur una ars, que non apparet omnibus, que docet mutare omnes lapides preciosos et ipsos reducere ad verum temperamentum; et omne corpus humanum ponere in multum nobilem sanitatem; et transmutare omnia corpora metallorum in verum solem et in veram lunam per unum corpus medicinale universale, ad quod omnes particulae medicinae reducuntur. Et que integrata est per unum secretum regimen manualiter factum et revelatum filiis generatorum luminis, mediante calore ignis, ad respectum sex latitudinum caliditatis, que in tres principaliter reducuntur»; cfr. in J.J. Manget, *Bibliotheca Chemica Curiosa*, I, p. 763.

13) Fra i molti esempi possibili, cfr. l'inizio del cap. 59, ms cit., f. 28vb: «*Quomodo ars corrigit et supplet vires, quas invenit in materia nature per mutationem illius in accione pure forme* — Fili, non sit tibi grave ad audiendum, quod dicemus, quoniam nos per artem scitam corrigimus et supplemus vires et virtutes nature, cum adiutorio illius. Nos per artem incipimus operari, ubi natura relinquit». (Magnet, I, 742).

14) *Opus Minus*, p. 315: «Sed quia ars imitatur naturam et eam perficit, et certum est per haec opera et alias experientias».

15) *Testamentum*, ms. cit., f. 2vb: «Et ob hoc, cum instinctus vel appetitus veniat a natura ipsa, non potest facere aliquam rem perfectam, nisi perficiatur per scienciam Dei vel divinam intellectualem sicut in natura viva, que rectificatur per intelligenciam divinam sicut per magisterium operis» (Magnet, I, 710); f. 11ra «... cursus operis naturalis numquam poterit compleri, nisi transeat per racionem intellectivam» (Magnet, I, 23, 721).

16) *Testamentum*, ms. cit., f. 9rb: «De istis corporibus tantum trahuntur sulphur album et rubrum, cum in illis sit multum pura substantia sulphuris summe depurata et per ingenium nature. Et ista res est corcior [sic] et subtilior. Quare ars non potest attingere naturam ac eciam in omnibus

non assimilatur. Quoniam, si in prima natura, aut materia, metallorum artem vellemus incipere, assimilando nature, esset multum longum et quasi sine fine. Et non [...] convenirent in iste et infinite species et cum hoc toto adhuc eas in depuratione prime materie esset infirmior (sic!) quam natura. Et ideo numquam posset eam assequi cum omnibus suis viribus nec cum omnibus suis ingeniis per multas et diversas alias res contentas in *Libro questionario huius artis*. Iccirco elegit ars aurum purum pro patre et lunam puram pro matre». (Manget, I, 719).

17) *Testamentum*, ms. cit., f. 20ra: «Et inter mineralia sunt sol et luna, quoniam sunt fermenta lapidum. Et ab istis exit propinquissime supradictum genus, quod magis adheret cum propriis substanciis et naturis metallorum, videlicet primo cum auro et cum argento. Et cum illis debes facere fermentacionem tui lapidis cum naturali coniuncione; et deinde habebit perfectam ingressionem in omni alio metallo per medium fermentum, quod traxit in natura propinquam vere medicine, que participat cum essentia perfectionis perfectorum et cum corruptione imperfectorum ad illam medicinam, et fermentum». (Manget, I, 732).

18) *Testamentum*, ms. cit., f. 1va: «de nostro secreto, quod est instrumentum perfectivum tocus magisterii et tocus nature» (Manget, I, 709).

19) *Testamentum*, ms. cit., f. 46va (Manget, I, 764).

20) *Testamentum*, ms. cit., f. 78va: «Quia nullo tempore de alio sale debes hic intelligere, nisi sit de metallis, que resolvuntur in illud, prout per artificium potes videre ad oculum. Si igitur istud sal tu scias dulcificare, intrabit in corpora, ut vera natura, que vult stare interius et transformare habet illa de una specie in aliam [...] Cum sal non sit nisi ignis, nec ignis est nisi sulphur, nec sulphur est nisi argentum vivum reductum in lapidem, postquam est materia nature alterate et mutate de vilitate in bonitatem» (Manget p. 820).

21) Secondo P.A. Mattioli, le piante che gli alchimisti chiamavano lunaria erano tre: cfr. *I Discorsi di Pier Andrea Mattioli su De Materia Medica di Dioscoride*, Venezia, Vincenzo Valgrisi, 1568 (ed. facsimile, Roma 1977, Stab. Tip. Julia), pp. 950-953, "De Hemionite": «[...] Hannomi oltre a ciò le lunate frondi della Hemionite ridotto a memoria quella pianta, che chiamano gli alchimisti LUNARIA minore, et gli altri Lunaria del grappolo, et altri Sferracavallo [...] Chiamanla Sferracavallo: perciocche (secondo che si dice) tutti i cavalli, che la state si mettono all'herba, dove ella nasce, agevolmente si sferrano. Ma veramente s'ingannano, per che non è questa la pianta, che da questo effetto si chiama Sferracavallo, overo per che produce ella le silique simili a i ferri de i cavalli. Ma poscia che anchora questa vien anchora chiamata dalli Alchimisti Lunaria maggiore, non ho possuto lasciare di non farne qui mentione. Onde dico che lo SFERRACAVALLO è una pianta rara, che nasce ne i monti [...] Il seme che si contiene nelle silique è come la luna nuova cornuta da amendue le bande. Onde ha preso questa pianta il nome di Lunaria appresso agli Alchimisti, Li quali alzano la virtù di questa pianta fino al cielo: per far argento dell'argento vivo. Ma come finalmente si vadano intorno cio beccando il ciervello dichinlo coloro, che volendo seguire le favole, et le menzogne delli Alchimisti, di ricchi sono diventati poverissimi, et sbeffati da tutti [...] Chiamano alcuni parimente Lunaria minore una altra pianta, che nasce su per li argini de' i fossi [...]». Quattro tipi di "lunaria", assai diversi fra loro, sono illustrati nel MS Cambridge, Corpus Christi College 395 (ff. 100v-101v), che contiene diverse opere alchemiche pseudolulliane; nessuna di esse corrisponde alla pianta delle Cruciferae che oggi viene indicata dai botanici col nome di *Lunaria biennis*, contrariamente a quanto indicavo nel mio *The alchemical corpus*, cit., p. 23 n. 7.

22) Cfr. W. Ganzemüller, *L'alchimie au Moyen Age*, tr. fr., Paris, Aubier, 1938, p. 55ss.; Multhauf, *The Origins*, cit., pp. 194-195.

23) *Codicillus*, in Manget, I, pp. 887, 892.

24) Si deve notare che lo schema dei quattro *regimina* è ripreso come fondamentale nell'interpretazione dell'alchimia data da Jung, che vedeva nella struttura quaternaria un archetipo fondamentale dell'esperienza umana, espressione del principio di ordine nella molteplicità.

25) I quattro *regimina* sono descritti nella seconda parte del *Testamentum*, "Practica"; per il primo, cfr. ms. cit., ff. 48rb-50ra (Manget, I, 765-768).

26) In Manget, I, pp. 890, 891.

27) *Testamentum* ms. cit., ff. 50rb-50va; Manget, I, pp. 768-769.

28) In Manget, I, p. 892.

29) *Testamentum*, ms. cit., f. 50rb: «Tunc habebis aquam vite, cum qua lavabis terram et mercurium philosophale confortatum et medium, quod facit matrimonium tincturarium». (Manget, I, 769); cfr. *Codicillus*, in Manget, I, 892.

30) *Testamentum*, ms. cit., f. 50rb: «Et aer, qui distillatur, est oleum et tinctura, est aurum et anima et unguentum philosophie, sine quo magisterium perfici non potest» (Manget, I, 769).

31) *Testamentum*, ms. cit., f. 50va: «invenies tuum ignem rubeum et in pulvere subtili» (Manget, I, 769); cfr. *Codicillus*, in Manget, I, 893.

32) *Testamentum*, ms. cit., f. 50va: «Et humiditas, quam separasti a terra, est oleum album multum preciosum ad incerandum [...]».

33) *Testamentum*, ms. cit., ff. 50vb-51ra (Manget, I, 769-770).

34) *Testamentum*, ms. cit., f. 50vb: «Hec est res quesita et terra foliata congelans et congelata et nostrum arsenicum et nostrum sulphur completum ad album pro faciendo elixir ad argentum. Operare ergo, fili; et fac exinde medicinam ad rubeum, sicut tibi dicemus. Cum istud sit completum album sulphur non urens, cum quo habet fieri». (Manget, I, 769).

35) *Testamentum*, ms. cit., f. 51ra: «Fili, scias quod illud, quod sublimatur, erit sulphur album multum nobile. Et hoc, quod remanebit in fundo, erit sulphur rubeum fixum, sicut sanguis multum clarum preciosum. Et sic tibi demonstratur, quod illud, quod erat occultatum ad album, reducit ad rubeum manifestum propter ignibilitatem aque, que illic ponitur per substanciam sulphuris albi totaliter seu omnino esencialiter; et de hoc sit tibi speculum plumbi substancia. Et cum tanto tibi sufficiat tradicio compositionis sulphuris albi et rubei. De quo cum artificio facto per beneficium quinte operationis fit elixir completum, pro transmutando omne corpus diminutum in verum solem et in veram lunam». (Manget, I, 770).

36) *Testamentum*, ms. cit., f. 8rb: «Si talem coitum non facias, numquam habebis conceptionem. Et si conceptio non fiat, numquam erit pregnatio. Et si numquam impregnes, numquam habebis aliquem fructum neque filium. Quando igitur materia tua conceperit, expecta partum ut, postquam peperit, habeas potenciam, nutriendo infantem, usque poterit sustineri ignem». (Manget, I, 717-8); cfr. *Codicillus*, in Manget, I, 897; cfr. anche il *Rosarium* arnaldiano, in Manget, II, 670.

37) Il termine *menstruum* compare ripetutamente nelle opere alchemiche, non solo pseudolulliane: del resto era stato Aristotele, nel *De generatione animalium*, (729 a 22) ad affermare che «la natura del mestruo è infatti conforme alla prima materia» (tr. it. in *Opere*, Bari 1973, vol. Vn p. 187). L'uso di questo termine nell'alchimia latina meriterebbe, a mio avviso, di essere fatto oggetto di una ricerca a sé.

38) *Testamentum*, ms. cit., f. 25rb: «Quoniam temperamentum non potest fieri, nisi per fermenta, que fixant et habent de necessitate fixare lapidem, postquam vertitur ad naturam metalli, scilicet sulphur et argentum vivum. Et fermentum non exit, nisi de sole et luna, cum nos non requirimus, quod lapis convertatur, nisi in suum similem, quoniam in illis est tota temperancia. Et fermentum non est, donec predicta corpora vertantur in suam primam naturam... Et nostra sulphurea fermenta sunt nostra prima olea, de quibus facimus nostra fermenta composita, que sunt medicina magni valoris. Quapropter reveletur, quod si dicta corpora perfecta nescias convertere in suam primam naturam, non poteris habere fermenta composita» (Manget, I, 739).

39) *Der Alchemistische Traktat «Von der Multiplikation» von Pseudo-Thomas von Aquin. Untersuchungen und Texte*, von D. Goltz, J. Telle, H.J. Vermeer, Wiesbaden 1977, 104-106: «Que quidem medicina licet ex pluribus sit aggregata, est tamen una sola materia nulla alia re extranea indigens nisi fermento albo vel rubeo... ex mercurio nostro solum opus nostrum perficitur, indiget tamen fermento rubeo vel albo; miscetur ergo facilius cum sole et luna». Si deve qui ricordare che il tema dei fermenti costituisce parte rilevante del *De anima in arte alchemie* avicenniano (cfr. Anawati, "Avicenna et l'alchimie", p. 287, che si basa sul resoconto di M. Berthelot in *La chimie au moyen age*,

Paris 1893 (rist. Amsterdam 1967), pp. 294ss.

40) *Testamentum*, ms. cit., ff. 51va-52va (Manget, I, 770-771).

41) *Testamentum*, ms. cit., f. 59ra e seguenti; il *Liber Mercuriorum* non è edito in Manget; delle due edizioni una, Basilea 1561, presenta un testo molto abbreviato; l'unica edizione "completa" è quella di Colonia, 1567: anch'essa, tuttavia, esclude la parte finale del *Testamentum*, variamente indicata nei manoscritti come *Practica de furnis, De furnis et vasis, Branchae de tinctura*, edita come seconda parte del *Testamentum novissimum* in Manget, I, pp. 806-822. Su tutta la questione mi sia concesso di rinviare ai miei studi cit. sopra, note 1 e 2.

42) *Testamentum*, ms. cit., ff. 53ra-54v (Manget, I, 770-772; cfr. p. 806).

43) *Testamentum*, ms. cit., ff. 64va e ss. (Manget, I, 814 e ss.).

44) *Testamentum*, ms. cit., f. 73vb (Manget, I, 821); cfr. *Codicillus*, Manget, I, 905, 906.

45) *Testamentum*, ms. cit., f. 54ra (Manget, I, 773).

46) *Testamentum*, ms. cit., f. 56vb (Manget, I, 776).

47) *Testamentum*, ms. cit., f. 56vb: «Quando perfeceris dictas medicinas et de eis feceris proiectionem, duobus modis potes multiplicare earum virtutes. Primus modus est, ut dissolvas eas in aqua sui mercurii albi sive rubei, a quibus fuerant procreate, quousque fuerit aqua clara post inhumacionem; et post in levi decoctione congelabis et cum suis oleis incerabis super ignem, quousque fluant. Per te illarum virtus duplicabitur in tincturis cum omnibus perfectionibus in eis, sicut videbis in earum proiectione. Quoniam pondus, quod proiciebatur super mille, tunc proicietur super duo milia. Et in ista multiplicacione non est multum ad faciendum nec multus labor. Secundus modus multiplicacionis virtutis earum est maioris precii. Quoniam, si distilles eas, postquam dissolveris, earum virtutes multiplicabuntur in centenario, scilicet quod unum valeat centum» (Manget, I, 776).

48) Alberto Magno nel *De mineralibus* afferma che gli alchimisti devono "purgare" i metalli imperfetti mediante una medicina, che chiamano elixir; da alcune affermazioni contenute nel primo libro dell'opera citata, risulta che egli fosse al corrente del significato propriamente medico del termine, ma non ne fa uso; Geber, nella *Summa perfectionis magisterii*, fa cenno a dieci "medicine" che operano nei confronti dei vari metalli imperfetti (Manget, I, 530, 545-6) e ad una "medicina unica" «que quidem durum mollescit, et molle induratur corpus, et fugitivum figitur, et illustratur faedum splendore inenarrabili, in eo qui supra naturam consistit» (ivi, 546).

49) Lo sfondo della ricerca baconiana di una teoria della *prolongatio vitae* è analizzato da A. Paravicini Bagliani, «Ruggero Bacone, Bonifacio VIII e la teoria della "prolongatio vitae"», in *Aspetti della letteratura latina nel secolo XIII*, a c. di C. Leonardi e G. Orlandi (Perugia-Firenze, 1985), pp. 243-288; cfr., dello stesso autore, lo studio sul *De retardatione accidentium senectutis*, attribuito dall'atradizione a Bacone, ma più verosimilmente opera alla quale lo stesso Bacone ha attinto; «Ruggero Bacone autore del "De retardatione accidentium senectutis"», *Studi Medievali*, Serie terza, 28 (1987), pp. 707-728.

50) *Opus maius*, cit., p. 215: «et vere est secretum maximum, nam non solum procuraret bonum reipublicae et omnibus desideratum propter auri sufficientiam, sed quod plus est in infinitum, daret prolongationem vitae. Nam illa medicina, quae tolleret omnes immunditias et corruptiones metalli vilioris, ut fieret argentum et aurum purissimum, aestimatur a sapientibus posse tollere corruptiones corporis humani in tantum, ut vita per multa saecula prolongaret[ur]. Et hoc est corpus ex elementis temperatum, de quo prius dictum est».

51) J. Needham, «Il concetto di elisir e la medicina su base chimica in Oriente e in Occidente», *Acta Medicae Historiae Patavina*, 19 (1972-73), pp. 9-41; in particolare p. 35: «I suoi [di Bacone] scritti rimangono comunque per noi l'esempio più grande e notevole di medicina *hsien* e di agiografia *hsien* nel mondo occidentale».

52) Cfr. Arnaldi de Villanova, *Rosarium Philosophorum* (Manget, I, 662-676), 2, XXXI, 676; Johannis Dausteni, *Rosarium [Desiderabile desiderium]*, (Manget, II, 309-324), cap. IV, p. 312.

53) *Testamentum*, ms. cit., ff. 57rb-va: «iste est lapis summus omnium [philosophorum, *con. ex textu catalaunico*] occultatus ignorantibus et indignis et tibi revelatus, quod transformat quod-

libet corpus diminutum in infinitum solificum et lunificum verum secundum quod elixir fuerit preparatum et subtiliatum. Et consimiliter tibi dicimus quod habet virtutem et efficaciam super numerum omnium aliarum medicinarum sanandi realiter omnem infirmitatem corporis humani sive sit frigide sive calide nature. Quamobrem, quia est subtilissime et nobilissime nature omnia reducens ad summam equalitatem, conservat sanitatem, et confortat virtutem et eam multiplicat in tantum quod de sene facit iuvenem et aliam quamlibet infirmitatem expellit a corpore, omni veneno resistit et humectat arterias cordis, et illud quod stat in pulmone congelatum dissolvit, et illum vulneratum confortat et consolidat et mundificat sanguinem et confortat omnes spiritus, et eos custodit et servat in sanitate. Et si infirmitas sit unius mensis ista medicina sanat in uno die; et si sit unius anni sanat pure in duodecim diebus; et si sit a longo tempore realiter sanat in uno mense. Quare non est mirum si ista medicina super omnes medicinas alias ab homine sit merito perquirenda, cum omnes alie univesaliter reducantur ad istam. Si igitur fili tu habeas istam, thesaurum habes perdurabilem. Habet adhuc plus potestatis dicta medicina quoniam ipsa rectificat quodlibet aliud animal et vivificat omnes alias plantas tempore veris propter suum mirabilem et magnum calorem. Quoniam si de illa ad quantitatem, unius grani dissoluti in aqua posueris in corde unius trunci vinee (*corr. inter lineas in vitis*) ad quantitatem concavitate unius avellane artificialiter nascentur folia et flores et producet bonos racemos in tempore madii et sic pro qualibet alia planta» (Manget, I, 776-777).

54) *Testamentum*, ms. cit., f. 23ra: «Et quinta vis est vita nostri infantis, que vis non est calida nec frigida nec humida nec sicca nec masculus nec femina... Et quando opus sic ipsa transmutat corpora, inter se omnia miscentur, quousque transierunt in suam crudam naturam et postea, quando omnia elementa convertuntur in unum, numquam separabuntur nec discedent. Et sicut quodlibet elementorum separatur a corpore, sic eciam reducuntur, revertitur et per artem componunt et coniungunt suas materias totum in unum. Et quinta vis est illa, que omnia facit et omnem rem ducit ad finem sue compositionis. Et est spiritus quinte essencie influxus per naturam in substantiam compositorum, ad finem quod sua virtus est influxa per artem in illis». (Manget, I, 736).

55) *Opus minus*, pp. 367-370: «hoc habito, considerandum est quae mixta primo fiunt ex elementis, et quae secundario; quo potest fieri mixtum ad aequalitatem, et qualiter non; et huiusmodi alia quaeruntur scienda. Hoc est necessarium scire propter compositionem corporis Adae et Evae et propter fructus paradysi, ex quibus *immortalitas* Adae potuisset continuari si non peccasset; et similiter totius progeniei suae; similiter hoc necessario sciri debet propter resurrectionem et immortalitatem tam damnatorum quam glorificandorum. [...] Dico igitur quod si elementa considerentur secundum subiectam «substantiam» suam et quantitatem, et pondus, et secundum naturam gravis et levis, quae omnia hic pro eodem accipiuntur, tunc impossibile est quod fiat aequalitas; nam oportet quod in omnibus dominetur unum elementum, secundum has duas vias [...] Sed aliter possunt considerari haec elementa secundum qualitates quatuor, calidum, siccum, humidum etc., quae vocantur qualitates activae et passivae: siccum et humidum passivae, calidum et frigidum activae [...] Si ergo considerentur elementa secundum has quatuor qualitates, tunc oritur complexio in mixto vel secundum aequalitatem istarum quatuor qualitatum vel dominium alicuius. Elementa enim priori modo considerata faciunt compositionem mixti, et hoc modo faciunt complexionem, quae est qualitas consurgens ex aequalitate horum quatuor vel ex dominio alicuius. Hoc igitur modo bene potest esse aequalitas pura secundum virtutem et potestatem activam, licet non secundum quantitatem earum quam medici vocant pondus, *sicut erit in corporibus post resurrectionem*. Et ideo non erit aliqua alteratio mixto tali. Nam ubi aequalitas potentialium activarum est non potest esse corruptio [...] Causa vero praecisa huiusmodi rei est quod aequalitas qualitatum elementarium est ultimum quod materia desiderat et nobilissimum in mixto unum mixtum est. Et ideo habita aequalitate quiescit appetitus materiae [...] Unde in mixtis rebus idem est aequalitas elementorum secundum qualitates quod forma coeli in coelestibus».

56) Needham, *Science ad Civilisation in China*, cit., V (4), p. 502.

Paola Carusi
Università di Roma "La Sapienza"

**«Il giardino allegorico di Bernard Palissy tra
l'«Hypnerotomachia Poliphili» attribuita a Francesco Colonna
e la «New Atlantis» di Francesco Bacone»**

Summary

When, from the first half of the 15th century on, there began to appear in many medieval disciplines or sciences that process of transformation and growth that would lead to the maturation of modern sciences, a parallel and gradual change occurred in the images that represented human knowledge and his acquisition to Western readers. Among these was image of the garden, which in every age and especially in the Middle Ages and the early Renaissance, was used to interpret transformations of feeling.

If we compare two works, written little more than a century apart and both devoted entirely to the subject of the search for and acquisition of knowledge — «Hypnerotomachia Poliphili» (1499) attributed to Francesco Colonna and Francis Bacon's «New Atlantis» (1627) — we observe a dual evolution that moves from garden to city and from wisdom to science. The garden of the «Poliphilo», uninhabited, abstract, has become the city of Bensalem, inhabited by an entire society working collaboratively. The «Poliphilo»'s wisdom of beginning, recalled, non taught to adepts through ancient images, becomes, in the «New Atlantis», a science that is also an institutional fact, with its place in the daily life of an entire community.

Between the garden of wisdom and the city of science, the Bernard Palissy's «Recepte véritable» (1563) occupies an intermediate position. The scientific discussion that takes place is a very clear expression of the new, experimental and revealable science that the author practised tirelessly throughout his life; the allegory that constitutes its guiding thread is a garden of wisdom which, while bearing very clear traces within itself of its descent from the garden of Paradise, is in the process of moving to earth to be inhabited and cultivated by men.

Science and wisdom, the interweaving of which is from start to finish the foundation of the «Recepte», also cohabit in the plurality of meanings that can be attributed to the protagonist of the work, salt. It is not only the chemical salt, examined in its many kinds and diverse properties through painstaking experimental observation. It is also the ancient salt of the first alchemy/art and the biblical salt of divine wisdom, the yeast of the totally new society the Reformation aimed to bring about.

A partire dalla prima metà del XV secolo, per molte discipline, o scienze, medioevali, e per lo stesso concetto di scienza in quanto conoscenza realizzata dall'uomo, comincia a rendersi evidente quel processo di trasformazione e di crescita che porterà, in tempi più o meno lunghi per le diverse discipline, alla maturazione delle scienze moderne. L'aria nuova si respira anzitutto nei testi. Nella sua opera «De venatione sapientiae» (1462)¹, Nicola Cusano scrive: «Noi siamo stimolati da un segreto desiderio della nostra natura a possedere non solamente la scienza, ma anche la sapienza, cioè la scienza più sapida». Sono qui esplicitamente posti l'uno vicino all'altro due diversi aspetti della conoscenza familiari all'uomo del '400: da un lato la *scientia*, propria dell'uomo e dell'esperienza umana, fatto umano realizzato dall'uomo con le sue forze, su questa terra, dall'altro la *sapientia*, volta alla conoscenza vera in primo luogo di Dio stesso, e, attraverso Dio, della natura sua opera, fatto che l'uomo realizza non da solo, ma alla presenza di un divino interlocutore; e se pure la *sapientia* sembra occupare ancora una posizione predominante, è la *scientia* che viene qui nominata per prima, ed è innegabile che una curiosità tutta nuova e destinata a portare i suoi frutti si fa strada nell'autore e nel mondo che lo circonda.

Parallelamente, un mutamento significativo si verifica nelle immagini che rappresentano agli occhi del lettore d'Occidente la *sapientia-scientia* umana e la loro acquisizione, in particolare in quella del giardino, interprete in ogni tempo delle trasformazioni del sentire². Erede di una lunga serie di giardini antichi e medioevali, dopo il giardino sigillato del Cantico dei Cantici, e il campo del Vangelo, che nasconde un tesoro, dopo l'«Hortulus» di Strabus di Reichenau (sec. IX)³, la «Navigatio Sancti Brendani» (codici secc. X-XIII)⁴, il «Roman de la Rose» (sec. XIII)⁵ e le «Blaquerna anachoretæ Interrogationes» di Raimondo Lullo (1235-1315)⁶, il giardino del '400 si presenta con un volto diverso, e lo si vede esaminando l'opera che contiene forse la più autorevole anticipazione di quello che sarà più tardi il giardino rinascimentale: l'«Hypnerotomachia Poliphili»⁷, capolavoro editoriale di Aldo Manuzio, datato 1499, ma legato misteriosamente ad una data molto anteriore, il 1467, posta alla fine del libro. Gli elementi del giardino medioevale sono tutti presenti nel «Polifilo»: il giardino è isolato, al di fuori del mondo, calato in una dimensione geometrica, disabitato o tutt'al più abitato da personaggi allegorici; in esso Polifilo, immagine dell'uomo che ricerca amore e sapienza, cerca Polia, amore e sapienza raggiungibili solo nel sogno⁸. Eppure, anche qui, come nel «De venatione sapientiae» citato prima, si avvertono i tempi nuovi: le tracce degli antichi monumenti, che fino a questo momento erano state testimonianza della fine ingloriosa del paganesimo antico, divengono stimolo e ispirazione per una futura rinascita; la natura presente nel giardino del «Polifilo», a differenza di quella del giardino medioevale, su cui non si ammetteva l'intervento modificatore, è una natura che può essere piegata ai desideri dell'uomo, scolpita con arte in forme diverse, a imitazione di ciò che essa, con le sue forze, non potrebbe produrre⁹.

Mentre si annuncia la trasformazione del rapporto tra *scientia* e *sapientia*, e continua a realizzarsi, in un gioco sottile, l'evoluzione dell'immagine del giardino, la chimica, scienza delle trasformazioni dei corpi inanimati, per molti aspetti la scienza più sacra tra tutte — nella sua storia è presente, come è noto, anche una significativa componente legata al mondo "religioso" dell'arte e degli artigiani — è ancora tutta assorta nello studio delle sue lontanissime origini e delle sue più arcaiche convinzioni: ne è testimone, oltre ai suoi testi, lo stesso «Polifilo», in cui la chimica, abbondantemente presente nelle immagini, espone, immutabile, le sue raffigurazioni più classiche, il re e la regina nel ventre della piramide, il bimbo che orina, il melograno d'oro, perle e coralli¹⁰.

A metà del secolo XVI, il delicatissimo rapporto di coesistenza tra *scientia* e *sapientia* e il tema del giardino allegorico (la scienza di cui si parla è, come vedremo, proprio la chimica) trovano un nuovo modo di rappresentazione nella prima opera scritta da Bernard Palissy, ceramista grandissimo, filosofo naturale, esponente perseguitato della Riforma, vissuto nella Francia delle lotte di religione e di grandi cambiamenti politici e culturali, approssimativamente tra il 1510 e il 1590: la «Recepte véritable», pubblicata per la prima volta a La Rochelle dall'editore Berton nel 1563¹¹.

Come viene espressamente dichiarato all'inizio dell'opera, che come altre opere dello stesso autore è scritta in forma dialogica¹², primo argomento della «Recepte» è la costruzione di un giardino. Invano si cercherebbero in questo giardino dettagli di tipo botanico, vano sarebbe il tentativo di considerarlo una descrizione realistica di quei giardini veri che pure Palissy contribuì a edificare, e di cui oggi più nulla rimane, come quello di Ecouen, quello di Chaulnes, quello delle stesse Tuileries costruito per conto della regina madre Caterina de' Medici. Il giardino della «Recepte» è un giardino allegorico, trasposizione, trattazione teorica, dilatazione filosofica di ciò che l'arte di Bernard Palissy esprime visivamente. Ma procediamo con ordine. Per edificare un giardino è necessaria una terra, un giardino si costruisce su una terra. Il giardino della «Recepte» di Palissy è costituito, lo si capisce sin dall'inizio, su almeno due terre (vedremo in seguito che ce ne sarà una terza): la prima è la terra della natura, quella vera, che bisogna coltivare, secondo le regole dettate dall'agricoltura, perché sboccino fiori; la seconda è la terra dell'arte ceramica, il supporto che, secondo i più antichi dettami della più antica alchimia, bisogna cospargere di appropriate sostanze perché si ricopra di colori bellissimi. L'ambiguità, la pluralità di sensi si rivela nel lungo brano dedicato alla preparazione dei letamai e alla potatura degli alberi¹³: i letamai — dice l'autore — devono essere posti in luoghi bassi e concavi perché le piogge non lavino via la sostanza destinata a fertilizzare la terra, gli alberi non devono essere potati in modo insensato. Ma la "pietra che non è una pietra", la "pietra dei filosofi", recita da mille anni qualsiasi alchimista degno di questo nome, si trova nei letamai, ed è acqua perché è sciolta dall'acqua. E questa stessa "pietra che non è pietra" deve essere considerata come il tronco dell'albero, in-

dispensabile collegamento tra i reagenti e i prodotti dell'Opera, tra le radici e i frutti; tronco chiuso, serrato, provvisto talvolta, nell'iconografia alchemica, di chiave e di serratura, perché la pietra apre e si apre, chiude e si chiude, come dire scioglie e si scioglie, coagula e si coagula. Questa pietra è il sale¹⁴.

Il discorso sull'agricoltura, in cui si manifesta l'antichissimo connubio chimica-arte da cui prende le mosse l'intera elaborazione scientifica di Bernard Palissy, si rivela ben presto anche un modo raffinato, allusivo, per introdurre quello che è forse il mezzo attraverso il quale, nella «Recepte», ogni tema scientifico viene alla luce: il sale. Che è ancora, ma allo stesso tempo non è più, il sale della tradizione: tutto ciò che la tradizione racconta del sale è vagliato alla luce di una serie pressoché infinita di osservazioni personali, di innumerevoli piccole e grandi esperienze realizzate in viaggi, in passeggiate, nel lavoro di tutti i giorni. Natura e arte, che è possibile ancor oggi vedere cristallizzate insieme nelle opere artistiche di Palissy, si rivelano maestre di un insegnamento impartito senza intermediari: i contenuti dei libri antichi, sia pure vistosamente presenti, sono esaminati, accettati o respinti da un uomo che guarda, tocca, assaggia, riflette. Non è qui importante il reperimento di nuovi risultati scientifici, né guasta l'ingenuità di alcune conclusioni: quello che importa è altrove, è lo stabilirsi di un dialogo personale con la natura e con l'esperienza¹⁵.

I sali sono molti — dice Palissy — e li enumera accuratamente, la copparsa, il vetriolo, il borace, l'allume, il sale di pietra, il nitro, il sale di tartaro, il verderame¹⁶, e vi è sale anche in sostanze cui non viene dato il nome di sale, come i vegetali, i sassi, gli stessi metalli; ma il discorso sul sale non giunge mai nella «Recepte» fino all'affermazione esplicita, fatta da molti alchimisti-medici del tempo, di un unico teorico principio salino: nelle varie sostanze in grado di conservare la loro forma, di fondere, di coagularsi e di fondere e coagulare le altre sostanze, è presente una maggiore o minore quantità di sale, ma si tratta di sali diversi da sostanza a sostanza, riuniti tutti sotto il nome di sale per il fatto di avere analoghe proprietà. Ci sono tanti sali quante sono le sostanze con le caratteristiche del sale che si possono trovare in natura o ottenere in laboratorio, quanti sono i diversi sapori che si è in grado di assaggiare. La presenza del sale in ogni cosa è attestata dall'osservazione. Dalla salicornia, dalla felce¹⁷, tradizionali dispensatrici di potassa per gli alchimisti-artigiani medioevali, si ottiene del sale; dalla canna si ottiene lo zucchero, che è un sale, dai graspi dell'uva si ricava il sale di tartaro, che è corrosivo.

All'osservazione diretta si accompagnano esperimenti di carattere più complesso. I graspi delle uve di Montpellier, che producono un vino ricco di sapore, e bruciano e calcinano le lamine di rame e le riducono in verderame, contengono sale. Lo dimostra il fatto che se si prende del sale comune, o del sale di tartaro, e si scioglie in acqua in una padella di rame, la soluzione diviene verde in meno di ventiquattro ore. L'acqua in cui sono state dibattute le ceneri di qualsiasi vegetale ha il potere di attaccare le sporcizie dei vestiti perché in essa c'è sale, e lo si può

constatare evaporando fino a secchezza qualsiasi lisciva. Anche per quanto riguarda l'attenzione alle proprietà del sale, la verifica è tutta sperimentale. Ogni sostanza in grado di mantenere la sua forma (oggi diremmo ogni sostanza dura o cristallina) contiene del sale. Ne è testimonianza il fatto che ogni volta che una pietra per azione dell'acqua si scioglie parzialmente, e l'acqua viene allontanata, il residuo rimane generalmente sotto forma di una terra pulverulenta, incapace di assumere una forma, di solidificare in modo compatto, di cristallizzare, di vetrificare¹⁸; mentre il sale, disciolto in acqua, coagula o congela in pietre o cristalli duri e di forma ben definita¹⁹. Il passaggio attraverso la fase liquida è un passaggio obbligato, quando si parla di un sale, perché è nella fase liquida che il sale esplica la sua azione. Quando il sale si dimostra efficace nell'operazione della concia delle pelli, è perché il sale si scioglie, e agisce, nell'umidità della pelle non conciata. Quando si assaggia il sale di calce, o un qualunque sale con la punta della lingua, o si avverte il sapore salato di un vecchio muro corrosivo dal tempo, è possibile avvertire il sapore perché l'umidità della lingua ha provocato una piccolissima dissoluzione del sale²⁰; la prova dell'assaggio per reperire un sale tramite il sapore è valida solo in caso positivo, perché può accadere che in una sostanza il sale, pure presente, non si trovi in condizioni di poter passare allo stato liquido: è il caso del vetro — dice Palissy — in cui il sale deve essere presente perché ce lo abbiamo messo noi, ma il vetro è del tutto insolubile in acqua e infatti, saggiato con la lingua, non dà sapore di sale²¹.

Una volta disciolto, il sale può fare molte cose. Può agire su diverse sostanze, e lo abbiamo già visto negli esempi della concia delle pelli e della lisciva; può passare, sempre attraverso un mezzo umido o liquido, da una sostanza all'altra, e lo vediamo, passato come concime dalla terra alle piante, dare sapore all'uva e al vino, e ai frutti degli alberi. In tutti questi casi il sale si allontana da una sostanza che lo conteneva: ne è testimone il fatto che il residuo indisciolto della lisciva, la corteccia secca della concia, la terra sfruttata, non possono essere riutilizzati dopo che hanno fatto il loro dovere.

Ma può accadere che il sale, passando dalla fase solida alla fase liquida e poi di nuovo nella fase solida, compia l'azione che gli è congeniale come responsabile della forma: è il caso, ad esempio, dei fossili²². Le conchiglie fossili che oggi noi vediamo sono state un giorno conchiglie vere. Poi, quelli che hanno mangiato i pesci che vivevano in esse, le hanno gettate nella terra. Con l'umidità della terra, il sale che era il loro più grande costituente si è sciolto, ha liberato la terra insolubile che costituiva l'impurezza della composizione, e, portando in sé la forma dell'oggetto di partenza, si è coagulato di nuovo col tempo in una conchiglia di pietra.

L'arte, ogni arte cui fu legata l'attività degli antichi alchimisti, è ispiratrice non meno della natura. Come le pietre preziose sintetiche sono preparate gettando in un vetro portato al punto di fusione dei sali (noi diremmo degli ossidi) che hanno la proprietà di conferire diversi colori, così si può pensare che anche in na-

tura il topazio abbia avuto origine da un'acqua passata attraverso un giacimento di minerali di ferro, lo smeraldo da un'acqua passata attraverso minerali di rame²³. Se si vede che, circondato da una terra nera, il sale forma, in natura, coaguli bianchi, non ci si deve meravigliare: i filosofi alchimisti osservano, nelle loro reazioni, cose simili a questa²⁴.

La riflessione sull'arte giunge al punto di far ipotizzare qualcosa di assolutamente sconosciuto nella tradizione alchemica: il ritorno dai prodotti di reazione ai reagenti. Poiché nel vetro c'è il sale, sarà possibile trarre il sale dal vetro, anche se nessuno lo ha mai fatto²⁵.

Se nell'acqua il sale manifesta ogni sua azione, nessuna azione è esercitata su di lui dal fuoco, l'agente tradizionale delle reazioni alchemiche. Ci sono pietre, come la pietra di calce, che sono composte quasi esclusivamente di sale e di acqua. Tali pietre, quando vengono sottoposte all'azione del fuoco, diminuiscono di peso, e il componente che le abbandona è l'acqua. Lo dimostra il fatto che se si restituisce loro l'acqua, se ne riappropriano avidamente, al punto che perdono la loro consistenza²⁶.

Da una osservazione all'altra, da una digressione all'altra, il giardino annunciato da Bernard Palissy si allarga fino a comprendere tutta quanta la terra; il sale, protagonista e filo conduttore dell'opera, è, in questa dimensione, il sale della *scientia*, riflessione intellettuale antica e nuova sulla natura e sull'arte. Ma, ci ricordava all'inizio Cusano nel «De venatione sapientiae», accanto alla *scientia* esiste anche la *sapientia*, che è la scienza più sapida. Al giardino della *scientia* che abbraccia intere tutta la terra, e la scienza e l'arte dell'uomo, si sovrappone il giardino della *sapientia* divina, al sale che si può estrarre, toccare, assaggiare, si sovrappone un altro sale, che nessuno ha mai visto, della cui esistenza la fede, non la scienza, è garante.

Il giardino della «Recepte», questo è il primo importante punto da considerare, non esiste, o meglio non esiste ancora. È un giardino "anche" sognato come quello del «Polifilo»²⁷; un rifugio costruito in un luogo montuoso. Il richiamo, chiaro sotto il velo delle allusioni, è al giardino del Paradiso, alla Gerusalemme celeste, rifugio dei giusti. Giunge da lontano l'eco dei giardini reali e pensati tanto cari agli uomini del Medioevo: sulla cima di una montagna d'oro puro, si leva il muro che racchiude i fiori del Paradiso²⁸. Con il Paradiso, con la Gerusalemme celeste, si manifesta nell'opera anche una terra antica, che non è quella tutta rinascimentale della natura e dell'arte che abbiamo già esaminato: la terra delle carte geografiche medioevali, piccolo fazzoletto, diviso ordinatamente in parti, solcato da fiumi, la terra giardino di Dio, che il divino architetto volle immagine del Paradiso, costruita perfetta di proporzioni e di aspetto perché fosse testimone della sua grandezza. Il giardino della «Recepte» è un giardino costruito con l'aiuto di squadra e compasso. Per costruire un giardino — dice Palissy — bisogna essere esperti di geometria, saper maneggiare la squadra, il compasso, la riga, la livella, l'astrolabio. L'idea del piano sacro della creazione è dichiarata

esplicitamente: così il divino architetto ha costruito il mondo²⁹.

La geometria del giardino è rigorosa: realizzata la sua quadratura, sarà diviso in quattro parti uguali, e la divisione sarà ottenuta con due strade perpendicolari che lo attraverseranno formando una croce. Sarà orientato in direzione dei quattro punti cardinali. Ad esso giungeranno dai monti acque in abbondanza, e un piccolo fiume che diviso in due ruscelli al centro del giardino, delimiterà uno spazio circolare, una piccola isola disegnata a compasso, prima che i due ruscelli si riuniscano e scorrano via.

La natura reale, esplorabile, sofferente, dotata di vita propria, dell'esperienza personale, della trattazione scientifica, diviene diafana e astratta tessitura matematica di ciò che esiste, immagine simbolica visibile di ciò che è soltanto pensato. Il segno di croce, che divide il giardino, lo trasforma in qualcosa che giardino, luogo abitabile, sia pure mentale, non è più: uno stemma, uno stendardo (lo stendardo di Cristo risorto), una raffigurazione geometrica della composizione del mondo, o un purissimo gioco di proporzioni aperto ad ogni interpretazione³⁰. Nel giardino si aggira la sapienza di Dio: l'idea del giardino compare nella mente rapita dell'autore mentre un coro di vergini canta il salmo 104, celebrazione delle meraviglie del Creato, composto da Salomone, il Profeta Reale³¹; negli otto padiglioni disposti simmetricamente nelle parti laterali del giardino, e nel padiglione centrale costruito tra i fiumi, si rincorrono scritte tratte dall'Antico Testamento e dedicate alla Sapienza. Eppure, anche in questa rappresentazione del giardino, qualcosa è cambiato: i padiglioni, quattro fatti di terra (ceramica) che imita la natura e quattro "verdi" fatti di alberi forgiati dall'uomo in forma di colonne, stanno a ricordare, esattamente come nel «Polifilo», che, nel rapporto tra arte e natura, qualcosa si muove; soprattutto, le porte del giardino sono aperte, perché chi vi abita possa andare incontro ai campi non recintati che lo circondano.

Nel 1627, sessantaquattro anni dopo la pubblicazione della «Recepte véritable» di Bernard Palissy, (per uno straordinario caso sessantaquattro anni separavano anche il «Polifilo» e la «Recepte»), vede la luce in Inghilterra, postuma, la «New Atlantis»³², l'opera che per molti versi può essere considerata come il testamento spirituale di Francesco Bacone. La «Recepte» di Bernard Palissy non è ricordata esplicitamente nell'opera; ma è convinzione degli studiosi che Francesco Bacone e Bernard Palissy, fratelli nella fede, oltre che nell'amore per la natura e per la filosofia, si siano incontrati durante il soggiorno parigino di Bacone negli anni 1576-79³³. Al di là di queste conferme di cui non si sente troppo la mancanza, con la sua stessa struttura e con i suoi contenuti, la «New Atlantis» porta in se stessa la testimonianza del cammino percorso. Il giardino, l'isola in mezzo al giardino sognato, deserto, abitato tutt'al più da esseri non umani, del «Polifilo» e della «Recepte» sono diventati un'isola vera, abitata da una intera società organizzata, che lavora in collaborazione. La scienza iniziatica del «Polifilo», ricordata, non insegnata, agli adepti per immagini antiche, l'esperienza ancora individuale della «Recepte», sono diventate fatto istituzionale, inserito nella vita socia-

le quotidiana di una intera comunità. In un ribaltamento totale rispetto all'«Hy-
pnerotomachia Poliphili», mentre la scienza viene in primo piano, la sapienza si
nasconde nell'ombra. Venuto meno ogni schema geometrico astratto, la tradizio-
ne precedente, ormai lontana, si rifugia nei nomi, nelle immagini: nel nome della
città, che è Bensalem, nella casa dei saggi, che è la casa di Salomone, nel sigillo
della pergamena inviata agli stranieri, che è una croce, e vicino, a ricordare l'anti-
ca sapienza, le ali ripiegate di un cherubino...

La chimica è parte dell'attività degli abitanti della città di Bensalem, e la sua
lettura subisce, nella gestazione dell'opera, un cambiamento significativo. In
quello che può essere considerato come il primo abbozzo della «New Atlantis»,
un discorso scritto da Francesco Bacone per una festa tenutasi al Gray's Inn in
occasione del Natale 1594³⁴, tra i luoghi di scienza ci sono ancora un giardino da
costruire e una casa tranquilla riservata alla preparazione della pietra filosofale.
Nella «New Atlantis», scomparsi contemporaneamente, forse non a caso, il giar-
dino sognato e l'angolo alchemico, una intera comunità dedita, in luoghi diversi,
alle attività chimiche più disparate, considera fatto normale e acquisito che la na-
tura sia pubblicamente manipolata, e modificata, a favore dell'utilità pubblica.
Ancora una volta, il cambiamento più importante si produce non nel pensiero
della scienza, ma nel pensiero a proposito della scienza, ed è il cambiamento che
per la chimica deve avvenire per primo, perché poi possa cambiare tutto il resto.
Non più Polifilo e non ancora Bacone, Bernard Palissy è un personaggio di
straordinario interesse per lo studio del lungo periodo di transizione che la chimi-
ca attraversa tra la fine del XV e l'inizio del XVII secolo. In primo luogo perché
accoglie in sé tutte le diverse e talvolta contrastanti componenti di una chimica
che è al tempo stesso tradizione e pratica alchemica, sperimentazione nuova e di-
sciplina sapienziale; ma soprattutto perché, nel tempo che vede i contrastati
trionfi della chimica-medicina, è un autorevole interprete della chimica occiden-
tale più antica, la chimica a base inorganica che lavora su corpi inorganici, che
senza aver mai conosciuto interruzioni nella sua tradizione, si interroga senza
trionfalismi sul necessario passaggio dal giardino della sapienza alla città della
scienza. Oggetto di numerose ricerche da parte di studiosi di storia della geologia,
dell'idrologia³⁵, della lingua francese³⁶, del protestantesimo³⁷ e dell'arte
ceramica³⁸, Bernard Palissy è stato fino ad oggi poco studiato, a quanto mi risul-
ta, dagli storici della chimica e soprattutto dell'alchimia³⁹. Colmare questa lacu-
na sarà utile per comprendere qualcosa di più sui tempi e sui modi dell'evoluzio-
ne estremamente lunga e complessa di questa disciplina.

Note

- 1) N. Cusano, «Opere filosofiche» tr. it. a cura di G. Federici-Vescovini, Torino 1972, p. 932.
- 2) D. Le Dantec, J.P. Le Dantec, «Le roman des jardins de France. Leur histoire», Paris 1987.
- 3) «Strabi Galli poetae et theologi doctissimi, ad Grimaldum coenobi S. Galli abbatem, hortulus» inserito in «Medici antiqui omnes, qui latinis litteris diversorum morborum genera et remedia persecuti sunt, undique conquisiti, et uno volumine comprehensi, ut eorum, qui se medicinae studio dediderunt, commodo consulatur», Venetiis [Aldus] MDXLVII, cc. 247 r-248 v.
- 4) Benedeit, «Le voyage de Saint-Brandan», Paris 1984.
- 5) Guillaume de Lorris, Jean de Meun, «Le Roman de la Rose», Paris 1984.
- 6) «Blaquerna anachoretiae interrogationes et responsiones 365, de Amico et Amato, Raymundo Lullio Eremita auctore, Claruit circa annum Domini. 1311. Libellus omnibus viris spiritualibus non minus iucundus quam utilis», Parisiis MDLXXXV.
- 7) Francesco Colonna, «Hypnerotomachia Poliphili», edizione critica e commento a cura di G. Pozzi e L.A. Ciapponi, vv. 2, Padova 1980.
- 8) E. Kretzulesco-Quaranta, «Les jardins du songe: "Poliphile" et la mystique de la Renaissance», Paris 1986 (I ed. 1976).
- 9) Le Dantec, *op. cit.*, (2) p. 73 sgg.
- 10) Per la presenza innegabile di queste e di altre immagini care alla letteratura alchemica, l'«Hypnerotomachia Poliphili» è stata talvolta considerata come un'opera di alchimia, dietro la quale sembra doveroso ricercare chissà quali segreti dell'antica saggezza. Una tale lettura del «Polifilo» mi sembra senz'altro da rigettare: a mio parere, l'autore del «Polifilo» non è un alchimista, ma un erudito curioso di scienze della natura e stimolato dalla bellezza delle immagini alchemiche, che si diverte a mostrare al lettore, dietro un velo sottile, qualche scaffale della sua biblioteca.
- 11) Tra le molte opere dedicate alla vita e alla personalità di Bernard Palissy, sono tuttora da considerare di importanza fondamentale: L. Audiat, «Bernard Palissy. Étude sur sa vie et ses travaux», Paris 1868; E. Dupuy, «Bernard Palissy. L'homme, l'artiste, le savant, l'écrivain», Paris 1902 (réimpr. Genève 1970). Sull'editore B. Berton si veda: E. Droz, «L'imprimerie à La Rochelle» vv. 3, Genève 1960.
- 12) Sull'uso della forma dialogica nella stesura di opere scientifiche, si veda tra gli altri: R.P. Multhauf, «Some Nonexistent Chemists of the Seventeenth Century: Remarks on the Use of the Dialogue in Scientific Writing» in A.G. Debus, R.P. Multhauf, «Alchemy and Chemistry in the Seventeenth Century», Los Angeles 1966, pp. 32-50.
- 13) B. Palissy, «Recepte», Genève 1988; pp. 64-66, 74-76, e *passim*. Qui, e nelle note che seguono, mi limito ad indicare solo alcuni dei passi in cui un argomento è svolto, perché l'autore torna spesso più volte sullo stesso argomento nel corso della trattazione.
- 14) La personalità chimico-artistica di Bernard Palissy, ancora non molto conosciuta, è destinata forse a suscitare qualche sorpresa. Il filosofo della natura proiettato nei tempi nuovi che Palissy dimostra di essere in tutti i campi cui rivolge il suo interesse, viene meno clamorosamente quando il discorso si porta sull'arte ceramica e sulle sue tecniche: si veda a questo proposito il «Discours de l'art de terre» pubblicato nei «Discours admirables» per la prima volta nel 1580. Un lavoro che sto preparando, e che spero di prossima pubblicazione, è dedicato agli aspetti "alchemici" della chimica/arte di Palissy.
- 15) Per la sua diffidenza nei confronti della cultura libresca, il suo ricorrere all'esperienza diretta della natura e il suo amore per la divulgazione scientifica, molti autori hanno considerato Bernard Palissy come uno dei primi esponenti della scienza moderna, quale si afferma tra XVI e XVIII secolo.

Tra i numerosi lavori che prendono in considerazione gli aspetti "moderni" del pensiero scientifico di Palissy: A.B. Hanschmann, «B. Palissy der Künstler, Naturforscher und Schriftsteller, als Vater der induktiven Wissenschaftsmethode des Bacon von Verulam», Leipzig 1903; T.C. Allbutt, «Palissy, Bacon and the revival of natural science» *Proceed. Brit. Acad.* (1913-14), pp. 223-248; O. Auriac, «B. Palissy et la science positive», *Grande Revue CXXVII* (1928), pp. 113-132; M.L. Foster, «Bernard Palissy, sixteenth century scientist» *J. Chem. Educ.* 8 (1931), pp. 1045-1059; B. Bessmertny-Heimann, «L'esprit moderne chez Bernard Palissy» *Archeion* 18 (1936) pp. 166-173; B. Farrington, «Francesco Bacone filosofo dell'età industriale», Torino 1980 (I ed. it. 1952); P. Rossi, «Francesco Bacone. Dalla magia alla scienza», Torino 1974 (I ed. 1957).

16) Palissy, *op. cit.* (13), pp. 71-72.

17) Palissy, *op. cit.*, pp. 67-70.

18) Palissy, *op. cit.*, p. 89.

19) Palissy, *op. cit.*, p. 107.

20) Palissy, *op. cit.*, p. 90.

21) Palissy, *op. cit.*, pp. 118-119.

22) Palissy, *op. cit.*, pp. 94-95.

23) Palissy, *op. cit.*, pp. 116-117.

24) Palissy, *op. cit.*, p. 100.

25) Palissy, *op. cit.*, p. 119.

26) Palissy, *op. cit.*, p. 101.

27) Nella dedica a Monseigneur le Mareschal de Montmorancy che precede il testo della «Recepte», Palissy nega ogni somiglianza tra il suo giardino e quello dell'«Hypnerotomachia», perché — dice — a differenza del giardino del «Polifilo», il suo giardino *non* è un sogno: «Je say qu'aucuns ignorans ennemis de vertu, et calomnieurs, diront que le dessein de ce jardin est un songe seulement, et le voudront, peut-estre, comparer au songe de Poliphile...». Queste parole, che costituiscono una testimonianza esplicita del fatto che Palissy ebbe l'«Hypnerotomachia» tra le sue letture, non devono, mi sembra, essere prese troppo alla lettera: l'autore, che qui come altrove è piuttosto reticente su ciò che riguarda le sue fonti e il suo pensiero, ha molto più presente il «Polifilo» di quanto voglia far credere.

28) Benedeit, *op. cit.* (4), vv. 1697-1700.

29) Palissy, *op. cit.*, p. 174: «Il faudroit de toutes les especes d'outils servans à l'agriculture: et parce qu'il y a des colonnes, et autres membres d'architecture, il faudroit de toutes les especes d'outils propres à la Geometrie»; a p. 138, in un confronto tra colonne-alberi, fatte da Dio e colonne di pietra, fatte dall'uomo: «Et puis que le Souverain Geometrien, et premier edificateur y a mis la main, il les faut plus estimer que celles des pierres, quelques rares qu'elles soyent...».

30) Il giardino rinascimentale, costituito da spazi geometrici delimitati da siepi e da bordure di vario tipo, diviene, se se ne esamina la pianta, un disegno geometrico astratto. In: Olivier de Serres, «Le theatre d'agriculture et mesnage des champs», Genève 1629, pp. 521-532, sono riportati vari disegni geometrici di questo tipo. Il disegno riportato a p. 522, che, dice la sovrascritta, è stato utilizzato anche per la realizzazione di una mattonella del palazzo delle Tuileries, somiglia molto alla pianta del giardino della «Recepte» quale si ricava dalla descrizione dell'autore.

31) «Les psaumes de David mis en rime françoise, par Clément Marot et Théodore de Bèze», Sedan 1614 (I ed. Paris 1543), Pseume CIII. Di grande interesse, allo scopo di comprendere meglio il giardino della «Recepte», è la preghiera posta alla fine del salmo: «Oraison. O Dieu, duquel la Providence s'estend sur toutes creatures: de sorte que ta sagesse admirable se montre par tout, fay que magnifions ta gloire et te chantions Pseaumes et louanges: afins que les meschants estans exterminés de la terre, nous esioussions en toy, & soyons finalement participans de la felicité eternelle, qui nous est promise, par ton Fils nostre Seigneur Iesus Christ, Amen». Il giardino-luogo di rifugio del calvinista perseguitato Bernard Palissy è anche questa terra liberata dai nemici della fede, Paradiso terrestre riconquistato, speranza realizzata di un mondo sconvolto dalle guerre di religione.

32) Edizioni italiane più recenti: «Scritti filosofici di Francesco Bacone», a cura di P. Rossi, Torino 1975, pp. 823-865; F. Bacone «Nuova Atlantide», a cura di L. Punzo, Roma 1988.

33) Allbutt, Farrington *op. cit.* (15); Rossi, *op. cit.* (15), pp. 12-13.

34) Farrington, *op. cit.*, pp. 49-50.

35) K.A. von Zittel, «Geschichte der Geologie und Paläontologie bis Ende des 19. Jahrhunderts», München und Leipzig 1899, p. 22 sgg.; P. Brunet, «Les premiers linéaments de la science géologique: Agricola, Palissy, George Owen» *Rev. Hist. Sci.* 3 (1950), pp. 67-79; R. Cerighelli, «Bernard Palissy promoteur des applications de la science expérimentale à l'agriculture» *Ann. Inst. Nat. Agron.* 34 (1947), 80 pp.; M. Gandois Michel, «Bernard Palissy hydrologue et géologue, étude historique et critique» (thèse), Bordeaux 1951; H.R. Thompson, «The geographical and geological observations of Bernard Palissy the potter» *Ann. Sci.* 10 (1954), pp. 149-165; A. La Rocque, «Bernard Palissy» in C.J. Schneer (ed.), «Toward a history of geology», Cambridge 1969, pp. 226-241.

36) V. Zimmermann, «Die Syntax des Verbuns bei B. Palissy» (These), Leipzig 1915; E. Borlé, «Observation sur l'emploi des conjonctions de subordination dans la langue du XVI^e siècle, étudié spécialement dans les deux ouvrages de Bernard Palissy», Paris 1927.

37) L. Audiat, «Bernard Palissy historien de la Réforme» *R. Prov.* IV (1864), pp. 21-39, 212-31; L. Palaysi, «Bernard Palissy et les débuts de la Réforme en Saintonge», thèse présentée à la Faculté de Théologie Protestante de Paris..., Cahors 1899; e inoltre numerosi articoli pubblicati a partire dal 1853 sul *Bull. Soc. Hist. Prot. Français*.

38) Di particolare interesse: A. Brongniart, «Traité des arts céramiques ou des poteries considérées dans leur histoire, leur pratique et leur théorie» II édit., Paris 1854, t. II, p. 55 e sgg.; Em. Enjubault, «L'art céramique et Bernard Palissy», Moulins 1858; A. Tainturier, «Les terres émaillées de B. Palissy, inventeur des rustiques figulines. Étude sur les travaux du maître et de ses continuateurs, suivi du catalogue de leurs oeuvres», Paris 1863; C. Delange, C. Borneman et M. Sauzay, «Monographie de l'oeuvre de B. Palissy», Paris 1862; B. Fillon, «L'art de la terre chez les Poitevins. Histoire de la fabrication des faïences de Henri II et des oeuvres de Bernard Palissy», Paris 1864; M. Gastineau et M.B. Moyodon, «Palissy et la céramique», Paris 1942; S. Grandjean, «L'art de Palissy» in «Bernard Palissy et son école» (Collection Edouard de Rothschild), Paris 1952, pp. 49-57.

39) Tra i pochi lavori sulla chimica di Bernard Palissy di cui sono a conoscenza, posso ricordare: W. Kirsop, «The legend of Bernard Palissy» *Ambix* 9 (1961), pp. 136-54; A.G. Debus «Palissy, Plat and English agricultural chemistry in the 16th and 17th centuries» *Arc. Int. Hist. Sci.* 21 (1968), pp. 67-88 (rist. in A.G. Debus, «Chemistry, Alchemy and the new philosophy», London 1987). Il primo lavoro tende a ridimensionare, anche attraverso l'esame dell'"alchimia" di Bernard Palissy, l'immagine leggendaria di uomo di poca cultura che molti studiosi, sulla base di ciò che egli dice di sé, gli hanno attribuito.

Elenco delle opere di e su Bernard Palissy, pubblicate tra il 1975 e 1989

- B. Palissy, «De l'art de terre; (suivi de la) Recepte véritable...», Plan de la Tour 1985.
- B. Palissy, «Recepte véritable» éd. crit. par K. Cameron, Genève 1988.
- M. Haslam, «Bernard Palissy» *Connoisseur* (1975) n. 763, pp. 12-17.
- M.K. Bénouis, «Le dialogue philosophique dans la littérature française du seizième siècle», La Haye-Paris 1976.
- J. Céard, «La Nature et les Prodiges. L'Insolite en France au XVI^e siècle», Genève 1977.
- M.K. Bénouis, «Un livre contre les livres: La Recepte de Bernard Palissy» *Romance Notes* XVIII, 1 (Fall 1977), pp. 115-119.
- J.M. Barrande, «Déluge et pétrifications (Notes sur un texte de B. Palissy)» *Annales publ. trim. par l'Univ. de Toulouse - Le Mirail*, Philosophie VII, nouv. série XIV (1978), fasc. 5, pp. 33-44.
- P. Congar, «Bernard Palissy à Sedan» *Le Pays Sedanais* (1979), pp. 7-13.
- P. Gascar, «Les secrets de Maître Bernard. Bernard Palissy et son temps», Paris 1980.
- R. Halleux, «La littérature géologique française de 1500 à 1650, dans son contexte européen» *Rev. Hist. Sci.* 35, 2 (1982), pp. 111-130.
- J. Johnson, «Bernard Palissy, Prophet of Modern Ceramics» *The Sixteenth Century Journal* XIV, 4 (1983), pp. 399-410.
- P. Duhem, «Léonard de Vinci, Cardan et Bernard Palissy» *Bull. it.*, VI (1906), pp. 289-319 (rist. in: «Études sur Léonard de Vinci», Paris 1984).
- F. Lestringant, «Le prince et le potier: introduction à la "Recepte véritable" de Bernard Palissy (1563)» *Nouvelle revue du seizième siècle* III (1985), pp. 5-24.
- A. Guillaume, «Bernard Palissy. La logique de l'eau et l'histoire» in «Abstracts of Papers Presented in Scientific Sections» (2 vol.). Vol. 1. International Congress of History of Science, n. 17, Berkeley 1985.
- A. Gibbon, «Céramiques de Bernard Palissy», Paris 1986.
- A.M. Lecoq, «Morts et résurrections de Bernard Palissy» *Revue de l'Art* 78 (1987), pp. 26-32.
- B. Dufay, Y. de Kish, D. Poulain, Y. Roumégoux, P.J. Trombetta, «L'atelier parisien de Bernard Palissy» *Revue de l'Art* 78 (1987), pp. 33-60.
- L.N. Amico, «Les céramiques rustiques authentiques de Bernard Palissy» *Revue de l'Art* 78 (1987), pp. 61-69.
- J. Mc Nab, «Palissy et son "école" dans les collections du Metropolitan Museum of Art de New York» *Revue de l'Art* 78 (1987), pp. 70-76.
- J. Céard, «Relire Bernard Palissy» *Revue de l'Art* 78 (1987), pp. 77-83.
- R.H. Bautier, G. Bresc Bautier, «Un faux du XIX^e siècle: "Devis d'une grotte pour la Roynne, mère du Roy"» *Revue de l'Art* 78 (1987), pp. 84-85.
- A.G. Debus, «Palissy, Plat and English agricultural chemistry in the 16th and 17th centuries» *Arc. Int. Hist. Sci.* 21 (1968), pp. 67-88 (rist. in A.G. Debus, «Chemistry, Alchemy and the new philosophy», London 1987).
- J. Céard, «Les talents de Palissy» in «L'Intelligence du passé, les faits, l'écriture et le sens. Mélanges offerts à Jean Lafond». Études réunis par P. Aquilon, J. Chupeau et F. Weil, Univ. de Tours 1988, pp. 139-147.
- M. Boudon-Duaner, «Bernard Palissy. Le potier du roi» Carrières-sous-Poissy, 1989.

Luciana Bona Quaglia * e Sergio Tira **

* Dipartimento di Filologia, Linguistica e Tradizione classica

** Istituto Chimica Organica

Università di Torino

**Sulla sezione di scritti alchimistici greci
di un manoscritto torinese del XVI secolo e sul suo lessico**

Summary

Relation of the greek ms. LXXXII c. III. 25 of the National Library in Turin, with other mss. of testual tradition of alchemical tests; the ancient lexic of Chrysopea and the seventeenth century Lexicon of Martin Ruland.

I

Il Berthelot, nel pubblicare un cospicuo gruppo di scritti alchimistici greci (*Collection des anciens Alchimistes Grecs*, publiée par M. Berthelot avec la collaboration de Ch.-Em. Ruelle: I, *Introduction*; II, *Texte Grec*; III, *Traduction*, Paris 1888), si servi del ms. Marciano 299 (sec. XI: indicato con la sigla M), dei Parigini 2325 (sec. XIII: B), 2327 (a. 1478: A), 2275 (a. 1475: C), 2326 (sec. XVI: D), 2329 (sec. XVI-XVII: E), 2249 (sec. XVI: K), 2250/2251/2252 (sec. XVII: L oppure La/Lb/Lc), 2419 (a. 1460: R), 1022 del Suppl. greco (s. XVII: S), e del Laurenziano LXXXVI, 16 (a. 1492: Laur.). I mss. fondamentali usati per l'edizione furono M, B e A: quanto i testi erano presenti nel Marciano, il Berthelot li trascrisse da questo manoscritto, collazionato con gli altri; per i testi mancanti in M, li trascrisse in genere da B e A (se presenti in questi codici), collazionati con gli altri. Nell'*Introduction* (pp. 173-219), *Notices sur quelques manuscrits*) dà ampia notizia di altri mss. greci, non utilizzati direttamente per l'edizione del testo, nonché del ms. arabo d'Ostanes della Bibl. Naz. di Parigi, allo scopo di fornire un quadro quanto più possibile completo dei trattati presenti nei vari mss. e della loro scelta e disposizione, e per proporre ipotesi sull'origine e la filiazione dei mss. alchimistici greci.

Il Berthelot non mostra di conoscere (e comunque non cita) il ms. LXXXII, c. III. 25. della Biblioteca Nazionale di Torino; e così pure questo ms. non compare nel *Catalogue des Manuscrits Alchimiques Grecs*: II, *Les Manuscrits Italiens décrits* par C.O. Zuretti, Bruxelles 1927. Si tratta di un codice cartaceo del sec. XVI, che consta di 258 folia: la prima parte (ff. 1-159v) è dedicata a trattati matematici greci (ai ff. 1-106v i primi quattro libri sui con, di Apollonio Pergeo; ai ff. 107r-159v, l'opuscolo sulla sezione del cilindro, di Sereno Antisnense, dedicato all'amico Ciro), la seconda (ff. 160r-258v) contiene una scelta di scritti alchimistici greci,

tutti presenti già nella collezione del Berthelot o in altre edizioni. Ne do — per motivi di spazio — un elenco molto succinto, rimandando alle pagine corrispondenti dell'edizione del Berthelot:

ff. 160r-163v: Lessico alfabetico della sacra arte (corrispondente a Berthelot, II 4-17); ff. 162v-168r: Scritti fisici e mistici di Democrito (= Berth. 41-53); ff. 168r-173r: Lettera del filosofo Sinesio a Dioscoro a mo' di scoli all'opera di Democrito (= Berth. 56-69); ff. 173r-199r: Trattato diviso in nove πράξεις di Stefano alexandrino suill'arte sacra della crisopea (non presente in Berth. perché già pubblicato); ff. 199r-205v: Commentari genuini di Zosimo Panoplita sull'acqua sacra, e altri scritti (= Berth. 143-144. 234-237. 138-143. 107-108. 144-145. 211); ff. 205v-221r: Scritti di un anonimo Cristiano sull'arte sacra, sull'acqua sacra ... giuramento del filosofo ... (= Berth. 395-399. 272-277. 279-285. 399-421. 374-375. 35. 27. 205-208); ff. 221v-241r: Descrizione in riassunto della sacra arte della fabbricazione dell'oro e dell'argento di Zosimo Panoplita, e altri scritti (= Berth. 346-367); ff. 241v-243v: Metodo dell'arabo Salmanas per la preparazione delle perle sferiche (= Berth. 364-367); ff. 243v-245r: Una serie di istruzioni per la lucidatura, l'imbianchimento, la pulizia e lo scioglimento delle perle, nonché per la tintura e il trattamento dello smeraldo, del cristallo e di altre pietre (= Berth. 368-371); ff. 245r-246r: Sulla fabbricazione dell'asemon e del cinabro (= Berth. 36-38); ff. 246r-254v: Tintura di pietre varie, tintura del rame e del ferro, differenza tra piombo e foglia d'oro (= Berth. 350-364. 346-348. 342-343. 345. 377-379); ff. 256r-257v: Dal trattato di Cleopatra sui pesi e le misure; ff. 257r-258r: Intepretazione dei simboli usati nell'arte sacra (questi due ultimi scritti non sono compresi nella collezione del Berthelot, in quanto già pubblicati).

Va subito detto che il ms. torinese (che d'ora in poi indicherò con T) non apporta novità per quanto riguarda la costituzione del testo; può essere invece non inutile cercar di precisarne i rapporti con gli altri mss.

È da escludere innanzitutto un rapporto diretto con i mss. italiani che sono presentati nel catalogo citato dello Zuretti da p. 59 in poi, nelle sezioni: codex Florentinus, cod. Vaticanus, cod. Ottobonianus, codd. Ambrosiani, ceteri codd. Veneti, codd. Bononienses, codd. Vaticani, cod. Angelicus, codd. Vallicelliani, codd. Neapolitani: anche se spesso c'è coincidenza per gruppi di trattati, la scelta complessiva e la successione degli articoli comuni non corrispondono; corrispondenza v'è invece con i mss. di base della edizione del Berthelot, non tanto con M, quanto piuttosto con B e A: la successione dei trattati in T rispecchia infatti quella dei Parigini B e A (in parte diversa da quella di M), e la scelta si identifica quasi esattamente con quella di B: omissa solo l'inizio di B (un pezzo di lista dei simboli alchimistici = Berth. I 114,3-116,19, tavv. 7 e 8), il testo di T segue quello di B dal *Lessico* (f. 2v di B) fino all'articolo διαφοραὶ μολίβδου καὶ χρυσοπετάλου compreso, che inizia in B al f. 177r (B prosegue ancora con altri articoli — ff. 179r-180v —, scritti da mano più recente, di argomento non sempre riconoscibile e non sempre alchimistico). Per quanto riguarda A, il testo ne è seguito per gli stessi articoli, cioè dal f. 19r al f. 157v: i numerosi articoli successivi di A non compaiono in T. La parte finale di T è invece occupata dal trattato di Cleopatra

sui pesi e le misure (ff. 256r-257r), mancante sia in B sia in A, e da una lista dei simboli alchimistici (ff. 257r-258) che corrisponde esattamente alla prima parte della lista presente nella parte iniziale di A ai ff. 16v-17v, l. 19 (lista composita, risultante dalla successione di liste diverse — se ne veda la trattazione in Berth. I 92-122 — che prosegue in A con altri segmenti di liste, ff. 17v, l. 20-18v: si tratta della stessa lista che apriva B). Da notare, per quanto riguarda la scelta, la presenza in T come in B e A (e nelle rispettive copie C e K) del trattato dell'arabo Salmonas (non presente in M; contenuto invece in Laur.) e l'omissione di una serie di scritti (ad es. sull'uovo filosofico, sul serpente Ouroboros, la lista dei fabbricanti d'oro, il labirinto di Salomone, l'Organon di Hermes Trismegistos), presenti in M o in A, o in entrambi.

Per quanto riguarda la tradizione testuale delle parti comuni con BA, è da notare che il *Lessico* con cui si apre il testo di T concorda col testo di B: basti qui indicare alcune concordanze: il titolo è in BT Λεξικὸν κατὰ στοιχείων τῆς ἱερᾶς τέχνης (Λεξ. κ. στοιχ. τ. ἱερ. τέχνης πρῶτον ἑλληνιστὶ μεταλλευτικόν, τῶν δὲ (τῶν τε E) σημείων καὶ τῶν ὀνομάτων AE; Λεξ. κ. στοιχ. τῆς χρυσοποιίας M; Λεξ. κατὰ ἀλφάβητον μεταλλευτικόν τῶν ὀνομάτων τῆς θείας καὶ ἱερᾶς τέχνης τῆς ἐν τῇ χρυσούλῳ ταύτῃ βίβλῳ L); la chiusa è in BT Τέλος τοῦ λεξικοῦ (τ. τοῦ μεταλλευτικοῦ λεξικοῦ AL; τέλος M); inoltre, primo lemma della lettera A del lessico in BT è ἀφαίρημά ἐστι πίτυρα σίτου, che corrisponde al lemma dodicesimo degli altri mss.: «B — nota il Berthelot, II, 4 *ad loc.* — a perdu le commencement du Lexique iusqu'à l'article ἀνδροδάμας inclus»: e T presenta la stessa lacuna.

Sempre nel *Lessico*, per quanto riguarda le scelte testuali vere e proprie o le particolarità ortografiche, il più delle volte la concordanza è con BM oppure con BA o BAL, cioè sempre con la lezione presente in B.

Nella parte successiva, continua ad esserci concordanza col gruppo dei mss. di Parigi, talora con varianti presenti in A e non in B, talora all'opposto, soprattutto in determinati blocchi di articoli: non è possibile qui offrire dati dettagliati: basti accennare ad alcune varianti nelle sezioni finali: f. 250r, l. 27: οἱ δὲ χαλκ' TB, οἱ δὲ χάλκ A; f. 251r, l. 8 e 9: βωτάνιον TA, errore per βατάνιον B; f. 252r, l. 14: συρθεῖς T e A, errore per συνθεῖς B (il Berth. fa l'ipotesi che A sia qui copia di B, e gli errori nascano da cattiva lettura di caratteristiche grafiche di B); f. 253r, l. 17: a fine articolo T omette con B la parola τέλος, presente in AKC. Le annotazioni marginali di questa sezione sono in genere quelle di A. A ciò sono da aggiungere alcune particolarità per cui T si distingue dalla tradizione dei Parigini e presenta singolari corrispondenze con Laur.: f. 231r, l. 12: il titolo περὶ τοῦ χριστέον ⓧ ἀντίλογος (con un fenomeno di itacismo non normale in T: χρηστέον negli altri mss.) corrisponde a quello del Laur. f. 136r; anche al f. 234r il titolo περὶ ὕδατος θείου καὶ καύσεως σωμάτων corrisponde a Laur. f. 140v (negli altri mss. il titolo è περὶ καύσεως σωμάτων).

È evidente anche solo da questi accenni che il ms. torinese, pur essendo in

stretto rapporto con la tradizione dei mss. parigini, e in particolare con B, ha però subito l'influsso, almeno per certe sezioni, anche di altri rami della complessa tradizione di questi testi. (L.B.Q.)

II

Nel quadro di una lenta ma costante evoluzione della materia alchimistica verso una visione gradualmente più scientifica o perlomeno meno fabulistica, può acquistare un certo interesse un confronto fra le voci contemplate nel testo greco del manoscritto in esame, ancora trascritto e circolante nel secolo XVI secondo la datazione proposta dal Pasini, nel suo *Codices manuscripti bibliothecae regii taurinensis Athenaei*, del 1749, e quelle presenti nel ben noto ricco *Lexicon alchemiae ... cum obscuriorum verborum & rerum hermeticarum, tum Theophrast-Paracelsicarum phrasium planam explicationem continens*, redatto dal Ruland e stampato nel 1612, intrecciato di espressioni latine e germaniche, talora complementari le une delle altre, talora pure versioni ripetute, esprimenti con tentativo di chiarezza scientifica le conoscenze in argomento dell'epoca.

Appare immediata anche ad un esame sommario la notevolissima caduta di vocaboli ed espressioni prese in esame, che da più di duecento del dizionario greco passano ad una ventina nel *Lexicon* rulandiano. Non solo ma per la maggior parte di esse il significato viene fortemente razionalizzato come per le voci Stagno, Piombo, Litargiro, Pompolix, Cinabro, Stibio, Cadmia, Sandracca, ricche di varie definizioni, generalmente non concordanti con quelle del manoscritto greco. Cadono tutte le espressioni più fantasiose — «latte della vacca nera» è definito come «mercurio estratto dallo zolfo» — e meno indicative — «Ios è l'ingiallimento, l'acqua del solfo nativo, il comaris di Scizia, il pastello dell'India, il ranuncolo, il crisopasio, la crisocolla» — oppure «Claudianos» che è «la calce delle uova, il pioppo nero e la cassia». Non solo, ma le pochissime voci che rimangono si possono numerare sulle dita (Titanos da «calce dell'uovo» che diventa «calce del gesso», ed il piombo che è legato alla cerussa).

Alcune voci in più compaiono sul molto più recente *Dizionario di alchimia e di chimica antiquaria* di G. Testi (Roma 1950) — «bile del serpente, acqua di solfo, cunfio, nuvola» ... — il cui stesso Autore però ricorda di «aver raccolto 5000 vocaboli scelti fra i più importanti ed i più generalmenti usati ... non con la pretesa di aver creato il vocabolario completo di una lingua morta».

Mentre in questo secondo caso si può quindi parlare, in accordo con l'Autore, di una generica carenza di informazione, nel caso del *Lexicon* su citato si può formulare l'ipotesi di una «voluta» omissione di termini considerati dall'Autore, decisamente ortodosso seguace di Paracelso (1493-1541) che viene ricordato nel lungo frontespizio del testo sopra citato di proposito, non accettabili dalla neonata Spagiria, lanciata da quello che egli ritiene suo collega e maestro, fondata su basi che per l'epoca mostrano una tendenza ad una visione scientifica della materia, in cui espressioni fumose e fantasiose non dovevano più trovare spazio.

Ettore Curi
I.M. Montanari - Verona

Le analisi chimiche delle acque delle terme di Caldiero nel XV e XVI secolo

Summary

All the analyses operated by famous doctors in the XV and XVI centuries, on the waters of Caldiero have confirmed the presence of iron, nitre and sulphur in the waters themselves but, on the contrary, in the Caldiero Baths there aren't any traces of these elements.

These facts are not to be imputed to uncorrect analyses or to the incapability of pointing out some elements in an analysis, but to the completely different way of proceeding in a research which intends to find out, not the «matter» itself, but the Aristotelian qualities, virtues and powers of the elements.

A Camaldolite monk, V. Minardo, in 1567, applies to the analyses the techniques he had learned in the workshops which were used to mark goods.

While excluding the presence of the three mentioned elements, he finds out that the waters of Caldiero contain only some common salts and some ochre.

A dieci chilometri ad Est di Verona, in una verde e splendida vallata, ai piedi di due piccole collinette di origine vulcanica, sgorgano le acque di Caldiero, celebri sino dal XV secolo, per le loro proprietà curative. Si tratta di acque «ipotermali (26,2 C°), mediominerali, bicarbonato solfato calcio magnesiache con presenza di metalli alcalini» secondo le ultime analisi di DeFrancesco, del 1980¹.

Lo studio delle analisi chimiche svolte sulle acque termali rappresenta una preziosa fonte d'informazioni per chi voglia indagare sull'evoluzione delle conoscenze scientifiche ed i processi storici che hanno determinato gli indirizzi e le fasi di alcuni procedimenti del pensiero scientifico. Del resto non vi è grande medico, o chimico, del passato che non si sia attivamente interessato alle analisi delle acque termali, da Pietro d'Abano a Gabriele Falloppio, da Robert Boyle a Torbern Bergman, da P.J. Macquer ad Antonio Giobert. Spesso le stesse fonti sono state esaminate da diversi studiosi nel corso di vari secoli, ed è quindi possibile studiare l'evoluzione delle conoscenze riferite ad uno stesso soggetto. l'evoluzione delle conoscenze riferite ad uno stesso soggetto.

Le fonti di Caldiero, ad esempio, sono state studiate, in circa 500 anni, da oltre una ventina di analisti, le cui opere rappresentano un contributo importante

per seguire e verificare i vari processi ed i momenti che portarono all'evoluzione ed alla emancipazione, dal medioevo ad oggi, della chimica.

Le prime analisi documentate per le fonti di Caldiero sono quelle eseguite, nel 1458, dal «medico physico» veronese Aleardo Pindemonte²; non si tratta certo delle prime analisi svolte in Italia, dato che già nei secoli precedenti altri medici avevano operato analisi sulle acque di varie regioni: come Pietro d'Abano (1307), Gentile da Foligno (1321), Bonaventura Castelli (1351), Pietro da Tossignano (1366) e Giovanni e Jacopo de Dondi (1338 e 1356) che si erano particolarmente dedicati alle analisi del complesso termale padovano³. Si può dire con sicurezza che nel XV secolo le opere di questi studiosi costituivano già una buona letteratura sull'argomento, dalla quale Aleardo Pindemonte ha attinto attivamente. Sarà poi nel cinquecento che appariranno le grandi edizioni sulle terme, come la celeberrima opera collettiva «de Balneis» edita a Venezia da Junta, nella quale sono state raccolte le pagine più importanti di moltissimi autori che hanno trattato di acque termali e alle quali sono state aggiunte le pagine più significative dei maestri a cui tutti facevano riferimento: Aristotele, Plinio, Avicenna, Averroè⁴.

Nel suo lavoro il medico veronese ricorda innanzitutto che «*non invenitur aqua per se naturaliter calida, quae non participet aliqua medicinali virtute*» e che, secondo l'opinione più diffusa, risalente ad Aristotele, «*causa propria caliditates thermarum est cursus illarum aquarum super mineras sulfureas, vel nitrosas, à quibus calefiunt, cum minerae illae sint potentia ignis, et potentia valde propinqua, et actu igni utitur, ex illo motu*»⁵.

L'acqua è infatti sostanza umida e fredda, secondo la teoria aristotelica, e più leggera della terra sulla quale scorre. Il fatto che, nelle sorgenti termali, essa emerge dal sottosuolo e calda, dimostra che nell'interno della Terra essa ha subito una serie di trasformazioni che sono da attribuire all'azione delle rocce nitrose e sulfuree con le quali si è trovata in contatto ed alle quali ha sottratto alcune qualità. Secondo la mineralogia del tempo anche i minerali erano suddivisi in due categorie fondamentali: i minerali caldi e quelli freddi, a seconda di varie proprietà, ma in particolare in base al loro comportamento nei confronti della fiamma. Così il nitro e lo zolfo erano considerati minerali caldi, come del resto era facilmente dimostrabile dal loro comportamento nei confronti del fuoco, nel quale bruciavano e fondevano emanando vapori. Testimoniava, altresì, la loro appartenenza alla categoria delle sostanze calde la loro leggerezza, la scarsa compattezza ed il fatto che possedevano un sapore ed un odore facilmente avvertibili ai sensi: segno di una certa loro scarsa coesione⁶. Il calore, quindi, di queste rocce, veniva catturato dall'acqua che modificava così le proprie qualità: divenuta calda e leggera, risaliva in superficie, portando con sé le nuove virtù acquisite dalle rocce.

Pindemonte descrive quindi le sue analisi e le sue conclusioni: «*Et primo dicta aqua esse ferrea et nitrosam et sulfuream, sed longe et longe magis est ferrea et in paucis est nitrosa et minus est sulfurea*».

Questa sorta di analisi, non solo qualitativa ma anche quantitativa, Pindemonte l'ha ricavata da alcune osservazioni che non si sono limitate alla sola acqua; la presenza del ferro, infatti, «*patet per fossationem minerae dicti balnei... et patet per tepiditate dictae aquae, quae provenit propter superabundantem mineram ferri super nitrosam et sulfuream.*».

La presenza di nitro e zolfo «*patet per sublimationem dictae aquae, quam sublimari feci alias et sic inveni...*», mentre la composizione generale dell'acqua è testimoniata «*...per experientiam vidi in aegris iam missis ad illa balnea...*».

La tecnica d'analisi di Pindemonte è la stessa usata da Michele Savonarola qualche decennio prima, nell'operare sulle acque di Abano, ed è la stessa che viene raccomandata dai numerosi scritti dei grandi studiosi del passato; una tecnica che si risolve in quattro momenti fondamentali:

1) l'analisi del terreno dal quale emergono le acque, perché, come diceva Aristotele «*tales aquae quales terrae per quas luunt*».

Il colore delle rocce basaltiche, la loro pesantezza e compattezza, i frustoli metallici che si rinvenivano nei dintorni, spingevano a ritenere le rocce ricche di ferro;

2) la temperatura tiepida dell'acqua; se fossero stati presenti solo minerali caldi, come il nitro e lo zolfo, l'acqua avrebbe una temperatura molto più elevata, come, per esempio, l'acqua delle terme di Abano.

Il fatto che le acque di Caldiero siano soltanto tiepide dimostra che ai due minerali «*calidi*» si è aggiunto un minerale molto freddo e tale è, senz'altro e ad opinione della maggior parte degli studiosi, il ferro, che alla fiamma non brucia, non produce vapori, è pesante ed è privo di sapore⁸;

3) la sublimazione, ossia la distillazione, durante la quale l'acqua, evaporando, emette vapori; dall'odore di questi si possono trarre notizie sulle virtù contenute nell'acqua. È dalla sublimazione, infatti, che si ricava, grazie al forte odore di cui è impregnato il vapore, la presenza o meno dello zolfo;

4) ed infine «*l'experientia*» ossia i risultati ottenuti dalla cura delle acque sui singoli malati. Se le acque guariscono le emorroisse o i sofferenti di stomaco non possono che contenere le virtù del ferro, che, come era noto a tutti, per le sue proprietà, ferma i flussi ed è benefico al «*ventricolo*»⁹.

Una volta conosciute le nuove virtù dell'acqua «*facile est*» prevedere per quali malattie essa può essere utilizzata, in base ai principi della teoria umorale e della legge dei contrari¹⁰.

Dopo il lavoro del Pindemonte altri autori, nel XV secolo, scrissero su Caldiero, e tra questi merita particolare attenzione Gerardo Boldiero, professore a Padova, di cui ci resta una straordinaria affermazione, riportata da Antonio Fumanelli in un suo scritto sulle terme veronesi: «*ex eius dissolutione de anno 1473, opinio excellentiss. doctoris magistri Girardi Bolderii veronensis. De minera Balnearum Calderianorum ex decem partibus octo cum dimidia sunt ferruginis, una*

pars nitri, et dimidia pars sulphuria»¹¹.

Antonio Panteo, segretario del grande vescovo ed umanista Ermolao Barbaro, pubblica nel 1488 un delizioso trattato sulle terme, in cui sono esposte, in una forma letteraria molto elegante e curata, tutte le notizie del tempo sulle terme in generale e su Caldiero in particolare¹².

Ma il secolo d'oro per le analisi calderiane fu il XVI durante il quale studiarono le acque alcuni tra i più celebri scienziati del tempo, dai veronesi Tommaso Zefiriele Bovio, Francesco Calzolari e Antonio Fumanelli, agli «stranieri» come il faentino Mengo Bianchelli, il padovano Bartolomeo Montagnana, il veneziano Nicola Massa, il modenese Gabriele Falloppio ed il romano, archiatra pontificio, Andrea Bacci, autore, tra l'altro, di un monumentale trattato sulle terme di tutta Italia¹³.

Tutte le analisi, di tanti eminenti autori, ricalcano quelle operate dal Pindemonte e si svolgono secondo le quattro fasi elencate: analisi del terreno, temperatura dell'acqua, distillazione e studio dei risultati ottenuti dalle cure sui malati. Tutti gli autori confermano che le acque di Caldiero contengono prima di tutto ferro e poi un po' di nitro e di zolfo¹⁴.

L'omogeneità dei metodi e l'unanimità delle risposte stanno a testimoniare che ci troviamo di fronte a studiosi che facevano riferimento ad un complesso di nozioni pure omogeneo, codificato e generalizzato, che si è perpetuato, intatto, per secoli. L'aristotelismo ha pervaso di sé anche la medicina, generando una dottrina organica e perfetta, onnicomprensiva, in cui ogni fenomeno trovava la sua collocazione e la sua giustificazione razionale. La medicina non si gioverà più di una simbiosi così perfetta con la fisica e con la chimica, se non ai giorni nostri, dopo essere stata probabilmente, la disciplina che per più lungo tempo e più pesantemente ha risentito del crollo dell'aristotelismo.

Gli analisti del XV e del XVI secolo non cercavano nelle acque termali le sostanze: cercavano solo le «virtù», le «qualità», le «potenze» che le sostanze avevano trasmesso alle acque stesse. Non ci troviamo di fronte ai problemi di «*mixtio*» né «*secundum veritatem*» e nemmeno «*ad sensum*»; le acque termali non costituiscono una «*MIXIS*» e nemmeno una «*SÛNTESIS*». L'acqua resta tale, non contiene sostanze diverse; ma ha ricevuto per «*accident*» nuove qualità, nuove virtù, nuove potenze¹⁵.

Nicola Massa, che è tra gli autori, colui che più di tutti fa riferimento ad Averroè, spiega che «*haec aqua non pura elementaris, sed corpus aqueum est*» perché non contiene più le proprie virtù, ma quelle delle sostanze con cui è venuta a contatto; di loro, alle acque termali, è rimata la sola umidità; «*alias qualitates contrahunt ex accident et ab intrinseco illis adveniunt*» per cui «*aquae calderianae siccitatem ex accident acquisiverint*»¹⁶.

Per questo se «*aqua dulcis frigida est et umida et ob id semper humectat et refrigerat per suam essentiam*», ora «*quia a minera ferri roborata fuit*» oltre che

«refrigerare» può anche «exiccare, non tamen ex propria virtute sed per accidentalem»¹⁷.

Gli analisti non si ponevano, quindi, il problema di cercare il ferro il nitro e lo zolfo nelle acque, ma le «virtù» del ferro e degli altri minerali. E a questo tendevano le quattro analisi a cui sottoponevano le terme: cercare l'odore dello zolfo, il sapore del nitro, la temperatura del ferro¹⁸.

L'acqua, trasformata nelle sue essenze, nelle sue virtù, poteva quindi essere utilizzata per curare altre malattie, diverse da quelle che essa curava quando era presa pura. Giovanni Antonio Sicci spiega infatti che «*aqua dulcis, quae pura est, et nulla alia re infecta, frigida est et humida, ex se, et suapte natura: et ob it semper humectat et refrigerat per suam essentiam*»; ma se nell'acqua pura si spegne un ferro rovente, essa acquista dal metallo il calore e le sue virtù, per cui, come insegna Avicenna «*ferrum frigidum fit et siccu, et in eo fit stypticitas multa: dicamus huius aquae proprietatem esse, infrigidare, exiccare et stypticare*»¹⁹.

Poteva capitare che, a volte, nelle acque si rinvenisse materia, sostanza, come i frustoli metallici nelle acque di Caldiero o i cristalli di zolfo di Abano; ma ciò avveniva perché, in determinate condizioni, «*l'eccesso di spirito e di alito di quella sostanza*»²⁰, contenuto nelle acque, si riprendeva originando un corpo materiale; ma si trattava di casi sporadici dai quali era opportuno guardarsi e non degnarli di troppa attenzione ed importanza.

Le virtù venivano quindi trasmesse da una sostanza all'altra, dal ferro all'acqua e da questa all'organismo, temperandosi reciprocamente; ogni sostanza che possiede proprie virtù «*per sè*» può riceverne altre e diverse «*ex accident*» da varie sostanze determinando una serie di trasformazioni qualitative.

Lo studio delle sostanze, delle loro proprietà, delle trasformazioni che queste subivano, la peculiarità di ogni sostanza, i metodi d'indagine, le deduzioni possibili, erano tutte racchiuse in un unico grande sistema di conoscenze, universale e codificato. Non si tratta quindi di analisi errate o condotte con mezzi e metodi incapaci di porre in evidenza la reale presenza di determinate sostanze disperse nell'acqua; si tratta invece di speculazioni tese ad accertare la presenza di caratteristiche e peculiarità del tutto diverse da quelle ricercate dalle attuali analisi chimiche. Non vi è dubbio, infatti, che già nell'antichità, ma a maggior ragione nei primi anni del rinascimento, le tecniche per accertare e studiare la struttura delle sostanze erano molto avanzate; basti pensare a tutte le metodologie per la marcatura delle merci ed in particolare per i prodotti della metallurgia. Il ferro e la sua metallurgia aveva, da tempo, imposto tutta una serie di analisi atte a determinarne le condizioni qualitative e quantitative. Ugualmente, se non di più, bisogna ammettere per il nitro, che per il suo uso nella polvere da sparo, era diventato una sostanza assai familiare anche ai non addetti ai lavori; e parimenti poi per lo zolfo. Ma tutte queste nozioni non potevano interessare i medici filosofi del rinascimento, che attribuivano a quelle sostanze poteri e virtù totalmente diversi da quelli presi in considerazione nella pratica quotidiana e commerciale.

Una serie di analisi, veramente straordinarie, furono eseguite, negli anni che vanno dal 1567 al 1570, da un frate camaldolese, Ventura Minardo, speciale di convento. I metodi, le tecniche e le finalità di analisi a cui si è riferito il monaco, sono totalmente diversi da quelli usati dai «phylosophy» suoi contemporanei e Minardo riporta analisi e risultati in un suo prezioso scritto, pubblicato prima in latino e subito dopo in volgare²¹. La straordinaria differenza tra la sua personalità e quella dei dotti autori suoi contemporanei è altresì marcata dalle sue stesse confessioni, quando con molto orgoglio e con una punta di ironia, si vanta di non essere medico e di conoscere un po' di chimica, solo per esperienza e non per studio.

Il frate inizia le sue analisi, sottoponendo le acque di Caldiero ad una serie di filtrazioni, che gli consentono di separare una certa quantità di materia dall'acqua. Pesa con estrema cura le sostanze prima e dopo i processi a cui vengono sottoposte e «...per sapere quello che si conteneva nel rimanente di essa materia rimasta nei feltri ed in particolare se vi era Nitro, fu chiusa la porta e la finestra e posta sopra un ferro affocato, non fu veduto in parte alcun vaporare o abbruciare a guisa di Nitro. Volendo poi vedere se vi era Borasi over Allume di rocca o qualche altro mezzo minerale, posto in detta materia rimasta sopra una moneta di argento infocata non scorrendo né fluendo punto come fa li Borasi e l'Allume...» ha potuto constatare l'assenza di quelle sostanze.

Temendo che il calore del fuoco potesse in qualche modo influire sulla analisi, Minardo prese ingenti quantità di acqua e la fece evaporare a «bagno-maria», lentamente e a più riprese, affinché il fenomeno assomigliasse il più possibile alla «digestione». La sostanza rimasta fu essiccata, sempre al sole, e «...ponendovi sopra una campana di vetro e stando nel raggio solare con l'infocato ferro, non ascese vapore o spirito di nebula alcuna per la quale si vedesse segno di Allume, di Nitro over di Borase né fumi mercuriali.». Insomma le acque di Caldiero non contengono alcuna di queste sostanze «...perciocché l'Allume scorre ed esala facilmente la sua humidità. Ed il salnitro, sopra il ferro affocato, scorre alquanto più con difficoltà, ma arde, se sente solfo di qualche sorta, e abbrucia e fa fiamma. Non vi è Borase che si adopera per far fondere i metalli: e se questo vi fusse havrebbe fatto fondere o scorrere il detto composto. Non vi è anco vapore mercuriale perciò che quando vi fusse, per la sua ontuosità sottile, roderebbe le interiora, facendosi con l'argento vivo e col salnistro il solimato: il quale è velenoso e mortifero. Laonde si per la prima come la seconda e per la terza volta che io ho sperimentato questa difficoltà, quantunque fosse cosa lontana assai dalla mia professione, non di meno, per quella poca cognizione che mi è concesso non ho ritrovato che quella rubedine si altro che l'istessa virtù minerale unita per minera con quella solforità; e quel sale che vi è incluso è della natura del sal marino.»

Minardo trova insomma, alla fine, della comune terra rossa, del sale e della «solforità»; e poiché tutto era stato pesato con estrema diligenza e precisione, su 24 danari di sostanza secca, filtrata dalle acque «dieci danari erano di sale volati-

le e fisso, 5 danari di solforità e 9 di rubedine, che in tutto sono danari 24 che fanno un'oncia».

Le analisi del frate non si arrestano alle acque e si estendono ai fanghi che una volta essiccati al sole, vengono sottoposti a coppellazione; notando che il piombo alla coppella è rimasto intonso, Minardo può escludere la presenza di metalli nei fanghi stessi.

Non contento di queste analisi, il dotto frate si adopera ad analizzare le rocce ed il terreno che circondano i bagni: le rocce vengono sbriciolate e mescolate a polvere di antimonio; anche questa miscela viene sottoposta al vivo fuoco di una fucina da fabbro, ma l'antimonio viene restituito intatto per cui Minardo può concludere che nelle rocce non v'è alcun tipo di metallo. E per concludere il frate analizza le proprie urine, dopo aver, per alcuni giorni, bevuto solo l'acqua dei bagni e mangiato cibi cotti in quell'acqua: nei primi giorni non trova nulla, ma dopo qualche giorno ritrova nelle urine il sale e la rubedine.

Non vi è alcun dubbio che Minardo compia delle analisi assai più complesse e comunque diverse da quelle che hanno operato i dotti medici del suo tempo; come afferma lo stesso pio speziale, la sua cultura non è fornita dai libri, ed egli, infatti, non cita e non fa mai riferimento ad alcun altro autore, nemmeno ad Aristotele. Questioni riguardanti l'origine del calore delle acque, la temperatura delle sostanze ed in particolare del ferro sono per lui assolutamente da trascurarsi. Egli cerca nelle acque non più virtù e potenze ma sostanze, la materia; e come farebbe un buon fabbro o un buon vetraio, conosce le tecniche per stabilire quali e quante sostanze sono contenute in un dato composto.

Minardo pesa la materia ad ogni passo della sua analisi, ne fa un rendiconto finale ed è soddisfatto nel constatare che i conti tornano: la somma dei pesi delle sostanze usate prima dei processi di analisi è uguale alla somma dei pesi delle sostanze ottenute; ecco come un'antica, ovvia ed evidente norma di uso comune e commerciale, assumerà, successivamente, il rango di legge scientifica.

Ma il saggio frate non è un grezzo artigiano, capace solo di operare con storte e alambicchi, ed in realtà possiede una buona cultura che gli consente di stendere la sua opera in lingua latina, come prima intenzione, e solo successivamente di tradurla in volgare. Egli non cita Aristotele ed Averroè, ma cita e riferisce di tutti gli autori che l'hanno preceduto nelle analisi il Caldiero; al termine del suo scritto è portatore di una visione chimica del mondo, di una sua teoria chimica che si stacca nettamente dall'aristotelismo imperante, anche se poi attribuisce all'Ente divino gran parte delle possibilità di attività della materia. Minardo farebbe parte, insomma, di quello sparuto gruppo di artigiani illuminati che, particolarmente alla fine del cinquecento, furono i fautori ed i portatori di una cultura basata sulla conoscenza diretta, sull'esperienza personale, sul rapporto continuo con la Natura, sul rifiuto a riferimenti ai pensatori del passato e di tutto ciò che è detto e non provato; portatori di una cultura per la gente, aperta a tutti, a cui tutti possono partecipare, da cui chiunque può attingere. La lingua ufficiale di que-

sta nuova cultura fu, ovviamente, il volgare e le opere scritte da questi operatori illuminati contenevano la descrizione di tutti i segreti del mestiere, di tutte le tecniche, dalle più semplici alle più complesse, per scavare il ferro dalle miniere e forgiarlo, per ottenere i vetri più pregiati, per dipingere le stoffe con i colori più vivaci e duraturi, per preparare vasi e porcellane di particolare bellezza e raffinatezza. Con il suo libro, Minardo vuole anche dettare i segreti per fare un'analisi chimica e riconoscere tra loro le varie sostanze in quanto tali²².

L'opera del frate camaldolese non fu, ovviamente, presa in considerazione dalla scienza ufficiale del tempo (lo stesso Andrea Bacci non cita il Minardo nel suo monumentale trattato sulle terme, tra tutti gli altri analisti del tempo, che hanno studiato le acque di Caldiero) e ancora nel XVII secolo medici come Michelangelo Andreoli, Euproprio Roja e Raimondo Fortis, troveranno nelle acque veronesi ferro, nitro e zolfo.

Note

1) Prof. Franco DeFrancesco, direttore del Laboratorio Chimico Provinciale di Trento. Analisi effettuata il 22-9-1980.

2) *Aleardus De Pindemontibus Veronensis Physicus de Balneis Calderii*, 1459, in *De Balneis*, Juntas, Venezia, 1553 e in *MONOPANTON*, Stamperia Nuova, Venezia, 1589.

3) P. d'Abano, *Conciliator excerpta de Balnesi et exeius additionibus in Mesuem*, 1307.

B. Castelli, *Recepta Aquae Balnei Porrecta*, 1351.

G. da Foligno, *Tractatus de balneis*, 1348.

P. da Tossignano, *De balneis burni* 1366.

G. de Dondi, *De fontibus calidis Agri Patavini*, 1338.

J. de Dondi, *Tractatus de causa salsedinis aquarum et modo conficiendi salix ex eis*, 1356.

Tutte queste opere furono stampate nella collectio *De Balnesi* pubblicata da Juntas a Venezia nel 1553. Lo scritto di Gentile da Foligno fu pubblicato prima a Bologna, da G. da Reno nel 1473.

4) Oltre alla monumentale collectio *De Balneis*, vedi il *De Thermis* di Andrea Bacci, pubblicato da Valgrisi a Venezia, nel 1572 e il *Monopanton*, in cui si trovano la maggior parte delle opere su Caldiero, pubblicato dalla Stamperia Nuova di Venezia nel 1589.

5) «*Prima enim opinio fuit Milei, philosophi, qui voluit causam caliditatis thermarum esse ventum inclusum in concavitatibus terrae in quibus sunt aquae fontium qui ventus est calidus cum sit exalatio calida et sicca meteororum secundo et convertitur eius caliditas super aquas illas et calefacit eas, unde egrediuntur calidae. Alia opinio fuit cuiusdam philosophi, qui voluit causam huius caliditatis thermarum esse quod terra in locis illis est mollis et rara, non coniunctarum partium, quia penetrat in eam caliditas solis, et ab ea calefiunt aquae, quae sunt in concavitatibus in ventre terra. Tercia opinio fuit opinio Democriti, qui voluit causam huius esse, quod in concavitatibus que sunt in ventre terrae, in quibus coliguntur aquae in aliquibus sunt montes calcis vivae, super quos transeunt aquae calefiunt, quam calx calefit ex transitu aquae per ipsam, et calefacta calefacit aquam, ut apparet exterius. Quarta opinio...*»

6) «*De inde probatur per naturam sulphuris ipsum est calidae valde et ignae naturae quod declatur ex duobus signis, primo si extinguitur flama candelae remanente tamen illo lychno. Et super ipsum lycniu pulverizetur sulfur statim reaccenditur flamma, secundo si misceatur sulfur cum quoniam bitumine, quod vocatur naphtha, facillime comburitur et infiammatur. Quare propter igneam natura sulfuris et facilem eius conversionem ad ignem apparet aquae curretes super mineras eius possint calefieri.*» J. de Dondi, *De fontibus calidis agri Patavini consideratio*.

7) Michele Savonarola, *De balneis et thermis naturalibus omnibus Ytaliae sique totius orbis proprietatibusque eorum*, 1440, in *De Balneis*, Juntas, Venezia, 1553.

8) La temperatura del ferro non era ben definita: per alcuni autori esso era decisamente freddo e per altri, invece, caldo. Antonio Fumanelli, medico veronese del XVI secolo, dedica a questo argomento molte pagine del suo scritto su Caldiero, riportando le opinioni di molti studiosi, antichi e contemporanei: «...*et ratione alia affirmare ferru frigidae esse naturae, quonia calefactum prope frigescit, quod indicium frigidae est substantiae, ut ponitur Avic. cano. 2 ide et ex colore, sapore, et odore coprobare potest frigidoru naq.; est odore carere atque sapore, praeterea que graviora existunt, sut et frigidioris naturae, ut marmor, nullam qualitas gravitate ducit nisi frigida, et levitate calida, quonauaque ignis in terra mutatur gravitas in ipsa à frigore inducitur, sunt gravitas levitasque; motivae qualitates ex mixtis etiam ferru constituentibus, haec alia extat ratio, metalla omnia ex argento vivo, sulfureaque; conflantur ex comixtis quatuor elementis, secundum tamen partes natura varias et ex terrestribus, caenosisque; frigidis et siccis, ut plures mineraliu peritiores, ferrum constare arbitran-*

tur et ob id durum effici densum, fuscum et grave, quae omnia frigiditatem proferut.».

Al termine della sua lunga esposizione, Fumanelli propende, per il ferro, per una temperatura... tiepida, ponendolo non agli estremi di una ipotetica graduatoria delle temperature, bensì verso le parti intermedie: «nisi acetum iuxta medium existeret longe ab extremis diffidens, non utique, tanta oborta fuisset controversia quam non exoritur in iis quae longe distant ab extremis... pariter de ferri caliditate dicendum...».

9) ...si haec aqua curat omnes fluxus hepaticos, oportet dicere quod fit temperata e quod ferrum non dominatur alumini, si vero magis curat qui fiunt a caliditate, oportebit concedere ferrum dominari alumini, si vero curat magis qui fiunt a frigiditate, oportebit concedere alumen dominari ferro: quare oportet considerare super haec e secundum effectus iudicare». N. Massa, *De balneis Calderianis et de potu aquae mineralis*, Zilletti, Venezia, 1558, p. 13.

10) Poiché l'acqua di Caldiero contiene le virtù del ferro, del nitro e dello zolfo «...est aqua haec sicca in ordine primo ad secundum, excrementa partium putrida valenter absumit, siccataque partes molles et laxas durat et densat, atque cogit, detergit, confert alopeciae, et tinae, cutem mundificat, impertigini opitulatur, atque scabiei, himidates sub cutes contentas desiccant et malum abcondit corporis odorem, valet vesicis, inflationibus, splenis tumoribus, pustulis parvis a quibus egreditur humiditas virulenta, ulcera humida, maligna sordida, ambulativa difficilis consolidationis curat, confert psora scabei ulcerosa, seu lepre, pruritus, et membrorum putrefactioni, lenit escharas membris infixas, ab articulorum doloribus affuetos affici iuvat...» e così via per mille altri mali attribuiti all'umido e che possono essere curati dal secco dell'acqua che ha acquisito questa nuova proprietà dai minerali.

11) Gerardo Boldiero, *De balneis Calderinii*, Ve 1473. Purtroppo, a parte l'affermazione, riportata dal Fumanelli, non è stato rinvenuto alcuno scritto di questo autopro. Vedi anche: *De balneis*, Juntas, Venezia 1533.

12) Antonio Panteo, *Confabulationes de thermis Calderianis*, 1493, in *Monopanton*, Stamperia Nuova, Venezia, 1589.

13) M. Bianchelli, *De Balneis tractatus*, in *De balneis*, Juntas, Venezia, 1553.

B. Montagnana, *Tractatus de balneis patavini*, I.A. Giunta, Venezia, 1525.

N. Massa, *De balneis calderiani et de potu aquae mineralis*, Zilletti, Venezia, 1558.

G. Falloppio, *De aquarum termalium usu et natura*, Ms. n. 169, B.C. Vr.

G. Falloppio, *De balneo calderiano in agro veronensi*, in *Monopanton*, Stamperia Nuova, Venezia 1589.

A. Bacci, *De thermis*, Valgrisi, Venezia 1592.

T.Z. Bovio, *Compendio delle regole degli autori di Caldiero*, Scoto, Venezia, 1581.

F. Calzolari, notizia riportata dal Bacci in *De thermis*, cit.

A. Fumanelli, *De balnearum aque ferrate facultatibus et praesertum Calderinae*, 1545, in *Monopanton*, Stamperia Nuova, Venezia 1589.

14) «facillime liquet ex ferrei coloris solo, atque lapidibus passim conglobatis (Panteo, cit., p. 133); «ut indicant lapides locorum circumstantium, colorem, pondus, ferrique naturam prae se ferentim (Fumanelli, cit. p. 156); «testatur rubigo in ipsa arena et lapilli rubiginosi commixti... et sepius reperiri frustula ferri cum arena commixta» (Massa, cit. p. 189). Per lo zolfo: *minimam sulfuris portionem, quod ibidem ex quota odoris parte persentiscitur* (Panteo, cit. p. 133); *sulfuream illam et nitrosam qualitate, facile cognoscere poterimus per odorem et gustum in ebullitionem forte ipsius, nam exalatio odorem sulfuris aliqua ostendit* (Massa, cit. p. 189); «per sublimationem factam, quae est rei sicca per igne elevatio, per eam enim elementorum fit manifesta segregatio, ut uniuscuiusque diversae venae materia dissiliens planissime comprehendatur» (Fumanelli, cit. p. 157); «quod autem nitro participat manifestum est, quia haec aqua solvit ventrem, sicut aqua Porrectae. Quod autem ferro participat, clarum est quia mirabiliter confortat membra nutritiva» (Bianchelli, cit. p. 16).

15) Annelise Maier, *La struttura della sostanza materiale*, in A. Maier, *Scienza e filosofia nel medioevo*, Jaca Book, Milano, 1984, p. 70 e seg.

16) N. Massa, *De balneis...* cit. p. 191.

- 17) N. Massa, *De balneis...* cit., p. 189.
- 18) ...*salutorum principiorum impressiones in aquis esse intelligendas non metallorum perfectorum*», A. Bacci, *De thermis*, cit. p. 19.
- 19) A. Sicci, *De balneis compendium ex Hippocrate et Galeno*, in *De balneis*, Venezia, 1553.
- 20) G. Falloppio, *De aquarum termalium usu et natura*, ms. 169 B.C. vr.
- 21) V. Minardo, *De Balneis Calderii in agro Veronensi (olim Gauderii dictis Junoni sacris) eorumque antiquitate ac multeplici virtute*, Venetiis et Veronae ex typ. nova Rubeana 1589; *De' bagni di Caldiero nel territorio Veronese. Sue rare virtù ed effetti*, Venezia e Verona, Stamperia Nuova di Ant. Rossi, 1589; *Compendio delle regole date da diversi eccellentissimi autori intorno ai bagni di Caldiero, posti nel territorio di Verona*, Verona, Girolamo Discepolo, 1592. Questo lavoro è anche presente in Monopanton, Stamperia Nuova, Venezia 1589.
- 22) Paolo Rossi, *I filosofi e le macchine 1400-1700*, Feltrinelli, Milano 1984.

Marco Beretta

Office for History of Science Uppsala University

Chimica e storia nel XVIII secolo

Summary

During the 18th century, after the progress achieved in the experimental field, the chemists started to take an interest in the historical origins of chemistry.

This interest in historical reconstruction of chemical knowledge was closely tied to the attempt of a modern definition of a science still without a clear epistemological identity.

1. Introduzione

Tra la fine del XVII e la prima metà del XVIII secolo si assiste, come è noto, ad uno straordinario incremento delle scoperte chimiche, accompagnate da un altrettanto ricco avvicinarsi di teorie e interpretazioni sulla costituzione ultima della materia. Sull'onda sollevata dall'articolarsi di questi nuovi problemi, i chimici settecenteschi incominciarono a interrogarsi sulla struttura metodologica e teoretica della propria scienza, cercando, con esiti assai diseguali, di darne una definizione «moderna» che ne rappresentasse con coerenza il nuovo *status* sperimentale¹. Di qui nacque l'interesse per una ricostruzione storica della chimica che, delineandone i progressi, fosse in grado di definirne le caratteristiche essenziali. Già nella seconda metà del '600, soprattutto con l'opera del chimico danese O. Borrichius (1616-90)², vi erano stati dei tentativi di storicizzazione del sapere chimico attraverso l'analisi filologica delle fonti antiche, benché l'interesse fosse generato più da un'attitudine erudita, tipica di questo secolo, che da una chiara coscienza della funzione esplicativa di tali ricostruzioni. L'assenza di ogni selettività nella scelta delle fonti e di un qualsiasi giudizio storico-critico, fanno dell'opera del chimico danese più un repertorio bio-bibliografico, che un'effettiva storia della chimica³. Di significato assai differente, furono invece le opere compilate a partire dagli inizi del '700, e per la complessità e ricchezza dei contenuti, e per la varietà degli approcci. Un primo elemento che lascia sorpreso lo storico è costituito dall'enorme quantità di opere di storia della chimica, più di una trentina, edite prevalentemente in Francia, Germania, Svezia e Italia⁴, a cui vanno aggiunte le opere di storia della filosofia generale in cui non di rado erano dedicate intere parti all'evoluzione del pensiero chimico⁵. Questo rinascimento storiografico va tuttavia contestualizzato in un ambito culturale più ampio, che vide quale centro unifi-

catore, l'interesse generalizzato degli illuministi per la storia nella sua accezione più generale. Non va infatti dimenticato che oltre alle opere monumentali di A.F.B. Deslandes (1689-1757), di J. Brucker (1696-1770) e di A. Savarien (1720-1805), venivano pubblicati numerosi e importanti studi dedicati alla ricostruzione degli eventi scientifici del passato. Basti qui ricordare le opere di B. Fontenelle (1657-1757), di V.L. Duten (1730-1812), di J. Montucla (1725-99), di J.S. Bailly (1736-93), di J. Freind (1675-1728), di J. Priestley (1733-1804) e di J.A.N. Condorcet (1743-94)⁶, per comprendere la vastità di questo interesse. Lo stesso programma di Diderot e D'Alembert nel redarre l'*Encyclopédie*, affidava alla storia delle scienze e delle arti un ruolo esplicativo e centrale nella genealogia delle conoscenze⁷. Lo spirito storico che pervadeva così minutamente le opere degli illuministi, trovava la sua ragion d'essere nella battaglia filosofica che li vedeva impegnati contro i *sistemi* del secolo precedente ed in particolare contro Descartes che era stato, non va dimenticato, un detrattore dell'utilità della storia. Nel settecento non c'era più la necessità di fare del pensiero antico una *tabula rasa* e allo stesso tempo il moltiplicarsi delle opinioni filosofiche rendeva quantomeno obbligatorio riferirsi con citazioni puntuali al pensiero del passato⁸, di qui ad una ricostruzione storica del sapere il passo fu breve.

La storiografia chimica settecentesca condivise i principi ispiratori dell'Illuminismo di una periodizzazione razionale e cumulativa delle scienze, secondo una più o meno pronunciata idea di progressività. Questa caratteristica generica si differenziò tuttavia in una molteplicità sorprendentemente ricca di approcci, rispondenti alle differenti immagini della chimica a cui gli scienziati facevano di volta in volta riferimento. Ad esempio nelle opere di T. Bergman (1735-84), di A.L. Lavoisier (1743-1794), di J.F. Gmelin (1748-1804) e di A. Fourcroy (1755-1809), si rispecchiarono le diverse concezioni e definizioni della chimica, sostenute negli scritti propriamente scientifici. Molti altri elementi nonché circostanze storiche accidentali, concorsero ad allargare e ad arricchire queste differenziazioni. In Germania, in Svezia e in Italia ad esempio, illustrare attraverso la storia, l'utilità della chimica, significava soprattutto rivendicare la dignità scientifica di una disciplina che ancora soffriva di una marcata marginalità istituzionale. In Francia, dove la chimica aveva ottenuto con N. Lemery (1645-1715) e W. Homberg (1652-1725) un enorme prestigio e riconoscimento, la sua storia serviva a darne una fondazione epistemologica rinnovata e moderna. Occorre dunque affrontare questo tema tenendo sempre presente la varietà di motivazioni che generarono l'interesse per la storia della chimica.

2. Storiografia e definizione della chimica

La principale motivazione, comune a quasi tutti i testi, che spinse i chimici ad occuparsi della storia della propria scienza, fu quella di darne una defini-

zione moderna dopo le numerose scoperte realizzate nella prima metà del secolo. Ad ispirare questa esigenza era anche la difficile eredità lasciata dall'alchimia secentesca che permeava anche quei trattati che, nei principi, ne prendevano con decisione le distanze. A questo riguardo va ricordato che nonostante i significativi progressi sperimentali, i chimici settecenteschi erano ancora costretti, loro malgrado, a fare uso della nomenclatura equivoca ed oscura della tradizione ermetica e alchimistica. Nel secolo in cui la fisica, l'astronomia e finanche la storia naturale avevano ottenuto una definitiva emancipazione dall'antichità, facendo del rigore e di una scrupolosa precisione espressiva i principi della conoscenza scientifica, la chimica ancora si dibatteva entro un groviglio estremamente complicato di tradizioni culturali differenti e sovente opposte tra loro. I chimici ne erano ben coscienti e allo stesso tempo insoddisfatti, ma una soluzione positiva di questi problemi si prospettava complicata, connessa come era ad una definizione della chimica che creasse *ex nihilo* una tradizione scientifica autonoma. A partire da questo disagio di fondo, lo strumento storico si rivelò il completamento ideale per una ridefinizione della scienza attraverso l'analisi degli errori e degli equivoci del passato. Compito primario di queste ricostruzioni era dunque quello di opporre il nuovo spirito sperimentale alle «vaneggianti oscurità» degli alchimisti. Per raggiungere questo scopo le prime storie della chimica enfatizzavano l'utilità della sperimentazione pura e delle sue possibilità applicative di contro alle speculazioni astratte e inconcludenti dell'alchimia. L'arte dei metalli, la mineralogia e la farmacologia in uso tra le civiltà più antiche, venivano considerate come le prime testimonianze della scienza chimica nel suo significato positivo e moderno. Inizialmente pertanto le origini della chimica venivano ricercate in relazione alle attività sperimentali. In questa prospettiva diventò necessario distinguere in modo netto e talora forzato lo sviluppo dell'alchimia da quello della chimica, al fine di dimostrare l'estraneità di quest'ultima ad ogni evanescenza metafisica. J.B. Senac (1693-1770), medico della scuola di Montpellier e autore del famosissimo trattato *Nouveau Cours de Chymie suivant les principes de Newton et de Stahl* (Paris, 1723)⁹, corredeva l'opera con un lungo e circostanziato *Discours Historique sur l'origine de la Chymie*, mostrando fin dalle prime pagine poca simpatia per l'approccio eccessivamente erudito e filologico di Borrichius, colpevole tra l'altro di aver dato un'eccessiva importanza alle interconnessioni tra filosofia ermetica e chimica sperimentale. Per Senac invece non ci sono più dubbi: «la chimica, ai suoi inizi, non fu che l'arte di lavorare i metalli per la soddisfazione dei bisogni degli uomini»¹⁰, «Una scienza inutile, continuava, non merita di essere studiata, la chimica invece offre l'utile e il dilettevole, lo si vede in una infinità di arti che, senza il suo aiuto, non avrebbero mai raggiunto lo stato attuale di perfezione»¹¹. Per queste ragioni, fin dagli inizi i metodi e gli scopi della chimica si sono tenuti ben distinti da quelli dell'alchimia, in cui tutte le esperienze venivano subordinate alla ricerca della pietra filosofale o dell'elisir. Nonostante questa distinzione preliminare, Senac non esitò poi a collocare tra i chimici puri gli alchimisti medie-

vali, da Geber a Raimondo Lullo¹², arrivando a considerarli come i veri fondatori dell'arte. Tuttavia furono i medici moderni e i riformatori della dottrina classica degli elementi, a emancipare definitivamente la chimica, conferendole un ruolo centrale per tutte le scienze. Agricola, Paracelso, Tachenius, Van Helmont, e successivamente Boerhaave, Stahl, Geoffroy e Homberg si accorsero della grande utilità arrecata dalle nuove scoperte in campo farmaceutico e medico¹³. L'importanza della ricostruzione storica di Senac, più che per i suoi contenuti specifici spesso vaghi e inesatti, risiede piuttosto nella sua periodizzazione e nella conseguente ridefinizione della chimica, intesa ora come scienza eminentemente sperimentale e applicativa. Con G.F. Venel (1723-75), anch'egli medico della scuola di Montpellier e seguace di Stahl, ci si trova di fronte ad una impostazione storica più significativa. Autore della voce *Chymie* dell'«Enciclopedia» di Diderot e D'Alembert¹⁴, Venel intese dare una nuova definizione di questa scienza, conferendole una precisa collocazione epistemologica e sperimentale a partire dalla sua evoluzione storica. Più netto, rispetto a Senac, fu il tentativo di ridicolizzare il ruolo storico dell'alchimia. In questa prospettiva Venel non esitò a formulare giudizi sarcastici nei confronti degli «Antiquaires chimistes»¹⁵ vale a dire dei primi storici della chimica, colpevoli di aver compilato ricostruzioni del tutto surreali, mischiando la storia dei progressi sperimentali con le stravaganze di una cronaca leggendaria e mitologica. Borrichius specialmente, si era spinto a delle conclusioni forzate e non di rado ridicole, incapace secondo Venel di sceverare i dati reali dalle ambiguità della storia sacra, da cui aveva attinto non poco materiale¹⁶. Secondo Venel la chimica vera e propria nacque quando il metodo sperimentale diventò il metodo di indagine per eccellenza, quando cioè, le ricerche chimiche furono sottoposte al vaglio sistematico dell'esperienza e alla ricerca dell'utile¹⁷. Ancora una volta Agricola, Paracelso, Palissy, Glauber, Van Helmont, Boyle, Kunckel, Becher, Stahl e Rouelle erano i veri fondatori della scienza chimica. Partendo da una traccia così vaga, che metteva sullo stesso piano Agricola e Paracelso, Venel come prima di lui Senac, non fu capace di dare un'idea unitaria dello sviluppo della chimica e dei suoi contenuti caratterizzanti. Di ben altro significato ed importanza fu la sintetica opera di P.J. Macquer (1718-84), sicuramente uno dei chimici più rappresentativi e innovativi del XVIII secolo. Nel *Discours préliminaire sur l'origine et les progrès de la chymie* posto a guisa di introduzione al famoso *Dictionnaire de Chymie*¹⁸, mostrava una profonda coscienza storica, illuminata dalla filosofia della storia di D'Alembert e Condillac. Per prima cosa il chimico francese si propose di non fare una cronaca delle vite dei chimici, prerogativa classica degli scritti precedenti, ma di concentrarsi su di una «histoire générale de la chymie»¹⁹ allo scopo di dare un'immagine unitaria della chimica definendone contemporaneamente quelle connotazioni che, col tempo, ne fecero una scienza positiva e sperimentale. Per scienza Macquer intende: «lo studio e la conoscenza dei rapporti comuni ad un certo numero di fatti, il che presuppone l'esistenza e la scoperta di questi medesimi fatti. Ora questa scoperta può essere

ottenuta solo per mezzo dei sensi [...] I primi uomini guidati dai loro bisogni sono stati i primi artigiani, hanno conosciuto i principi delle arti attraverso uno sforzo naturale, ben differente dal modo di ragionare perfezionato che caratterizza le scienze alla loro nascita»²⁰. Per questa ragione era del tutto vano tracciare una storia della chimica partendo dalle origini delle civiltà. I primi «chimici» infatti non erano stati ispirati che dalla necessità di applicare le loro scoperte al soddisfacimento dei bisogni, ben lontani dunque dall'elaborare teorie generali sulla composizione interna della materia²¹. Tuttavia, nonostante questi limiti costitutivi, Macquer ravvide negli antichi uno sforzo mentale immenso senza il quale nessun ulteriore sviluppo della scienza sarebbe stato possibile. Se Stahl o Newton fossero vissuti in quel momento storico infatti, non sarebbero riusciti a superare i loro anonimi predecessori, né tantomeno a elaborare una qualsiasi ipotesi scientifica²². Macquer aveva chiara dunque la disposizione storica della chimica nel suo sviluppo. Nel giudicare i suoi predecessori, esaminò con approfondito e autentico senso storico la loro reale importanza, senza inutili amplificazioni o riduzioni, senza considerare il passato come un cumulo di errori ma cercando di comprenderlo nella sua evoluzione progressiva. Nonostante questo ampio senso della prospettiva storica, il chimico francese fu molto severo nei confronti dell'alchimia e in particolare di Paracelso²³, ma, come abbiamo visto, questa posizione fortemente critica fu un elemento caratterizzante della storiografia chimica settecentesca²⁴, giustificata dall'esigenza pratica di autodistinguersi dal pensiero alchemico. «Abbiamo visto, concludeva quindi Macquer, la chimica nascere dalla necessità, ricevere dalla cupidità un accrescimento lento e oscuro, ma soltanto con la vera filosofia le è stato possibile progredire»²⁵ ovvero attraverso le opere di Lemery, Boerhaave, Becher e Stahl.

Dopo il lavoro di Macquer, si assiste in tutta Europa ad un moltiplicarsi di pubblicazioni di carattere storico. Non intendo qui esaminarne i contenuti specifici, spesso ripetizioni degli scritti precedenti, quello che invece mi preme sottolineare sono i presupposti teorici generali e le istanze metodologiche che diedero vita a due filoni interpretativi marcatamente differenziati; quello tedesco e quello francese. Il primo, già ampiamente trattato negli scritti di J. Weyer e di W. Strube²⁶, comprende le opere di T.O. Bergman, J.C. Wiegleb (1732-1800), J.F. Gmelin²⁷, F.J.W. Schröder (1733-88) e J.W. Baumer²⁸. In particolare Bergman, Wiegleb e Gmelin utilizzarono i classici argomenti e periodizzazioni per mostrare la contrapposizione storica tra chimica sperimentale ed alchimia, non differenziandosi dalle ricostruzioni precedenti se non nella maggiore confidenza e scrupolosità nell'uso delle fonti. La *Geschichte der Chemie* di Gmelin fu senz'altro la più ricca da un punto di vista bibliografico, tanto che ancora oggi è possibile trovarvi preziose informazioni. Ma dal densissimo contenuto dell'opera, è impossibile ricavare un'idea conduttrice e chiara della struttura della chimica nel suo sviluppo storico, se non nella vaghezza di qualche rado riferimento ad un indeterminato sperimentalismo²⁹. Soltanto con l'opera di J.B. Trommsdorff

(1770-1837), pubblicata però solo nel 1806, questo approccio erudito e cronologico lascerà il posto ad una più approfondita ricerca storica, influenzata dalle idee sull'evoluzione dell'umanità di J.G. Herder (1744-1803)³⁰. Contemporaneamente alla pubblicazione delle opere tedesche, i chimici francesi si impegnarono a sviluppare le tesi generali di Macquer che, come abbiamo visto, rivelavano un interesse per la storia genuinamente filosofico. Questo capitolo di storia della chimica, a mio parere fondamentale per comprendere meglio il contesto teorico che vide la genesi dell'opera di Lavoisier, è stato inspiegabilmente trascurato dalla maggior parte degli storici³¹. I chimici francesi infatti, individuaronero nello strumento storico, molto di più di un semplice orpello di erudizione atto a rivendicare la dignità scientifica delle sperimentazioni ottenute nei laboratori. Ricostruire il passato significava illuminare lo stato presente della scienza con maggiore chiarezza e proiettare le linee principali del suo futuro. Per questa ragione le ricerche storiche dei chimici francesi si concentrarono essenzialmente sullo sviluppo della chimica moderna dal XVI secolo in poi. Non intendo qui analizzare le opere importanti di A. Savarien³² e di A.L. Lavoisier³³ che rientrano solo indirettamente in questa concezione della storia.

È soltanto infatti con l'opera di Fourcroy³⁴, brillante allievo di Lavoisier, che si raggiunge il livello più alto della storiografia chimica se non scientifica dell'Illuminismo. Il suo articolo «Chimie», rivela ancora oggi una ricchezza che, andando ben al di là dell'infinità di informazioni storiche, fornisce un modello attualissimo di impostazione metodologica. Il chimico francese divise la voce in 8 parti al fine di: «presentare una tavola comparata delle grandi scoperte in differenti epoche e della loro riunione in un unico scopo di dottrine, realizzato dai chimici francesi»³⁵ alla fine del '700. «La storia della chimica, continua, può essere divisa in 3 epoche, la mitologica o leggendaria, l'oscura o inesatta e la certa»³⁶, dove per certa Fourcroy intende l'epoca dell'accertabilità inequivocabile delle fonti storiche realizzatasi soltanto con lo stabilirsi delle prime accademie scientifiche nella seconda metà del XVII secolo. Non è dunque un caso che Fourcroy dedicò alla chimica antica e medievale soltanto 5 pagine delle quasi 500 che compongono l'articolo³⁷, convinto che gli enormi progressi ottenuti dalla chimica pneumatica settecentesca, poco o nulla dovevano ai modesti contributi dell'antichità e ancora meno a quelli dell'alchimia. Soltanto tra '500 e '600, in concomitanza con le prime scoperte sul ruolo attivo dell'aria compiute da Van Helmont, Boyle, Rey, Hales, Boerhaave e Stahl, i chimici incominciarono a sviluppare delle interpretazioni originali su quelle esperienze straordinariamente singolari che facevano dell'aria un principio chimicamente attivo. Tuttavia ognuna di queste esperienze, costituivano dei tasselli isolati senza avere nessun rapporto gli uni con gli altri³⁸. Negli anni 1760-72 ed in particolare con i contributi di Black, Cavendish e Priestley, il contesto della chimica pneumatica si allargava enormemente e i gas venivano a costituire l'oggetto caratterizzante della scienza chimica. Ma la «singolare versatilità di opinioni»³⁹ di Priestley e in generale la mancanza di

interesse per la teoria dei chimici inglesi, non consentì loro di adeguare questa numerosa collezione di esperienze alla teoria del flogisto, né di vedere la possibilità di nuove interpretazioni sulla composizione della materia. Solo con Lavoisier la chimica era destinata a cambiare aspetto dopo che sul piano sperimentale anche su quello teorico. Su Lavoisier le osservazioni di Fourcroy si fanno particolarmente incisive e penetranti: «Per la verità, scrive, non tutte le scoperte sono dovute ai suoi lavori» ma Lavoisier è per la chimica quello che «Keplero, Newton, Locke ed Eulero sono stati per la matematica e la geometria. Egli ha trovato una nuova strada, ha cambiato in maniera felice sia l'arte di sperimentare che il modo di ragionare dei chimici. In breve è stato uno di quei filosofi che imprimono alle conoscenze umane un carattere diverso, comunicando loro un movimento e una direzione completamente nuovi»⁴⁰. «Dopo la pubblicazione della sua prima opera⁴¹, Lavoisier riconobbe subito che offrendo ai fisici dei nuovi modi di ragionare e di sperimentare, e ai chimici una maniera altrettanto nuova di fare le analisi attraverso la precisione e l'uso costante di pesi e misure, non era più possibile ritornare sui sentieri già battuti»⁴². Fourcroy, caratterizzando il ruolo di Lavoisier nel cambiamento subito dalla chimica dopo la scoperta dei gas, sottolineava più che il suo contributo sperimentale, la sua rinnovata coscienza epistemologica capace di sintetizzare in un'unica teoria un'enorme collezione di fatti apparentemente scollegati, frutto dei contributi sperimentali di Scheele, Bergman, Priestley, Cavendish, Fontana, Landriani e dello stesso Lavoisier⁴³. Le cause dunque degli enormi progressi compiuti dalla chimica a cavallo tra XVII e XVIII secolo, risiedevano secondo Fourcroy: 1) nella sperimentazione sistematica che condusse a più riprese, e con molte interruzioni alla scoperta dei gas; 2) nei miglioramenti tecnologici che portarono alla realizzazione di sofisticati strumenti come l'eudiometro, il calorimetro, il gasometro, la bilancia ecc. capaci di isolare queste «difficili» sostanze aeree⁴⁴; 3) infine nell'interpretazione teorica dei fenomeni pneumatici che condusse Lavoisier a rivoluzionare totalmente la visione della chimica, nella sua struttura e nei suoi principi. In conclusione per Fourcroy, più che per i suoi predecessori, lo scopo di definire la chimica attraverso la sua storia, si era rivelato oltre che più efficace anche molto più semplice. Il chimico francese infatti, poteva guardare al passato dall'alto di un edificio ultimato. Dopo la rifondazione lavoisieriana che stabiliva i metodi e contenuti della chimica in modo quasi assiomatico, diventava molto più facile categorizzare la sua evoluzione storica stabilendo delle regole prioritarie entro cui collocare adeguatamente i contributi del passato.

Note

1) Un primo sintomo di questa ricerca di identità epistemologica affiora con l'introduzione dell'insegnamento della chimica in seno alle università e alle accademie scientifiche, con l'insediamento di nuove cattedre, slegate dagli insegnamenti di medicina e botanica.

2) O. Borrichius, *De Ortu et Progressu Chemiae*, Hafniae 1668, Id., *Conspectus Scriptorum Illustrorum*, Hafniae 1697.

3) Nonostante questi limiti interni, la sua opera rimase un punto di riferimento essenziale e fonte inesauribile di informazioni per tutti gli studi successivi. Sull'opera storica di Borrichius e più in generale, sul tema della definizione della chimica nel '600 si veda l'eccellente lavoro di R. Halleux, *La controverse sur les origines de la chimie de Paracelse à Borrichius*, in, «Acta conventus neo-latini Turonensis», Paris, Vrin, 1980, Vol. II, pp. 807-19.

4) Opere di una certa risonanza venivano pubblicate anche in Olanda e Finlandia, senza contare i riferimenti storici contenuti nelle introduzioni degli atti delle accademie scientifiche europee.

5) A.F. Boureau-Deslandes, *Histoire critique de la Philosophie, où l'on traite de son origine, de ses progrès et des diverses révolutions qui lui sont arrivées jusqu'à notre temps*, Amsterdam 1737, vol. III, pp. 334-45; J. Brucker, *Historia critica philosophiae, a mundi incunabilis ad nostram usque aetatem deducta*, Lipsiae 1742-44, vol. IV pp. 621-25, vol. IV pp. 647-715 e pp. 758-62; A. Savarien, *Histoire des chimistes et des cosmologistes* in, *Histoire des philosophes modernes*, Vol. VII, Paris 1769. Sulla storiografia filosofica del settecento si veda l'ottimo studio di M.A. Del Torre, *Le origini moderne della storiografia filosofica*, Firenze 1976, pp. 65-141.

6) B. Fontenelle, *Histoire du renouvellement de l'Académie Royale des Sciences* che include gli "Éloges" dei maggiori scienziati francesi, sta in *Oeuvres*, Paris 1766, Vol. V e VI; V.L. Duten *Recherches sur l'origine des découvertes attribuées aux modernes*, (apparso anonimo), Paris 1766, 2 voll.; J. Montucla, *Histoire des mathématiques et physique*, Paris 1752, 2 voll.; J.S. Bailly, *Histoire de l'astronomie ancienne depuis son origine jusqu'à l'établissement de l'école d'Alexandre*, Paris 1775; J. Freind, *History of Physick; from the time of Galen to the beginning of sixteenth century*, (1726), London 1750, 4 ed., 2 voll.; J. Priestley, *History and present state of discoveries relating to vision light and colours*, London 1772; J.A.N. Condorcet, *Esquisse d'un tableau historique des progrès de l'esprit humaine*, Paris 1793.

7) Si veda a questo riguardo il *Discours préliminaire* di D'Alembert all'*Encyclopédie*, vol. I, Paris 1751, pp. I-XXV e la voce «Histoire» di Voltaire, in, *Encyclopédie...*, vol. VIII, Neufchastel 1755, pp. 220-25 in cui tra l'altro dichiarava: «Il y a l'histoire des opinions, qui n'est guere que le recueil des erreurs humaines; l'histoire des Arts peut être la plus utile de toutes, quand elle joint à la connoissance de l'invention et du progrès des Arts, la description de leur mécanisme» (p. 220). Ogni voce dell'Enciclopedia era accompagnata da un'introduzione storica più o meno lunga dei propri oggetti. Nel caso delle scienze questo elemento venne sovente approfondito, proprio per rispondere adeguatamente agli scopi didattici che gli autori si erano prefissi, incentrando la loro attenzione sullo sviluppo delle scienze e delle arti.

8) H. Metzger, *La littérature scientifique française au XVIII^e siècle* (1934), in, *La méthode philosophique en histoire des sciences*, Paris 1987, pp. 245-48. La storica francese per prima ha messo in evidenza il rapporto tra la nascita della coscienza storica degli illuministi e il cambiamento di prospettiva entro cui venivano ora valutate le opere classiche dei filosofi antichi.

9) Per molto tempo è stata controversa l'attribuzione del *Nouveau Cours*, apparso anonimo e di cui rarissimi sono i riferimenti all'autore. Tuttavia, in una lettera al chimico svedese Bergman, P.J. Macquer così scriveva; «l'auteur du nouveau cours de chymie... est Mr Senac premier medicin

du Roi», *T. Bergman's foreign correspondence*, Stockholm 1965, p. 230. In questa circostanza ci siamo serviti dell'edizione del 1737.

10) J.B. Senac, *Op. cit.*, p. XVII.

11) *Ibid*, pp. LXX.

12) *Ibid*, p. LXXXII.

13) L'accentuazione dell'importanza della chimica nella medicina, costante nel pensiero di Senac e di tutti gli scienziati della prima metà del XVIII secolo, trova la sua ragione nella formazione accademica, essenzialmente medica, dei primi chimici settecenteschi.

14) F. Venel, "Chymie", in *Encyclopédie...*, cit., vol. III. Paris 1753, pp. 420-37. Per convenienza abbiamo qui utilizzato la ristampa contenuta nella *Encyclopédie Méthodique, Chimie, Pharmacie et Metallurgie*, Vol. III, Paris 1796, pp. 262-303.

15) F. Venel, *Op. Cit.*, p. 280.

16) *Ibid*, pp. 281-5.

17) *Ibid*, p. 285.

18) P.J. Macquer, *Dictionnaire de Chymie*, Paris 1766, vol. I, pp. V-XXVI.

19) *Ibid*, p. V.

20) *Ibid*, p. VII.

21) Dal lato opposto i filosofi greci incorsero nel medesimo errore, formulando teorie generali ma del tutto prive delle necessarie verifiche sperimentali.

22) P.J. Macquer, *Op. cit.*, p. VIII.

23) *Ibid*, p. XXI.

24) Vi furono tuttavia una minoranza di storici interessati soprattutto alla storia dell'alchimia privi di queste pregiudiziali negative e intenti se non ad una sua rivalutazione, almeno ad una sua più adeguata ricollocazione storica. Basti ricordare le opere di N. Lenglet du Fresnoy, (1674-1755), *Histoire de la Philosophie hermetique, accompagnée d'un catalogue raisonné des écrivains de cette science*, Paris 1742, 3 voll.; di F.J.W. Schröder, *Geschichte der ältesten Chemie und Philosophie*, in, *Neue sammlung der Bibliothek für die höhere Naturwissenschaft und Chemie*, Leipzig 1775, pp. 90-430 e di J.C. Wiegleb, *Historisch-kritische Untersuchung der Alchemie*, Weimer 1777.

25) P.J. Macquer, *Op. cit.*, p. XXV.

26) J. Meyer, *Chemiegeschichtsschreibung von Wiegleb (1790) bis Partington (1970)*, Hildesheim 1974, pp. 1-44; W. Strube, *Die Chemie und Ihre Geschichte*, Berlin 1974, pp. 5-27, entrambe concentrate unicamente sulle opere in lingua tedesca.

27) T. Bergman, *Dissertatio de primordii Chemiae*, Upsaliae 1779; *Id.*, *Dissertatio inauguralis sistens Chemiae Progressus a Medio Saec. VII ad Medium Saec. XVII*, Upsaliae 1779; *Id.*, *Oratio de nuperrimis Chemiae incrementis*, in, *Opuscula Physica et Chemica*, Vol. VI, Lipsiae 1790, pp. 65-95; J.C. Wiegleb, *Historisch-kritische...*, op. cit.; *Id.* *Geschichte des Wachstums und der Erfindungen in der Chemie in der neuer Zeit*, Berlin-Stettin, 1790-91, 2 voll.; J.F. Gmelin, *De primis Chemiae pneumaticae originibus*, Gottingae 1797; *id.*, *Geschichte der Chemie*, Gottingen 1797-99, 3 voll.

28) Di valore indubbiamente inferiore furono i lavori di F.W.J. Schroeder, *Op. cit.* e di J.W. Baumer *De Historia Chemica Scriptorum*, in *Bibliotheca Chemica*, Giessae 1782.

29) Il Weyer (cit.), ravvede nell'opera di Gmelin una coscienza illuminista quando il chimico tedesco si appella ad una «gesunde Philosophie» o al pensiero di Kant e Schelling (J.F. Gmelin, *Geschichte der Chemie*, cit., vol. I, p. 4 e vol. III, p. 254). In realtà si tratta quasi sempre di riferimenti molto vaghi o comunque estrinseci al contenuto tutt'altro che lineare ed uniforme dell'opera. Basti ricordare che nell'analisi del conflitto tra teoria del flogisto e teoria dell'ossigeno, Gmelin non fa mai considerazioni che entrano nel merito del dibattito teorico e sperimentale, limitandosi ad una descrittività cronologica che alla fine si presenta più come ricchissimo repertorio bibliografico che un reale tentativo di ricostruzione storica (si veda vol. III, pp. 240-1288).

30) J.B. Trommsdorff, *Versuch eine allgemeinen Geschichte der Chemie* Erfurt 1806, 3 voll.

31) Nessun riferimento è rintracciabile nelle opere di Weyer e di Strube. Ma ancor più sorpren-

dente risulta la scarsa utilizzazione da parte degli storici della *Encyclopédie Méthodique*, cit., che contiene una miniera di informazioni storiche. Da quanto mi risulta l'unico ad aver utilizzato quest'opera sistematicamente è stato E. Grimaux, *Lavoisier 1743-1794*, Paris 1888.

32) A. Savarien, op. cit. Lo storico francese basò le sue analisi soprattutto sugli "Eloges" di Fontenelle, trascurando quindi gli sviluppi settecenteschi della chimica.

33) A.L. Lavoisier, *Précis historique sur les émanations élastiques...*, in, *Opuscules physiques et chimiques*, Paris 1774, pp. 1-181. Lavoisier d'altro canto utilizzò le fonti storiche come anelli di una catena, singole parti di un disegno unitario costituito dalla sua visione della chimica pneumatica e dall'emergente nuova ipotesi sulla calcinazione. In questa prospettiva non si peritò di collocare gli autori nel loro contesto, ma soltanto di estrapolare ciò che gli interessava, ovvero i contributi sulle arie. Il chimico francese nella sua visione della storia può dunque essere considerato più vicino a Descartes e a Condillac che a D'Alembert e a Voltaire.

34) A. Fourcroy, voce "Chimie", in, *Encyclopédie Méthodique*, cit., Vol. III, Paris 1796, pp. 303-781.

35) Ibid., p. 303.

36) Ibid., p. 313.

37) Ibid., pp. 313-19.

38) Ibid., p. 342.

39) Ibid., p. 380.

40) Ibid., pp. 415-16.

41) A.L. Lavoisier, *Opuscules physiques et chimiques*, Paris 1774.

42) A. Fourcroy, op. cit., p. 424.

43) Ibid., pp. 692-93.

44) Ibid., pp. 319-414, ovvero la terza parte dell'articolo che è dedicata alla storia della strumentaria chimica.

Virgilio Giormani
Università di Padova

Il laboratorio di chimica all'Università di Padova nel '700: un modello per Parma, Firenze e Torino

Summary

*In the period 1767-1769, Marco Carburi constructed his laboratory of chemistry in order to supply the medical students with the practical experiments required by his course of chemistry at the Padua University. The crucial part of such a laboratory, i.e. the furnaces, was built in accordance with the instructions provided in 1762 by Baumé, in his *Éléments de pharmacie théorique et pratique*. Father Paolo Maria Paciaudi, the librarian of the Duke of Parma, asked to his friend Carburi to have the models of the furnaces, aiming at building and installing them in the chemical laboratory of the Parma University. This was done in 1771. Also Felice Fontana from Florence in 1772 made the same request, which was satisfied. The same happened for the Turin's Court, in 1773.*

As a completion of the Trombara's work, appeared in 1958, the iconographical documentation of the Parma's laboratory, still retained to the State Archives of Parma, will be presented.

Il 23 giugno 1760, Marco Carburi, neo eletto professore di chimica all'Università di Padova, tiene la sua prima ed unica lezione e, il 26 luglio, parte per una lunga missione all'estero. La Repubblica Veneta lo manda a studiare le tecniche minerarie più avanzate, allo scopo di migliorare la produzione di rame dalle miniere statali di Agordo. Non riuscirà in questo e, a sua richiesta, lascerà tale incarico, tornando al suo insegnamento, nel dicembre del 1767.

Aveva ottenuto dal governo 500 ducati per approntare un laboratorio ove studiare «la chimica dei fossili». In attesa di poter fare «le sue pubbliche lezioni e dimostrazioni» nel laboratorio, iniziava ad illustrare al Bo «gli elementi chimici», con delle lezioni introduttive in latino, che dovettero essere assai penose per lui, data la poca dimestichezza con quella lingua. Nel successivo anno accademico 1768-'69, esporrà i «principi chimici dei corpi naturali e l'uso della chimica nella fisica ed in alcune arti» e finalmente, nel 1769-'70, inizierà un corso triennale corredato da esperimenti, dividendo la materia — «sull'esempio di tutte le altre cattedre di chimica esistenti in Europa» — «nelle tre distinte sue parti, cioè in chimica dei fossili, dei vegetabili e degli animali».

È «l'indole propria della scienza» chimica, «che esigge» [...] d'esser insegna-

ta co' fornelli, co' materiali, cogli apparati chimici e con gli esperimenti nel laboratorio e teatro» chimico. Quindi «un corso di chimica» [...] altro non è in ogni luogo d'Europa, che un corso ragionato di esperimenti, istituiti con gli apparati e materiali chimici».

«Nella chimica» — insisterà il Carburi, in una lettera al governo, per ottenere un finanziamento — «nessuno è, né fu mai utilmente istruito, se non in proporzione dell'esteso suo pratico uso nelle operazioni, osservazioni ed esperimenti»¹.

Per questo suo laboratorio, al quale annetteva tanta importanza, il Carburi dovette fare di sana «pianta, strumenti, fornelli, preparazioni chimiche per le dimostrazioni sperimentali». Ricorda il Carburi: «non trovai in nessun angolo e nemmeno da nessuno speciale, neppure un'oncia d'alcali puro o di acido concentrato di nessuna specie, il che basti per provare quanto fosse nuova tra di noi questa scienza»², ossia la chimica. Inoltre egli fece delle ricerche su delle argille nazionali per far crogioli, storte e recipienti da laboratorio: questo, per evitare di ricorrere a costosi prodotti stranieri.

Quando i Riformatori dello Studio di Padova visitarono il laboratorio nell'aprile del 1771, ne rimasero così ammirati, da dichiarare che «sia per la sua costruzione, che per la raccolta di suppellettili chimiche, non aveva modello né pari in Italia»³.

Del laboratorio Carburi esistono due descrizioni succinte, una del 1780 e l'altra del 1817⁴. Molto più vicina all'anno accademico 1769-'70, periodo in cui il Carburi iniziò il suo corso, corredato di esperimenti, è una richiesta che egli ebbe nel 1770, di mandarne il modello all'Università di Parma.

A Parma, la cattedra di chimica era stata istituita nel 1767 e, nel novembre di quell'anno, il protomedico Marco Aurelio Cavedagni, tenne la prolusione. Dopo due anni di insegnamento, il Cavedagni cedette «spontaneamente»⁵ la cattedra al suo migliore allievo e andò in pensione. Egli aveva tenuto soltanto delle lezioni teoriche, senza esperimenti, mentre il nuovo cattedratico, Giuseppe Camuti — entrato in organico con 4000 lire di Parma, il 1° novembre del 1769 — riuscì ad ottenere dal governo che, fin dall'«inverno fossero preparate le stanze destinate alle operazioni chimiche, onde poter alla primavera, dar principio al corso delle sue lezioni».

Poi avrebbe istruito i suoi studenti «nella cognizione della materia medica e di ciò che deve premettersi, acciò le operazioni chimiche riescano intellegibili e di profitto»⁶.

Si pensava che in aprile egli avrebbe potuto cominciare le sue dimostrazioni, nel nuovo laboratorio. Risulta infatti che, «con alcune tavole [...] si era dunque costruito [nel Palazzo di] S. Rocco, il Teatro chimico». Ora, la parte più importante del laboratorio chimico, erano i fornelli e, «per [la] sicura riuscita de' fornelli, si fecero venire i modelli [da Padova] e a misura che si avrà il denaro dei fondi della Università, si fabbricheranno»⁷.

La cattedra di chimica era stata introdotta nell'ateneo parmense, nel quadro delle riforme volute dall'illuminato ministro Du Tillot. A queste riforme, aveva collaborato il padre Paolo Maria Paciaudi, dal 1761 bibliotecario e antiquario del duca⁸. Nello stesso anno 1761, il Paciaudi aveva dato alle stampe una descrizione del museo dei patrizi veneziani, Giacomo e Bernardo Nani⁹. Era stato per l'interessamento di Bernardo Nani, che era stata concessa al Carburi la cattedra di chimica¹⁰. Risulta così, che il Paciaudi era buon amico del Carburi, il quale — in una lettera del 20 ottobre 1770 — rimpiange che il soggiorno del Paciaudi nelle terre di S. Marco, sia stato così breve. Nella stessa lettera, egli accetta con entusiasmo la richiesta del Paciaudi di far costruire i modelli dei suoi «fornelli chimici»: gli rincresce solo che è «a letto, ammalato di costipazione e salassato [...] [ma] subito che potrà sortire di camera, cioè che il medico gli fa sperare fra tre o quattro giorni», disporrà perché i modelli siano eseguiti e «procurerà» anche siano quanto prima finiti», impegnandosi perché il Paciaudi «li abbia per il tempo» da lui indicato¹¹.

Occorre però fare i conti con «la naturale lentezza di questi nostri operai»¹², con i quali «bisogna essere pazienti» [...] quando s'è al caso di farli lavorare, né si tratti di far sole casse, armarj o mettere travi nel tetto d'una casa»¹³. Occorre anche avere «una qualche tolleranza con operaj che si vogliono far travagliare con esattezza in cose di questa natura»¹⁴, per «il loro disabito d'adoperare con certa esattezza la riga e il compasso» e questo, «non'ostante ogni [...] attenzione» del Carburi¹⁵.

Il 17 novembre 1770, il Carburi scrive al Paciaudi che i modelli «saranno oggi otto intieramente compiti». Erano stati fatti «tutti sopra una medesima scala, perché possano con ogni facilità e perfettamente eseguirsi». Inoltre il Carburi «perché niente manchi per cotesti suoi operaj», avrebbe inviato, «nella settimana ventura, qualche necessaria avvertenza di prattica»¹⁶.

Però i modelli non partiranno con la corriera per Modena del 24 novembre, come si era sperato, ma solo la sera dell'8 dicembre. Il Carburi desidera che il suo collega di Parma, il Camuti, «resti soddisfatto di questi fornelli, che sono li primi strumenti co' quali pretendiamo d'aver in parte elevata ed essere occupati ad elevare la vera fisica di tutti i corpi particolari e delle forze generali, dalla natura messe in azione nella loro produzione e una fisica molto più ampia e, se fosse permesso d'osare di dirlo, anche molto più curiosa ed utile alla vita, della fisica generale esposta nei comuni corsi di questa scienza»¹⁷.

Bisogna dire che questi fornelli, dei quali il Carburi era così orgoglioso, non erano una sua invenzione. Li aveva copiati nel 1769, prendendo a modello quelli descritti dal Baumé nei suoi *Éléments de pharmacie théorique et pratique* del 1762¹⁸. Nel 1771, proprio quando mandava i modelli a Parma, il Carburi otteneva dal governo il permesso di farsi costruire un fornello e relativo alambicco, ancora più grande. Non fu così semplice, visto che il Carburi ricorderà vent'anni più tardi, nel 1791, che «presso di noi non esisteva [allora] nemmeno nessuna ser-

pentina, né artefice che ne avesse mai veduta e la prima [che lui fece costruire], come tutte le altre in seguito, di puro stagno [...], fu la prima che si vide in queste parti»¹⁹.

Torniamo a Parma, ove, il 1° gennaio 1771, le due casse di modelli non erano ancora arrivate, per cui il Carburi «restava» ancora in pena», fino a che, l'8 gennaio, il Paciaudi gli spedì una lettera rassicurante²⁰.

Nella prima cassa vi erano «tre modelli in quattro pezzi»; nella seconda, «quattro modelli in quattro pezzi, cinque caminetti sciolti e qualch'altro pezzo di ferro, assieme con la scala commune di tutti i fornelli».

Il Carburi — dovendo preparare la sua lezione universitaria — non aveva il tempo di compilare le istruzioni per «gli usi di questi fornelli [e di fornire] alcune avvertenze necessarie per costruirli, perché durino e prestino buon servizio». L'avrebbe fatto col corriere successivo²¹.

In analogia con gli operai di Padova, che non avrebbero saputo costruire i modelli senza la guida del Carburi, anche a Parma, «per la giusta esecuzione d'alcuno di quei fornelli, bisognerà che sia intieramente guidata la mano di quei muratori e dissegnati loro li stampi».

Il Paciaudi aveva dato «l'incombenza della costruzione» del laboratorio chimico di Parma al capo della Spezieria di Stato parmense, Giovanni Ulrici e ad un altro membro della stessa spezieria, Francesco Ferrarini.

Il Carburi aveva «una ormai quasi antica amicizia» coll'Ulrici, per cui informava il Paciaudi che l'Ulrici poteva «liberamente e senza cerimonie scrivergli tutto ciò che credesse o potesse occorrergli su questo proposito».

Così scriveva il Carburi il 12 gennaio 1771²²: il teatro chimico venne sicuramente inaugurato in quell'anno, dopo quelli di fisica e di anatomia. Invece le lezioni corredate da esperimenti, cominciarono solo all'inizio del 1772²³.

Le diapositive che state vedendo riproducono degli acquerelli provenienti dalla *Raccolta Sanseverino di disegni di chiese ed edifici pubblici di Parma*, raccolti verso la fine del '700 e conservati all'Archivio di Stato di Parma. Di essi, una parte è già stata pubblicata dal Trombara nel 1958²⁴.

Vediamo adesso quattro diversi spaccati del laboratorio, per poterne avere un quadro il più possibile completo.

A questi quattro spaccati, si aggiungano adesso «l'apparecchio di Woulff per distillare acidi più forti», un «fornello che si trova nel mezzo del laboratorio chimico, atto a fondere metalli» e un «prospetto di mantice sul tavolo».

In queste ultime tre diapositive che avete visto, vi sono i due temi principali del lavoro sperimentale del Carburi, quando Parma gli chiese i modelli. Infatti, distillando l'acido solforico fumante di Sassonia — che si poteva trovare a Venezia, perché usato in tintoria, per sciogliere l'indaco — egli ottenne nel 1768, acido solforico concentrato e anidride solforica, composti già visti dal Lemery nel 1676 e dall'Hellot nel 1738, ma non più riottenuti dagli stessi autori e dai chimici posteriori. Col metodo del Carburi, si potevano ottenere facilmente, con poche ore di riscaldamento²⁵.

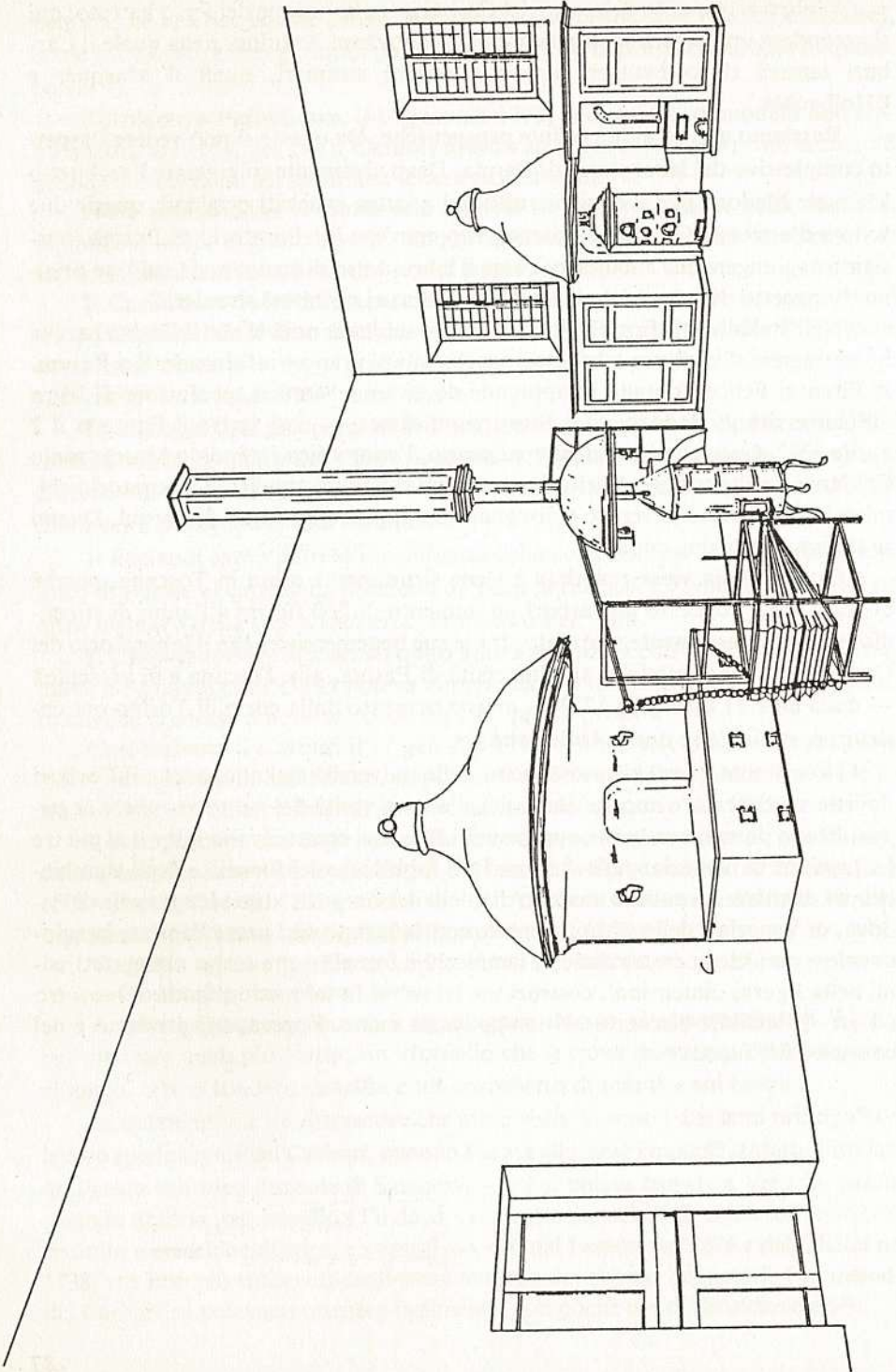
L'altro argomento di lavoro del Carburi, era la fusione del ferro battuto; qui si accenderà una vivacissima polemica con Giovanni Arduino, nella quale il Carburi tenterà di coinvolgere anche scienziati stranieri, quali il Macquer e l'Holbach²⁶.

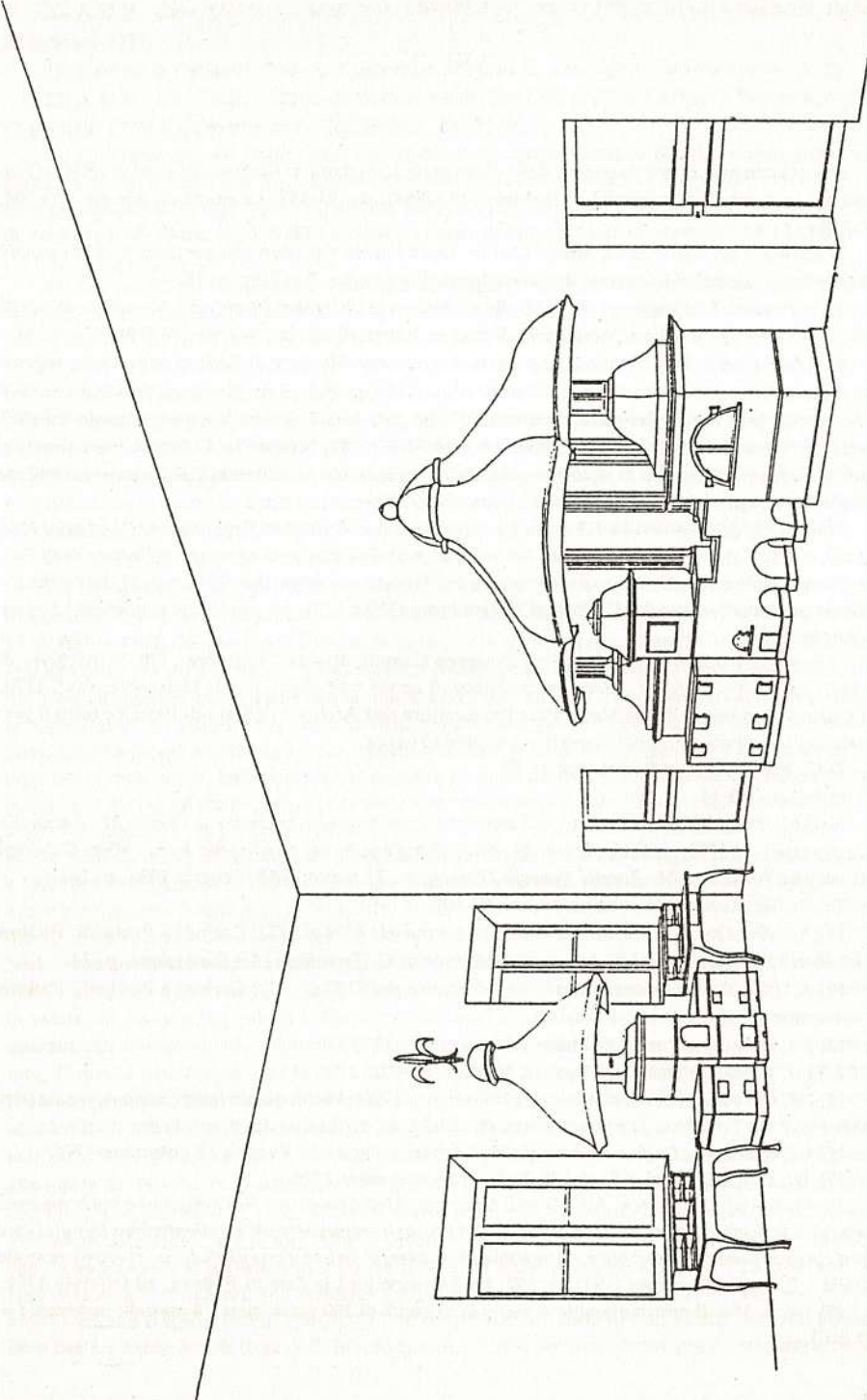
Passiamo adesso a due vedute prospettiche. Da queste si può vedere l'aspetto complessivo del laboratorio di Parma. Devo vivamente ringraziare l'architetto Manuele Medoro per aver ricostruito dai quattro spaccati originali, queste due vedute d'assieme. Ora che abbiamo visto com'era il laboratorio di Parma, possiamo aggiungere che anch'esso, come il laboratorio di Padova, da cui trae origine, fu oggetto di ammirazione da parte di illustri visitatori stranieri²⁷.

Nell'Italia scientifica di allora, si sparse subito la notizia che il Carburi aveva inviato i modelli del suo laboratorio e che questi erano stati riprodotti a Parma. A Firenze, Felice Fontana lo apprende da Simone Stratico, professore di fisica all'Università di Padova. «Lo Stratico mi disse» — così scrive il Fontana il 2 aprile 1772 al suo corrispondente padovano, l'anatomico Leopoldo Marcantonio Caldani — «che codesto Carburi aveva costì eretto un eccellente laboratorio chimico e che lo aveva descritto e disegnato per il padre Paciaudi di Parma. Ditemi se si può averne una copia»²⁸.

Questa copia viene mandata e viene sicuramente usata in Toscana, perché quando viene concesso al Carburi un aumento di 200 fiorini all'anno di stipendio, viene espressamente ricordato, tra le sue benemerenzze, che il laboratorio del Carburi «servì per modello all'Università di Parma, alla Toscana e di presente» — ossia *ante* 11 dicembre 1773 — «viene ricercato dalla corte di Torino per costruirne un simile in quella Università»²⁹.

Nonostante questi riconoscimenti delle università italiane, anche il Carburi dovette sperimentare ancora una volta, l'amara verità del *nemo propheta in patria*. Erano passati vent'anni, eppure nel 1791, se si eccettuavano «due o al più tre [...] speciali di Venezia», che si erano fatti fabbricare dei fornelli e degli alambicchi per distillare secondo il modello di quelli del Carburi, «tutte le spezierie di Padova, di Venezia e dello stato», veneto, continuavano «ad usare l'antica, irragionevole e perniciosa costruzione di lambicchi e fornelli» che erano «imperfettissimi nella figura, dimensioni, costruzione [e] uso». In tal modo si andava incontro ad un «riflessibile discapito nel tempo, nella mano d'opera, nel prodotto e nel consumo del fuoco»³⁰.





Note

1) V. Giormani, *L'insegnamento della chimica all'Università di Padova dal 1749 al 1808*, «Quaderni per la storia dell'Università di Padova», 17 (1984), pp. 91-133. Le citazioni, alle pp. 103-104, 125-126.

2) *Memoria del signor conte Marco Carburi sopra l'acido vitriolico glaciale (letta il dì 23 gennaio 1781)*, «Saggi scientifici e letterari dell'Accademia di Padova», 2 (1789), p. 78.

3) A. Favaro, *I Riformatori dello Studio di Padova in visita magistrale all'Università nell'aprile 1771*, «Atti e memorie della r. Accademia di scienze, lettere ed arti in Padova», 34 (1917-18), p. 51.

4) G.B. Rossetti, *Descrizione delle pitture, sculture e architetture di Padova con alcune osservazioni intorno ad esse ed altre curiose notizie*, Padova 1780, p. 315; G.A. Moschini, *Guida per la città di Padova all'amico delle belle arti*, Venezia 1817, pp. 245-246. Esiste inoltre un inventario del 1803 [Archivio Antico dell'Università di Padova (= A.A.U.P.), 594, *Inventario ... fatto in esecuzione del superiore comando espresso in nota 18 agosto dall'i.r. capitano provinciale di Padova relativamente al decreto 29 luglio 1803 dall'i.r. Governo generale di Venezia*].

5) Archivio dell'Università di Parma (= A.U.P.), *Cart. Università degli studi di Parma dal 1765 al 1769*, b. 24. È citato in C. Trombara, *La fondazione della cattedra di chimica all'Università di Parma*, Parma 1958, p. 20 (Collana di monografie dell'Istituto per la storia dell'ateneo, 1). Le fotocopie delle cinque lettere scritte dal Carburi al Paciaudi nel 1770 e 1771, mi sono state gentilmente inviate da Angelo Fabbri.

6) Segreteria ducale al protomedico Giuseppe Camuti, Parma 22 ottobre 1770, in Archivio di Stato di Parma (= A.S.P.), *Istruzione pubblica di epoca borbonica*, b. 25: Università, fasc. 1770. Ringrazio vivamente la dr.ssa Maria Parente, direttore dell'Archivio di Stato di Parma e tutto il personale dell'Archivio per la collaborazione a questa ricerca.

7) C. Trombara, *La fondazione*, p. 20.

8) *Ivi*, pp. 13-14.

9) P.M. Paciaudi, *Monumenta Peloponnesia commentariis explicata a Paulo M. Paciaudio* [...], Romae [...] 1761: vedi *Collezioni di antichità a Venezia nei secoli della Repubblica. Catalogo della mostra (a cura di M. Zorzi), Venezia 27 maggio - 31 luglio 1988*, Venezia 1988, p. 141.

10) V. Giormani, *L'insegnamento*, pp. 97-100.

11) A.U.P., *Cart. Università degli studi di Parma dal 1770 al 1772*; Carburi a Paciaudi, Padova 20 ottobre 1770. La lettera è riportata parzialmente in C. Trombara, *La fondazione*, p. 24.

12) A.U.P., *Cart. Università degli studi di Parma dal 1770 al 1772*; Carburi a Paciaudi, Padova 17 novembre 1770.

13) *Ivi*, Carburi a Paciaudi, Padova 24 novembre 1770.

14) *Ivi*, Carburi a Paciaudi, Padova 20 ottobre 1770.

15) *Ivi*, Carburi a Paciaudi, Padova 17 novembre 1770. Anche queste lettere sono riportate parzialmente in C. Trombara, *La fondazione*, pp. 24-25, ad esclusione dei brani da me citati.

16) C. Trombara, *La fondazione*, p. 25: Carburi a Paciaudi, Padova 17 novembre 1770.

17) *Ivi*, p. 25: Carburi a Paciaudi, Padova 24 novembre 1770.

18) M. Carburi, A. Barca, A.C. Dondi-Orologio, *Memoria circa i modi migliori e più economici di eseguire le distillazioni dei vini in acquavite ed i rosoglj, rassegnata all'eccellentissima Deputazione sopra l'Agricoltura dalla pubblica Accademia delle scienze, lettere e arti di Padova*, «Nuovo giornale d'Italia», 2, n. 46 (12 marzo 1791), p. 362. La *Memoria* reca la data di Padova, 10 febbraio 1791.

19) *Ivi*, p. 364. Il nuovo alambicco aveva la capacità di 300 pinte, pari a 4 mastelli padovani (= 287 litri).

20) A.U.P., *Cart. Università degli Studi di Parma dal 1770 al 1772*: Carburi a Paciaudi, Padova 12 gennaio 1771.

21) Carburi a Paciaudi, Padova 8 dicembre 1770, in C. Trombara, *La fondazione*, p. 25.

22) A.U.P., *Cart. Università degli Studi di Parma dal 1770 al 1772*: Carburi a Paciaudi, Padova 12 gennaio 1771; C. Trombara, *La fondazione*, pp. 25-26.

23) C. Trombara, *La fondazione*, pp. 28-29. Il 30 ottobre, Simone Stratico visitò, guidato dal padre Paciaudi, il «teatro di fisica sperimentale ben provveduto di machine travagliate con ottimo gusto e precisione» e il «teatro per l'anatomia, piuttosto piccolo, ma ben inteso». Biblioteca Marciana di Venezia, Cod. Marc. It., VI, 281 (= 5637): Viaggio di Simone Stratico «cominciato li 13 settembre [1770] da Torino, c. 333 v.

24) *Ivi*, pp. 30-31. Fanno parte della *Raccolta Sanseverino* e sono stati pubblicati dal Trombara: «Spaccato del teatro chimico sulla linea A» (C. Trombara, *cit.*, p. 17); «Spaccato del laboratorio chimico sulla linea B» (C. Trombara, *cit.*, p. 29); «*id.* sulla linea C» (C. Trombara, *cit.*, p. 23); «*id.* sulla linea D» (C. Trombara, *cit.*, p. 23); «*id.* sulla linea E» (C. Trombara, *cit.*, p. 29); «fornello che si trova nel mezzo del laboratorio chimico atto a fondere metalli ecc». (C. Trombara, *cit.*, p. 17). Non pubblicato dal Trombara, ma dal Geymonat, è lo «spaccato del teatro di fisica» (Geymonat, *Storia del pensiero filosofico e scientifico, III: Il Settecento*, Milano 1972, p. 112). Inediti sono «l'apparato di Woulff per distillare gli acidi più forti»; il «prospetto di mantice su tavolo». Anche inediti, ma non provenienti dalla *Raccolta Sanseverino*, sono il «teatro e camere di chimica» e la «pianta del laboratorio e del teatro chimico» (A.S.P., *Raccolta di mappe e disegni*, vol. 9 (ora vol. 12), n. 10b.

25) *Memoria del signor Conte Marco Carburi*, pp. 74-78, 96.

26) Questa polemica meriterebbe un dettagliato esame. Voglio invece rilevare come essa rinverdi una contesa di un ventennio prima, tra il Carburi e i fratelli Arduino. Scrivendo al Vallisneri junior, il 27 dicembre 1762, Giovanni Arduino passa in rivista le altrui imprese scientifiche, senza «invidia» o «malignità». Quanto a se stesso, egli dichiara di conoscere «assai bene la sua piccolezza e i suoi difetti». Non è da credere molto a questa sua umiltà: essa è solo un pretesto per potersi subito dopo dichiarare «portatissimo a mirare negli altri la virtù e la dottrina, *per poco ch'ella sia*» (la sottolineatura è mia). Ciò che preme all'Arduino è che qualcuno si accorga della sua «esistenza» e gli dia un incarico dove possa farsi onore. Egli afferma che «col suo naturale pacifico», «mai ha saputo odiare persona per quanto nociva sia stata», per cui conclude magnanimamente: «che, quantunque il professore Carburi abbia contro di me proceduto in modo grecissimo, io non pertanto godo di sua fortuna e desidero che si faccia onore e che l'esito de' dispendiosi suoi viaggi per la metallurgia corrisponda al grande e lodevolissimo oggetto prefissosi nello spedirlo dalla pubblica regia munificenza». Ora l'Arduino aveva già trascorso lunghi anni all'estero tra le miniere e aveva anche pubblicato dei lavori sull'argomento: si può pensare che si aspettasse di ricevere lui l'incarico di studiare le miniere estere, ma il Carburi — che non aveva nessuna esperienza in materia di miniere — doveva aver giocato qualche buona carta o addirittura usato mezzi sleali, ossia «grecissimi» (il Carburi era nato a Cefalonia), per batterlo in volata. Si noti che, quando si sfogava col Vallisneri per l'occasione perduta, l'Arduino aveva già quarantotto anni compiuti, mentre il Carburi ne aveva solo trentuno. Non sono trascorsi ancora due mesi da questa lettera, quando è la volta di Pietro Arduino, di lagnarsi del comportamento del Carburi nei suoi riguardi. Più vecchio del Carburi di soli tre anni, non ha fatto finora una brillante carriera accademica, essendo stato assunto dal professore Pontedera come giardiniere all'orto botanico dell'Università di Padova, nel 1753. Alla morte del «giardiniere primario», ne aveva preso il posto e alla morte del Pontedera (3 settembre 1757), aveva assunto — col titolo di «custode» — la direzione dell'orto botanico, fino al 1760, allorché veniva nominato Giovanni Marsili, quale successore del Pontedera. Si parlava però di una nuova cattedra — la «de re agraria» — da istituire proprio per lui, che l'aveva chiesta ai Riformatori il 20 febbraio 1763 e che finirà per ottenere il 25 febbraio 1764. Nell'istanza ai Riformatori, egli desiderava di poter essere inviato ad osservare nei vari stati, i terreni messi a coltura o suscettibili di esserlo. Se non era possibile di farlo in tutti gli stati italiani, gli sarebbero bastate anche le sole terre di S. Marco ed egli avrebbe potuto indicare ove e come intraprendere

nuovi tipi di colture. Tutto questo, con «certa utilità» e non «grande spesa», mentre si era «spedito al Nord con generoso stipendio, un professore perché s'informi della metallurgia, arte che, con grande incertezza, porta nel suo esercizio spese grandiose, spesso invano gettate». Quattro mesi dopo questa sua palese allusione al Carburì, fatta inoltre in un dispaccio ufficiale, egli si lagnerà per una scorrettezza del Carburì. Il 12 giugno 1763, rispondendo al Linneo che lo aveva informato di aver ricevuto alcuni campioni di certe piante da Antonio Turra, Pietro Arduino si affrettava a scrivere al Linneo che si trattava di piante che egli stesso aveva regalato al Turra, il quale aveva abusato dell'amicizia e si era «alienis vestis ornatum, uti quondam Marcus Carburius impudenter fecit». Giovanni Arduino ad Antonio Vallisneri, Venezia 27 dicembre 1762, in *Alcune lettere di Giovanni Arduino veronese, ora per la prima volta pubblicate... tratte da un manoscritto posseduto da Bartolomeo Gamba* (per nozze Baglioni - Giustinian Recanati), Venezia 1830, pp. 55-57. Pietro Arduino ai Riformatori, Padova 20 febbraio 1763, in E. De Tipaldo, *Biografia degli italiani illustri*, 5, Venezia 1837, pp. 43-49 (voce *Arduino Pietro*, curata da T.A. Catullo). Petrus Arduinus [...] Carolo Linneo [...] Patavii pridie Idus junias anno 1763, in *Bref och skrifvelser af och till Carl von Linné* [...] (a cura di J.M. Hulth), 2/1, Uppsala 1916, p. 80. Su questi contrasti, ho presentato una comunicazione al Convegno di studi su «L'abate Francesco Boaretti nel suo tempo», Masi (Padova), 28 maggio 1988 (V. Giormani, *La litigiosità degli scienziati nel «tranquillo» Veneto del '700*, in corso di stampa). Per una appassionata difesa del connazionale Carburì sulla questione del ferro, vedi A. Masarachi, *Vite degli uomini illustri della città di Cefalonia* (tr. dal greco di N. Tommaseo), Venezia 1843, pp. 166-183. Con tutta probabilità, Pietro Arduino era costretto a farsi scrivere le lettere in latino al Linneo e doveva, nel 1763, saperlo tanto poco quanto il Carburì nel 1767. Questo risulterebbe da un ironico commento fatto nel gennaio del 1772 dal Gennari, a proposito di una lezione universitaria dell'Arduino («asino quale in fatti è perché, tranne una pratica cognizione di botanica, non intende il latino, non sa il volgare e conosce poco il galateo. Era [...] l'ortolano del giardino botanico e, per dispareri nati col professor Marsili doveva essere congedato, ma la protezione de' nobiluomini Grimani da S. Polo lo fece eleggere professore di agricoltura pratica, cattedra istituita a bella posta per lui onde può dire anch'egli, come diceva il famoso Padre Serri de' Gesuiti: *Salutem ex inimicis nostris*»). G. Gennari, *Notizie giornalieri di quanto avvenne specialmente in Padova dall'anno 1739 all'anno 1800* (a cura di L. Olivato), Cittadella (Padova), 1982, I, pp. 89-90 (Scrittori padovani, 7).

27) C. Trombara, *La fondazione*, p. 30.

28) Fontana a Caldani, Firenze 2 aprile 1772, in *Epistolario di Felice Fontana, I. Carteggio con Leopoldo Marc'Antonio Caldani 1758-1794*, a cura di R.G. Mazzolini e G. Ongaro, Trento 1980, pp. 290-291.

29) Ducale di Alvise Mocenigo a Giovanni Benedetto Giovanelli, capitano e vice-podestà di Padova, 11 dicembre 1773, in A.A.U.P., 527.

30) M. Carburì, A. Barca, A.C. Dondi-Orologio, *Memoria*, pp. 361, 364-365. Inoltre, l'anno precedente, il Carburì aveva notato che «i lambicchi di antica costruzione portano seco nelle operazioni di farmacia molti inconvenienti nell'economia del tempo e nella qualità dei risultati. Perciò alcuni dei più illuminati e riputati tra i nostri speziali li abbandonarono per adottare il lambicco [del] laboratorio di Chimica, il primo che si abbia qui veduto di tal costruzione». *Codice farmaceutico per lo stato della serenissima Repubblica di Venezia* [...], Padova 1790, pp. 18-19. Il *Codice* è lavoro collettivo di sette professori dell'Università di Padova, tra i quali il Carburì curò la parte chimica. V. Giormani, *La promulgazione nel 1790 del «Codice farmaceutico per lo stato della serenissima Repubblica di Venezia»: un bicentenario senza gloria* (in corso di stampa).

Mara Miniati

Istituto e Museo di storia della scienza, Firenze

La collezione di chimica del Museo di storia della scienza di Firenze

Summary

The paper illustrates the collection of chemical instruments and apparatuses of the Institute and Museum of the history of science of Florence.

It emphasizes the link between the activity of the Lorraine Museum of Physics and Natural History, founded by Pietro Leopoldo Grand Duke of Tuscany, and the chemical research carried out in that Museum.

Among the most important objects there is the «Banco Chimico», of which we find the original apparatuses and we reconstruct its historical destiny, in the light of the history of the Italian scientific estate.

Erede, per la parte relativa alla strumentaria, dell'I. e R. Museo di Fisica e Storia Naturale, fondato da Pietro Leopoldo nel 1775, l'Istituto e Museo di Storia della Scienza di Firenze custodisce preziosi dispositivi di misura matematici e astronomici¹. Il museo lorenese era nato, infatti, per accogliere il patrimonio scientifico conservato in gran parte nella Sala detta «delle Matematiche» della Galleria degli Uffizi e raccolto dai granduchi medicei soprattutto tra '500 e '600. La collezione di «naturalia et mirabilia, artificialia et scientifica» comprendeva non solo strumenti di misura fabbricati con materiali pregiati e arricchiti di decorazioni e dediche, ma anche animali impagliati, «orti secchi», campioni di minerali e rocce, reperti esotici provenienti dai nuovi mondi, rari manoscritti e opere a stampa di particolare interesse. E questo materiale eterogeneo e curioso conviveva insieme a quadri, sculture, arazzi, in un insieme destinato a suscitare ammirazione e meraviglia².

Quando il Granduca lorenese avviò il «processo di ristrutturazione del patrimonio storico-naturalistico della corona» che doveva portare alla creazione del Museo di Fisica, si preoccupò anche di «ricongiungere tra loro le varie branche del sapere e di contribuire ad un tempo al loro sviluppo ed alla presentazione dei risultati della ricerca in forma chiara e didatticamente ineccepibile»³. Il Museo, perciò, non doveva essere semplice luogo di conservazione, ma laboratorio, «Gabinetto» scientifico dotato di moderne apparecchiature destinate alle dimostrazioni e alle esperienze.

Non a caso Pietro Leopoldo nominò uno scienziato del livello e della fama di Felice Fontana alla carica di Direttore, affiancandogli il giovane Giovanni

Fabbroni, che in pochi anni avrebbe dato prova delle sue molteplici doti⁴.

Tra il 1776 e il 1777, Giuseppe Pigri stese l'Inventario del Reale Gabinetto che occupò ben 7 poderosi volumi. Gli strumenti scientifici, le attrezzature sperimentali e i diversi apparati non sono raggruppati insieme, ma compaiono, in mezzo agli altri oggetti, in alcuni dei suddetti volumi⁵.

Nella sezione dedicata ai vetri sono segnalati molti apparecchi di chimica, ma è nel IV volume che si descrive il laboratorio chimico, con i suoi barattoli, crogiuoli, fornelli e il banco chimico⁶.

Il laboratorio cominciò a funzionare regolarmente, numerosi preparati furono via via registrati, aggiunti e catalogati. Di questi preparati, 1796 registrati in un Inventario del 1829, solo una minima parte è sopravvissuta, o perché evaporarono, o perché furono consumati, o uniti ad altri. Tra i superstiti, risalente al XVIII secolo, segnalo l'«olio espresso dalle formiche», indicato nell'Inventario del 1829, con il numero 263⁷.

Lo stesso Granduca si interessò di chimica e collaborò alle preparazioni, lavorando spesso fianco a fianco a Fabbroni «alle ricerche di chimica sperimentale presso il Museo»⁸. Usò, quindi, anche il celebre banco che rimase così legato alla figura di Pietro Leopoldo e tramandato come «suo»⁹. Quando Pietro Leopoldo lasciò la Toscana per rientrare in Austria, il laboratorio chimico continuò a far parte del patrimonio del Museo di Fisica.

Il banco è costituito da una specie di ampia scrivania, vuota al centro, munita di cassetine, palchetti e sportelli che la chiudono e ne fanno un mobile compatto, molto bello e singolare, che rappresenta il pezzo forte della collezione di chimica del Museo di Storia della Scienza. Gravemente danneggiato dall'alluvione del '66 e restaurato nel laboratorio del museo stesso, è oggi esposto al secondo piano, il piano, appunto, «lorenese»¹⁰.

Nella descrizione che di esso si dà negli antichi inventari, si elencano i numerosi oggetti esposti sui ripiani o chiusi nelle cassetine del banco. Certamente, quelli che oggi vi si trovano appartengono in gran parte ad epoche successive ed alcuni addirittura non hanno niente a che vedere con la chimica e i suoi strumenti.

Ad epoca leopoldiana, ad esempio, risalgono il viticcio di ottone argentato a due lumi, il fornello, il calamaio, privo però oggi delle statuette che lo adornavano. Anche i vasetti con coperchio di legno sono di origine lorenese, ma si trovavano in alcune cassetine e non sui ripiani. Su questi ultimi erano collocate 56 bottigliette che però risultavano mancanti già nella revisione del 1861¹¹.

Il laboratorio del Museo di Fisica aveva poi bicchieri antichi «rabescati», mortai di porfido e di bronzo, bilance grandi e piccole alcune delle quali, pieghevoli, erano sistemate in altre cassette del banco¹². Gran parte di questi oggetti è sopravvissuta e si trova nella Sala di Chimica del Museo di Storia della Scienza. In un armadio a scaffale posto sotto le cassette, inoltre, si trovava un «microscopio del Campani legato in granatiglia con supporto di ottone avvitato al suddet-

to». Di questo importante strumento, tolto evidentemente dalla collezione medica e assegnato al laboratorio chimico, non esiste più traccia sin dalla seconda metà dell'800¹³.

Numerosi sono anche i vasi, le bottiglie, le ciotolette di pietre dure. La *Tabula Affinitatum*, invece, che fino al 1850 si trova registrata nell'Inventario dei Mobili redatto nel 1849, nel '50 passerà nel Gabinetto Chimico dove rimarrà fino al 1861, anno nel quale anche gli altri oggetti del laboratorio cambieranno destinazione¹⁴. Tra questi, il «vaso a forma di granchio» che tornerà, come il grande vassoio, tra le vetrerie dell'Accademia del Cimento.

Il 1861 è una data importante e segna un momento di grande trasformazione anche per le apparecchiature scientifiche, benché in realtà, qualcosa fosse già cambiato. Ai primi dell'800, quando i francesi governano la città, Maria Luisa inaugurò il nuovo R. Liceo di Firenze presso il Museo di Fisica e Storia Naturale¹⁵. Vennero stabilite sei cattedre assegnate ad altrettanti professori che avrebbero impartito pubbliche lezioni dal dicembre all'agosto di ogni anno¹⁶. L'inaugurazione avvenne il 15 agosto del 1807, dopo alcuni rinvii. Nel Supplemento alla Gazzetta Universale di quel giorno se ne possono leggere i dettagli, si ritrovano i discorsi, le poesie, gli elogi e la visita al museo compiuta dai sovrani. «Discesi poi nell'Elaboratorio Chimico vi osservarono le numerose preparazioni chimiche e farmaceutiche fatte colle proprie mani dall'immortal Pietro Leopoldo, e conservate come uno de' più bei monumenti delle cognizioni di questo Principe. Le opportune disposizioni date all'Elaboratorio medesimo dal Sig. Professore Giuseppe Gazzeri per approntarvi tutto ciò che possa occorrere alle chimiche dimostrazioni incontrarono la Reale soddisfazione»¹⁷.

I francesi, come è noto, se ne andarono presto, tornarono i Lorena nel 1815. Il Granducato rimase in vigore fino al 1859. In questi anni furono ripresi i corsi, si organizzarono i Congressi degli Scienziati Italiani e progredirono le ricerche chimiche. L'antica strumentaria rimase sempre più legata alle memorie del passato e sempre più distante dalle ricerche moderne.

Con il discorso del gennaio 1860 si inaugurava l'Istituto di Studi Superiori, primo germe delle facoltà scientifiche fiorentine e origine di quelle trasformazioni e spostamenti ai quali furono sottoposti gli strumenti e le apparecchiature del Museo di Fisica, causa anche delle spartizioni e della divisione della grande biblioteca medico lorenese. Le collezioni furono smembrate, gli strumenti «antichi», inutilizzabili, rimasero al museo, mentre quelli funzionanti costituirono la prima dotazione dei nuovi laboratori e gabinetti scientifici¹⁸.

Il laboratorio di chimica rimase intatto fino al 1874, come informa Ugo Schiff. Al momento dello «sgombero», poi, il «banco rimase al museo nella collezione degli apparati antichi di Fisica ove (scrive ancora lo Schiff) non ha nulla a che fare e dove nessuno lo vede»¹⁹. Vale la pena soffermarsi un momento su queste parole che hanno significato non secondario. Il testo dello Schiff avrebbe dovuto essere pubblicato nel 1907, ma per varie ragioni vide la luce solo dopo la morte

dell'illustre chimico nel '28. Ai primi del '900, lo stato della strumentaria è di estrema trascuratezza, gli apparecchi antichi giacciono ricoperti di polvere e sono considerati di pochissima importanza. Nessuno li vedeva, perché a nessuno interessavano né le reliquie, né strumenti ormai inservibili, superati dai tempi e dalle scoperte e perfezionamenti tecnici²⁰.

Lo stato di mummificazione delle antiche apparecchiature non risparmia neppure la chimica. Infatti, se guardiamo l'inventario steso nel 1875, ritroviamo «l'antico banco chimico» collocato nella prima delle sale annesse alla Tribuna di Galileo, una sorta di tempio eretto al mito galileiano e alla sua scuola in occasione del III Congresso degli Scienziati Italiani, svoltosi a Firenze nel 1841²¹. Il banco è «in cattivo stato» e sarà Ferdinando Meucci a restaurarlo, così come restaurerà la cinquecentesca sfera del Santucci.

In ogni caso, mentre la ricerca chimica continua, il banco con i suoi vasetti, con le bilance, con i vetri e le ciotoline è divenuto anch'esso uno dei tanti «oggetti da vedere», assimilato agli antichi quadranti, agli astrolabi, ai cannocchiali galileiani, ai vetri della «gloriosa» Accademia del Cimento.

Dopo le vicende che permisero l'organizzazione della Prima Esposizione Nazionale di Storia della Scienza del '29, frutto della ripresa di attenzione al tema della strumentaria e origine prossima del Museo di Storia della Scienza, gli strumenti scientifici medicei e lorenese furono trasferiti nel Palazzo Castellani, sede sin da allora del museo²². Anche il banco chimico trovò la sua sistemazione con gli accessori che lo accompagnavano e con altri che lo «abbellirono»²³.

Se il legame con le esperienze chimiche compiute da Pietro Leopoldo aveva permesso la salvezza di questo, che è solo uno dei banchi esistenti nell'antico laboratorio lorenese, a distanza di anni, il legame con il nome dello Schiff, permetterà di non distruggere e di «musealizzare» un povero, certo non bellissimo e ormai inutile tavolo, sul quale però l'illustre chimico aveva a lungo lavorato.

Note

1) Sull'Istituto e Museo di Storia della Scienza v. *Catalogo degli Strumenti del Museo di Storia della Scienza*. Firenze, Leo S. Olschki 1954; M.L. Righini Bonelli, *Il Museo di Storia della Scienza a Firenze*. Milano, Electa Editrice 1976; AA.VV., *L'Istituto e Museo di Storia della Scienza a Firenze*. Firenze, UNIEDIT 1978.

2) La Galleria degli Uffizi è stata ampiamente studiata alcuni anni fa, in occasione del quadricentenario: P. Barocchi, G. Ragionieri (a cura di), *Gli Uffizi quattro secoli di una galleria. Atti del Convegno Internazionale di Studi (Firenze 20-24 settembre 1982)*. Firenze, Leo S. Olschki Editore 1983, 2 voll. Sugli Uffizi come raccolta e collezione di oggetti scientifici e strumenti di misura v. M. Miniati, *La scienza in Galleria*, in *La città degli Uffizi*. Firenze, Sansoni Editore 1982. Sul più generale fenomeno del collezionismo rinascimentale v. O. Impey, A. MacGregor (eds.); *The origins of Museums. The Cabinet of Curiosities in Sixteenth - and Seventeenth - Century Europe*. Oxford, Clarendon Press 1985; A. Lugli, *Naturalia et mirabilia. Il collezionismo enciclopedico nelle Wunderkammern d'Europa*. Milano, Gabriele Mazzotta Editore 1983, nonché i numerosi studi di G. Olmi.

3) R. Pasta, *Scienza politica e rivoluzione. L'opera di Giovanni Fabbroni (1752-1822) intellettuale e funzionario al servizio dei Lorena*. Firenze, Leo S. Olschki Editore 1989, pp. 41-42. Lo studio ampio e documentatissimo di Pasta consente di fare il punto su una figura come quella di Fabbroni, non solo rispetto al ristretto ambito del Museo di Fisica lorenese, ma rispetto al più vasto contesto delle vicende politiche e intellettuali europee.

4) Non mi soffermo su questi personaggi, sulle relazioni tra essi intercorse e sulla loro attività scientifica, sia perché l'argomento esula dal tema dell'intervento, sia perché esistono studi molto significativi sui due personaggi. Ad esempio, su Fontana, del quale è in corso di stampa l'*opera omnia*, P.K. Knoefel, *Felice Fontana 1730-1805. An Annotated Bibliography*. Trento, Società di Studi Trentini di Scienze Storiche 1980; Idem, *Felice Fontana Life and Works*. Trento, Società di Studi Trentini di Scienze Storiche 1984, che costituiscono i primi due numeri della collana «Studi su Felice Fontana»; R.G. Mazzolini, G. Ongaro (a cura di), *Carteggio con Leopoldo Marc'Antonio Caldani 1758-1794*. Trento, Società di Studi Trentini di Scienze Storiche 1980 («Epistolario di Felice Fontana», 1); sull'attività di Fontana come chimico, v. i numerosi studi di F. Abbri, tra cui *Rivoluzione chimica e scienza italiana: le ricerche di Felice Fontana sull'aria fissa*. Roma, Accademia nazionale delle scienze detta dei XL 1988. Estr. da: *Atti del II Convegno Nazionale di storia e fondamenti della chimica*. Su Fabbroni, v. R. Pasta, *op. cit.*, al quale si rimanda per la bibliografia in esso citata. Sul museo lorenese si attende uno studio completo ed aggiornato: il riferimento è ancora M.L. Righini Bonelli, I. Truci, *L'«Istituto di Fisica e Scienze Naturali» di Firenze alla luce dei nuovi documenti d'archivio*. Firenze, Leo S. Olschki Editore 1977. Estr. da: *La ceroplastica nella scienza e nell'arte*. Atti del I° Congresso Internazionale.

5) ASF, 5252-5258, *Inventario del Regio Gabinetto, 1776-1777*, voll. 7.

6) ASF, 5255, *Inventario del Regio Gabinetto*, vol. IV, 1776. A partire dal n° 1299 sono segnati gli oggetti appartenenti alla Chimica, alcuni dei quali identificabili con apparecchiature esistenti ancor oggi. Ad es., al n° 1308 è descritta «Una specie di scaldia vivande, di ottone con tre piedi parimente di ottone e con manico di legno tornito», presente ancora nella collezione. Esistono anche le molle di ferro (n° 1314), l'imbutto di vetro (n° 1322) e altri strumenti come storte e fornelli.

7) IMSS, 69, *Elaboratorio e Gabinetto Chimico*, 1829 con aggiunte datate 1850 e 1861. Precedentemente, tra il 1807 e il 1818, viene steso un altro *Inventario del Laboratorio Chimico dell'I. e R. Museo* (ASF, 5279), nel quale, con ricchezza di particolari, sono descritti gli apparecchi e i preparati di chimica. Numerose le bilance, molte delle quali conservate oggi nel Museo di Storia della Scienza.

Si elencano e descrivono anche gli oggetti posti all'interno e sopra il Banco Chimico. Nel 1810 il Laboratorio chimico si arricchì anche del materiale proveniente dalla R. Farmacia.

8) R. Pasta, *op. cit.*, p. 180.

9) Questo è uno dei casi in cui un oggetto è sopravvissuto grazie al suo legame con una figura celebre che se ne è servita. Infatti, nel laboratorio i banchi erano più di uno e, almeno a giudicare dalle descrizioni degli inventari, gli altri non erano meno imponenti e significativi.

10) La sala di Chimica è attualmente, come il resto del secondo piano, in corso di riallestimento. Il Prof. Ferdinando Abbri è stato incaricato di elaborare le schede e i testi per il catalogo e di curare anche la selezione e le didascalie degli oggetti da esporre, i pannelli didattici e il percorso di visita.

11) La revisione del 1861 si riferisce alle consegne fatte da Tito Puliti, per conto del Direttore Vincenzo Antinori, al Professore di Fisica Gilberto Govi che prendeva in consegna il materiale.

12) Quasi tutti gli oggetti registrati negli inventari sono stati identificati. Oggi le cassette non contengono più quello che avevano allora. Un po' a causa dell'alluvione, un po' in seguito a mancanze verificatesi nel tempo, proprio gli oggetti più piccoli sono quasi tutti scomparsi.

13) Il microscopio è descritto sia nell'Inventario del 1807 che in quello del 1829. In quest'ultimo, viene indicato «mancante» in un'aggiunta segnata a margine da altra mano.

14) Inventario dei Mobili dell'I. e R. Museo redatto nel 1849. Al n° 73 è descritto: «Un quadro in tela dipintovi i segni delle affinità chimiche alto b. 2, largo b. 3».

15) Sul periodo francese a Firenze v., in particolare, gli studi di Furio Diaz e Franco Venturi. Il Direttore Fontana fu sollevato dal suo incarico nel 1799, fu poi reintegrato nel 1801, ma dopo pochi anni morì (1805). Fu sostituito provvisoriamente da Giovanni Fabbroni, fino al 1807, e poi da Girolamo de' Bardi che rimase in carica fino al 1829.

16) I professori incaricati dei nuovi insegnamenti furono: Giovanni Babbini (Fisica Teorica e Sperimentale), Filippo Uccelli (Anatomia Comparata), Domenico de' Vecchi (Astronomia), Giuseppe Gazzeri (Chimica), Ottaviano Targioni Tozzetti (Botanica) e Filippo Nesti (Minerologia e Zoologia), professore *ad interim*.

17) «Supplemento alla Gazzetta Universale». *Relazione dell'apertura del R. Liceo di Firenze*, p. IV.

18) Al Museo di Fisica era stata eretta la Tribuna di Galileo, inaugurata nel 1841 in occasione del III° Congresso degli Scienziati Italiani. In essa furono raccolti i «cimeli» galileiani e gli strumenti della collezione medicea. Sulla Tribuna v. l'opuscolo pubblicato in occasione dell'inaugurazione *La Tribuna di Galileo eretta da S.A.I. Leopoldo Secondo Granduca di Toscana nell'I. e R. Museo Fiorentino di Fisica*. Firenze, Tipi Calasanziani 1841; v. anche G. Boffito, *Gli strumenti della scienza e la scienza degli strumenti con l'illustrazione della Tribuna di Galileo*. Firenze, Libreria Internazionale Seeber 1929 (rist. anastatica 1982).

19) U. Schiff, *Il Museo di Storia Naturale e la Facoltà di scienze fisiche e naturali di Firenze*. Roma, Casa Editrice Leonardo da Vinci, p. 21. Estr. da: «Archeion», vol. IX, 1928.

20) Sullo stato di degrado e di abbandono in cui si trovavano le apparecchiature scientifiche si soffermò Andrea Corsini in un celebre discorso del 1922. A Firenze, nel 1923, fu fondato il «Gruppo per la tutela del patrimonio scientifico nazionale», al quale si deve l'opera di sollecitazione che portò all'organizzazione della Prima Esposizione nazionale di storia della scienza (1929) e alla fondazione dell'Istituto e Museo di Storia della Scienza (1930). Quando lo Schiff scrive il suo saggio, a tutt'oggi di grande importanza, anche se inesatto su alcuni punti, aveva di fronte proprio lo stato di abbandono del materiale storico. Lasciare il banco tra gli oggetti non più in uso rappresentava dunque la perdita di un oggetto importante, del quale non si ammetteva più valore scientifico.

21) *Inventario degli Istrumenti Macchine ed Apparati antichi di Astronomia di Fisica e di Matematica, degli oggetti di vetro, dei quali si servirono gli Accademici del Cimento, di quelli tuttora esistenti nell'antico Banco Chimico ecc.* Compilato da Filippo Parlatore, Direttore del Museo di Fisica e Storia Naturale, nel 1875, l'Inventario assegna al Banco il n° 1198, comprensivo degli oggetti che vi si trovano. Ferdinando Meucci li riceve in consegna il 26 ottobre 1875.

22) Il Museo fu inaugurato nel 1930. Fino al 1966 l'esposizione occupò primo piano, sottosuolo e piano terreno. Nell'alluvione, il banco rimase gravemente danneggiato e molti preparati si persero. Dopo il restauro, fu riesposto al piano terreno e, successivamente, la sala di chimica fu allestita al secondo piano, dove già erano state sistemate le macchine di fisica, le cere di ostetricia e gli strumenti chirurgici, tutti recuperati e restaurati dopo i gravi danni che avevano subito.

23) Tra gli oggetti aggiunti si può citare, in particolare, un «pilloliera», costituito da una lastra ovale di porfido rosso inserita in una cornice di legno. Questa lastra, del XVIII secolo, era destinata a preparare i farmaci e a mescolare le sostanze. Un utensile analogo, descritto come un «piano di porfido incorniciato in noce» risultava anche tra gli oggetti passati, per scelta di Gazzeri, dalla R. Farmacia al Laboratorio di Chimica del Museo del 1810.

Ferdinando Abbri

Dipartimento di Filosofia - Università della Calabria, Cosenza

**«Chemistry turned upside down»:
aspects of the Italian debate on Lavoisier's theory**

1. The 200th anniversary of the publication of A.-L. Lavoisier's *Traité élémentaire de chimie* has renewed interest in the origins and structure of the chemical revolution¹. The scholarly industry devoted to Lavoisier is large and of long lineage, but historians of chemistry do not yet agree on the historical meaning and relevance of Lavoisier's work. It is important to note that some scholars consider it a turning point in the history of science, while others view it as a sort of historiographic myth. Some outstanding historians are convinced that Lavoisier only completed a revolution started by G.E. Stahl, a revolution «already in progress»².

These contradictory assessments are the result of the interaction of different cultural elements³, and I will attempt to summarize them here⁴:

1) the epistemological concepts of «revolution», «scientific change», «continuity» vs. «discontinuity» in the history of science are ambiguous concepts⁵.

2) A positivist approach to scientific progress still exerts a strong influence on the historiography of chemistry, which, notwithstanding the publication of important works and articles, fails to take advantage of the new interdisciplinary approaches, whose common denominator is the attempt to understand the protean concepts of science within different cultural and institutional contexts.

3) Lavoisier's work was highly articulated and complex.

4) During the eighteenth-century, the metaphor of «revolution in chemistry» was subject to a wide range of different uses by various writers on pneumatic chemistry. Thus a specific metaphor could be used to establish a variety of incompatible ideas.

In this essay I will not examine all these different elements because my basic aim is very limited. One of my major concerns will be to show that a new critical assessment of the chemical revolution must also consider the different perceptions of Lavoisier's proposals. When the naturalists came across Lavoisier's theory, they reacted to it in different ways, and these various reactions contributed to the establishment of the historical meaning of the chemical revolution.

My presentation will focus on Italian science and on a specific Italian scientific setting. In the eighteenth century Italy was divided in many small states, which were characterized by different political and cultural traditions. A reconstruction of the history of Italian chemistry during the Enlightenment, and of the penetration of Lavoisier's theory into Italy, cannot avoid considering local peculiarities.

2. The Accademia delle scienze dell'Istituto of Bologna — founded in 1714 — is one of the most celebrated scientific institutions of the Italian Enlightenment. In 1745 Pope Benedict XIV (Prospero Lambertini) reformed the Bolognese Academy and Institute, and he assured them financial resources to purchase scientific instruments, to enlarge the library, and to stimulate scientific productivity. The Academy and the Institute interacted positively with the ancient university, and these interactions favoured some reforms of university teaching⁶.

In spite of strong theological and political control, the main topics of eighteenth century science were investigated by the Bolognese academicians. The academic élite did research on mathematical and experimental physics, anatomy and physiology. In this institutional context, medicine was a favourite topic and was particularly influential in shaping the Bolognese approach to chemistry. Luigi Ferdinando Marsili — the founder of the Institute and of the Academy — had considered the establishment of a chemical laboratory as a main point of his plan of scientific reforms, but chemistry was always seen as a dependent discipline, as an instrument only for improving the study of medicine. Therefore, chemical analyses were conducted on the mineral waters of the region and on food and agriculture products⁷. Jacopo Bartolomeo Beccari's research confirms that analytical and physiological chemistry were carefully cultivated. In 1734 Beccari became professor of chemistry at the Institute, and in 1737 he had the chair of chemistry at the University of Bologna, which was the first chair of chemistry established in an Italian university⁸.

From 1731 to 1792 the Bolognese Academy edited its transactions, the *De Bononiensi Scientiarum et Artium Instituto atque Academia Commentarii*. These *Commentarii* had a specific section devoted to chemistry, but in this section there are no significant references to the crucial eighteenth-century debates on chemical theories⁹. In the Bolognese context, the image of chemistry as a discipline to be used for an exact and up-to-date medical therapy caused a neglect of some outstanding fields. In this case, such a limited image of science favoured the establishment of a tradition which focused on only a few particular topics.

The publication (1727) of S. Hales' *Vegetable Staticks* and J. Black's discovery of fixed air can be considered two crucial phases in the evolution of eighteenth-century chemical thought¹⁰. Chemists became aware of the existence of a new class of chemical entities — the airs or gases — and the birth of a pneumatic branch of chemistry forced the natural philosophers to reconsider the main tenets of the chemical theories¹¹.

In 1757 Hales was listed among the members of the Bolognese Academy, but it seems that his discoveries fostered only some research on animal respiration. In 1752, Giuseppe Veratti and Tommaso Laghi presented two papers at the Academy containing the accounts of some experiments on animal respiration conducted in a pneumatic trough¹².

After 1774 on, the penetration into Italy of British discoveries on airs caused a flood of debates and research on these new chemical objects: the «physics» of air soon played a central role in Italian chemistry. We should remember that the elements of matter were still conceived of in Aristotelian terms and that therefore the discovery of some specific airs contradicted the view of air as an element.

In Tuscany, starting in 1774 the classical papers on fixed air and J. Priestley's papers on the different kinds of airs were translated into Italian. Priestley became the main interlocutor of Italian naturalists: he was considered the father of the new science of airs. Owing to the diffusion of Lavoisier's *Opuscules physiques et chimiques*, the Italian naturalists also had a history of pneumatic chemistry at their disposal. Lavoisier sent some complimentary copies of his *Opuscules* to the Academy of sciences of Turin, the Academy of Florence, and the Institute of Bologna¹³, but in the Bolognese context this work does not seem to have produced any remarkable effect.

In 1774 the Florentine Giovanni Luigi Targioni started editing a *Raccolta di Opuscoli Fisico-medici*, containing the translations of the British papers on gases¹⁴; in 1775 Carlo Amoretti and Francesco Soave in Milan started editing the *Scelta di Opuscoli Interessanti*, which contained, for example, the translation of Priestley's essays¹⁵. These editorial enterprises helped complete the task of cultural renovation of Italian chemistry and favoured the pursuit of pneumatic research. In 1775 F. Fontana's and M. Landriani's first works on gases were published in Florence and Milan respectively¹⁶.

In some areas of the Italian peninsula chemical research on airs became fashionable, but in the Bolognese Academy only traditional topics continued to be cultivated. The *Commentarii* did not pay attention to the debates on airs that we can find in the Tuscan and Lombard Journals and in the *Mémoires* of the Academy of sciences of Turin.

In the chemical section of the VIth volume (1783) of the *Commentarii* there are only some papers on the mineral waters of Porretta, while the VIIth volume (1792) contains a short article on pneumatic chemistry, whose author was the Piedmontese Carlo Ludovico Morozzo¹⁷. This last volume has a fundamental historical importance because it contains Galvani's classical commentary on animal electricity. We are therefore left without doubt that anatomy and physiology were the main interest of the Bolognese academic élite.

If we assume that the *Commentarii* are a faithful recording of the scientific activity performed in the Academy, we must conclude that they offer the historian of chemistry a disappointing picture of modest and local researches.

In other cultural areas of Italy we can perceive a dramatic debate on the nature and status of gases, but in the Bolognese Academy we have no evidence of it at all¹⁸.

On April 8th, 1776, G.L. Targioni wrote from Florence to the famous Bolognese physicist Laura Bassi Veratti:

«I understand with pleasure that your husband [Giuseppe Veratti] read at the Academy of Sciences a fine paper on fixed air; I would like to receive some detailed information on it, because I am much interested in this important part of Physics»¹⁹.

However, Veratti's paper was not printed in the *Commentarii*. We must recollect that in 1776 all the Italian naturalists, from Turin to Naples, analyzed the nature of fixed air²⁰.

The case of the Bolognese Academy confirms that a specific image of a science, rooted in a particular institutional context, influences the selection of the subjects that are deemed worthy of research and contributes to the establishment of a scientific tradition. During the eighteenth-century, scientific activity in Bologna reached very high levels, but the idea of chemistry as a discipline supporting medicine did not excite scientific curiosity and interest in the most revolutionary problems of the new chemistry.

We must not conclude that the Bolognese milieu was completely closed to research on gases or to Lavoisier's revolutionary proposals in particular. It is important to consider two books on pneumatic chemistry which were published in the Bolognese area; they show that the metaphor of revolution in chemistry underwent profound transformation and that Lavoisier's theory is a true historical case of a revolution in science, because, to say the least, it provoked intense debates and caused sudden changes of opinion (even «conversions»), even in such contexts as the Bolognese one which cannot be considered to be the avant-garde of Italian chemistry in the eighteenth century²¹.

In 1783 Antonio Bucci (1727-1793) from Faenza, who studied physics in Bologna, published a booklet entitled *Osservazioni circa il flogisto e le differenti specie d'Aria secondo le moderne scoperte* (Observations on phlogiston and the different Kinds of Air, according to modern discoveries), which is a little treatise of phlogistic chemistry²². These *Osservazioni* opened with a discussion on the word «phlogiston» and were composed of various chapters devoted to the different airs. Bucci was aware of the developments of European chemistry and tried to produce a new version of the Stahlian theory that could include the new discoveries of gases.

He managed to distinguish between two sorts of inflammable principles, the phlogiston and the phlogistic principles, because he believed that it was absolutely necessary to give «an exact nomenclature of some substances» in order to be able to give a well arranged picture of the chemical theory²³.

Bucci's chemistry is complex and obscure: he is not able, for example, to establish the differences between phlogisticated air (nitrogen) and fixed air (carbon

dioxide) and he identifies phlogiston with inflammable air (hydrogen) and the phlogistic principle with phlogisticated air²⁴. It is not necessary to summarize here the various explanations of phenomena given in the *Osservazioni*. It is sufficient to draw attention to one aspect, because it reveals that in Italy the use of the metaphor of the revolution in chemistry changed within a few years.

Bucci plainly states that the experimental discoveries that have enriched physics, i.e. natural philosophy, «contribute to produce a revolution» which was heralded by the «new chemical knowledge»²⁵. According to Bucci, modern experimental techniques made it possible to isolate gases and therefore revolutionized chemistry. For him the revolution in chemistry consisted of a new definition of phlogiston thanks to the discoveries of the different airs.

Italian chemists considered the discovery of fixed air (that is, of an air completely different from the elementary one) the prelude to an impending revolution, which was surely not the case with the rejection of phlogiston.

In 1775 the «*Novelle Letterarie*» of Florence published a review of G.L. Targioni's *Raccolta*. The anonymous reviewer wrote:

«We go so far as to think that fixed air must cause a total revolution in chemistry»²⁶.

Until 1785 the idea of a revolution in chemistry was not associated with Lavoisier's work, but with the discoveries and research carried out by British and Swedish phlogistic chemists. Lavoisier was only seen as one of the various *savants* engaged in pneumatic research.

In 1783 Bucci could speak of a revolution in science and for him this metaphor meant that Stahl's immortal theory could be improved thanks to the discoveries of gases. A true revolution was therefore to consist in specifying and clarifying the nature and properties of phlogiston and heat.

After 1784 a new consideration of Lavoisier's work ripened in Italy. This new perspective was due to the French experiments on the analysis and synthesis of water²⁷. I think it worthwhile to quote from a letter, dated February 1786, which the great C. Bonnet wrote to the Bolognese mathematician Alfonso Bonfioli Malvezzi:

«La chimie est aujourd'hui une mode: jamais il ne s'en est tant occupé, et jamais on n'a tant disputé sur les Eléments des corps. Il faut esperée que de cette lutte perpetuelle naitront enfin des vérités qui ne seront plus contestables. Quand on s' imagine en tenir une, il survient aussi-tôt un chymiste qui vous l'enleve par des esperiences contraires. Le mieux est de ne se presser point de croire. Le célèbre Lavoisier se persuadoit d'avoir decomposé et recomposé l'eau: on admiroit son heureuse invention, et on en concluoit que les elemens ne sont pas simples, comme on l'avoit pensé. D'autres chymistes se sont élevés contre la pretention de M. Lavoisier et lui ont opposé des expériences dont les resultats ont été très differens»²⁸.

In 1789 the «*Novelle Letterarie*» of Florence published a review of the French

translation, edited by Lavoisier and his followers, of R. Kirwan's *Essay on phlogiston*. The reviewer, too, used the metaphor of the revolution in chemistry²⁹. In 1789 the revolution in chemistry was associated with Lavoisier's work, and his rejection of phlogiston. Within a few years the epistemological perspective on the revolution in chemistry changed. We can perceive this «switch» in the Bolognese context too.

In 1796 Giuseppe Colizzi (1763-1846) published in Bologna a booklet entitled *Alli Studiosi della Filosofia Chimica Ragionamenti Due* (Two Discourses addressed to the scholars of the chemical philosophy), which contains a brilliant, entertaining defence of Lavoisier's theories.

In this work, Colizzi confirmed, against Priestley, that water is composed of two gases, expounded the «wonderful set of modern chemical theories», which were the antiphlogistic ones, and showed their «good influence» on physics, medicine, and the mechanical and liberal arts³⁰.

The first Discourse opens with the image of the history of the Republic of Letters as a development marked by some famous revolutions. Colizzi uses a very ironical style, full of baroque metaphors, taken from literature. He thinks that Lavoisier accomplished such a revolution that «the chemistry was turned upside down»: phlogiston was banished for ever from the dwelling place of mortals!

According to Colizzi it is surprising that Lavoisier's revolutions has not caused a more general discontent. He criticizes the old supporters of the «overthrown chemistry», because they are hypocrite, they pay lip-service to the new prevailing chemistry without fully accepting it. Many philosophers confine themselves to praising the new theory, but they do not enlist «under its proud flags», or they cannot admit they were mistaken for so long, or, being absurdly tied to the old ideas, they try to take their revenge by questioning the new ones, which they claim to accept³¹.

To Colizzi such a generalized agreement on the new chemical philosophy looks suspect and opportunistic. He is persuaded that Lavoisier has overthrown the phlogiston chemistry, leaving only a heap of ruins, so he thinks that the newly established order in science requires a whole-hearted assent, and the condemnation of «phlogiston and the long sequence of its dephlogisticated and phlogisticated followers to perpetual oblivion»³².

Colizzi's book is one of the finest Italian texts written in favour of Lavoisier's theory. It has a literary value, not a scientific one, because it is a pamphlet against the last opponents of the *chimie nouvelle* and its false supporters. Colizzi's arguments reveal a full awareness that Lavoisier's work must be numbered among the most celebrated scientific revolutions, revolutions that according to him have always characterized the history of the «literary republic».

Colizzi ascribes two philosophical merits to the new chemical philosophy: it has proved that chemistry must now be considered as one of the highest products of human reason and that nature was created by God in such a way as to guar-

antee a favourable balance for human life³³. Priestley considered his experiments and discoveries on the different kinds of air as a confirmation of his metaphysical and theological ideas on the beneficent arrangement of the world³⁴. Priestley's materialistic optimism was used by the catholic Colizzi to support Lavoisier's chemical theories and a Cartesian vision of the relationship between God and world³⁵.

3. Bucci's and Colizzi's booklets do not belong to the great eighteenth century chemical literature, but they are useful to the historian whose aim is to throw light on the complex destiny of Lavoisier's theory in Italy. They also illustrate the various meanings attributed to the metaphor of revolution in science.

To conclude, I would like to summarize the various points that I have tried to establish in my presentation:

1) The chemical research traditions rooted in a specific institutional context play a crucial role in determining the approaches to the emerging fields of research. At the beginning of the eighteenth-century in the Bolognese Institute and Academy, chemistry was seen as an outstanding discipline favouring scientific innovation, but only as a useful instrument for medicine. As a consequence, the Bolognese naturalists dealt only with traditional topics to the exclusion of the new ones. Therefore, the crucial debates on gases had a minimal impact on the Bolognese academic milieu.

1) Bucci's *Osservazioni* and Colizzi's *Ragionamenti* show that the idea of a revolution in chemistry could mean different things to different people. For Bucci this implied a restatement of Stahl's theory according to the discoveries of gases; for Colizzi it meant a total destruction of all phlogistic theories. In fact, Colizzi perceived a true discontinuity in the history of chemistry, and it had been produced by the modern chemical philosophy.

3) The late eighteenth century Italian scientific communities were characterized by a sharp division between supporters and opponents of Lavoisier's theory. But the new chemistry had not a single meaning for all of the Italian antiphlogistic party: it was perceived in many different ways, which were shaped by different philosophical commitments and methodological beliefs, by instrumentalistic approaches and by academic and political opportunism.

The aim of the historian consists in reconstructing this historical variability of the idea of «chemical revolution». His picture serves not only to establish the ways and the timing of the penetration of Lavoisier's theories into Italy, but also to make it clear that the chemical revolution was a very complex historical event, and that this was distinctly perceived by the Italian naturalists.

Acknowledgments

I wish to thank Antonello La Vergata (Cosenza) and Douglas Giancoli (Berkeley) for their help. I have relied heavily on the Library of the Institute and Museum of the History of Science of Florence. I wish to record my thanks to Stefano Casati, Librarian at this Institution.

Notes and References

1) A. Donovan (ed.), *The Chemical Revolution: Essays in Reinterpretation*, «Osiris», IV, 1988. «Ambix», XXXVI, 1989, n. 1. C.E. Perrin, *Revolution or Reform: The Chemical Revolution and Eighteenth century concepts of Scientific Change*, «History of science», XXV, 1987, pp. 395-423. ID., *Document, Text and Myth: Lavoisier's Crucial Year Revisited*, «British Journal for the History of Science», XXII, 1989, pp. 3-25.

2) I have discussed these topics in F. Abbri, *The Chemical Revolution: a critical assessment*, «Nuncius. Annali di storia della scienza», IV, 1989, n. 2. ID., «L'abjuration du phlogistique»: *Lavoisier, la chimica e la rivoluzione chimica*, paper read at the International Symposium on «French Revolution and science», Florence, May 1989.

3) See John Hedley Brooke's contribution to this volume.

4) For a significant historiographic discussion see J.R.R. Christie and J.V. Golinski, *The Spreading of the Word: New Directions in the Historiography of Chemistry*, «History of science», XX, 1982, pp. 235-266. A. Donovan's and J.G. McEvoy's contributions to A. Donovan (ed.), *op. cit.*, pp. 195-231. J.G. McEvoy, *Causes and Laws, Powers and Principles: The Metaphysical Foundations of Priestley's Concept of Phlogiston*, in R.G.W. Anderson, and C. Lawrence (eds.), *Science, Medicine and Dissent: Joseph Priestley (1733-1804)*, London 1987, pp. 55-71. G.N. Cantor presents an excellent discussion on the rôle of metaphor in scientific discourses in his *Weighing light: the role of metaphor in eighteenth-century optical discourse*, in A.E. Benjamin, G.N. Cantor, and J.R.R. Christie (ed.s), *The Figural and the Literal*, Manchester 1987, pp. 124-146.

5) See P. Rossi, *I Ragni e le Formiche*, Bologna, 1986, pp. 21-58. ID., *La storia delle idee: continuità e mutamenti*, in *Atti del II Convegno Nazionale di Storia e Fondamenti della Chimica*, Rome 1988, pp. 9-18.

6) See W. Tega, *Mens agitat Molem. L'Accademia delle scienze di Bologna*, in R. Cremante, and W. Tega (eds), *Scienza e Letteratura nella Cultura Italiana del Settecento*, Bologna 1984, pp. 65-108, but all the essays contained in this book deserve much attention. *I materiali dell'Istituto delle Scienze*, Bologna 1979. W. Tega (ed.), *Anatomie Accademiche*, Bologna 1986-1987, 2 vol.s. J.E. McClellan III, *Science Reorganized. Scientific Societies in the Eighteenth-century*, New York 1985.

7) G. Pedrocchi, *Gli studi di chimica all'Istituto delle Scienze di Bologna nel corso del XVIII secolo*, in *I materiali*, note 6 above, pp. 226-229. S. Taglianini, «Chymica»; N. Urbinati, «Physica», in *Anatomie*, note 6 above, II. *L'Enciclopedia Scientifica dell'Accademia delle Scienze di Bologna*, pp. 87-121; pp. 123-154.

8) M. Crespi, and A. Gaudiano, *Beccari, I.B.*, in *Dizionario Biografico degli Italiani*, VII, Rome 1965, pp. 432-435. See Beccari's Correspondence with Giovanni Bianchi published in «L'Archiginnasio». LVI, 1962, pp. 97-133.

9) W. Tega (ed.), *Anatomie*, note 6 above, I. *I Commentarii dell'Accademia delle scienze di Bologna*.

10) H. Guerlac, *The Continental Reputation of Stephen Hales*, in ID., *Essays and Papers in the History of Modern Science*, Baltimore-London 1977, pp. 275-284; D.G.C. Allan, and R.E. Schofield, *Stephen Hales: Scientist and Philanthropist*, London 1980, p. 100, 120.

11) See F. Abbri, *Le terre, l'acqua, le arie. La rivoluzione chimica del Settecento*, Bologna 1984.

12) G. Veratti, *De avium quarumdam et ranarum in aere interclusorum interitu*; T. Laghi, *De animalium in aere interclusorum interitu*, in *De Bononiensi Scientiarum et Artium Instituto atque Academia Commentarii*, II, 2, pp. 267-278; IV, pp. 80-89. See W. Tega (ed.), *Anatomie*, note 6 above, I, pp. 162-163, pp. 274-275. A relevant discussion on animal respiration took place in Turin, see

D. Long Hall, "Bacon's Mansion". *The Frustrations and Rewards of Respiratory Physiology in the Enlightenment*, «Bulletin of the History of Medicine», L, 1976, pp. 151-173, F. Abbri, *La chimica italiana alla metà del Settecento*, in V. Cappelletti, and F. Di Trocchio (ed.s), *De Sedibus, Et causis. Morgagni nel Centenario*, Rome 1986, pp. 209-221. ID., *De Utilitate Chemiae in Oeconomia Reipublicae. La rivoluzione chimica nel Piemonte dell'Antico Regime*, «Studi Storici», XXX, 1989, pp. 401-433.

13) A.-L. Lavoisier, *Oeuvres-Correspondance, Fascicule II*, Paris 1957, p. 409.

14) On Targioni see R. Pasta, *Scienza, politica e rivoluzione*, Florence 1989, p. 31 n. 75, and *passim*.

15) See F. Arato, *Carlo Amoretti e il giornalismo scientifico nella Milano di fine Settecento*, «Annali della Fondazione Luigi Einaudi», XXI, 1987, pp. 175-220.

16) F. Fontana, *Ricerche fisiche sopra l'aria fissa*, Florence 1775, M. Landriani, *Ricerche fisiche intorno alla salubrità dell'aria*, Milan 1775. See F. Abbri, *Rivoluzione chimica e scienza italiana: le ricerche di Felice Fontana sull'aria fissa*, in *Atti del II Convegno nazionale*, note 5 above, pp. 121-132. M. Beretta, *La ricezione di Lavoisier da parte dei chimici lombardi*, *ibid.*, pp. 149-157.

17) C.L. Morozzo, *Vegetabilia ad aërem vitiatum repurgandum quid, et quomodo valeant*, in *Commentarii*, note 12 above, VII, pp. 215-222.

18) Taglianini, *op. cit.*, note 7 above.

19) *Lettere Inedite alla celebre Laura Bassi scritte da Illustri Italiani e Stranieri con Biografia*, Bologna 1885, p. 146. See also *Epistolario di Laura Bassi Verati* (sic), Bologna 1960.

20) For Turin, see Abbri, *De Utilitate*, note 12 above. For Naples, see Abbri, *Filosofia chimica e scienza naturale nel Meridione*, in P. Nastasi (ed.), *Atti del Convegno il Meridione e le scienze (secoli XVI-XIX)*, Palermo 1988, pp. 111-125. To the references contained in this second paper (see pp. 122-124), we must now add the reference to the Italian complete translation of J. Priestley's *Experiments and Observations on different Kinds of Air*, published in Naples in 1784 and 1785: see W.A. Cole, *Chemical Literature 1700-1860*, London-New York 1988, p. 446.

21) I only refer here to two recent contributions to the manifold discussions on the concept of revolution in science: I.B. Cohen, *Revolution in Science*, Cambridge Mass. 1985, pp. 40-47. T. Frängsmyr, *Revolution or Evolution: how to describe Changes in Scientific Thinking*, in W.R. Shea (ed.), *Revolutions in Science. Their Meaning and Relevance*, Canton 1988, pp. 164-173.

22) A. Bucci, *Osservazioni circa il flogisto, e le differenti specie d'aria secondo le moderne scoperte*, Pavia 1783. For Bucci, see U. Baldini's entry in *Dizionario Biografico degli Italiani*, XIV, Rome 1972, pp. 763-764, Cole, *op. cit.*, note 20 above, refers to an edition of Bucci's *Observations* published, with a slight different title, in 1783 in Faenza.

Bucci, a former pupil of Eustachio Zanotti in Bologna, was the professor of philosophy at the High school and Seminary of Faenza. In this provincial town, there was a lively cultural milieu. From 1746 Giovanni Battista Borsieri di Kanifeld, Beccari's pupil, was the chief physician of the town. Bucci was in friendly relationship with him. Borsieri became a protagonist of Bucci's Dialogues, entitled *De Instituenda regendaque mente*, published in Rome in 1772. In 1769 Borsieri moved to Pavia, where he had the chair of *Medicina pratica* in the University. From 1770 his lectures freely dealt with pharmaceuticals and chemistry, so he made it possible to assure the teaching of chemistry at the University of Pavia, which became the most important university in late eighteenth-century Italy. See *Memorie auto-biografiche di Giambattista Borsieri Trentino*, Trento 1885. P. Casini's and U. Baldini's entry in *Dizionario Biografico degli Italiani*, XIII, Rome 1971, pp. 129-132. A. Ferlini, *Giovanni Battista Borsieri: Protomedico della città di Faenza nel Settecento*, «Torricelliana», XXXV, 1984, pp. 29-44.

23) Bucci, *op. cit.*, note 22 above, pp. 5-20, and pp. 19-20 on phlogiston and the phlogistic principle.

24) *Ibid.*, pp. 28-33.

25) *Ibid.*, p. 5.

26) «*Novelle Letterarie pubblicate in Firenze*», VI, 1775, col. 18.

27) See F. Abbri, *Spallanzani e la diffusione delle teorie chimiche di Lavoisier in Italia*, in G. Montalenti and P. Rossi (eds.), *Lazzaro Spallanzani e la Biologia del Settecento*, Florence 1983,

pp. 121-135, ID., *Lavoisier e Dandolo. Le edizioni italiane del Traité élémentaire de chimie*, «Annali dell'Istituto di Filosofia dell'Università di Firenze», VI, 1984, pp. 163-183.

28) A. Bonfioli Malvezzi, *Viaggio in Europa e altri scritti*, edited by S. Cardinali, and L. Pepe, Ferrara 1988, p. 262.

29) «Novelle Letterarie pubblicate in Firenze», XX, 1789, col. 48-49.

30) G. Colizzi, *Alli Studiosi della Filosofia Chimica Ragionamenti Due*, Bologna 1796. See G. Boffito, *Biblioteca Barnabittica*, Florence 1933-1937, I, pp. 470-474. D.I. Duveen, *Bibliotheca Alchemica et Chemica*, London, 1949, p. 140. Cole, *op. cit.*, note 20 above, p. 118.

31) Colizzi, *op. cit.*, note 30 above, pp. 1-3.

32) *Ibid.*, pp. 36-37.

33) *Ibid.*, pp. 97-99.

34) See McEvoy, *op. cit.*, note 4 above.

35) Colizzi, *op. cit.*, note 30 above, pp. 97-99.

La chimica in Sardegna, nel periodo Sabaudico (1750-1848)

Summary

During the Sabaudian Period (1750-1848), Chemistry in Sardinia, at this time Kingdom, has been developed through the academic and the productive world.

After the Sabaudian renovation of the Universities of the Sardinian Kingdom, Chemistry lectures have been given in the Philosophy Faculty of the University of Cagliari together with Physic and Ethic ones, as a part of the Metaphysic Course.

Science, in general, was following, at that time, the Aristotelic tradition, which was adapted by St. Thomas. The main goal was to describe general phenomena and to address some new nomenclature.

On the contrary the productive world was represented by many factories (mining and metallurgical ones, paper mills, glass manufactures, and so on), whose technology was coming from abroad, following strictly the European technical culture.

La scelta della data iniziale del 1750 è del tutto arbitraria, in quanto la Restaurazione dell'Ateneo Cagliaritano da parte del Re di Sardegna Carlo Emanuele III data dal 1755, tuttavia in considerazione del fatto che alcune realizzazioni, che ebbero una certa ripercussione sulla cultura chimica nell'Isola, datano dal 1748, si è considerato il 1750, a metà del regno di C.E. III, come data iniziale. Altrettanto arbitrariamente è stata scelta, come data finale quella del 1848, che, coincidendo con l'unione politica ed amministrativa della Sardegna, con rinuncia a tutte le precedenti autonomie di cui godeva fin dalla conquista aragonese, con i «territori della Terraferma», segna per gli Atenei sardi, la fine della antica gestione autonoma sotto il «Magistrato sopra gli Studi» e l'inizio della gestione unificata e centralizzata del Ministero della Pubblica Istruzione.

Contemporaneamente alla Restaurazione delle Università da parte del Sovrano e del suo Ministro per gli Affari di Sardegna, Giovanni Battista Bogino Conte di Migliandolo, vennero decretati, per l'Isola, incentivi per tutte le attività produttive che potessero promuovere il «Rifiorimento della Sardegna», nell'Agricoltura, nel Commercio, e nell'Industria, secondo lo spirito illuministico del secolo.

In quest'ambito anche le conoscenze chimiche subirono uno sviluppo.

Come in tante altre regioni d'Italia, anche se forse un po' in ritardo rispetto a quelle del Centro-Nord, da quel periodo in Sardegna la Chimica incominciò a venir professata, come tale, in realizzazioni di carattere protoindustriale, mentre all'Università veniva insegnata mimetizzata fra altre discipline «speculative».

Le realizzazioni industriali seguivano metodiche e processi, per quei tempi anche abbastanza avanzati, ma descritti e formulati arcaicamente con termini ancora alchimistici.

Nell'insegnamento universitario la Chimica non veniva ufficialmente trattata come scienza a se fino al 1826. Infatti sotto l'influenza della Scolastica di San Tommaso d'Aquino, che aveva sviluppato il pensiero aristotelico, la Chimica, come Scienza Speculativa era una pertinenza della Filosofia, e pertanto veniva insegnata, nella Facoltà di Filosofia ed Arti, insieme alla Logica, l'Etica, la Fisica, e la Metafisica.

Nella Metafisica il mondo veniva trattato nei suoi tre regni, animale, vegetale, e minerale. Nel mondo minerale trovavano posto alcuni argomenti di Chimica.

La Facoltà di Filosofia ed Arti non conferiva la Laurea, bensì, dopo 2 anni di corso, il grado di Magister Artium Liberalium. L'ammissione agli studi di Filosofia era subordinata, per lo studente, al superamento dell'esame di Retorica. Al primo anno lo studente avrebbe dovuto frequentare i Corsi di Logica e Metafisica, Matematica elementare, e Agricoltura, ed al secondo Etica, Fisica, Matematica e Geometria, e ancora Agricoltura. Il Corso di Agricoltura fu soppresso dopo qualche anno.

L'esame di Magistero, che conferiva il grado, come si è detto di Magister, verteva sulla Logica e Metafisica, sull'Etica, sull'Arismetica, sulla Geometria, e sulla Fisica, e doveva precedere tutti gli altri gradi accademici.

Gli insegnanti della Facoltà di Filosofia ed Arti di Cagliari, alla Restaurazione, erano tutti ecclesiastici; i primi di essi furono: per la Logica e Metafisica il Padre agostiniano Carlo Nicolò Fabi di Mantova, per la Fisica Sperimentale il Padre servita Giovanni Antonio Cossu, sardo, per la Etica alternativamente entrambi i precitati Professori, per la Geometria e le Matematiche il Padre gesuita Giovanni Andrea Buchetti, per la Retorica l'insegnamento era impartito dai Gesuiti e dagli Scolopi. Era prefetto del Collegio (Preside di Facoltà) il Dott. Pietro Demelas sardo.

Nel 1777 fu creata, nella Facoltà di Filosofia, una Classe «di Matematici», che rilasciava la Laurea in Architettura.

Altri argomenti di Chimica, a livello di Jatrochimica o di formulazioni galeniche, venivano insegnati nel Corso di Medicina Teorico-Pratica di quella Facoltà. Anche l'ammissione a questa Facoltà era, come si è già detto subordinata al conseguimento del Magistero; tuttavia gli studenti potevano incominciare lo studio dell'Anatomia, nel secondo anno di Filosofia.

Nell'anno successivo avrebbero dovuto seguire le lezioni di Instituta Medica,

di Medicina Teorico-Pratica, e di Materia Medica. I Corsi di Materia Medica e Medicina Teorico-Pratica avrebbero dovuto venir seguiti ancora per altri due anni. A completamento del Corso, gli studenti degli ultimi tre anni avrebbero dovuto accompagnare il Professore, che ogni quattro mesi, a turno, era o il Professore di Medicina Teorico-Pratica o di Materia Medica, o ancora di Instituta Medica, nelle sue visite all'Ospedale, e frequentare ancora un Corso straordinario annuale di Anatomia.

La Facoltà di Medicina conferiva il Baccellierato, la Licenza, e la Laurea. Il Baccellierato veniva conseguito con l'esame sulle materie dei primi due anni. Un esame privato della durata di un'ora e mezza precedeva, al terz'anno l'esame pubblico di Licenza. Questo veniva sostenuto alla presenza di tutto il Collegio (Facoltà). In quest'esame il candidato doveva difendere un certo numero di Tesi stampate, che venivano estratte a sorte quindici giorni prima. La Laurea veniva conseguita, dopo il quarto anno di Corso, sostenendo prima un esame privato della durata di due ore, quindi un esame pubblico, simile a quello sostenuto per conseguire la Licenza, ma difendendo un maggior numero di Tesi, ed alla presenza di tutto il Corpo Accademico dell'Ateneo.

I titoli di Magister e di Baccelliere erano conferiti per autorità regia e pontificia, a nome dell'Arcivescovo cancelliere dell'Università, dai Prefetti dei Collegi (Presidi di Facoltà), mentre i gradi di Licenza e di Laurea venivano conferiti, allo stesso modo, dai Promotori, ossia dai Professori che, per turno presentavano i candidati al Collegio.

I primi professori del Collegio di Medicina furono: per la Medicina Teorico-Pratica il Dott. Giacomo Giuseppe Paglietti di Canale, per Materia Medica il Dott. Pietro Francesco Degioanni di Saorgio, per Anatomia alternativamente i due precitati Professori, e per Instituta Medica il Protomedico Dott. Ignazio Fadda sardo¹.

Nel 1826 il Re Carlo Felice istituì, per la Facoltà di Medicina e quella di Chirurgia, la Cattedra di Elementi di Chimica Medico-Farmaceutica, e per la Facoltà di Filosofia ed Arti quella di Chimica Generale ed Applicata alle Arti. Nel 1842 il Re Carlo Alberto divise la Facoltà di Filosofia in due «Classi», quella di Filosofia e quella di Belle Arti; in entrambe delle quali veniva professata la Chimica. Per la Facoltà di Medicina Carlo Alberto dispose che le lezioni di Medicina Teorico-Pratica, Materia Medica e Medicina Legale, Fisiologia e Patologia (che avevano sostituito Instituta Medica), venissero impartite in latino, mentre quelle di Clinica Medica, Anatomia, Chimica, e Storia Naturale, in italiano.

Dopo il 1848 la Facoltà di Filosofia fu divisa nella Facoltà di Filosofia e Belle Lettere e nella Facoltà di Scienze Matematiche e Fisiche².

Dell'insegnamento della Chimica come tale, nella Facoltà di Medicina, dopo l'istituzione, da parte di Carlo Felice, nel 1826, di Elementi di Chimica Generale e Farmaceutica, esiste, nella Biblioteca Universitaria di Cagliari, il testo manoscritto delle Dispense del Prof. Salvatore Salomone, per l'Anno Accademico 1831-1832³.

Dalle Dispense si evince che il Docente trattava, con le idee del tempo, degli atomi e delle molecole, delle forze di coesione, della Legge delle proporzioni multiple, e delle regole di nomenclatura, un po' bislacche, in verità, per gli ossidi e i sali, ma relativamente in linea con la nomenclatura attuale. Nel testo sono citati Mitscherlich e Berzelius, ma non è indicata una formula. Sono descritti i «fluidi imponderabili» quali il «Lucico», il «Calorico», l'«Elettrico», ed il «Magnetico» esclusivamente dal punto di vista fenomenologico scenografico. Della Chimica Organica sono trattati senza alcuna formula, alcuni composti semplici, alcoli ed acidi, e i principali alcaloidi contenuti nei vegetali.

Documenti di Chimica al di fuori dell'insegnamento accademico, ma molto più importanti sono due manoscritti del Fondo «Trattati Varii» della Biblioteca Universitaria di Cagliari. Databili dal 1748 risultano scritti da un Sottotenente d'Artiglieria savoiardo Pietro Belly, al suo ritorno da una missione d'istruzione nell'Erzgebirge Sassone-Boemo. Il Belly, per ordine di C.E. III era stato inviato da Spirito Benedetto Nicolis di Robilant, primo Ingegnere del Corpo delle Miniere del Piemonte, nelle zone minerarie della Germania per apprendere l'Arte Mineraria e le tecniche minero-metallurgiche di quel Paese. Questi, venuto in Sardegna intorno al 1760, fino alla sua morte nel 1790 fu il responsabile dell'Intendenza Generale del Regno per le Miniere. In detto incarico ebbe il compito di controllare l'attività di tutte le concessioni minerarie, che incominciavano ad operare nell'Isola, a partire dalla verifica della potenzialità dei filoni di minerale, nei pozzi e nelle gallerie, fino all'analisi chimica dei minerali e dei metalli da essi ricavati. Il Suo laboratorio «Chimico-docimastico» fu, in seguito, nel 1822 ufficializzato col nome di «Gabinetto di Chimica» e continuò ad analizzare minerali, metalli e leghe.

Il primo manoscritto⁴ è un vero trattato di Preparazioni Inorganiche. Il titolo è: «Introduzione alle Scuole di Mineralogia». Nella prefazione il Belly accenna alla sua trasferta in Germania ed in Ungheria, e dichiara di aver sintetizzato, nel suo scritto, tutto quanto potè apprendere, sia con la frequenza di Corsi, sia per esperienza diretta. Nelle 350 pagine circa, pur con terminologia e formulazione alchimistica, in un italiano un po' scorretto, tratta di Chimica Preparativa Inorganica secondo i concetti fondamentali dell'epoca ma con assoluto rigore scientifico. Descrive i minerali dei principali metalli allora noti, e qualche composto d'uso tecnico; descrive le principali operazioni chimiche a quel tempo note, e riporta ben 97 esperienze di preparazioni chimiche, ciascuna con le osservazioni relative alla condotta ed ai risultati dell'esperienza. Interessanti e curiose sono una tabella delle solubilità, una figura con apparecchi di laboratorio, una figura raffigurante un forno per la concentrazione in controcorrente di soluzioni, ed infine una tabella con i simboli alchimistici di alcuni elementi, sali, e composti, e di alcune operazioni chimiche.

Il secondo manoscritto⁵ dal titolo: «Introduzione al Corso di Docimastica», è anch'esso un vero trattato di Chimica Analitica Applicata alla Mineralurgia e

alla Metallurgia. Nella prefazione il Belly dichiara di aver voluto compendiare la sua esperienza di Freiberg con le opere di «Straglio», di «Cramer», di «Schuter», di «Casaro», di «Erker», di «Acricola», di «Unenger» e coi trattati anonimi di Norimberga. Nelle circa 450 pagine l'Autore descrive prima lo stato dell'arte e le preparazioni preliminari agli assaggi, i rispettivi strumenti ed attrezzi, ed il modo di costruirne alcuni, le unità di peso per i differenti usi con multipli e sottomultipli in uso in Germania, le tabelle di conversione per la caratura dei metalli nobili e seminobili, la preparazione dei reattivi d'attacco, sia acido, che basico dei campioni, le precauzioni da adottarsi prima di effettuare i saggi. Elenca i pesi specifici di vari minerali di provenienza diversa, e la densità di miscele. Riporta tabelle di conversione Densità/Concentrazione per acque salmastre, e alcuni interessanti disegni, dei quali uno riguarda la costruzione e la disposizione delle attrezzature di un laboratorio chimico, altri la costruzione di forni di coppellazione, di coppelle, e di fornelli da laboratorio. Nella fine del lavoro sono descritte ben 42 esperienze pratiche di analisi minero-metallurgiche, e di separazione dei componenti di leghe, sia di metalli nobili che non, ciascuna corredata delle osservazioni relative alla condotta ed ai risultati dell'esperienza.

Le esperienze sono descritte in modo talmente chiaro ed esauriente che sono riproducibili ancor oggi. La simbologia adottata è quella alchimistica, un esempio della quale è riportato qui sotto

Simboli Alchimistici

	= Il Fuoco		= L'Aria		= L'Acqua
	= La Terra		= Refrattario		= Pietre Vetrificabili
	= L'Argilla		= Gesso		= Calce o Calcare
	= Acido		= Acido vegetale		= Aceto distillato
	= Acido cloridrico		= Acido Nitrico		= Acido Solforico
	= Alkali fisso		= Potassa		= Calce Viva
	= Nitro		= Sal Comune		= Vetriolo
	= Allume		= Sal Ammonico		= Borace
	= Sapone		= Olio		= Spirito
	= Spirito di Vino		= Alcole rettif.		= Solfo
	= Fegato di Zolfo		= Combustibile		= Oro
	= Argento		= Rame		= Ferro
	= Piombo		= Stagno		= Zinco
	= Bismuto		= Antimonio		= Regolo d'Antimonio
	= Mercurio		= Arsenico		= Realgar
	= Cinabro		= Vetro		= Vetro di Sb
	= Vetro di Pb		= Orina		= Polvere Pirica
	= Acido Nitrico		= Acqua Regia		= Verderame
	= Sublimato di Hg		= Hg. precipit.		= Bagnomaria
	= Bagno di Vapori		= Bagno di Sabbia		= Solfato di Zn
	= Ossido in genere		= Cobalto		

È opportuno ricordare che il Belly analizzando i minerali della concessione Mandell, constatò la presenza di un tenore in Argento, nei minerali processati, molto superiore a quello dichiarato dalla Società Mineraria, a capitale estero, subentrata, dopo la morte dell'ing. Carlo Gustavo Mandell, Console di Svezia presso il Re di Sardegna, a detto concessionario. Siccome il contratto di concessione prevedeva il pagamento, al Regio Fisco, del 6% del valore del metallo prodotto, alle constatazioni analitiche del Belly seguì un lungo contenzioso giudiziario con implicazioni internazionali, che portò all'istituzione di un Commissario, nella persona dell'Avvocato Fiscale Regio Vincenzo Mameli.

D'epoca più recente (intorno al 1820) è un altro manoscritto, ugualmente della Biblioteca Universitaria di Cagliari, dal titolo: «Trattato dell'Arte Vetraria»⁶. Questo manoscritto fu scritto, sotto Carlo Felice, dal Magistrato della Reale Udienza Giovanni Mameli de' Mannelli, figlio dell'Avvocato Vincenzo, già Commissario della concessione Mandell. L'Autore, già noto per aver scritto un Commentario alla «Carta de Logu», famosa raccolta di Leggi del Giudicato d'Arborea promulgate nel XV secolo, descrive in 68 pagine tutte le operazioni per la produzione del vetro, a partire dai materiali per la costruzione dei forni e dei crogioli, per finire con la disamina delle materie prime per la fabbricazione del vetro, dei fondenti, e degli altri additivi, compendiando la letteratura scientifica del tempo, sull'argomento, con la sua personale specifica cultura acquisita con visite a vetrerie tedesche, francesi, inglesi e olandesi, il tutto in un perfetto stile, ed una sorprendente padronanza delle conoscenze chimiche del suo tempo.

Questo trattato fu scritto dal Mameli nell'intento di convincere qualcuno ad installare in Sardegna una o più vetrerie, infatti vengono fatte considerazioni economiche circa il tipo e la quantità dei combustibili da usarsi, i trasporti e le varie «utilities». Si apprende inoltre che l'Autore, sotto Vittorio Emanuele I, nel 1807, individuò la presenza di una Lignite Bituminosa in un paese della Sardegna, ben 18 anni prima della scoperta ufficiale della Antracite di Seui e della Lignite Picea del Sulcis, da parte di Alberto Ferrero della Marmora, che ne segnalò la scoperta nel 1825.

Bibliografia

- 1) V. Dessi-Magnetti, *Nozioni storiche sulla Regia Università degli Studi di Cagliari*, Cagliari, Timon 1865, pag. 1-50.
- 2) G.C. Sorgia, *Lo Studio Generale Cagliaritano. Storia di una Università*, Università degli Studi di Cagliari 1986, pag. 29-42; 99-100.
- 3) S. Salomone, *Lezioni di Chimica*, A.A. 1831-32. Biblioteca Universitaria di Cagliari, Fondo Manoscritti, Ms. 52, Collocazione S.B. 1-3,3.
- 4) P. Belly, *Introduzione alle Scuole di Mineralogia*, Biblioteca Universitaria di Cagliari, Fondo Manoscritti, Ms. 19, Collocazione S.B. 2-2,8.
- 5) P. Belly, *Introduzione al Corso di Docimastica*, Biblioteca Universitaria di Caglia, Fondo Manoscritti, Ms. 20, Collocazione S.B. 2-2,10.
- 6) G. Mameli de' Mannelli, *Trattato sull'Arte Vetraria*, Biblioteca Universitaria di Cagliari, Fondo Manoscritti, Collocazione S.B. 6-bis-1,8.

Antonio Di Meo
Istituto Gramsci, Roma

Visibile ed invisibile nella chimica

1. La problematica del «visibile» e dell'«invisibile» nella chimica è assai complessa e dislocata a più livelli della teoria e della pratica di questa scienza. Sarebbe quindi impossibile esaurirla brevemente nei limiti di questo scritto. Essa infatti, da una parte abbraccia questioni di filosofia generale e di teoria della conoscenza; dall'altra richiederebbe una analisi, assai più approfondita e dettagliata di quanto sia possibile farlo ora, della storia della chimica moderna. Mi limiterò allora ad alcuni aspetti più generali del problema prendendo le mosse da alcune considerazioni contenute nella *Psicologia delle menti associate* del filosofo e politico italiano Carlo Cattaneo (1801-1859), che è una raccolta di cinque conferenze tenute al Reale Istituto Lombardo di Scienze, Lettere ed Arti dal 1859 al 1866¹.

Di quest'opera, fortemente critica della psicologia individualistica settecentesca, voglio mettere in evidenza qualche aspetto più generale che riguarderà più direttamente il nostro argomento. In particolare le seguenti affermazioni: 1) che il processo della conoscenza è qualcosa di più complesso, ampio ed allargato del semplice rapporto soggetto-oggetto; 2) che è la natura *sociale* dell'uomo a condizionare lo sviluppo delle sue «facoltà»: la mente dell'uomo in società, infatti, deve essere considerata diversa da quella del «selvaggio» allo stato di natura; 3) che l'impresa scientifica essendo un fenomeno eminentemente sociale presuppone l'associazione diacronica e sincronica delle facoltà di più individui e del patrimonio scientifico elaborato in più nazioni; 4) che la «verità» si costituisce mediante un processo che passa attraverso una «mente», altrettanto «sociale», che sintetizza socialmente ciò che individualmente è divisione e separazione; 5) che tale operazione aggregatrice è fondamentalmente «inconscia»; infine, come conseguenza di quanto detto sopra, 6) che il carattere analitico del processo della divisione del lavoro in generale, e di quello scientifico in particolare, ed il successivo processo associativo di tipo sintetico, contribuiscono alla sostituzione dei *sensi naturali ed immediati*, con sensi più sofisticati, *artificiali*, di *carattere eminentemente sociale*. La scienza, cioè, nel suo sviluppo differenziato è capace di creare «un ordine nuovo di sensazioni»².

Cattaneo dimostra dunque che uno dei risultati più rilevanti del processo di civilizzazione dell'umanità consiste nella particolare combinazione che si è realizzata — nell'ambito della «modernità» — fra *socialità* e *scienza*. Combinazione che — per quanto ora ci riguarda — ha prodotto innanzitutto la universalizzazione di una nuova forma di sensazione, sconosciuta nelle epoche precedenti, cioè quella *scientifica*: «Così dalla vaga, incerta, spesso contraddittoria *sensazione individuale*, sorge a poco a poco la *sensazione sociale e scientifica* che rappresenta l'ordine dell'universo»³, poiché «il regno della sensazione scientifica abbraccia tutte le terre e tutti i mari... la sensazione scientifica abbraccia tutta la terra»⁴.

Essa è considerata profondamente diversa da quella *naturale*, che non solo è locale, particolare, e quindi non estendibile all'intero genere umano, ma anche, ed essenzialmente, passiva e ricettiva, mentre quella scientifica è «attiva», cioè un prodotto della pratica sperimentale socialmente dispiegata dell'uomo moderno: «L'uomo civile non solamente riceve le sensazioni ma le fa»⁵, e questa capacità di *creare* un nuovo mondo di sensazioni completamente artificiali, rappresenta uno dei tratti più distintivi dello stadio della civilizzazione umana iniziato con la nascita e la stabilizzazione sociale della scienza moderna: «Fu dunque necessario che la scienza divenisse una tradizione in seno ad una più stabile società»⁶.

2. Per Cattaneo una delle scienze che più aveva contribuito alla creazione di questa nuova dimensione della «sensibilità» era, appunto, la chimica. Disciplina a lui ben nota ed alla quale aveva dedicato una breve storia dal titolo *Varietà chimiche pei non chimici*, pubblicata anonima nel 1842 sulla sua rivista *Il Politecnico*⁷.

Nella *Psicologia delle menti associate* — che è fondamentalmente un tentativo di elaborare una psicologia delle scienze — troviamo infatti scritto che «tutta la chimica è una rivelazione di fenomeni naturalmente inaccessibili ai sensi. Qual selvaggio potrebbe veder sollevarsi dalle fecce d'una fonte salmastra i vapori verdastri del cloro o i vapori violacei dell'iodio? È questo un ordine nuovo di sensazioni che la scienza crea a se stessa»⁸.

La chimica, dunque, era in grado di rivelare — in quanto scienza sperimentale — un livello di realtà della natura più intimo e più nascosto che in prima istanza, sarebbe inaccessibile alla nostra sensazione; cioè sarebbe per noi *invisibile*.

«Tutta la chimica» — continua infatti Cattaneo — «è una rivelazione di fenomeni invisibili. Nessuno avrebbe immaginato che dall'acqua si potesse trarre una sostanza invisibile che abbrucia il ferro e il diamante»⁹. Il riferimento è qui chiaramente all'«ossigeno» che scoperto da Lavoisier, a partire dal 1777, come uno dei componenti dell'aria e come partecipante alle reazioni di combustione e calcinazione dando «acidi» (anidridi) e «calci» (ossidi), era stato poi ritrovato, dallo stesso Lavoisier, come uno dei componenti dell'acqua nelle sue ricerche del

1781, in particolare nel *Mémoire ou l'on prouve par la décomposition de l'Eau, que ce fluide n'est point une substance simple*¹⁰.

L'analisi chimica — per il filosofo italiano — non si limitava allo studio della proprietà delle sostanze che già la natura mostrava spontaneamente allo sguardo del ricercatore, ma essa faceva di più: giungeva «fino a scoprire l'ignota esistenza di quelle che la natura non pone mai a scoperto, come l'ossigeno, il calcio, il cloro, e altri principi largamente profusi in aria, in terra, in mare»¹¹.

Per mezzo della chimica, e più in generale per mezzo della scienza-tecnica, la mente umana veniva dunque dotata di una sorta di «equivalente di un nuovo senso» per mezzo del quale essa veniva innalzata «a un ordine di idee che la vista per sé non poteva donarci, e che più delli altri si interna negli arcani dell'Universo»¹².

3. Aldilà del particolare contesto filosofico e psicologico all'interno del quale essa si muoveva, la riflessione cattaneana, che ho sommariamente riassunto, coglieva indubbiamente uno dei tratti caratteristici non solo della chimica del suo tempo, ma di tutta la vicenda storica della chimica moderna e contemporanea, fin dai suoi esordi iatrochimici. Ciò non solo «oggettivamente», poiché l'idea che questa scienza — tramite la sua pratica sperimentale — avesse la capacità di rendere sensibile per noi ciò che immediatamente non lo era; di rendere visibile ciò che in prima istanza era nascosto, faceva in realtà parte delle *esplicite* elaborazioni teoriche più generali dei cultori di questa disciplina.

La chimica, infatti, era stata ripetutamente definita come la scienza delle proprietà *interne* dei corpi naturali; della loro struttura più intima e celata all'osservatore superficiale.

«Tre cose costituiscono la sostanza e forniscono a una cosa specifica il suo corpo, cioè ogni corpo particolare è in tre cose» — affermava Paracelso nel suo *Opus paramirum* del 1531 — «i nomi di queste tre cose sono Zolfo, Mercurio e Sale. Quando questi ultimi sono posti insieme allora assumono il nome di Corpo, e vengono loro aggiunte la vita e le sue connessioni. Così quando hai in mano un corpo, hai tre sostanze invisibili sotto una forma... Quando hai in mano un pezzo di legno, hai di fronte agli occhi un solo corpo. Questo tipo di conoscenza non ti è utile, perché è comune anche i filosofi volgari. Tu devi conoscere più approfonditamente e devi sapere che hai in mano uno Zolfo, un Mercurio e un Sale. Quando possiedi queste tre cose in forma effettiva, visibile ed afferrabile, allora sei in possesso degli occhi con i quali deve operare un medico... Se le cose devono divenire visibili... allora la Natura deve essere portata a un punto tale che essa si mostra»¹³.

A sua volta Oswald Croll scriveva nella *Basilica chymica* del 1609 che «il Mondo con tutti i corpi creati non è altro che fumo coagulato, derivato da tre sostanze o Zolfo, Sale Mercurio. Questi ultimi costituiscono infatti la materia dalla quale tutti i corpi furono creati. Questa affermazione può essere dimostrata in modo indiscutibile mediante l'esperienza e la certificazione visibile della Spagiri-

ca»¹⁴ cioè di quella scienza delle separazioni e delle combinazioni naturali che incominciava ad assumere il nome di «chimica».

Proprio a proposito della nascita e dei caratteri distintivi di questa scienza rispetto alla fisica (aristotelica) ed alla medicina, Jean Beguin nel suo *Tyrocinium chemicum* del 1610 cercava di definirne lo statuto storico affermando che «in tutte le scienze e le arti non vi è conoscenza più necessaria di quella dei principi poiché da questa dipende ogni altra conoscenza, né più difficile poiché i principi si mantengono sempre all'interno degli oggetti, nascosti ai sensi e noti solo alla natura. Questi principi si mostrano solo attraverso la risoluzione e l'analisi dell'oggetto»¹⁵. Per Beguin la chimica possedeva un proprio punto di vista autonomo ed originale per studiare i corpi naturali, essi infatti rientravano nel suo campo di pertinenza in quanto poteva essere «scomposto e coagulato, in quanto ha parecchie virtù al suo interno (che possono essere rese visibili ed utili mediante l'arte), e in quanto Mercurio, Zolfo e Sale sono i principi che rendono il corpo misto solubile e coagulabile»¹⁶.

Ancora in contesto iatrochimico ed in un rapporto di forte analogia con la teoria e la pratica della medicina dell'epoca Nicolas La Febvre affermava nel suo *Traité de la chymie* del 1660 che la «chimica accetta per principi delle cose sensibili solo ciò che può essere percepito dai sensi. Come l'Anatomista del corpo umano ha trovato un certo numero di parti simili (componenti il corpo), alle quali limita la sua azione, così il Chimico cerca di scoprire il numero delle sostanze prime e simili di tutti i componenti per offrirle ai sensi e per poter giudicare le loro funzioni quando si trovano ancora unite all'interno del corpo misto. Per questa ragione è stato attribuito al chimico il nome di Filosofo Sensale»¹⁷.

4. In contesti assai differenti da quello di derivazione paracelsiana, che abbiamo appena preso in esame, l'idea che la chimica fosse la scienza degli oggetti resi artificialmente sensibili rimarrà una delle costanti costitutive della sua immagine di scienza sperimentale.

In ambito «meccanicista» di tipo cartesiano Nicolas Lémery scriveva nel suo celebre *Cours de chymie* del 1675 che «il primo principio che si può ammettere per la composizione dei misti è uno Spirito universale, che essendo sparso da per tutto, produce diverse cose secondo le diverse matrici... ma essendo questo principio alquanto metafisico, e non soggiacendo ai sensi, è bene stabilirne dei sensibili... e veramente è un gran vantaggio avere dei principi tanto sensibili dei quali si può essere ragionevolmente assicurati»¹⁸. Ancora nello stesso ambito Wilhelm Homberg nel delineare nei suoi *Essays de chymie* del 1702 lo statuto teorico della chimica, affermava che il termine «principi» — che abbiamo visto essere ricorrente nelle definizioni della chimica — poteva avere due significati distinti: quello di «regole» o «fondamenti», e perciò comune a tutte le scienze; e quello più propriamente chimico di sostanze «più semplici nelle quali un misto poteva essere ridotto per mezzo delle analisi chimiche»¹⁹. Nel primo caso i «principi» della chi-

mica erano gli stessi di quelli della fisica, cioè arrangemento, figura e movimento delle particelle ultime della materia.

Homberg condivideva infatti l'idea — presente anche nella chimica di L  mery — che la materia fosse ulteriormente divisibile in parti molto piccole, poste al di l   di ogni possibile determinazione sperimentale *diretta* e sulle quali, quindi, nulla poteva essere affermato in maniera certa ed incontestabile. Proprio per questo la chimica — «scienza dei fatti» — «aveva stabilito il secondo tipo di principi pi  materialmente e pi  sensibili, per mezzo dei quali essa pretende di spiegare facilmente ed a suo modo le operazioni che le sono proprie, e conoscere pi  distintamente per mezzo di questi i corpi che essa esamina con le sue analisi»²⁰.

Nel 1753, all'interno della particolare recezione francese del paradigma staliano e flogistico, Gabriel François Venel sosteneva nell'articolo *Chymie* dell'*Encyclopédie* di Diderot e D'Alembert che questa disciplina doveva essere considerata la scienza delle «forze o propriet  interne»²¹, delle «qualit  interiori»²² dei corpi per mezzo delle quali questi ultimi possedevano una particolare e specifica caratterizzazione ed individualizzazione. Erano queste qualit  interiori — semplicit , volatilit , dissolubilit , fissit , ecc. — a dare ai corpi materiali una esistenza in quanto oggetti distinti ed indipendenti. Ad esse corrispondevano delle sostanze reali presenti — ma nascoste — all'interno di questi stessi corpi. Tali sostanze rappresentavano i principi chimici resi visibili tramite le operazioni svolte in laboratorio. I cambiamenti chimici avvenivano attraverso una combinatoria di questi principi, ma essi si svolgevano in realt  al livello insensibile dei «corpuscoli» della materia considerata come eterogenea e differenziata. Per Venel, infatti, gli autentici oggetti della chimica non agivano «sensibilmente», ma ogni movimento chimico era il risultato di una attivit  intestina della materia, che poteva essere resa evidente, rivelata, attraverso i cambiamenti qualitativi visibili dei corpi. Era dunque il mondo delle «qualit » a fare da tramite tra la fenomenologia sperimentalmente accertata — quindi visibile — e quella interna e nascosta delle reazioni chimiche.

Nel 1795, infine, il lavoisieriano Antoine François Fourcroy discutendo nell'articolo *Chimie* dell'*Encyclopédie m thodique* delle definizioni generali che di questa scienza avevano dato Senac, Juncker e Macquer, scriveva che esse non erano adeguate al loro oggetto poich  la chimica doveva essere considerata «una scienza che ci consente di conoscere l'azione intima e reciproca dei corpi della natura gli uni sugli altri»²³. Essa, infatti, operava solamente su «molecole che sfuggono ai sensi, cos  come al calcolo»²⁴ e che «non lascia mai i corpi nello stato in cui li ha presi; ma ne cambia perpetuamente la forma, il tessuto, e tutte le propriet  intime... riduce i corpi ai loro principi e ai loro elementi per mezzo di una analisi o una separazione reale delle loro molecole; dopo averle separate, essa ricombina di nuovo questi principi per mezzo dell'operazione generale che si chiama *sintesi*; essa mette in contatto, molecola a molecola, gli uni con gli altri tutti i corpi della natura e reciprocamente»²⁵.

Ancora una volta era la pratica sperimentale — l'analisi e la sintesi — che consentiva di rivelare e di fare congetture verosimili sulla struttura interna dei corpi naturali.

5. Naturalmente, tutte le affermazioni che ho sommariamente elencato acquistano i loro più precisi ed autentici contenuti di senso solo all'interno delle particolari «chimiche» in cui sono state enunciate.

Tuttavia non può non impressionare la permanenza — seppur diversamente argomentata e modulata — della idea della chimica come rivelatrice non degli aspetti superficialmente sensibili dei corpi materiali, quanto della loro più intima e segreta costituzione elementare e/o corpuscolare; come scienza in grado di rivelare — rendendole universalmente visibile — la struttura e la composizione di questi stessi corpi e quindi il loro processo genetico di formazione. In ciò essa si distingueva dalle semplici scienze di «osservazione» e assuggera al rango di vera e propria scienza sperimentale, cioè che creava artificialmente i fenomeni che studiava e dei quali dava ragione. Già Etienne Bonnot de Condillac, del resto, nel suo *Traité des systèmes* del 1749 metteva in rilievo questo carattere particolare della chimica in quanto scienza-tecnica di tipo sistematico, collocata — insieme alla medicina — nel mezzo fra la scienza per eccellenza (la fisica) che aveva come finalità la spiegazione degli «effetti» e l'arte allo stato puro (la politica) che aveva invece l'esclusivo scopo di produrli e di dare loro origine²⁶.

La permanenza della idea di una realtà oggettiva insensibile, che però poteva essere rivelata tramite *una particolare* sperimentazione scientifica, è uno degli indici dell'esistenza di una vera e propria struttura *metachimica* di più lunga durata, o addirittura invariante, che fa sì che fra un lavoro del XVIII secolo ed uno dei nostri giorni o fra lavori differenti di una stessa epoca — ma sempre di chimica — sia possibile rintracciare una certa «aria di famiglia» malgrado la diversità degli «oggetti» trattati o dei diversi punti di vista con i quali possono essere esaminati gli stessi «oggetti».

Grazie all'esistenza di questo presupposto ontologico si cominciò a costituire un linguaggio più astratto del mondo materiale invisibile, che in senso molto lato comprende l'intero linguaggio scientifico della chimica, ma in un senso più ristretto termini fondamentali come quello di «principio» o «elemento» e poi quelli di «corpuscolo» (Venel) e «molecola» (Fourcroy), per rimanere all'epoca ed agli autori presi in esame, o quelli successivi di «equivalente» o di «atomo».

Ma la stessa nomenclatura chimica, specialmente dopo la riforma del 1787 dovuta a Lavoisier ed ai suoi collaboratori, in cui veniva messa l'enfasi sui rapporti di combinazione fra i corpi semplici ed elementari, rappresenta, per quanto abbiamo detto finora, una maniera di esprimere linguisticamente attraverso una combinatoria di nomi (con prefissi e suffissi adeguati) la struttura in prima istanza invisibile dei corpi della natura, *proprio in quanto composti ed eterogenei* cioè proprio in quanto appartenenti al campo di pertinenza della chimica.

Ma quello dell'«insensibile» non è un livello di realtà piano ed orizzontale, ma «verticale» e gerarchicamente strutturato. Una cosa infatti è il livello del «principio» o dell'«elemento» (o dell'«equivalente»), altra cosa invece quelle del «corpuscolo», della «molecola» o dell'«atomo», la cui esistenza non era tanto rivelata dalla sperimentazione diretta quanto da ipotesi di tipo più teorico sulla struttura ultima della materia, tramite un passaggio ad *un limite inferiore* della divisibilità chimico-geometrica e chimico-quantitativa e qualitativa dei corpi. Ma su questo argomento non posso in questa occasione andare oltre dettagliatamente.

6. Ciò che vorrei ora mettere in rilievo è il ruolo svolto dalla *teoria* nel processo di visibilità degli oggetti rivelati (o meglio costruiti) dalla chimica, nel processo cioè di allargamento della «sensibilità» dell'uomo civile moderno. Mi pare infatti evidente che la teoria giochi un ruolo sempre più fondamentale nel rendere visibile le sostanze mediante l'artificio. Quest'ultima infatti non veniva utilizzato in maniera epiricistica e casuale ma secondo una metodica che prendeva le mosse da presupposti fortemente innestati in contesti di tipo teorico, anche di tipo metafisico.

Pierre Joseph Macquer lo affermerà esplicitamente nel *Discours préliminaire* del suo *Dictionnaire de Chymie* del 1766 proprio riguardo al carattere metodico della indagine chimica moderna rispetto alle scoperte chimiche del mondo antico, o di quel mondo dei «tempi favolosi» al quale alcuni facevano risalire l'origine della stessa chimica. In realtà, per Macquer, l'esistenza di scoperte isolate definibili approssimativamente e successivamente di tipo chimico, non potevano essere considerate parte di una vera e propria scienza. «Si ha dunque luogo di credere che dal tempo di *Hermes*, tutto ciò che si sapeva di chimica si riduceva ad alcune conoscenze isolate di cui non si vedevano i rapporti, e che di conseguenza non costituivano ancora una scienza... Non ci si meraviglierà di ciò se si considera che i più importanti fenomeni della chimica sono spesso, allo stesso tempo, i meno sensibili. Nascosti della natura sotto una sorte di involuppo, come le parti di una macchina preziosa, essi non si mostrano se non a coloro che sanno scoprirli, ed essi non possono essere appercepiti se non da occhi esercitati ad osservarli»²⁷.

In un altro luogo del *Discours*, e conseguentemente col brano appena citato, Macquer instaurerà una analogia esplicita e molto forte fra la *teoria* e la *vista* e fra l'*esperienza* ed il *tatto*, cioè fra le componenti principali del metodo sperimentale e gli organi maggiori della *sensazione*: «Il ragionamento è in qualche modo l'organo della vista del fisico, ma l'esperienza è il suo tatto... Se l'esperienza non diretta dalla teoria è sempre un brancolamento cieco; la teoria senza l'esperienza è sempre un colpo d'occhio ingannatore e male assicurato»²⁸.

La teoria tendeva a diventare, nella considerazione dei chimici, sempre più come l'autentico luogo della costruzione della fenomenologia sensibile della loro

scienza e degli stessi «oggetti» materiali che essa crea ed opera: «I corpi puri posti nei flaconi ben sigillati e portanti sulla etichetta la formula chimica attuale» — scriverà la storica della scienza Hélène Metzger — non sono stati graziosamente offerti dalla natura. Questi reagenti, potremmo dire senza esagerazione, sono creati dalla teoria; ovvero senza l'aiuto della teoria che ha orientato le ricerche del chimico, mai la scienza li avrebbe ottenuti e studiati»²⁹.

Il ruolo dominante di quest'ultima avrà una funzione assai notevole nel rovesciamento del rapporto stesso che la chimica aveva instaurato con la *natura*. La chimica, cioè tenderà a diventare sempre più una scienza produttrice di un mondo materiale completamente artificiale, cioè non pre-esistente in natura. Questo vero e proprio cambiamento del referente, ha via via rivelato sempre più chiaramente sia il carattere «costruttivo» della chimica; sia, infine, il fatto che il campo del «visibile» e/o del «sensibile» riceveva dall'artificialismo chimico una espansione inedita che Cattaneo, ed i chimici a lui precedenti o contemporanei avevano appena intravisto.

Il filosofo italiano scriveva infatti nelle *Varietà chimiche pei non chimici*, a proposito della scoperta nei primi decenni dell'Ottocento di una gran quantità di nuove sostanze elementari, che «mentre è affatto incerto se al lume dell'esperienza il loro numero verrà crescendo più oltre, o non verrà per nuove scomposizioni ricondotto a inaspettata semplicità, l'arte frattanto, colla combinazione dei radicali e dei loro composti, produsse migliaia di sostanze tutte dotate di varie virtù, e forse ignote parecchie alla stessa natura; la quale, predisposte le proporzioni e le leggi, ne avrebbe confidata l'attuazione alla scienza, quasi premio finale di sua fedeltà»³⁰.

Una volta scoperte le leggi di combinazione fra le diverse sostanze, l'arte poi poteva utilizzarle a suo piacimento — ma in maniera metodica e teoricamente avvertiva — per produrre cose che in natura o non erano state ancora scoperte o probabilmente non esistevano affatto: *l'arte, cioè, era in grado di sorpassare la natura stessa*.

Successivamente, nel 1876, il grande chimico francese Marcelin Berthelot a conclusione del suo volume su *La synthèse chimique* metteva in forte rilievo questa capacità creativa della chimica: «La chimica crea il suo oggetto... La chimica possiede questa facoltà creatrice ad un grado ancora più eminente rispetto alle altre scienze, poiché essa penetra più profondamente e raggiunge perfino gli elementi naturali degli esseri. Non soltanto essa crea dei fenomeni, ma possiede anche la potenza di rifare ciò che ha distrutto; essa ha anche la potenza di formare una moltitudine di esseri artificiali simili agli esseri naturali, e partecipanti di tutte le loro proprietà. Questi esseri artificiali sono le immagini realizzate delle leggi astratte, di cui persegue la conoscenza»³¹.

E come si può costatare anche qui vi è un riferimento alla profondità ed alla intimità del procedimento sperimentale della chimica; nonché al fatto che le sostanze da essa prodotte non sono altro che delle concrezioni materiali di leggi più

o meno generali. Sono cioè un risultato *visibile* di costruzioni teoriche che in prima istanza, di per sé, sono invisibili. Gli oggetti materiali, le sostanze chimiche, rappresentano cioè una sorta di «precipitato» nel campo del sensibile di nodi di *relazioni*, che a loro volta devono essere rivelate perché, come è facile comprendere, e come abbiamo visto più volte affermato, la natura di per sé non le mostra spontaneamente. Del resto cosa c'è di più immediatamente invisibile di una legge o di una teoria chimica?

I percorsi della chimica, il suo artificialismo estremo, confermano quanto affermato da Cattaneo di una scienza in grado di creare a se stessa e rendere universale un «nuovo ordine di sensazione». Ma questa capacità non dipende, nel nostro caso, solo dal carattere scientifico (e quindi sociale ed intersoggettivo) di questo sapere ma anche per il fatto che esso ha, ed ha sempre avuto, molti e duraturi legami con la produzione materiale della società: con le arti e con l'industria. La chimica, cioè, è in grado di realizzare un nuovo campo di sensibilità anche perché produttrice di *oggetti comuni*, pervasivi della stessa vita quotidiana degli uomini associati; essa, cioè, entra prepotentemente a far parte costitutiva delle forme di vita e di esistenza dell'uomo civile, moderno, con tutti i problemi che ciò comporta. Giustamente Gaston Bachelard nel suo *Materialismo razionale* sosteneva che «si è giunti ad un punto della storia in cui l'avvenire della chimica impegna l'avvenire del genere umano, tanto è vero che il destino dell'uomo è legato al destino dei suoi pensieri... La chimica non è una moda. Non è una dottrina passeggera. Essa si afferma, attraverso la sua industrializzazione, in un livello di realtà che le dà una continuità regolare»³².

Note

- 1) C. Cattaneo, *Psicologia delle menti associate*, in *Opere scelte*, a cura di Delia Castelnuovo Friggesi, vol. IV, Torino, Einaudi, 1972, pp. 127 sgg. Su Cattaneo cfr. P. Redondi, *Cultura e scienza dell'illuminismo al positivismo*, in *Storia d'Italia. Annali 3*, Torino, Einaudi, 1980, pp. 733 sgg.; N. Badaloni, *La cultura*, in *Storia d'Italia*, vol. III, Torino, Einaudi, 1973, pp. 948 sgg.
- 2) C. Cattaneo, *op. cit.*, p. 137.
- 3) *Ivi*, p. 163.
- 4) *Ivi*, p. 136.
- 5) *Ibidem*.
- 6) *Ivi*, pp. 132-133.
- 7) C. Cattaneo, *Varietà chimiche pei non chimici*, in *Scritti scientifici e tecnici*, t. I, a cura di Carlo G. Lacaïta, Firenze, Giunti, 1969, pp. 249 sgg.
- 8) C. Cattaneo, *Psicologia delle menti associate*, *cit.*, pp. 136-137.
- 9) *Ivi*, p. 162.
- 10) Sulla rivoluzione chimica lavoisieriana cfr. F. Abbri, *Le terre, l'acqua, le arie. La rivoluzione chimica del Settecento*, Bologna, Il Mulino, 1984.
- 11) C. Cattaneo, *Psicologia delle menti associate*, *cit.*, p. 168.
- 12) *Ivi*, p. 137.
- 13) *Cit.* in F. Abbri, *Elementi, principi, particelle*, Torino, Loescher, 1980, pp. 47-48.
- 14) *Ivi*, p. 81.
- 15) *Ivi*, p. 88.
- 16) *Ivi*, pp. 89-90.
- 17) *Ivi*, pp. 97-98.
- 18) *Cit.* in A. Di Meo, *Il chimico e l'alchimista*, Roma, Editori Riuniti, 1981, p. 109.
- 19) W. Homberg, *Essays de chymie*, in *Mémoires de l'Académie Royale des Sciences*, Paris, 1702, p. 33.
- 20) *Ibidem*.
- 21) G.F. Venel, *Chymie ou Chimie*, in *Encyclopédie*, Paris, 1753, t. III, p. 410.
- 22) *Ivi*, p. 412.
- 23) A.F. Fourcroy, *Chimie*, in *Encyclopédie méthodique, Chimie*, t. III, Padoue, 1798, p. 283.
- 24) *Ivi*, p. 284.
- 25) *Ivi*, p. 285.
- 26) E. Bonnot de Condillac, *Traité des systèmes*, trad. it., *Trattato dei sistemi*, a cura di M. Garin, Bari, Laterza, 1977, pp. 204-205.
- 27) P.J. Macquer, *Discours préliminaire sur l'origine et les progrès de la chymie*, in *Dictionnaire de chymie*, Paris, Lacombe, 1766, t. I, p.
- 28) *Ivi*, p.
- 29) H. Metzger, *La méthode philosophique en histoire des sciences. Textes 1914-1939*, Paris, Fayard, 1987, p. 19.
- 30) C. Cattaneo, *Varietà chimiche pei non chimici*, *cit.*, p. 251.
- 31) M. Berthelot, *La synthèse chimique*, Paris, Germer Baillièrre, 1876, p. 275-277.
- 32) G. Bachelard, *Le materialisme rationnel*, trad. it. *Il materialismo razionale*, Bari, Dedalo, 1975, p. 10.

Angelo Bassani
Gruppo di Didattica delle Scienze
Facoltà di Chimica Industriale
Università di Venezia

La lenta legittimazione dell'analisi volumetrica: da Descroizilles (1806) a Ostwald (1894)

Summary

Almost a century has been elapsed between the first, not occasional applications of volumetric analysis and the understanding of indicators' behaviour which brought forth later the theory of titrimetry. The birth and the development of such technique outside scientific laboratories and the partial role of the balance aroused distrust or skepticism among several very important analytical chemists of the period. Only at the end of the century titrimetry won an effective acknowledgement in the scientific chemical community.

J.L. Gay-Lussac and C.F. Mohr are outstanding figures in this field, but some other scientists and scholars played a role in validating volumetry, not only by developing and testing many analytical procedures, but also by contributing to the very process of rationalisation and organisation of this basic method of analysis.

L'espressione «analisi volumetrica» e l'equivalente «volumetria» sono fatte concordemente¹ risalire alla pubblicazione della prima monografia sull'argomento da parte di Schwarz «*Ueber die Maassanalysen*» nel 1850 da cui derivano anche le attuali formulazioni. La seconda edizione del trattato citato riporta anche il sottotitolo «*Titrimethode*» indicativo di una certa incertezza dell'autore circa la denominazione del metodo². Una maggior determinazione è dimostrata da Mohr che intitola il suo volume «*Lehrbuch der chemisch - analytischen Titrimethode*»³.

In Francia l'affermazione di un termine adatto a descrivere il procedimento era stata più travagliata. Accanto ad espressioni particolari, «usage de l'alkalimètre», «essais alkalimétriques, chlorométrie»⁴, era stata impiegata da Gay-Lussac la formulazione «détermination par la voie humide» che Liebig aveva riprodotto letteralmente in tedesco, «auf nassem Wege»⁵, prima delle scelte di Schwarz. Anzi, secondo quanto riferisce Pélouze, Gay-Lussac aveva espresso l'intenzione di «réunir dans un ouvrage spécial la description de toutes les analyses par la voie humide ou analyses volumétriques». Tale testimonianza compare peraltro nella lettera di presentazione dell'edizione francese dell'opera di Mohr

dal titolo «*Traité d'analyse chimique à l'aide de liqueurs titrées*». Il traduttore, Forthomme, pur riconoscendo che l'autore «a eu l'heureuse idée de réunir dans un corps de doctrine» le procedure volumetriche, rivela qualche titubanza con la rinuncia al termine «metodo» e tale perplessità verrà mantenuta anche nella seconda edizione del 1875⁶; solo nel 1888, per mano di un altro traduttore, Gautier, il titolo di Mohr verrà riprodotto fedelmente⁷. La precarietà della denominazione in area francese si era in precedenza ulteriormente manifestata con la pubblicazione, nel 1858, del «*Traité d'analyse chimique par la méthode des volumes*» di Poggiale, che peraltro vi includeva la determinazione quantitativa dei gas, problema analitico del tutto diverso⁸.

Il ventaglio terminologico riscontrato in questa breve rassegna limitata a Francia e Germania può forse esser considerato un sintomo delle perplessità con cui, nonostante la diffusione, questo procedimento analitico è stato a lungo considerato all'interno della comunità scientifica: nel 1829, ad uno stadio piuttosto avanzato del percorso di validazione del metodo, Berzelius, il cui parere aveva grande risonanza nell'ambito dei chimici a lui contemporanei, esprimeva il seguente giudizio:

As I hope this method will never be introduced into science, and that it will never be used where a sufficiently accurate method is already available, because with these methods at the best only approximate results can be obtained, and these results depend greatly on the practice and skill of the user⁹.

In forma più o meno esplicita alcune riserve hanno a lungo accompagnato la diffusione della volumetria: possedeva un vero proprio metodo o era una semplice sequenza di operazioni, era limitata alle analisi di tipo tecnico o poteva essere usata con finalità scientifiche, si basava su presupposti completamente empirici o era rintracciabile una giustificazione teorica, era confrontabile a tutti i livelli con l'analisi ponderale oppure aveva applicazioni e validità ristrette, era suscettibile di una messa a punto perfettamente riproducibile o era inevitabilmente legata a fattori di per sé mal definibili quali la perizia degli operatori o le proprietà delle materie prime? Anche considerando che a queste, come ad altre domande, l'affermazione della disciplina ha già ampiamente risposto non è forse del tutto accademico provare a ricostruirne criticamente una parte del percorso: ancora nel 1940 un importante chimico analitico avvertiva l'opportunità di far chiarezza su alcune questioni di terminologia e di calcolo mentre di recente, in una breve nota storica, un altro autore si trovava a rilevare qualche omissione in un precedente riepilogo dello sviluppo del tema¹⁰.

Nella fondamentale monografia dedicata alla ricostruzione storica dell'argomento Rancke Madsen sceglie deliberatamente di arrestarsi al 1806, data che compare anche nel titolo¹¹. La sua scelta è esplicitamente collegata alla pubblicazione dell'articolo di Descroizilles «*Notices sur les alkalis du commerce*», appar-

so appunto in quell'anno, nel quale l'autore descrive un metodo volumetrico per la determinazione rapida e relativamente semplice del tenore alcalino delle potasse commerciali¹².

Metodi consimili erano però stati applicati anche in precedenza da Descroizilles medesimo e prima ancora da numerosi altri autori su differenti campioni. Nella tabella seguente sono riportati in sintesi le caratteristiche di alcuni tra i tentativi più interessanti.

TAB. 1

campioni	Geoffroy 1729	Home 1756
titolando	aceti	ceneri
titolante	ac. acetico	carbonati di K
determinazione	potassa solida	ac. nitrico dil.
rilevamento p.f.	ponderale ¹	volumetrica
risultati	fine effervescenza	fine effervescenza
strumentazione	relativi tra aceti	relativi tra ceneri
	bilancia	bilancia; cucchiaio
campioni	Lewis 1767	Guyton de Morveau 1784
titolando	potasse americane	acque minerali nat. e art.
titolante	carbonati di K	an. carbonica disciolta
determinazione	ac. clor. standard	acqua di calce
rilevamento p.f.	ponderale	volumetrica
risultati	viraggio esterno	scomparsa turbidità
strumentazione	valori assoluti	relativi su soluz. satura
	tubo grad. a peso; bil.	tubo grad. a volume; pipetta
campioni	Kirwan 1784	Descroizilles 1789 e 1795
titolando	sostanze minerali	soluzioni candeggianti
titolante	ferro	ipocloriti
determinazione	ferrocianuro di K standard	indaco in ac. solforico
rilevamento p.f.	ponderale	volumetrica
risultati	scomparsa turbidità	viraggio interno
strumentazione	valori assoluti	gradi sul miglior indaco
	bilancia	tubo grad. a vol.; pipetta; bil.

Fin dal lavoro di Geoffroy, cui concordemente si fa risalire l'inizio del metodo, se ne possono osservare in nuce gli elementi caratteristici. Anche le determinazioni di Home e Lewis sono apprezzabili: quest'ultimo in particolare mette a punto un sistema molto preciso ed è il primo ad introdurre l'uso di uno standard e di indicatori colorati. Il loro lavoro però, pubblicato in volumetti poco noti, non ebbe influenza sugli sviluppi successivi.

Nella determinazione di Guyton de Morveau esistono già tutti gli elementi costitutivi del metodo, anche se non usa mai la bilancia in quanto si avvale di soluzioni di riferimento sature; egli definisce «gaso-mètre» il suo dispositivo la cui

taratura è però eseguita con una soluzione satura di anidride carbonica. Vuoi però per il problema oggettivamente difficile, vuoi per la via seguita, la sua procedura non fu in grado di suscitare imitazioni. D'altronde nessuno degli autori coinvolti in queste ricerche sembra aver avuto la percezione che in tali stime all'incirca quantitative esistevano i requisiti per ricavarne un procedimento analitico generalmente efficace¹³.

C'è qualche indizio che l'esempio di Guyton abbia potuto influenzare Descroizilles anche se questi fa risalire al 1781 l'esecuzione dei suoi primi tentativi che lo portarono alla pubblicazione del 1806¹⁴.

Il metodo da lui seguito nel 1789 nella valutazione quantitativa della capacità decolorante dell'acqua di cloro è stato più volte descritto e ci limiteremo a darne un breve riassunto¹⁵.

Egli procedette dapprima alla taratura in volume di un cilindro di vetro, da lui chiamato «berthollometro», aggiungendo un certo numero di aliquote uguali d'acqua e marcando il livello ogni volta raggiunto. Per poterlo fare in modo riproducibile e rapido si avvale di un dispositivo che richiama le nostre pipette. Lo zero di questa primitiva buretta è segnato sulla prima tacca. Successivamente egli introdusse nel cilindro, sempre con la stessa pipetta, un aliquota dell'acqua di cloro da esaminare e vi trasferì con la medesima procedura una soluzione azzurra di indaco precedentemente preparata. Le prime porzioni di quest'ultima venivano immediatamente decolorate, ma quando l'acqua di cloro era completamente ridotta la soluzione acquistava un certo color oliva: si potevano quindi confrontare diverse soluzioni ossidanti rispetto al medesimo colorante e scegliere, fatte alcune prove, la più conveniente.

Il metodo di Descroizilles assomiglia nell'esecuzione alle attuali titolazioni con permanganato che, come è noto, è impiegato nel ruolo di titolante e di indicatore di punto di fine dell'analisi, a parte il fatto che l'indaco agisce da riducente. Secondo la testimonianza dell'autore, tale metodo era stato messo a punto poiché con l'areometro di Baumé, a causa della diluizione, non si riusciva ad ottenere una indicazione quantitativa, sia pure approssimata, della concentrazione del cloro in acqua¹⁶.

Il metodo di Descroizilles conobbe un successo industriale immediato e diffuso per la sua semplicità, per la discreta riproducibilità, per la rapidità di esecuzione, per l'accessibilità ai non esperti e per la facile reperibilità dei reagenti di cui si avvaleva e numerose sono infatti le testimonianze delle due applicazioni¹⁷. Esso era maturo per essere impiegato in altri campi dove si incontravano analoghe necessità, per esempio nella valutazione delle sostanze alcaline, in particolare potassa e soda, di largo uso nella fase di candeggio dell'industria tessile, settore produttivo che stava assumendo in quegli anni un grande rilievo¹⁸.

Ricordava infatti Berthollet:

Il est nécessaire de connaître exactement la quantité d'alcali employée dans chaque lessive, afin de pouvoir graduer leur force respective, et de la proportionner à la quantité et à la nature des matières que l'on blanchit. Comme les cendres, les soudes et les différentes espèces de potasse dont on se sert, sont composées d'un mélange de terres, de sels et d'alcali, leur poids n'indique rien: l'aréomètre n'est pas un indice plus fidèle, puisque les sels qui se trouvent mêlés à l'alcali agissent aussi sur lui, et ses indications sont d'autant plus trompeuses que les proportions des mélanges varient, non-seulement entre les espèces différentes, mais même ne sont point constantes dans chacune d'elles¹⁹.

Numerosi furono i tentativi per determinare con relativa sicurezza la qualità di questi prodotti. Ne ricordiamo alcuni che vennero praticati nel periodo in cui Descroizilles metteva a punto il suo metodo (Tab. 2).

TAB. 2

campioni	Vauquelin 1801	
titolando	alcali commerciali	
titolante	carbonati	
determinazione	ac. nitrico a dens. nota	
rilevamento p.f.	ponderale	
risultati	fine efferv. + viraggio est.	
strumentazione	valori assoluti	
	bilancia	
campioni	Welter 1804 (da Berthollet)	Welter 1804 (da Berthollet)
titolando	alcali tecnici	soluzioni candeggianti
titolante	carbonati	ipocloriti
determinazione	ac. solforico standard	indaco in ac. solf.
rilevamento p.f.	volumetrica	volumetrica
risultati	viraggio esterno	viraggio interno
strumentazione	gradi su scala arbitraria	non specificati
	pipetta; cil. tar.; bil.	pipetta; cil. tar.; bil.
campioni	Descroizilles 1806	Fouque 1807
titolando	alcali commerciali	alcali commerciali
titolante	carbonati	carbonati
determinazione	ac. solf. a densità nota	ac. solf. a dens. nota
rilevamento p.f.	volumetrica	volumetrica
risultati	viraggio esterno	viraggio esterno
strumentazione	gradi su scala arbitraria	gradi su scala arbitraria
	tubo grad. a vol.; pip.; bil.	tubo grad. con beccuccio sup.; bil.

Vauquelin determina il tenore delle sostanze alcaline mediante il peso dell'acido nitrico, a densità nota, usato per la neutralizzazione; essa viene rilevata dapprima in modo grossolano — diremmo oggi — e poi in modo fine: si osserva in una prima fase la cessazione dell'effervescenza e dopo un breve riscalda-

mento per allontanare la CO_2 si osserva un viraggio. Vauquelin esegue dunque una vera e propria titolazione anche se propriamente parlando non si tratta di volumetria in quanto determina un peso e non un volume²⁰.

Welter, che usa ac. solforico diluito di concentrazione riproducibile procede nel seguente modo: il campione in esame viene preparato «*toujours avec le même poids d'alcali pour le même nombre de mesures d'eau*» e, sebbene non sia chiaramente indicato, egli fa in modo che le due soluzioni siano quasi equivalenti. Con un cilindro graduato poi trasferisce un'aliquota di soluzione alcalina in un bicchiere cui aggiunge un identico volume di ac. solforico. La neutralizzazione viene poi completata mediante successive aggiunte di acido tramite un pipetta della capacità di 1/50 dell'aliquota prelevata. Il decorso della reazione viene controllato dopo ogni aggiunta con delle prove alla tocca su delle «*bandelettes de papier teint avec du tournesol*» o altri indicatori sino al viraggio. Il numero di prove necessarie costituisce il «grado» della potassa esaminata²¹.

Welter usa dei dispositivi analoghi a quelli introdotti da Descroizilles, ma in modo meno efficiente. Il suo cilindro, che possiede una sola graduazione, non svolge il ruolo di buretta, ma serve solo a prelevare volumi uguali di titolante e titolato. La neutralizzazione viene ottenuta mediante l'uso ripetuto della pipetta. Qui cioè viene applicata alla titolazione l'operazione che Descroizilles ha usato per la taratura del suo cilindro, ma in modo da introdurre una fonte di errore casuale dato che la manipolazione della pipetta è diversa da prova a prova. La tecnica del chimico di Rouen invece è fonte di errore sistematico, inerente al cilindro graduato e non alle modalità operative. Welter inoltre in ogni determinazione si trova a ripetere più volte l'operazione che richiede maggior destrezza mentre Descroizilles lo fa solo la prima volta: il metodo quindi risulta meno adatto ad operatori inesperti. Va peraltro osservato che nel metodo di Welter i dispositivi per la misurazione dei volumi sono stabilmente distinti e indipendenti dal recipiente nel quale avviene la reazione, a differenza del primo Descroizilles nella cui procedura il cilindro ha la duplice funzione di recipiente di reazione e di misuratore di volume.

Questa breve analisi delle metodiche di Vauquelin e Welter dimostra che le potenzialità del metodo di Descroizilles, nonostante la sua diffusione, non erano ancora del tutto comprese. Nella sua seconda proposta quest'ultimo oltre ad avvalersi della modifica di Welter perfeziona il suo berthollimetro trasformandolo in una vera e propria buretta «a sversamento dall'alto» di cui riportiamo la descrizione:

«Il est fermé par un bout, l'autre se termine ed une espèce de petit entonnoir à bec *a* adhérent au tube par un col de cinq millimètres (ou deux lignes et demie) à-peu-près d'ouverture. Sur l'épaule qui soutient ce col, est un trou *b*, pour la sortie et la rentrée de l'air»²².

Particolarmente interessante la tecnica costruttiva che prevede un foro *b* col-

locato in posizione leggermente più bassa della strozzatura superiore. Quando la buretta è inclinata il liquido occlude il collo e quindi il suo deflusso viene a dipendere dall'aria che entra dallo sfiato la cui apertura può esser regolata con un dito. La fine della titolazione, condotta con ac. solforico diluito in un bicchiere, viene accertata con varie prove alla tocca come al solito: l'indicatore, sciroppo di violette, è ancora esterno.

Se dobbiamo dar credito alle sue parole la messa a punto di questo dispositivo deve esser stata lunga e laboriosa: «il est le résultat de plusieurs milliers d'essais, que j'ai eu l'occasion de faire depuis vingt-cinq années». Ne valeva però la pena poiché, come Descroizilles si rende ben conto, il suo «tubo» è «à la fois alcalimétrique et berthollimétrique». Egli infatti vi incide sopra una unica scala con due graduazioni diverse con i due estremi invertiti in quanto il dispositivo è usato come buretta per l'analisi delle sostanze alcaline, ma ridiventa recipiente graduato di reazione se usato per l'acqua di cloro. Si osservi inoltre che in quest'ultimo caso le graduazioni danno il volume della soluzione titolante di indaco introdotta mentre le altre come si è detto indicano il peso della soluzione di ac. solforico versata.

Nonostante questa differenza di unità di misura le due scale sono sovrapponibili (0-18 e 72-0: una è quadrupla dell'altra) in quanto Descroizilles per segnare l'estremo inferiore usa due grammi di acido in un caso e due millilitri di acqua di cloro nell'altro: nelle sue condizioni di lavoro i due livelli coincidono. Egli è consapevole di questo intreccio che in un certo senso viene addirittura perseguito: tale possibilità gli è offerta dal «nouveau système métrique; car il aurait été beaucoup plus difficile de graduer ces nouveaux instruments avec d'autres mesures de pesanteur que les poids grammes».

Va comunque osservato che la duplice interferenza tra peso e volume nella taratura e tra buretta e recipiente nella procedura indicano con chiarezza che neppure Descroizilles applica pienamente il metodo volumetrico. La differenza rispetto a Welter risiede nel diverso modo di aggiungere il titolante al recipiente di reazione: quest'ultimo lo fa con aliquote costanti mediante una pipetta mentre l'altro autore esegue l'operazione con una buretta vera e propria e la sua determinazione del punto di fine è più accurata. È questo probabilmente il carattere decisivo del metodo che giustifica l'attribuzione dell'invenzione a Descroizilles e non solo il fatto — peraltro essenziale — di applicare quasi la stessa procedura e gli stessi strumenti a due analisi diverse poiché questa intuizione è anche di Welter che secondo la testimonianza di Berthollet applica i suoi dispositivi e la procedura alle soluzioni di cloro oltre che alle potasse. Va comunque rilevata in Descroizilles una maggior consapevolezza circa la generalizzabilità del metodo: in nota egli annuncia una «notice» sulla applicazione del suo dispositivo all'analisi degli aceti, promessa mantenuta solo più tardi²³.

È dunque pienamente giustificata la scelta di Rancke-Madsen di arrestare la sua ricostruzione del metodo al 1806 poiché si è veramente ad una svolta. A parte

l'impiego del pallone tarato, introdotto sempre da Descroizilles nel 1809²⁴, la tecnica che stiamo esaminando è dotata sostanzialmente dei suoi elementi fondamentali: procedimento e strumentazione.

In relazione a ciò, sebbene si tratti probabilmente di una coincidenza fortuita, va segnalata la pubblicazione, proprio in questi anni, di un metodo analogo finora non preso in esame, a quanto risulta.

Fouque descrive un tubo di vetro, graduato all'esterno, munito di un tubo sottile a forma di S saldato ad una estremità per far cadere una goccia alla volta. Il suo procedimento prevede di riempire il cilindro fino allo zero con un acido di 32 gradi e di sciogliere a parte un «grano» di potassa in tre onces di acqua calda. Su di una placca di porcellana si pongono alcune gocce di sciroppo di violette. Quando, dopo ripetute aggiunte, una goccia di soluzione, inizialmente basica, non provoca più cambiamenti di colore nelle gocce d'indicatore, la saturazione è completa e l'acido consumato è un indice della quantità di alcali inizialmente presente. Sia di tipo di unità usate che la rivista di pubblicazione fanno presumere che anche questo procedimento fosse praticato in un ambito molto ristretto e destinato a soggetti con limitati contatti con l'ambiente scientifico²⁵.

Tra i vari tentativi messi in atto dagli autori considerati e da altri in precedenza non menzionati fu la tecnica di Descroizilles ad imporsi sia per il riconoscimento che ebbe fin dall'inizio da parte dei maggiori chimici dell'epoca a cominciare da Berthollet, sia per i meriti intrinseci che possiamo oggi apprezzare, ma anche per le convalide che l'esperienza quotidiana continuamente apportava. Testimonianza significativa se ne ricava dalla edizione francese degli *Elements of Chemistry* di Henry. All'originale è aggiunta una tavola con lo strumento, «si utile pour l'analyse des alcalis du commerce», ed il traduttore elimina dal testo il metodo presentato dall'autore sostituendovi quello di Descroizilles che illustra ampiamente. Riferisce quindi, dopo aver discusso e giustificato forma e dimensioni dell'apparecchio — nel frattempo modificati dall'inventore stesso — che la soda prodotta industrialmente «a été l'objet d'un grande nombre d'essais alcalimétriques, dont quelques'uns ont donné lieu à des disputes entre les vendeurs et le acheteurs, qui souvent ont réclaté l'arbitrage de M. Descroizilles». La nota è completata con indicazioni sul prelievo e sugli accorgimenti manipolativi e con un invito a diffidare delle imperfezioni degli apparecchi costruiti senza seguire le istruzioni dell'inventore, che risponde soltanto di quelli che «portent sa signature et son paraphe» reperibili presso un rivenditore specializzato²⁶.

Per circa 20-30 anni il metodo volumetrico si caratterizza per il suo carattere empirico e per le sue applicazioni semi-artigianali alle quali resta a lungo limitato: la connotazione scientifica verrà conseguita solo tramite i lavori di Gay-Lussac che gli impartiranno un vero e proprio cambio di status. Ciò si verifica durante la seconda parte della carriera professionale di Gay-Lussac che, a partire all'incirca dal 1815, come consulente scientifico al servizio del governo e dell'industria, si trova frequentemente coinvolto in attività che chiameremmo di chimi-

ca applicata. Nell'arco di circa 15 anni (dal 1820 al 1835)²⁷ questi suoi nuovi interessi lo portano più volte ad occuparsi, ma non in forma sistematica, di problemi analitici nell'ambito dei quali si assiste ad un progressivo miglioramento del metodo volumetrico sotto il profilo delle apparecchiature impiegate, della preparazione delle soluzioni di riferimento, della determinazione del punto di fine. Nella sua prima indagine²⁸, che egli svolge con Welter sul tenore alcalino delle sode industriali grezze (è da qualche anno operativo il processo Leblanc), particolarmente studiata risulta la determinazione del punto di fine poiché su di essa verte la critica sviluppata in relazione al metodo impiegato da Laurens che, in analogia forse ad una sua precedente esperienza, suggeriva di valutare il contenuto in solfiti — sostanza inquinante delle sode — titolando con H_2SO_4 e considerando come punto di fine la scomparsa dell'odore di SO_2 ²⁹. Gay-Lussac e Welter propongono invece di procedere all'analisi dei carbonati dopo aver eliminato i solfiti e i solfuri mediante ossidazione con $KClO_3$. Si può così titolare il carbonato senza interferenze e l'analisi del prodotto risulta più accurata. Consapevoli dell'influenza della CO_2 disciolta sul viraggio dell'indicatore, gli autori mettono bene in evidenza che il colore assunto dalla soluzione alla fine della reazione deve essere «pelure d'oignon» mentre il «rouge vineux» indica la persistenza di anidride carbonica (è il primo studio accurato di viraggio interno).

Suggeriscono pertanto un secondo controllo del viraggio con una cartina al tornasole (che insegnano a preparare). Secondo le loro osservazioni l'indicatore applicato su carta non subiva l'effetto della CO_2 disciolta.

In questo saggio quasi nessun accenno è fatto alla strumentazione impiegata: ciò fa supporre che Gay-Lussac e Welter si siano avvalsi senza modifiche di quanto già usato da quest'ultimo nel 1804 e nel 1817³⁰ e della procedura e strumentazione di Descroizilles, esprimendo qualche riserva solo in merito alla preparazione della soluzione standard, su cui torneremo.

Il secondo lavoro di Gay-Lussac — determinazione del titolo del cloruro di calce — contiene invece importanti novità pur avvalendosi pienamente dei contributi degli altri due autori³¹. Di Welter, oltre che il metodo di preparazione della «teinture d'épreuve» egli conserva la «cloche», sorta di cilindro, si ricorderà, con un'unica graduazione, impiegata nella preparazione della soluzione incognita di cui si trasferisce in un bicchiere un'aliquota con una pipetta tarata e che viene poi titolata con l'indaco. L'operazione di misura viene eseguita con una buretta di nuova concezione poiché il liquido non viene versato dal collo bensì da un beccuccio connesso con la parte inferiore del tubo graduato. È, se si può usare il termine, una buretta a «sversamento dal basso» poiché per il travaso occorre inclinarla come quella di Descroizilles e come una normale ampolla. È uno strumento assai pratico e che può facilmente raggiungere la precisione delle burette attuali anche perché la taratura è condotta da Gay-Lussac in modo più rigoroso del suo predecessore. In questa analisi egli usa un cilindro graduato di dimensioni eguali alla buretta con la scala a estremi invertiti: esso consente di aggiungere rapidamente

alla soluzione incognita un volume quasi corrispondente alla neutralizzazione che viene poi determinata con precisione mediante la buretta vera e propria. Il metodo può apparire macchinoso, ma è il risultato dell'indagine di Gay-Lussac sulle condizioni di riproducibilità:

Des essais multipliés ont prouvé que le meilleur procédé pour obtenir des effets constans et comparables est de verser *rapidement* la dissolution d'indigo dans celle du chlorure, ou celle-ci dans la première.

Nel 1828 egli ritorna sulla questione dell'analisi acidimetrica (in senso moderno) riprendendo il procedimento del 1820 e la strumentazione usata nel 1824 apponendovi però qualche modifica³². Usa per la prima volta il pallone tarato (come già Descroizilles nel 1809) per preparare la soluzione standard di ac. solforico, ma mantiene il cilindro graduato per la soluzione incognita da cui preleva aliquote con una pipetta di forma intermedia tra quella di Welter e le attuali (il gambo inferiore è sempre molto corto, ma il bulbo non è più sferico). La forma moderna delle pipette compare nel lavoro del 1832 sulla determinazione volumetrica dell'argento (per la quale è particolarmente famoso in relazione all'importanza economico finanziaria che risultò avere)³³; in tale occasione egli descrive anche un dispositivo per riempire le pipette evitando l'aspirazione diretta da parte dell'operatore. La «cloche» di Welter scompare definitivamente dal suo banco di lavoro nel 1835 quando usa il pallone tarato anche per la preparazione dell'incognita. In questa occasione nella ormai ricca panoplia dei suoi dispositivi volumetrici egli presenta anche la pipetta graduata³⁴.

L'importanza di questa sua «nouvelle instruction» va peraltro vista più che nella strumentazione, ormai ampiamente diversificata e collaudata, nelle innovazioni e nei perfezionamenti di metodo, esigenze da lui sempre perseguite con rigore, specialmente in relazione alla preparazione delle soluzioni standard: già nel 1820, si ricorderà, agli inizi delle sue attività in questo campo, Gay-Lussac ha espresso qualche riserva sulla procedura di Descroizilles per avere quest'ultimo usato, quale sostanza di partenza, «l'acide commercial» a 66° Bé invece de «l'acide réel». Successivamente, nella «instruction» del 1824, già ricordata in relazione alla buretta, egli osserva che l'indaco del commercio non solo non è puro,

mais comme sa qualité est au contraire très-variable, les résultats des essais avec des indigos différens ne sont plus comparables. Pour éviter ces inconvéniens, nous avons pris, à l'exemple de M. Welter, pour unité de force décolorante, celle du chlore pur sans humidité, sous la pression de 0^m, 76 et à la température de 0°.

La soluzione titolante d'indaco viene preparata in modo che un volume di cloro, disciolto in egual volume d'acqua, ne decolori esattamente dieci volumi. Il titolo di questa «teinture d'épreuve» è quindi indipendente dalla qualità del colorante impiegato ed è collegato invece ad una quantità di cloro esattamente defini-

ta secondo criteri rigorosi e pienamente riproducibili³⁵. Analogo rigore egli pone, nell'importante «Essai» del 1828, nella preparazione de «l'acide d'épreuve ou normal» caratterizzandolo con dei criteri altrettanto accurati: diluizione a un litro di 100 grammi (o 54,268 ml) di ac. solforico di densità 1,8427 g/ml alla temperatura di 15°C, connotato trascurato da Descroizilles; tale prodotto è ottenuto con ripetute distillazioni. Data la difficoltà di preparazione, per operatori poco esperti, egli suggerisce di acquistare presso un rivenditore specializzato i flaconi esattamente predisposti con la sostanza madre (precursori delle moderne «normex»). In alternativa, riconoscendo anche la convenienza del metodo di Descroizilles «dont le nom est cher aux arts», egli indica come perfezionarlo tenendo conto che 5 grammi dell'acido da lui preparato neutralizzano 4,408 grammi di potassa pura: con tale riscontro l'acido commerciale può venir esattamente tarato rispetto all'acido normale. Con questi controlli incrociati egli stabilisce dei criteri rigorosi per la preparazione de «l'acide normal» e spiega poi le varie fasi che deve seguire un corretto metodo di titolazione:

«L'essai des potasses ... se compose, 1^o de la préparation de l'acide sulphurique d'épreuve ou *normal*, et de sa mesure, 2^o de la préparation de l'échantillon de potasse dont on veut connaître le titre; 3^o de celle d'un réactif coloré pour reconnaître le terme de la saturation de l'alcali par l'acide; et 4^o du procédé même de saturation»³⁶.

Nella «nouvelle instruction» del 1835 tale procedura è estesa all'analisi del cloruro di calce poiché, dopo circa 50 anni dal primo impiego dell'indaco come titolante e come indicatore, Gay-Lussac riesce finalmente a circoscriverne l'uso a quest'ultima funzione proponendo ben tre reagenti sostitutivi: l'anidride arseniosa, il ferrocianuro di potassio e il nitrato mercurioso, che nell'arco di tre anni di studio si erano mostrati molto efficaci rispetto alla riproducibilità dei test, per la loro stabilità, per la uniformità delle operazioni richieste.

La ricerca delle sostanze adatte e la messa a punto delle diverse procedure devono esser state molto minuziose: egli è infatti pienamente consapevole che le analisi industriali hanno esigenze particolari, anche se forse richiedono minor rigore rispetto a quelle condotte in laboratorio; spiega ad esempio che il mancato impiego del nitrato mercurioso, proposto in precedenza da altri autori, era dovuto al fatto che non era stato «régularisé suffisamment» poiché nell'ambito industriale la minima incongruenza nel procedimento diventa un impedimento grave poiché gli addetti non sono in grado di provvedervi³⁷.

La cura dedicata ai particolari contribuisce quindi a rendere la nuova tecnica indipendente dalla perizia degli operatori e a dotarla di una articolazione interna e di caratteristiche generali per cui diviene valida in sé e si trasforma in metodo. Così nelle sue indicazioni, pur preparando la soluzione di cloro come in precedenza descritto (denominata ora «dissolution normale» anziché «teinture

d'«épreuve»)), per la standardizzazione della soluzione titolante egli osserva in nota:

Si l'on pouvait compter sur la pureté de l'acide arsénieux, on aurait immédiatement une dissolution normale arsénieuse en dissolvant 4,439 d'acide arsénieux dans l'acide muriatique, et en étendant la dissolution de manière qu'elle occupât un litre. J'ai très souvent employé ce moyen; je dois même dire que l'acide arsénieux du commerce m'a quelquefois donné, à moins d'un centième près, le même résultat que l'acide purifié par la dissolution et bien desséché.

Come nell'analisi delle sode egli riconduce la preparazione delle soluzioni d'analisi ad una operazione di pesata eseguita stavolta su di una sostanza solida, ben purificata ed essicata, caratteristiche corrispondenti a molte delle esigenze di uno standard primario odierno (l'anidride arseniosa è usata come tale anche oggi) e queste sue attenzioni si estendono allo studio della stabilità delle soluzioni con istruzioni per la loro preparazione e conservazione.

La sua trattazione del problema raggiunge però risultati che vanno al di là della sia pur essenziale elaborazione dei principi operativi. Nella sua premessa egli dà infatti queste indicazioni:

Supposons qu'on ait préparé une dissolution de chlore contenant son volume de chlore, et une dissolution arsénieuse telle que, sous le même volume, les deux dissolutions se détruisent réciproquement d'une manière complète. Pour plus de clarté, distinguons-les par les noms de *dissolution normale de chlore* et *dissolution normale arsénieuse*³⁸.

Il principio moderno dell'analisi volumetrica risulta pienamente sviluppato.

Se dunque è forse vero che Gay-Lussac non arrivò a stabilire un sistema generale di analisi volumetrica, come afferma Szabadvály e su cui concorda Crosland³⁹, in quanto le sue soluzioni standard non possedevano base chimica e le sue burette non avevano una taratura comune, è anche vero che la meticolosa attenzione al rilevamento del punto di fine, l'accuratezza — fondata su basi fisiche perfettamente riproducibili — nella preparazione delle «dissolutions normales», l'efficacia operativa della strumentazione sviluppata e, complessivamente, l'omogeneità, il rigore e la generalizzabilità delle procedure aveva trasformato le pratiche messe a punto da Descroizilles nei locali delle sue officine in metodi del tutto conformi alle esigenze dei laboratori scientifici.

Di tali caratteristiche si resero ben conto Barreswil e Sobrero — nel 1843 — quando si proposero di pubblicare un manuale con le novità introdotte da Rose nel suo trattato del 1838⁴⁰ (nel quale la volumetria è pressoché ignorata) e con i nuovi metodi analitici apparsi nel frattempo in letteratura. Un capitolo della loro rassegna, non molto esteso per la verità, viene dedicato alla «Méthode de dosage

par les volumes» che, come tale, per la prima volta riceve un trattamento autonomo nell'ambito di un trattato d'analisi⁴¹. Nella presentazione i due autori affermano che «ces méthodes sont fréquemment appliquées aux recherches analytiques les plus délicates, et à l'examen rapide des produits du commerce.»; il loro giudizio non è probabilmente frutto soltanto della loro posizione accademica, ma di una effettiva convinzione. Sul metodo hanno infatti riflettuto poiché osservano:

«Les méthodes de dosage par les volumes peuvent se réduire à trois classes principales, suivant qu'elles consistent en une saturation directe de deux corps, en une oxydation ou réduction, ou en une double décomposition. Nous avons choisi comme types de ces classes l'alcalimétrie, la chlorométrie et le dosage de l'argent par la voie humide: ces trois méthodes, dues à Gay-Lussac, ont servi de départ pour toutes les autres»⁴².

Si tratta, per quanto si è potuto accertare, della prima articolazione della materia secondo un criterio teorico, poi sempre mantenuto, anziché rispetto all'oggetto d'analisi.

Una ulteriore conferma, collaterale forse, ma, almeno nel nostro contesto, sicuramente significativa dell'importanza del lavoro di Gay-Lussac, risiede nella circostanza che buona parte dei termini oggi usati in questo ramo della chimica analitica è quella da lui introdotta, come dimostrano le voci italiane pipetta, buretta, titolazione, soluzione normale.

La formulazione, il consolidamento e l'accoglimento di una nomenclatura in campo scientifico-tecnologico non seguono, come tutto ciò che riguarda i linguaggi, percorsi lineari e facilmente interpretabili. Il passaggio di un termine da una lingua ad un'altra non è sempre «indolore» e può anzi attraversare fasi controverse. Mentre non risultano difficoltà ad accettare la voce buretta in tedesco, in area inglese, come si vedrà più avanti, era stato proposto il termine «pouret», di evidente assonanza con l'originale e probabilmente coniato per derivazione dal verbo «to pour».

In Italia l'*Enciclopedia di Chimica* diretta da Selmi parla senza perplessità linguistiche di buretta, ma Orosi, illustrando nel suo manuale (1871) quella di Gay-Lussac, la denomina «beccuccio graduato (burette dei Francesi) impropriamente pipetta».

Tale tubo graduato è munito per lo più di un tubetto sottile che si parte da verso il fondo del tubo stesso, e si alza fino verso l'orifizio di esso, ed ivi si ricurva a beccuccio: nomasi *pippio*.

Orosi motiva le proprie scelte sostenendo che:

Italianamente non puossi dare altro nome che questo allo strumento che descriviamo. — La parola *burette* (*petite buire*) dei francesi significando *caraffina*, o *amboletta*, o *ampollina* non accenna meglio di questa nostra. — Voce barbarissa è *provetta* che taluno adopera dall'*eprouvette* francese.

Beccuccio, vuol dire vaso che versa l'acqua dal suo corpo per via del beccuccio (sic) — e così la parte è presa pel tutto dello strumento.

Pippio. — Canaletto adunco ond'esce l'acqua dei vasi, etc. — Dal celtico *pipo pib*, in senso di tubo o canale per cui scorrono le acque. — Pippio sta per beccuccio.

Sobrero, qualche anno più tardi, parla rispettivamente di «bomboletta graduata» e di «tubo graduato» per i dispositivi di Gay-Lussac e Mohr, mentre un altro autore nel 1877 si riferisce «ai provini volumetrici (o burette che voglia dirsi)». Un residuo di queste incertezze si trova ancora nel manualetto di Alessandri (1895): «burette o beccuccio di Gay-Lussac»⁴³.

A metà dell'800 sono dunque disponibili numerosi e collaudati metodi analitici e i dispositivi e le procedure sperimentali sono a punto; ma l'origine tecnologica del metodo, i campi di applicazione circoscritti a prodotti industriali, un «pregiudizio» culturale a favore della bilancia fanno sussistere un certo isolamento come possiamo riscontrare nella osservazione di Fresenius che, nel 1846, nel paragrafo dedicato alle misure gasvolumetriche, osserva:

Il arrive quelquefois qu'on mesure aussi des liquides; c'est surtout lorsqu'il s'agit d'analyses de chimie appliquée aux arts. On se sert dans ce but de tubes et de pipettes graduées. Quand le fluide ne doit être employé que goutte à goutte, on se sert d'une burette graduée.

Il est difficile d'employer ces appareils-là, pour des recherches délicates; on fait toujours bien de leur préférer les balances, dont les indications sont en général plus précises⁴⁴.

Nonostante tali riserve in questo periodo il baricentro della volumetria si sposta dalla Francia alla Germania dove peraltro la tradizione analitica è già molto sviluppata e il terreno è fertile anche a causa delle esigenze dell'industria chimica in espansione, oltre che delle nuove impostazioni didattiche promosse da Liebig⁴⁵.

Con l'esplicita finalità di introdurre la chimica analitica nell'industria e nel commercio:

...nur durch die möglichste Vereinfachung der analytischen Bestimmungen ist es möglich, der Produktion und dem Handel mit chemischen Substanzen jene feste Basis der Reellität zu geben, die zum Blühen und Gedeihen desselben so unumgänglich nothwendig geworden ist...⁴⁶,

viene pubblicato da Schwarz il già citato manuale «*Ueber die Maassanalysen*», il primo dedicato esclusivamente all'argomento. Vuoi per queste sue delimitate e poco ambiziose premesse, vuoi per la grande influenza e notorietà di cui godeva il trattato pubblicato da Mohr pochi anni dopo, l'opera di Schwarz viene considerata quasi soltanto di carattere compilativo con valore di pura applicazione. Si

tratta però a mio avviso di una semplificazione eccessiva.

L'autore trascorse un periodo di studi a Parigi presso Pélouze ed ebbe modo di studiare ampiamente questa materia cui tra l'altro diede apporti originali, il più notevole dei quali fu l'introduzione del tiosolfato nella Jodometria.

L'aver posto sotto un titolo unificante e significativo le procedure volumetriche fino ad allora sviluppate è ovviamente il suo contributo principale, ma non è l'unico: costituiscono importanti apporti all'autonomia della disciplina la conferma della ripartizione proposta da Barreswill e Sobrero, la precisa distinzione rispetto alla gravimetria con la scelta terminologica che ne consegue e, last but not least, l'enunciazione chiara del principio del metodo:

Wenn man nun nach dem gemeinschaftlichen Princip aller dieser Bestimmungsmethoden fragt, so ist es ganz einfach folgendes: Während früher die Menge des durch irgend eine Reaction erzeugten Stoffes bestimmt wurde, wird hier die Menge des erzeugenden Stoffes ermittelt, d.h. die Quantität Reagens, die zur Vollendung irgend einer Reaction nöthig ist⁴⁷.

Oltre a ciò merita rilievo l'uso generale delle soluzioni normali, correttamente definite, un sistema di calcolo coerente, e l'impiego sistematico di equazioni chimiche bilanciate nella descrizione dei processi di reazione. Quest'ultima notazione, di impiego poco diffuso all'epoca nei testi d'analisi e proposta episodicamente in Francia qualche anno prima⁴⁸, era peraltro in anticipo sui tempi a causa della irrisolta ambiguità tra pesi equivalenti e pesi atomici e non fu ripresa dagli autori immediatamente successivi; essa comunque concorre a dimostrare il valore intrinseco delle proposte di Schwarz.

Nei laboratori di chimica analitica è fin troppo frequente incontrare la buretta di Mohr, il sale di Mohr, la pinza di Mohr, ed altri strumenti da lui messi a punto, ma sarebbe fuorviante e riduttivo — nell'ambito della rassegna che ci si propone — attribuire la sua importanza a questi suoi pur rilevanti contributi⁴⁹; analogamente non ci soffermeremo — diversamente da questo fatto per Gay-Lussac — sulle metodiche da lui proposte o sui perfezionamenti introdotti. Di maggior interesse sarà invece un esame d'insieme della sua monografia tramite la quale la volumetria entra nella chimica analitica in posizione equivalente alla gravimetria e si avvia a diventarne la branca più importante e feconda.

Sebbene, salvo errore, il nome di Schwarz non risulti mai citato nel testo, il suo manuale è certamente noto a Mohr, che si pone di fronte alla materia con ben diversa ambizione e consapevolezza. I suoi obiettivi sono evidenti fin dal frontespizio, specie se confrontato con il precedente: denomina «trattato» il suo libro e lo sottopone all'attenzione di Chimici, Medici, Farmacisti e poi anche ai fabbricanti di prodotti chimici. Il suo, sembra dire Mohr, è un testo per studiosi specialisti, non un semplice repertorio destinato ad esigenze industriali e commerciali⁵⁰.

Tale finalità è ribadita nell'introduzione nella quale egli spiega che suo intendimento è riunire in un unico insieme tutti i lavori sparsi che trattano tali que-

stioni e di formarne un sistema particolare. Non però, aggiunge, una scienza particolare poiché nell'analisi chimica i diversi metodi si completano reciprocamente e la bilancia ne sarà sempre la base. Egli è infatti consapevole della riluttanza dei chimici a ricorrere a metodi diversi dalla pesata poiché essa ha il vantaggio di presentare alla fine, a garanzia tangibile dell'efficacia del proprio lavoro, un corpo conosciuto e riconoscibile, ciò che non avviene in volumetria, dove tutti gli acidi fanno virare al rosso il tornasole e la decolorazione del permanganato si produce allo stesso modo con diversi riducenti. Ma ciò, non che ad abbandonare il metodo, deve spingere a perfezionarlo confrontandolo ogni volta con i procedimenti tradizionali. Con questa strategia, pur non introducendo metodi volumetrici totalmente nuovi egli arriva a modificare e a migliorare quelli esistenti rendendoli equivalenti, e talvolta superiori a quelli tradizionali al punto che l'adozione diventa quasi obbligata.

Riconoscendo, almeno in parte, il suo debito nei confronti di altri studiosi egli organizza il suo trattato con capitoli ad essi intitolati: Gay-Lussac, Margueritte, Bunsen, Streng, Liebig, riservando a sé la metodica basata sul sistema iodio/anidride arseniosa⁵¹.

Senza adottare criteri di esaustività, è opportuno soffermarsi su alcuni degli aspetti più significativi.

In primo luogo l'uso generale e sistematico delle soluzioni normali in senso moderno evita di preparare più soluzioni dello stesso reagente in relazione ai diversi impieghi. Come rileveremo, indicazioni in questo senso erano già state avanzate, ma egli ne rafforza e, diremmo, ne impone l'impiego, mediante il sistema di calcolo:

C'est un procédé incommode et trop long que d'évaluer d'abord la quantité du réactif que renferme la liqueur d'épreuve, puis d'en déduire la substance cherchée d'après son équivalent. Les centimètres cubes de la liqueur d'épreuve employés, multipliés par le millième ou le dix-millième de l'équivalent d'une substance, en donnent le poids en grammes⁵².

Il compito dell'analista è ulteriormente facilitato dalla presenza a fine volume di tabelle che in corrispondenza dei ml usati nelle determinazione riportano il peso in grammi per ben 125 sostanze. Ciò risponde all'esigenza, rilevata anche da altri autori, di ridurre al minimo la necessità di calcoli data la riluttanza dei chimici ad usare le tabelle logaritmiche per le moltiplicazioni⁵³.

Ma il senso di queste sue tecniche di computazione si coglie nella constatazione che il risultato è per ogni sostanza dato in grammi e non più in percentuale o in gradi rispetto ad uno standard arbitrario. Tali primitive scale, applicate fin dalle prime analisi quantitative e operanti ancor oggi per la loro praticità (si pensi al grado alcoolico, all'acidità degli oli e degli aceti, alla durezza dell'acqua e così via) sono di per sé refrattarie ad un sistema uniforme di misure, mentre l'altra indicazione, l'espressione centesimale, pur avendo un contenuto informativo mag-

giore, necessita sempre di un riferimento esterno.

Questi due tipi di formulazioni quantitative richiedono soluzioni standard e tarature delle burette tali che la semplice lettura dia un risultato in gradi o in percentuale (si ricordi ad esempio Welter). Un dato in grammi dà invece una informazione diretta, autosufficiente, immediatamente significativa della sostanza in esame, sempre che l'oggetto d'analisi sia chiaramente definito; ciò naturalmente postula che la graduazione della buretta sia esattamente in centimetri cubi e che le soluzioni siano, appunto, «normali». L'introduzione sistematica di queste ultime, il tipo di calcolo proposto con le relative tabelle, la taratura della vetreria, oltre a riportare nell'ambito di un sistema di misure unificato tutti i tipi di analisi, rendono immediatamente comparabili le determinazioni gravimetriche «classiche» con quelle volumetriche che acquistano così una dignità scientifica che in precedenza non era riconosciuta. Sotto questo profilo l'adesione al sistema decimale non rappresenta solo il passaggio a criteri di misura più efficienti ma anche un elemento di razionalizzazione della metodica analitica che si viene considerando⁵⁴.

Un altro semplice, ma molto utile accorgimento di calcolo fu l'introduzione del cosiddetto fattore correttivo (rapporto ml teorici/pratici) in modo da poter usare soluzioni standard poco stabili tarandole rispetto ad uno standard primario senza doverle preparare ogni volta al momento dell'uso:

«Les liquides qui n'ont pas une force déterminée, son toujours rapportés à un poids déterminé de la substance qui donne le titre; et, à l'aide d'un facteur calculé d'avance, on conclut le poids du corps cherché»⁵⁵.

Tali razionalizzazioni numeriche gli vennero certo facilitate dalla sua capacità di trovare per ogni tipo di analisi uno standard dalla composizione ben definita e con le caratteristiche che ogni chimico conosce. Ciascun capitolo, dopo il nome dell'autore cui Mohr intitola il metodo, riporta altresì la sostanza di riferimento relativa: per l'acidimetria l'acido ossalico che, assieme al solfato ferroso-ammonico (sale di Mohr), è alla base anche della permanganometria, e analogamente per gli altri metodi. I parametri che l'analista tedesco pone alla base della scelta dell'acido ossalico (che citiamo ad esempio) sono i seguenti: si trova in commercio abbastanza puro ed è ulteriormente purificabile con cristallizzazioni successive, è fortemente acido, quando è secco è inalterabile e non presenta deliquescenza né efflorescenza; in quanto solido è facilmente pesabile, non si decompone in soluzione né diventa volatile se questa è riscaldata. L'esigenza di un peso equivalente (o molecolare) elevato non è discussa nella presentazione in quanto caratteristica nota già dall'analisi gravimetrica come egli più volte rileva nell'ambito della trattazione. Criteri altrettanto accurati vengono elaborati per gli altri problemi che si presentano in analisi volumetrica e che è forse superfluo riportare qui.

Una conseguenza non secondaria di questo processo sta inoltre nel superamento dei vari dispositivi ad hoc come il berthollometro, l'alcalimetro, il clorometro, ecc. Le burette di Mohr non si distinguono più per l'oggetto d'analisi, ma solo per la quantità di soluzione che si prevede d'impiegare. È appena il caso a questo punto di ricordare la basilare quanto semplice innovazione da lui introdotta⁵⁶. La combinazione della canna graduata con il tubetto di gomma ed una pinza appositamente progettata ha reso le sue burette tanto efficienti da sostituire quelle a rubinetto nonostante queste ultime siano state introdotte prima delle sue. La buretta «a scolamento» di Mohr ne rallenta anzi di molto l'avvento anche dopo l'affermarsi di tecniche moderne e pratiche per la smerigliatura. L'assenza di perdite, di occlusioni, di efflorescenze rispetto all'altra, l'ha resa per lungo tempo insostituibile.

Di particolare interesse può essere riferire dell'esame da lui eseguito sui metodi per la determinazione della CO_2 e per stabilire l'efficacia del proprio. Le due procedure correnti sono basate sulla misura della perdita o dell'aumento di peso in seguito, rispettivamente, all'allontanamento o all'assorbimento del gas⁵⁷.

A proposito del primo egli osserva argutamente che sono stati proposti ben trenta apparecchi e ciò stesso dimostra che ciascun studioso è rimasto insoddisfatto dei precedenti lavori. Pur apprezzandone alcuni, tra cui quello assai diffuso di Fresenius, egli ne mette in evidenza un limite comune. Essendo tutti costituiti da flaconi di vetro piuttosto voluminosi essi sono soggetti a delle variazioni di igroscopicità di cui non si può tenere un conto preciso. Quello di Fresenius ad esempio può subire per brevi riscaldamenti delle variazioni di 25-30 mg ed ogni cambiamento di temperatura, lo strofinio con un panno, il contatto con le mani sono sufficienti per cambiamenti dell'ordine di 5-10 mg. A che serve allora lavorare con bilance sensibili al mezzo milligrammo se la vetreria è soggetta a tali incertezze!

Come controprova egli effettua l'analisi di un campione di soda riscontrando notevoli oscillazioni nel risultato a seconda del momento in cui si esegue la misura e ciò lo porta a formulare la domanda: quando bisogna pesare? È evidente che tale difficoltà, nel caso di specie, condanna il metodo ponderale a favore di quello volumetrico che non dipende dallo stato igroscopico dei recipienti. Analoghe considerazioni si applicano al metodo per assorbimento e quindi egli conclude:

En somme, on voit, d'après tout cela, que le dosage de l'acide carbonique en poids au moyen des procédés connus jusqu'à présent ne conduit qu'à des résultats inexacts, peu concordants, dans lesquels on ne saurait avoir confiance, et l'on est en droit, dès lors, de chercher une méthode basée sur un principe différent⁵⁸.

L'articolazione interna della materia, la normalizzazione definitiva della ve-

terria tarata e graduata, la definizione e la verifica delle procedure, l'omogeneità delle unità di misura e dei metodi di calcolo, la ricerca degli standard e la preparazione uniforme delle soluzioni normali, sono altrettanti criteri che concorrono a unificare queste tecniche d'analisi in un vero e proprio sistema. È dunque corretto il giudizio che assegna a Mohr per l'analisi volumetrica, lo stesso ruolo che ha coperto Fresenius nella ponderale⁵⁹.

Il carattere innovativo e originale di questo risultato si coglie ancor meglio se lo si confronta con il testo di un autore francese⁶⁰, Poggiale, di appena un anno posteriore alla traduzione, in Francia, del trattato di Mohr. L'assenza di una concezione sistematica risulta immediatamente evidente dall'inclusione, sotto la stessa intestazione, delle titolazioni e dei metodi gasvolumetrici⁶¹; non sembra così cogliere che questi metodi d'analisi non si differenziano da quelli tradizionali solo perché si determina un volume anziché un peso. La distribuzione delle materie è organizzata secondo l'oggetto d'analisi e non rispetto allo standard e al procedimento di titolazione, mentre è esplicitamente rifiutato il criterio generale delle soluzioni normali che vengono presentate ogni volta secondo la proposta originale degli autori e non ricondotte in un sistema unitario⁶². I risultati sono espressi in gradi o in percentuali e per ogni prova si devono effettuare calcoli particolari, con la continua necessità di ricorrere a delle proporzioni per ottenere un risultato significativo⁶³. Anche riguardo alla vetreria l'atteggiamento di Poggiale è diverso da quello di Mohr: sebbene descriva il pallone tarato, non è infrequente il ricorso al cilindro graduato come nelle prime esperienze di Welter⁶⁴; la forma delle pipette, con serbatoio a bolla e tubo di aspirazione curvo, è di foggia ormai antiquata⁶⁵.

Indicativo anche l'uso di apparecchi specifici, l'areometro, l'alcolometro, l'idrotimetro, il sulfidrometro e altri⁶⁶. Alla buretta di Mohr è infine largamente preferita quella di Gay-Lussac per via del tubo di gomma, inaffidabile secondo Poggiale⁶⁷, che estende la critica alla scelta dell'acido ossalico come standard⁶⁸ e contesta la superiorità della analisi volumetrica dei carbonati⁶⁹.

A parte ogni considerazione sulle motivazioni delle critiche, che in qualche caso rischiano di apparire di ordine non chimico, il lavoro, compilativo, di Poggiale, che rimane peraltro di notevole interesse per il resoconto dei metodi in uso prima della pubblicazione di Mohr, dimostra che le intrinseche potenzialità ordinarie del procedimento non erano state ancora ben colte. Questo autore, che pur riconosce che talvolta le analisi volumetriche sono più rigorose di quelle ponderali, ritiene che queste ultime «*sous le rapport des recherches scientifiques*» occuperanno a lungo il primo posto, basando peraltro tale giudizio sui meriti passati dell'uso metodico della bilancia⁷⁰. Sembra quasi una replica alla ottimistica previsione di Pélouze; «*les liqueur normales deviendront usuelles aussi bien dans les recherches scientifiques que dans le travaux des arts et de l'industrie*»⁷¹.

La discrepanza tra Mohr e Poggiale sul tema delle soluzioni normali ci fornì-

scie l'occasione per descrivere brevemente l'emergere e l'affermarsi di questa nozione. Il concetto di equivalente, proposto da Wollaston come sostitutivo di atomico ed eretto poi da L. Gmelin a base del suo sistema, si formò, come è noto⁷², in seguito alle difficoltà di stabilire criteri esplicativi delle combinazioni chimiche sulla base della teoria atomica, sulla cui fondatezza vi erano numerose perplessità. I pesi di combinazione, gli equivalenti appunto, consentivano di aggirare il problema dell'esistenza degli atomi, riportando i rapporti stechiometrici alla pura evidenza sperimentale. Tali concezioni si rivelarono particolarmente utili nell'ambito della impostazione del metodo in esame poiché consentirono di semplificare al massimo la preparazione delle soluzioni e l'esecuzione dei calcoli relativi.

Mohr adotta il sistema di equivalenti di Gmelin ponendo $H = 1$ e stabilendo per l'acqua la formula HO ⁷³. In tal modo i calcoli danno direttamente il valore in grammi; con il referente di Berzelius ($O = 100$) occorre sempre eseguire una computazione in più.

Nella I^a edizione del suo lavoro Mohr non dà indicazioni sulle fonti del suo sistema, mentre nelle edizioni seguenti egli ne attribuisce la paternità all'inglese Griffin⁷⁴.

Da questi e dal conterraneo Ure erano negli anni precedenti venuti alcuni contributi sul tema, contributi rimasti poco conosciuti, ma di un certo rilievo.

Ure si era interessato di alcalimetria ancora nel 1816, come egli stesso in seguito riferì, quando, usando l'apparecchio di Descroizilles, aveva insegnato a titolare sode e potasse grezze impiegate in Irlanda nel candeggio dei tessuti⁷⁵. Di tale applicazione venne fatta una breve menzione nel libro di Henry due anni dopo⁷⁶.

Parecchi anni più tardi egli riprese l'argomento riferendo di essersi basato, nella taratura del suo alcalimetro, sulla teoria atomica di Dalton, allora da poco elaborata, per ottenere valori assoluti, e non relativi, della quantità effettiva di carbonati presenti nei campioni. Nell'esempio da lui riferito però la taratura è eseguita con due soluzioni diverse di ac. solforico, per la soda e per la potassa, e pertanto non si può parlare di soluzione normale. Nel caso invece della titolazione degli acidi, che però sembra aver messo a punto in un secondo momento, egli suggerisce di usare una soluzione ammoniacale tale che 1000 grani (non grammi) di essa neutralizzino esattamente una quantità di qualunque acido corrispondente al suo peso atomico (i.e. molecolare): per esempio 40 grani di ac. solforico (cioè un equivalente espresso come SO_3). La riproducibilità della soluzione ammoniacale è ottenuta però non mediante dissoluzione, in un volume determinato, di una quantità esattamente nota di ammoniaca, ma preparandone una soluzione di densità accuratamente corrispondente a quella di cui si impiegano i 1000 grani per neutralizzare un equivalente di ac. solforico. La riproduzione della densità è a sua volta conseguita con una tecnica areometrica, già usata nel 1816: si prepara una «bolla» di vetro tale che a $60^\circ F$ essa fluttui liberamente all'interno della mas-

sa liquida; tale dispositivo, predisposto una volta per tutte, viene usato poi per le preparazioni successive.

La costanza delle soluzioni di riferimento è dunque basata su una proprietà fisica e non chimica.

Sul piano concettuale non si può negare che le soluzioni di cui si serve per titolare gli acidi siano prossime a quelle «normali» anche se il rilevamento del punto di fine stabilisce un rapporto tra pesi e non tra volumi: il metodo delle soluzioni normali è quindi sviluppato solo in parte.

Del contributo di Ure va ricordato anche un altro aspetto: egli sembra esser stato il primo, dopo l'affermazione del metodo, ad aver posto in evidenza il viraggio mediante l'indicatore interno, tecnica poi consueta dopo la messa a punto di Gay-Lussac e Welter nel 1820. Curiosamente, egli non pone l'indicatore nel recipiente di neutralizzazione, ma nella soluzione con cui titola.

Anche Griffin, come Ure, svolse la sua attività come chimico in ambiti applicativi, ma arrivò al concetto di soluzione normale partendo da un problema scientifico, nell'esame cioè di alcune risultanze sperimentali relative alle variazioni di volume conseguenti alla dissoluzione di sostanze organiche ed inorganiche in acqua⁷⁷. Tali esperienze, condotte da Dalton e da altri, sembravano indicare una non episodica correlazione proporzionale tra il volume occupato dal soluto in soluzione e la sua quantità; se ciò fosse risultato vero, rilevava Griffin,

«We shall be rendered by these doctrines so completely master of details, that, if the specific gravity of any solution be given, we shall be able to tell its chemical strength; or if the chemical strength be given, we shall be able to declare what must be its specific gravity».

Per poter mettere a confronto diverse situazioni occorre fissare con precisione volume e concentrazione delle varie soluzioni e, ciò che più importa, la concentrazione doveva essere espressione della composizione del soluto.

Operando in area anglosassone egli adotta come unità di volume la decima parte di un gallone imperiale (0,454 litri) corrispondente a 7000 grani (non grammi) di acqua (un decigallone) alla temperatura di 62°F. Per comodità di manipolazione tale unità di riferimento venne suddivisa in 1000 parti, contenenti ciascuna 7 grani, e pertanto definita «septem». Il rapporto è analogo a quello tra litro e millilitro (1 «septem» corrisponde a 0,454 ml e 1 litro contiene 2200 «septem»). Si osservi che il possibile equivoco tra massa e volume è aggirato dall'aver fissato la temperatura di esperienza). Nello stabilire la quantità di sostanza da portare in soluzione egli si riferisce alle tavole di Berzelius ($O = 100$) e rileva:

In order to be able to speak without vagueness of certain absolute quantities of substances, I use the term *Test Atom* to signify Berzelius's atomic weight of a

substance weighed in English grains. By the term *Degree*, I mean the hundredth part of a test atom. Thus, — 5•01165 grs. is 1° of SO³.

501•165 ... is 1 test atom, or 100° of SO³.

In applying these measures and weights to centigrade testing, I prepare *normal test liquors* of 100° of strenght, in all cases, by dissolving 1 test atom of the substance in so much water as produces 1 decigallon of solution at 62°F.;

Per le sue esperienze egli si serve di accurate bilance e di un «alkalimeter or centigrade pouret» (sic) della capacità di un centigallone (45,4 ml) suddiviso in cento «septem» (ogni suddivisione quindi corrisponde a circa 0,45 ml, un po' troppo rispetto alle burette attuali).

La procedura di Griffin è dunque corretta anche se la indicazione supplementare (soluzione normale equivalente a 100°) è, a rigore, superflua ed è evidentemente connessa alle abitudini del tempo di esprimere i risultati quantitativi in percentuali. La formulazione dello studioso inglese, espressa in unità non riconosciute nel resto d'Europa, pur rimanendo valida come indicazione di principio, non ebbe, a quanto risulta, diffusione e prevalsero quelle di Schwartz e di Mohr.

Una recente acquisizione storiografica ha permesso di stabilire che in gioventù Griffin aveva studiato ad Heidelberg, assieme a Mohr, e che si erano in seguito rivisti a Coblenza dove quest'ultimo era farmacista⁷⁸. Può essere dunque che nel periodo di gestazione del «Lehrbuch» i rapporti con il chimico d'oltremarina abbiano contribuito a consolidare le convinzioni dell'analista tedesco su questo aspetto del suo lavoro.

Sebbene i concetti di cui si è tentato di tracciare la genesi appaiano al lettore moderno semplici e funzionali l'accettazione da parte della comunità scientifica non fu rapida. Già si è detto del sostanziale rifiuto delle soluzioni normali da parte di Poggiale, ma anche altri autori accolsero le nuove indicazioni con ritardi e incertezze.

Fresenius, nella VI^a edizione del suo trattato⁷⁹, in due distinti paragrafi dà due indicazioni diverse per preparare la soluzione di acido solforico per le titolazioni acidimetriche: o sciogliendo un equivalente in un litro (40 g espressi come SO₃) oppure diluendo l'acido in modo che 50 ml neutralizzino 5 g di soda. Egli definisce normali le due soluzioni, ma la seconda è in realtà 1,887 N. Sobrero in Italia insegna a preparare le medesime soluzioni in modo che il volume impiegato nella titolazione esprima direttamente il contenuto percentuale delle sode esaminate⁸⁰.

Però non solo di ritardi si trattava, ma in qualche caso, di veri e propri equivoci. Orosi, nel 1871, parla di pesi molecolari, ma poi usa i pesi equivalenti e dà nella stessa pagina due serie di valori per le medesime sostanze⁸¹. In una nota di commento alla traduzione inglese di Pattison Muir del testo di Fleischer⁸², si osserva che l'autore tedesco intende per normale una soluzione contenente un peso atomico (i.e. molecolare) in un litro (soluzione molare); ciò non fa comunque gran danno in quanto la sua tabella dei pesi atomici è quella vecchia. L'edizione

inglese però, nel riportare i pesi atomici moderni non cambia le istruzioni per la preparazione delle soluzioni e quindi l'equivoco è immediato⁸³. Ancora nel 1913 la X^a edizione del testo di Sutton raccomanda che non si faccia confusione ed anzi rileva come il termine «sistematico» sia stato usato nel titolo proprio a questo fine, nel senso originario di Mohr⁸⁴.

Queste brevi, ma rappresentative, osservazioni sulla normalizzazione dei reagenti documentano la riluttanza ad accogliere pienamente le nuove proposte analitiche, ma non ne sono l'unico segnale. Fresenius, ancora, nel trattato sopracitato, riconoscendo i progressi dovuti a Mohr, preferisce esprimere un giudizio ambivalente:

... Cependant, quelque perfectionné que soit le procédé de mesure volumétrique d'un liquide, il n'atteindra jamais la rigueur que donne une bonne pesée. Toutefois, comme l'erreur dans la mesure peut être pour ainsi dire complètement compensée par la dilution convenable des liquides à mesurer, cette méthode a une importance réelle même dans les recherches scientifiques rigoureuses...⁸⁵

Altre indicazioni si ricavano dallo sforzo di alcuni autori diretto a conferire al metodo delle titolazioni una organizzazione e una struttura tali da poter stabilire un sistema d'analisi quantitativa del tutto autosufficiente.

Sotto questo aspetto è, fin dal titolo, esemplare la monografia di Fleischer, *Die Titrimethode als selbständige (autonoma) quantitative analyse*⁸⁶, i cui obiettivi principali sono l'eliminazione del limite di applicabilità al campo delle analisi tecniche ed una collocazione precisa del metodo nell'ambito della scienza chimica. Anziché proporsi di esporre tutte le tecniche sviluppate negli anni precedenti, il tentativo dell'autore è diretto alla sistemazione ed alla generalizzazione delle procedure e dei metodi per consentire allo studente e in generale agli operatori dell'analisi di impadronirsi della volumetria in modo generale evitando di considerarla soltanto una collezione di ricette. L'aspetto più interessante del lavoro di Fleischer è però un altro.

Egli parte dalla considerazione che in analisi qualitativa sono operanti due metodi, via secca e via umida, con netta prevalenza di quest'ultima. Le recenti ricerche di Bunsen (allusione evidente ai metodi spettroscopici da poco sviluppati) hanno però consentito di costruire un pressoché completo sistema analitico in cui si usano quasi completamente metodi a secco. Non è impossibile, aggiunge, che in qualitativa la via secca diventi in futuro prevalente sulla via umida.

Tale accostamento serve a Fleischer a suggerire che una tale evoluzione — in certo qual modo simmetrica — possa verificarsi anche in quantitativa nel rapporto tra metodi ponderali e volumetrici distinti, ancora, rispettivamente in «a secco e a umido» o addirittura, in «fisici e chimici».

E ciò non solo e non tanto per i vantaggi di questi ultimi in relazione ai tempi, alla semplicità delle procedure, alle caratteristiche della reazione impiegata, ma per la possibilità di stabilire anche in volumetria criteri di preparazione del

campione propri del metodo, evitando in ogni fase dell'analisi il ricorso a tecniche messe a punto nell'ambito della gravimetria, spesso inutilmente complicate rispetto alle necessità dei procedimenti di titolazione.

Per far questo, appoggiandosi ai risultati raggiunti in analisi qualitativa, egli propone due vie: separazione dei cationi tra loro in gruppi mediante le reazioni con ac. solforico e i solfuri alcalini e successivi procedimenti particolari per ogni gruppo oppure determinazione volumetrica su parti aliquote della soluzione in esame, senza separazione preliminare, previo trattamento per la eliminazione delle interferenze. Con una o al massimo due filtrazioni si arriva al campione da titolare secondo uno schema operativo completo autosufficiente e indipendente da quello ponderale. Analogamente si può procedere per la determinazione degli anioni.

Come è noto l'originale tentativo di Fleischer non ebbe successo: l'importante trattato di Beckurst del 1913 non dà alcun rilievo ai metodi proposti da questo autore. La sua proposta procedeva più da una esigenza «culturale» o, meglio ancora, «ideologica» che da una effettiva necessità operativa e l'autonomia scientifica del metodo verrà da altra, imprevedibile fonte.

Difficile sarebbe sopravvalutare il ruolo degli indicatori nei procedimenti di titolazione: il loro impiego è il metodo stesso. Ma la loro centralità, che abbiamo finora data quasi per scontata, acquista in una prospettiva storica un senso particolare: la scarsa disponibilità di indicatori veramente efficienti è stata il più grave ostacolo materiale allo sviluppo della volumetria⁸⁷, mentre la comprensione del loro funzionamento costituisce la base della sua legittimazione teorica.

Il loro uso nelle analisi delle soluzioni è ovviamente piuttosto antico. Sebbene si debba attribuire a Boyle il merito di aver chiaramente descritto le caratteristiche di queste sostanze nel loro comportamento uniforme rispetto alle soluzioni acide o alcaline, sono numerosi gli esempi di applicazioni meno sistematiche di queste proprietà in epoche precedenti⁸⁸.

L'interesse che queste sostanze suscitavano condusse molti autori a prendere in esame numerosi coloranti vegetali, ma nonostante ciò i reagenti effettivamente utili ai chimici nelle analisi quantitative non furono molti. I metodi volumetrici di impiego più frequente sono stati quelli basati sull'impiego del tornasole che permise lo sviluppo dell'acidimetria e quelli basati sul colore del reagente in eccesso (permanganometria e iodometria in presenza di altre sostanze). Esaminando l'opera di Gay-Lussac si è potuto constatare come egli fosse ben consapevole della difficoltà dell'impiego dell'indaco e ancora più chiaramente aveva posto il problema Mohr nella sua rassegna di sostanze idonee a indicare il punto finale della neutralizzazione quando aveva auspicato il reperimento di una sostanza che, incolore con gli acidi, diventasse percepibile con le basi.

Tale opportunità si realizzò circa 30 anni più tardi come conseguenza del grande sviluppo delle sintesi delle sostanze coloranti dopo i primi lavori di Perkin e la scoperta della reazione di diazotazione da parte di Griess. Bayer, nell'ambito

degli studi che lo condussero alla sintesi dell'indaco preparò la fenoltaleina nel 1871, le cui proprietà indicatrici vennero poste in evidenza da Luck alcuni anni più tardi⁸⁹. Nello stesso periodo venne preparato anche l'arancio di metile le cui singolari caratteristiche vennero così apprezzate da Lunge:

Nobody who has once or twice tried methyl-orange *in the proper way* ever reverts to the use of litmus.

Le difficoltà di procurarselo, ricordava l'autore, derivavano proprio dalla estrema sensibilità del colorante a minime tracce di acidi che lo rendevano, come tale, inutilizzabile al punto che la sua fabbricazione era stata soppressa. Tale era tuttavia la sua validità come indicatore che su invito di Lunge una azienda svizzera era disponibile a produrlo su richiesta⁹⁰.

La grande importanza di questi prodotti stava però non solo nella loro efficacia pratica, ma altresì nel fatto che di essi, ottenuti per sintesi, si conosceva, almeno in forma approssimativa, la costituzione; per il tornasole si dovette aspettare molto di più. Fu appunto in base alla conoscenza di queste strutture che Ostwald, fondatore assieme ad Arrhenius e Van't Hoff della moderna chimica-fisica, formulò una teoria del comportamento degli indicatori applicando le dottrine della dissociazione elettrolitica e degli equilibri chimici:

«Auch der Farbumschlag der "Indikatoren", welchen man bei der massanalytischen Alkali und Acidimetrie benutzt, gehört in dies Erscheinungsgebiet. Damit ein Farbstoff einen solchen Umschlag zeige, müssen zwei Bedingungen erfüllt sein: es muss erstens derselbe saure oder basische Natur haben, zweitens darf er keine sehr starke Säure oder Basis sein. Die Farbverschiedenheit in sauren und alkalischen Lösungen beruht dann jedesmal darauf, dass eines der Ionen des Stoffes eine andere Farbe hat, als die nicht dissocierte Verbindung»⁹¹.

Praticamente, anche se la intuizione di Ostwald non è sufficiente a descrivere i mutamenti strutturali delle molecole in discussione, essa risulta del tutto adeguata al trattamento quantitativo degli equilibri che interessano l'analista e costituisce la base dell'insegnamento moderno.

La consapevolezza della nuova realtà con cui si debbono confrontare i chimici analitici è chiaramente espressa da Ostwald:

... nella chimica analitica non è raro il trovare ancora in uso formule e modi di dire già aboliti da quasi cinquant'anni;...

«Né questo deve arrecare meraviglia quando si pensi che finora nessun chimico si è occupato di dare alla chimica analitica le necessarie basi scientifiche, al che, del resto, non era in grado che solo da pochi anni lo sviluppo della chimica generale⁹².

La pubblicazione del suo manuale didattico, di ridotte dimensioni, ma di

grande influenza scientifica, può costituire, per un chimico moderno, il punto di arrivo della ricostruzione proposta⁹³.

Va peraltro subito osservato che tale giudizio vale soltanto per un lettore postumo. Il percorso indicato dal chimico-fisico tedesco venne seguito solo da una parte della comunità chimica dell'epoca tra cui numerosi suoi allievi e collaboratori nel laboratorio da lui diretto a Lipsia, dove vennero in buona parte sviluppate le formulazioni teoriche e le procedure sperimentali che, non solo per la disciplina esaminata, costituiscono il bagaglio culturale di ogni chimico.

La ricostruzione di questa e di altre vicende, che portarono l'analisi volumetrica allo stato in cui viene oggi praticata merita spazi non consentiti in questa sede e richiede un taglio d'indagine diverso: basti osservare che l'imponente monografia di Beckurst, già citata, ancora nel 1913 si limita per la parte teorica a riprodurre senza ulteriori elaborazioni le considerazioni sostanzialmente qualitative esposte da Ostwald nel 1894.

Note

1) H. Beckurts, *Die Methoden der Massanalyse*, Braunschweig, 1913, pp. 1031-1045; E. Rancke Madsen, *The Development of Titrimetric Analysis till 1806*, Copenhagen, 1958; F. Szabadváry, *History of Analytical Chemistry*, Oxford, 1966; una sintesi aggiornata di quest'ultimo lavoro, redatta da F. Szabadváry e A. Robinson, è pubblicata in «Comprehensive Analytical Chemistry», **10** (1980), pp. 61-282. I primi tre lavori hanno costituito un prezioso supporto per la presente indagine e ad essi, salvo diversa indicazione, si fa riferimento nelle note seguenti.

2) H. Schwarz, *Ueber die Maassanalysen besonders in ihrer Anwendung auf die bestimmung des technischen Werthes der chemischen Handelsproducte*, Braunschweig, 1850; la II^a edizione (da me non potuta consultare) recita; *Praktische Anleitung zu Maassanalysen, (Titriermethode) besonders in ihrer...* Braunschweig, 1853; dal frontespizio pubblicato da Szabadváry, che lo attribuisce anche alla I^a edizione, risulta che l'autore ha aggiunto altre analisi. Sulla scelta del nome Schwarz osserva: «Es ware jedoch wohl eine Collectivnahme, wie "Maassanalysen" im Gegensatz der "Gewichtsanalysen", vorzuziehen». (in tedesco «Maass» = capacità, volume, misura). Rileviamo qui che l'espressione adottata dallo studioso tedesco ha un precedente nel lavoro di C. Barreswill e A. Sobrero, *Appendice à tous les traités d'analyse chimique*, Paris, 1843, su cui si tornerà, nel capitolo intitolato *Méthode de dosage par les volumes*. Tale assonanza acquista un ulteriore significato se si ricorda che questi tre autori ebbero a lavorare, pressapoco nello stesso periodo, come studenti di Pélouze, allievo e poi successore di Gay-Lussac a l'Ecole Polytechnique di Parigi.

3) F. Mohr, *Lehrbuch der chemisch - analytischen Titrimethode... fur Chemiker, Arzte, und Pharmaceuten...*, Braunschweig, 1855.

4) Il primo termine impiegato da Descroizilles, berthollimètre (misuratore della soluzione di Berthollet, ed anche i successivi) intendono indicare il processo di misura del titolato; nella nomenclatura vigente il nome viene assegnato in base alla sostanza titolante, cfr. *Progress Report of Committee on Nomenclature*, «Anal. Chem.» **24** (1952), pp. 1348-1349.

5) J.L. Gay-Lussac, *Instruction sur l'essai des matières d'argent par la voie humide*, Paris, 1832; *Vollständiger Unterricht über das Verfahren Silber auf nassem Wege zu probieren*, Braunschweig, 1833. Questa determinazione dell'argento è contrapposta a quella per «coppellazione» che rientra nella via secca; l'articolazione «secca/umida» è utilizzata anche nel capitolo di storia della chimica analitica in H. Kopp, *Geschichte der Chemie*, 4 voll., Braunschweig, 1843-1847, v. II, p. 33; lo storico non vi tratta metodi volumetrici sebbene gli sia nota la procedura di Descroizilles, inclusa però nell'ambito della chimica applicata (v. II, p. 134).

6) F. Mohr, *Traité d'analyse chimique à l'aide de liqueurs titrées ... ouvrage à l'usage des Chimistes, des Médecins...*, Paris, Nancy, 1857.

7) F. Mohr, *Traité d'analyse chimique par la méthode des liqueurs titrées*, Paris, 1888. Lo stesso traduttore, nel recare in francese l'interessante monografia di E. Fleischer (cfr. n. 86) la intitolò *Traité d'analyse chimique par la méthode volumétrique à l'usage des Chimistes...*, Paris, 1880.

8) A.B. Poggiale, *Traité d'analyse chimique par la méthode des volumes*, Paris, 1858. Non è infrequente incontrare questa sovrapposizione: il volumetto di P. Alessandri, *Analisi Volumetrica dei Prodotti Commerciali e Industriali*, Milano, 1895, che mi risulta essere il primo di autore italiano, dedica all'analisi dei gas l'illustrazione di copertina ed un certo spazio all'interno (p. 72 e sgg.).

9) Tale parere venne espresso in relazione ad un metodo d'analisi per l'acido borico proposto da J.L. Gay-Lussac, *Sur l'analyse du Borax*, «Ann. Chim. Phys.», **40** (1829), pp. 398-401; cfr. J.J. Berzelius, «Jahresbericht», **10** (1829), p. 157, citato in F. Szabadváry, *op. cit.*, p. 237.

In precedenza peraltro lo studioso svedese, nel valutare un metodo d'analisi di acque minerali

con componenti volumetriche era stato più possibilista: «... on this very day (1822, n.d.r.) Becher's analysis (1789) is absolutely sufficient as far as knowledge of this water as a medicament is concerned»; cfr. E. Rancke Madsen, *op. cit.*, p. 169.

10) M.G. Mellon, *Ideological Uncertainties in Titrimetry*, «J. Chem. Educ.» 17 (1940), pp. 422-425; A. Johansson, *The Development of the Titration Methods - Some Historical Annotations*, «Anal. Chim. Acta», 206 (1988), pp. 97-109; H.M.N.H. Irving, *One Hundreds Years of Development in Analytical Chemistry*, «Analyst», 99 (1974), pp. 787-801. Vedasi anche R.P. Graham, *Some definitions in quantitative analysis*, «J. Chem. Educ.», 24 (1947), pp. 596-599.

11) Cfr. n. 1.

12) F.A.H. Descroizilles, *Notices sur les alcalis du commerce*, «Ann. Chim.» 60 (1806), pp. 17-60. Sull'autore, che inizia la sua carriera di farmacista e chimico industriale a Rouen, vedi C. Duval, *F.H. Descroizilles (1751-1825). Inventeur de la volumetrie*, «Chimie Analytique» 30 (1951), pp. 196-203 e 228-234.

13) G.J. Geoffroy, *Examen du vinaigre concentré par la gelée*, «Mém. Acad. Roy. Sc.», Année 1729 (1731), pp. 68-78. F. Home. *Experiments on Bleaching*, Edinbrough, 1756, pp. 100 e sgg.; W. Lewis, *Experiments and observations on American Potashes. With an easy Method of determining their respective Qualities*, London 1767; su questo autore cfr. N. Sivin, *William Lewis (1708-1781) as a Chemist*, «Chymia», 8 (1962), pp. 63-88; L.B. Guyton de Morveau, *Méthode facile pour mesurer la quantité de gas acide méphitique contenu dans les eaux*, «Nouv. Mém. Acad. Dijon, III (1784), pp. 85-89; su R. Kirwan, vedi E. Rancke Madsen, *op. cit.*, p. 114; F.A.H. Descroizilles, cfr. J.M. Berthollet, *Description du Blanchiment des Toiles par l'acide muriatique oxygéné*, «Ann. Ch.» 2 (1789), pp. 177.

14) R. Christophe, *L'analyse volumétrique de 1760 à 1860*, «Rev. Hist. Sc.» 24 (1971), pp. 25-44; F.A.H. Descroizilles, *op. cit.*, p. 34, cfr. n. 12.

15) F.A.H. Descroizilles, *Description et usage du Berthollimètre ou instruments d'épreuves pour l'acide muriatique oxygéné liquide, pour l'indigo et pour l'oxide de manganèse*, Paris, An X (1802). La descrizione data da J.C. Berthollet, cfr. n. 13, inverte il ruolo tra titolante e titolato, come osserva R. Rancke Madsen, *op. cit.*, p. 132. Tale svista sfugge anche a R. Christophe, *op. cit.*, p. 30.

16) F.A.H. Descroizilles, *Notice sur l'alcalimètre*, Paris, 1830, p. 37.

17) A conferma della sua rapida diffusione vedi ad esempio la traduzione pubblicata nel «Phil. Mag.» 28 (1807), o la breve nota di M.A. Corniani, *Memoria sul vetro coll'applicazione all'arte vetraria della petroselce perlata dei Colli Euganei*, Venezia, 1810, p. 50.

18) Sulla storia di tale attività industriale mi permetto di rinviare al mio *Il Candeggio: note storiche e percorsi didattici* in G. Michelon (a cura di) *Atti del convegno: La formazione scientifica nella scuola media superiore: introduzione alla storia della chimica*, Venezia, 20-22 novembre 1986.

19) J.C. Berthollet, *Eléments de l'art de la teinture, avec une description du blanchiment par l'acide muriatique oxygéné*, Paris, An XIII, 1804, p. 230.

20) E. Rancke Madsen, *op. cit.*, p. 187.

21) J.C. Berthollet, *Elements...*, cit., p. 233.

22) F.A.H. Descroizilles, *Notices sur les Alcalis...*, cit., cfr. n. 12.

23) *Ibidem*, pp. 44. In seguito rielaborò i suoi procedimenti in un opuscolo dal titolo: *Notices sur l'alcali-mètre et autres tubes chimico-métriques, ou sur le poly-mètre chimique, et sur un petit alambic pour l'essai des vins*, II^e ed., Paris 1818, che ebbe numerose ristampe, anche postume.

24) F.A.H. Descroizilles, *Notices sur les Alcalis du commerce; seconde partie*, «Ann. Chim.» 72 (1809), pp. 314-329.

25) Questa breve descrizione è ripresa da *Dictionnaire Chronologique et Raisonné des découvertes, inventions...*, Paris, 1822-24, *Alcalimètres*, alla voce. Non si è potuti risalire alla pubblicazione originale, così citata: «Biblioth. des prop. rur.», 1807, t. 16, pag. 911.

26) W. Henry, *Elements de chimie expérimentale*, 2 voll., Paris 1812, II, pp. 469-476; vi sono indizi che Descroizilles mise in atto una discreta attività promozionale del suo strumento: nel 1810 si

trova a Marsiglia ad illustrarlo ai membri della locale Accademia, cfr. J.G. Smith, *The Origins and Early Development of the Chemical Industry in France*, Oxford, 1979, p. 271.

27) M. Crosland, *Gay-Lussac Scientist and Bourgeois*, Cambridge 1978, pp. 178 e sgg.

28) J.J. Welter, J.L. Gay-Lussac, *Observations sur l'Essai des soudes et des sels de soude du commerce*, «Ann. Chim. Phys.» 13 (1820), pp. 212-221.

29) L. Laurens, *Observations sur les essais alcalimétriques des sels de soude du commerce et moyen simple pour apprecier le carbonate de soude et le sulfite qui s'y trouvent contenus*, Marseille, 1819. L'autore aveva lavorato a tale metodo volumetrico fin dal 1810 su mandato dell'Accademia di Marsiglia interessata a sviluppare l'impiego della soda Leblanc nella locale industria saponiera; cfr. J.G. Smith, *The Origins and the Early Development...*, p. 267 e sgg. Si osservi la significativa sequenza delle pubblicazioni di Descroizilles del 1818, di Laurens nel 1819 e di Gay-Lussac e Welter del 1820.

30) J.C. Berthollet, *Elements...*, p. 233; J.J. Welter, *Sur la combinaison du chlore avec la chaux*, «Ann. Chim. Phys.» 7 (1817), pp. 383-387.

31) J.L. Gay-Lussac, *Instruction sur l'Essai du Chlorure de chaux*, «Ann. Chim. Phys.», 26 (1824), pp. 162-175.

32) J.L. Gay-Lussac, *Essai des potasses du commerce*, «Ann. Chim. Phys.», 38 (1828), pp. 337-368.

33) Cfr. n. 5.

34) J.L. Gay-Lussac, *Nouvelle Instruction sur la Chlorométrie*, «Ann. Chim. Phys.», 60 (1835), pp. 225-261.

35) Cfr. n. 31, p. 166.

36) Cfr. n. 32, p. 338. Il procedimento è ancora riproposto come tale da L. Figuier, *Les merveilles de l'industrie ou description des principales industries modernes*, Paris, s.d., ma posteriore al 1870, p. 526.

37) Cfr. n. 34, p. 250; il chimico francese sembra quasi replicare alle riserve avanzate qualche anno prima da Berzelius: il successo dell'analisi dipende principalmente dall'autosufficienza del metodo.

38) *Ibidem*, p. 226 e 240, n. 1.

39) F. Szabadváry, *op. cit.*, (1966), p. 227; M. Crosland, *op. cit.*, p. 210.

40) H. Rose, *Traité pratique d'analyse chimique*, Paris, 1832; *Handbuch der analytischen Chemie*, Berlin, 1838; *L'arte di analizzare ovvero trattato pratico di analisi chimica*, (traduzione di F. Dupré) 2 voll., Venezia 1835-38. L'unica procedura volumetrica è applicata nell'analisi del cloruro di calce; cfr. p. 289, Il volume dell'edizione italiana.

41) C. Barreswil, A. Sobrero, *op. cit.*, pp. 365-384.

42) *Ibidem*, p. 367, cfr. nota 2.

43) F. Selmi, *Enciclopedia di Chimica*, Torino, 1868, v. II, p. 206; G. Orosi, *Manuale di Chimica Analitica*, Firenze, 1871; A. Sobrero, *Lezioni di Chimica Docimastica*, Torino, 1877; F. Sestini, *Apparato portatile per l'analisi volumetrica*, «Gazz. Chim. Ital.», 7 (1877), pp. 225-226; P. Alessandri, *op. cit.*, p. 21. Il nome italiano dominante è sempre stato analisi volumetrica o volumetria. Il termine titrimetria compare nell'indice analitico dell'edizione italiana del volume di E. Meyer, *Storia della chimica*, Milano, 1915, nella traduzione di M. Giua e C. Giua Lollini che però non viene usato nel testo né ha poi trovato ulteriore fortuna. Sembrerebbe una questione irrilevante se non fosse che la letteratura anglosassone distingue tra «titrimetry» e «volumetry»: la seconda è considerata parte della prima.

44) R. Fresenius, *Précis d'analyse chimique quantitative*, Paris, 1847, p. 23; prima edizione francese consultata in difetto dell'originale tedesco *Anleitung zur quantitativen Analysen*, Braunschweig, 1846.

45) H.M. Leicester, *Storia della Chimica*, Milano, 1978, p. 231. Sul contributo di J. Liebig vedi W.V. Farrar, *Scienza e Università in Germania. 1790-1850*, in M.P. Crosland (a cura di) *L'affermazione della scienza moderna in Europa*, Bologna, 1979, pp. 213-30. Vedasi inoltre F. Szabadváry, *Carl Friedrich Mohr and analytical chemistry in Germany*, «Talanta», 26 (1979), pp. 609-617.

- 46) H. Schwarz, *op. cit.*, p. V.
- 47) *Ibidem*, p. 2.
- 48) F. Margueritte, *Mémoire sur un nouveau procédé de dosage du fer par la voie humide*, «Ann. Chim. Phys.», **18** (1846), pp. 224-255.
- 49) Sui contributi analitici di Mohr vedi, oltre agli studi già citati, J.M. Scott, *Karl Friedrich Mohr, 1806-1879, father of volumetric analysis*, «Chymia», **3** (1950), pp. 191-203; E.E. Aynsley, W.A. Campbell, *Karl Friedrich Mohr's contributions to chemical apparatus*, «School Science Review», **40** (1959), pp. 312-317.
- 50) F. Mohr, *Traité d'analyse chimique a l'aide de liqueurs titrées*, Paris, 1857; le citazioni seguenti sono riferite a questa edizione, non essendosi potuto consultare l'originale; cfr. n. 3.
- 51) F. Szabadváry, *op. cit.*, p. 244: rispettivamente acidimetria, permanganometria, iodometria, impiego del bicromato di potassio e del cloruro stannoso, argentometria (assente nell'edizione francese).
- 52) E. Mohr, *op. cit.*, p. XIII.
- 53) *Ibidem*, p. 420; F. Szabadváry, *op. cit.*, p. 176.
- 54) F. Mohr, *op. cit.*, p. 31.
- 55) *Ibidem*, pp. XIII, 401.
- 56) Sullo sviluppo del dispositivo vedi R. Christophe, *op. cit.*, n. 14.
- 57) F. Mohr, *op. cit.*, p. 134.
- 58) *Ibidem*, p. 140.
- 59) F. Szabadváry, *op. cit.*, p. 182.
- 60) A.B. Poggiale, *Traité d'analyse...*, cit., cfr. n. 8.
- 61) *Ibidem*, p. 39, 154 e passim.
- 62) *Ibidem*, p. 5, 6 e passim.
- 63) *Ibidem*, p. 204.
- 64) *Ibidem*, p. 207, 256.
- 65) *Ibidem*, p. 33.
- 66) *Ibidem*, p. 11, 187 e passim.
- 67) *Ibidem*, p. 38.
- 68) *Ibidem*, p. 278.
- 69) *Ibidem*, p. 237.
- 70) *Ibidem*, p. 2 e 3.
- 71) F. Mohr, *op. cit.*, p. X.
- 72) M. Giua, *Storia della Chimica*, Torino, 1946, p. 109, 138.
- 73) F. Mohr, *op. cit.*, p. 2.
- 74) F. Mohr, *Lehrbuch der...*, Braunschweig, 1874, p. 50.
- 75) A. Ure, *Recente Improvements in Arts, Manufactures, and Mines: Being the second edition of a supplement to the third edition of his dictionary*, London 1845. Appendix p. 279 e sgg. alla voce *Alkalimetry*.
- 76) W. Henry, *Elements of Experimental Chemistry*, London, 1818, v. II, p. 512.
- 77) J.J. Griffin, *On the Constitution of Aqueous Solution of Acids and Alkalies*, «Phil. Mag.», **29** (1846), pp. 289-310 e 444-467. L'autore, che si è applicato ad elaborare una nomenclatura inglese del metodo, non si dilunga sulla procedura di titolazione poiché si propone di pubblicare un trattatello sul «centigrade testing (dosage)» destinato ai fabbricanti di prodotti chimici. Non risulta però purtroppo che vi abbia poi provveduto.
- 78) N. Lingard, W.V. Farrar, *Victorian Travel Diary*, «Chem. in Brit.», **15** (1979), pp. 191-194. Il riconoscimento del debito verso Griffin da parte di Mohr, potrebbe forse spiegare il suo silenzio, nella prima edizione del *Lehrbuch...*, sulle definizioni introdotte da Schwarz.
- 79) R. Fresenius, *Traité d'analyse chimique quantitative*, Paris, 1875, III^a edizione francese consultata in mancanza dell'originale tedesco, pp. 709 e 720.

- 80) A. Sobrero, *op. cit.*, p. 128.
- 81) G. Orosi, *op. cit.*, p. 527.
- 82) A.A. Allen, *Normal Solutions*, «Chemical News», **40** (1879), p. 239.
- 83) E. Fleischer, *A System of Volumetric Analysis*, London, 1877.
- 84) F. Sutton, *A Systematic Handbook of Volumetric Analysis*, London 1911; la prima edizione, non potuta consultare era del 1863, l'ultima (l'undicesima) è del 1955.
- 85) R. Fresenius, *op. cit.*, n. 79, p. 18.
- 86) E. Fleischer, *Die Titrimethode als Selbständige Quantitative Analysen*, Leipzig, 1871.
- 87) F. Szabadváry, *op. cit.*, p. 256.
- 88) Sulla storia degli indicatori vedasi in particolare: A.G. Debus, *Solution Analyses prior to Robert Boyle*, «Chymia», **8** (1962), pp. 41-60; F. Szabadváry, R.E. Oesper, *Indicators - a Historical perspective*, «J. Chem. Educ.», **41** (1964), pp. 285-287; A.A. Baker, *A History of Indicators*, «Chymia», **9** (1964), pp. 147-167; W. Eamon, *New Light on Robert Boyle and the Discovery of Colours Indicators*, «Ambix», **27** (1980), pp. 204-209.
- 89) E. Luck, *Ein neuer Indicator zur Titrierung von Alkalien und Sauren*, «Zeit. Anal. Chem.», **16** (1877), pp. 332-333.
- 90) G. Lungè, *Methyl-Orange as an Indicator in Akalimetry*, «Chemical News», **44** (1881), p. 288.
- 91) W. Ostwald, *Lehrbuch der Allgemeinen Chemie*, II aufl., Leipzig, 1891, v. I, p. 799. La questione venne poi ripresa, ampliata e posta alla base della teoria delle titolazioni in un successivo lavoro: *Die Wissenschaftlichen Grundlagen der Analytischen Chemie*, Leipzig, 1894.
- 92) W. Ostwald, *Elementi Scientifici di Chimica Analitica*, Milano 1901. Nell'autore la consapevolezza del ruolo esercitato dal proprio intervento risulta evidente nonostante il palese refuso dell'edizione italiana.
- 93) J.I. Solov'ev, *L'evoluzione del pensiero chimico dal '600 ai giorni nostri*, Milano, 1976, p. 326; Ostwald, Wilhelm, in C.C. Gilliespie (ed.), *Dictionary of Scientific Biography*, New York, 1978, vol. XV, Supplement I, alla voce, p. 460.

Anders Lundgren

Office for History of Science - Uppsala University

Berzelius, Dalton and chemical atoms

Introduction

Berzelius's place in the history of chemistry has usually been traced to his early acceptance and experimental elaboration of Dalton's atomic theory. Such a view, however, too quickly passes over his initially very harsh criticism of Dalton. A closer look on how Berzelius came to accept Dalton's theory, leads to a better understanding of his chemistry and also illuminates the implications for the nineteenth century of the chemical revolution. As a student Berzelius learned the chemistry of Torbern Bergman and of Lavoisier. Both chemists were influenced by physics, which conferred on their work, among other things an instrumental approach to theorizing.

In order to be able to better describe Berzelius's position I should like to distinguish two broad kinds of atomism in the eighteenth and nineteenth century, chemical and physical, differing with respect to how they were used. The physical atom was traditionally invoked to explain phenomena common to all forms of matter. Occurring in one, two, and occasionally three or more types, they constituted the building blocks of next level of complication, that is, the chemical atoms. The latter, in their turn, could form more complex structures, the compound atoms. Chemical atoms were invoked to describe unique kinds and features of matter. The combinations of physical instrumentalism and descriptive chemistry in Berzelius's background made him prefer chemical over physical atoms.

The common sense of a practising chemist found it necessary to assume that atoms exist. These atoms I shall here call common sense atoms, as all scientists, needed something to signify the smallest object that common sense tells us could be reached through mechanical division of chemical substances. In practice the common sense atoms often amalgamated with the chemical atoms, which did not have the same philosophical implications as physical atoms.

Another neglected aspect, in the development of chemistry, is the technological tradition. Chemical techniques were important, not the least for identification and determination of composition, and hence for the theoretical development. The technical background explains much of the strength in the common sense argument. The attitude of a technician towards a practical problem was often not

very sophisticated from the what was intuitively considered correct and as corresponding to what was seen in day-to-day work. Even if chemical theory developed considerably during the 18th century, traces of the technician's attitude can be seen when a chemist says he knows what an atom is, and means a common sense atom. Also during the eighteenth century there often was a tension between physicists and chemists, even a hostility, reflecting a difference between a science close to philosophy, and a science close to handicraft and technology.

The laws of proportions

The attempts to apply the Newtonian law of attraction when measuring chemical affinity failed at the end of the eighteenth century. Instead attempts to measure affinity by weight measurements, i.e. through quantitative determination of chemical composition, were carried out. Of course weight measurements were of interest for the Newtonian studying affinity, but since atoms could not be seen and hence not studied, the particle concept so essential in Newtonian chemistry lost its practical meaning.

So when chemists focused on weight measurements, particles (including the common sense atom) had ceased to play a theoretical role. Experimental studies of affinity were carried out in what can be called «a theoretical vacuum», which suited Lavoisian methodology well. Dalton's theory provided a possibility to fill this vacuum. But while doing so, it invoked physical atoms, which caused problems for chemistry.

In 1810 Berzelius's presented the central laws of proportions, for which the doctrine of definite proportions was a prerequisite. The «law of unity» stated that when two substances combine chemically in different proportions, one substance must always be present with one smallest unit, whereas the other substance, usually oxygen, enters with one, one and a half, two or four units. The «law of oxides» stated that the amount of oxygen in one part of salt must be a multiple integer of the amount of oxygen in the other part of the salt (a salt consisting of a compound between an acid and an alkali, both containing oxygen). The laws of proportions limited the number of possible combinations, which must be done to save the definite proportions. If all kind of numerical relations between the constituent parts of a compound should be allowed, there would be no definite proportions at all.

The smallest unit which could enter a chemical compound can be called the porportion-determining unit. It could be studied through analysis of what Berzelius called a «composition in minimum», a compound of one unit of a certain substance with the smallest amount, i.e. one unit, of oxygen. Still the causes for chemical proportions were not known. Berzelius could not say if multiple proportions «follow a rule, common for all substances, or depend on specific

rules for each substance». Berzelius did not like this, «for all these circumstances there must be some ground, which I hope to discover by a careful examination of several substances».

In the middle of these studies Berzelius encountered Dalton's theory. Initially it seemed to provide an excellent answer, but it was based on a physical atomic theory, alien to Berzelius's chemistry, both for methodological reasons (part of the Bergman-Lavoisier heritage), and for practical (particles could not be experimentally studied). The study of proportions were independent of any theory of the structure of matter.

Berzelius and Dalton

If Berzelius was disinterested in atoms, that was not the case for Dalton. Physical studies of gases and their solubility in water gave Dalton the idea that atoms of different elements were characterized by their definite weights, unique for each element. This assumption, made it easy to explain definite and multiple proportions, and thanks to the rule of simplicity, it was possible to determine the relative atomic weight for each kind of atom. Still there were many opponents, and Berzelius was one. From preserved laboratory journals it is clear that in 1806 Berzelius knew about Dalton's list of atomic weights, and that he did not take any notice of these weights. He did not see Dalton's studies as possible contributions to chemistry.

Berzelius learned the chemical significance of Dalton's theory through the works of Wollaston. Having read Wollaston's «On the Super-Acid and Sub-Acid Salts», Berzelius however interpreted Dalton's theory as a theory which could explain the laws of proportions, and in 1810 he placed great expectations in it. «If Dalton's hypothesis is found to be correct, it is the greatest step for chemistry in its perfection as a science». There are no references to atoms in his account of Dalton's theory, even if he noticed that it contained a mechanical explanation of proportions. The important rule of simplicity is discussed in terms of weight relations. This was natural, as theories on matter had had no bearing on the formulation of the laws of proportions. They were the result of a wish to measure affinity, which until then had been done without references to matter theory. Consequently Dalton's theory represented to Berzelius a new way to understand affinity, not matter.

When reading Dalton's *A New System* in spring 1812, Berzelius reacted as most chemists, negatively. His statement that Dalton «a trompé mes espérances» has often been quoted. Berzelius objected to the unsatisfying experimental verification, and noted that Dalton's theory was incompatible with the laws of proportions. This was to be a crucial issue for Berzelius. But he preserved some of his initial enthusiasm for the theory. Its simplicity was tempting, and appealing, even if it could not be accepted as there were important methodological differences between

Dalton and Berzelius. Dalton started with indestructible atoms and explained proportions, while Berzelius started with proportions and sought an explanation.

Dalton seemed to have given the common sense chemical atom an important place in chemical theory, but at the same time this atom had become imbued with physical properties, which conflicted with experimentally established chemical results. The laws of proportions required half atoms from Dalton, but when amalgamating the chemical and the physical atoms, Dalton made chemical atoms unsplitable. The laws of proportions were not linked with atoms, but with the proportion-creating unit, which carried no distinct physical meaning. The atomic theory was subordinated to the theory of proportions.

After having read Dalton, Berzelius's terminology concerning proportions varied greatly. The gap between proportions and atoms threw a shadow on atoms. Berzelius expressed proportions in weight relations and used the concept of atom above all to express a certain weight unit, found when measuring proportions. The simplicity and the future possibilities of the theory remained appealing, and he did not always clearly distinguish «atom», meaning weight unit, from «atom», meaning a chemical atom.

He also expressed proportions in other ways than with atoms, «volumes» being one alternative. Volumes and atoms were both proportion weight units, but the advantage with volumes was their experimental foundation and their providing an alternative (the half volume) to a half atom. However since the laws of proportions were based neither on atoms, nor on volumes, but on the proportion-determining unit, a change of terminology did not mean much for the practical chemical result. As atoms could explain chemical proportions, the atomic theory and the theory of proportions partly overlapped, but they were not congruent. Certainly Dalton had created «a corpuscular theory from which the doctrine of definite proportions follows as a necessary consequence», but to Berzelius the reverse was not necessary. From the existence of proportions the atomic theory does not follow as a logical consequence.

From late 1813 Berzelius more consciously used the common sense argument for accepting chemical atoms and for taking Dalton seriously. That matter was built by unsplitable atoms was «most conformable to our experience», a vague expression, which did not solve the problems, above all caused by the law of oxides, which contained «great difficulties» when applied «to a number of chemical phenomena». According to the law of oxides, one part of a salt sometimes had to have the formula $1A + 1\frac{1}{2}B$. This Dalton would not allow, he would write $2A + 3B$, which was impossible to Berzelius. By allowing $2A + 3B$, one also had allowed $9A + 10B$, $99A + 100B$, etc., which would destroy the established proportion theory. Before this problem was solved «the hypothesis of atoms can neither be adopted, nor considered as true». In 1813 Berzelius was very ambivalent towards atoms. He apparently liked the idea of explaining proportions with particles, and often expressed himself as if accepting atoms. Still the common

sense atom, however much it would simplify chemistry, was in conflict with experimentally determined proportions.

The problem posed by the law of oxides was solved in 1816, in a study of phosphoric acid and its salts. Phosphates could be made to agree with the law only if phosphorous contained oxygen, something Berzelius could not verify experimentally. The verdict of the experiments led to a change in the theory. From now on compounds of the type $2A + 3B$ were permitted, contrary to the laws of proportions (though perhaps only as occasional exceptions). Half-atoms were thus not needed and a strong objection against disappeared.

The laws of proportions had moved from *contra* to *pro* atoms. From now on, Berzelius linked the proportion-determining unit with the chemical common sense atom, but he did not accept chemical atoms as dogma. The instrumentalism of his heritage would not permit that. In the third volume of his text-book in chemistry (1818) Berzelius explicitly discussed the role of theories in science. His methodology, which in the turbulence after Dalton was yet not fully developed, is now clearly expressed. Berzelius considered the atomic theory an instrumental theory. When discussing theories for explaining proportions, he explicitly says that all theories are nothing but a «manner of representing, in a consistent way, what is really behind the phenomena». All these manners might be false, and certainly often are, but if the chosen manner can explain all known facts, it is to be considered the best in the present state of science. To explain proportions, Berzelius from 1818 chose particles and named them «atoms», as best «corresponding to our idea» of the smallest proportion unit. He called the theory a corpuscular theory, and corpuscles then equalled chemical atoms. These he instrumentally considered unsplitable.

Instrumentalism had freed the chemical atoms from metaphysical content. In 1818 it was enough if the smallest proportion-determining unit could be theoretically represented as a particle. Berzelius accepted Dalton's atoms as common sense chemical atoms, not as philosophical physical atoms. Dalton's atoms and Berzelius's corpuscles in practice coincided, but the two had reached their respective standpoint on different routes. Dalton's atoms belonged to another philosophical tradition than Berzelius' particles. The difference between the two chemists was overshadowed from 1818 by Berzelius himself, when he decided to name the particles chemical elements were considered to consist of, «atoms», as the «most common and best expression on the idea» associated with these particles.

Conclusions

Obviously the Lavoisian tradition continued to exercise a strong influence on chemistry long into the nineteenth century, and from Berzelius's chemistry many connections between Lavoisian and nineteenth century chemistry emerge. Mentioned should be the role of oxygen and the composition of salts, as well as the

quantitative approach (one prerequisite for the theory of definite proportions). The Lavoisian definition of an element also shows some similarities with Berzelius's proportion-determining unit. Both were in principle possible to find empirically, but both were also part of a theoretical framework which transcended the empirical foundation.

Berzelius also exemplifies the role of chemical techniques. He constantly underlined the necessity of carefully done experiments in chemistry, and actively developed chemical apparatus and experimental methods (glass-blowing, balance and blow-pipe). To Berzelius a carefully done experiment was a strong argument. His support for common sense chemical atoms strongly reminds of the technological attitude, and the lingering tension between his experimental results and the physical implications of Dalton's atomic theory of the conflict between chemists and physicists.

To understand Berzelius' changing views of the atomic theory, stress must be put on the tension between the instrumentalism in the Lavoisian methodology and the common sense atom. Still, it must be reminded, there was nothing in Berzelius's criticism which *directly* contradicted Dalton's views on the structure of matter, and no arguments directed against atoms *per se*, i.e. against physical atoms. Such a critic would have to be philosophical, and philosophy never caught Berzelius's interest. What he criticised was Dalton's use of atoms to explain chemical proportions.

If not a philosopher, Berzelius was very conscious about scientific methods, and well aware of the role and status of theories, as well as of empirical investigations in chemistry. This consciousness had grown during the time he learned of Dalton's atomic theory, and it was to help him to a maximum use of the atomic concept. It was a result of the clash between common sense atom, emanating mostly from Swedish mineralogical tradition, and Lavoisian methodology. This clash changed the atom concept for Berzelius. From having been a common sense concept, it became an instrumental concept, which was part of a conscious methodology.

The author is working on an extended version of this paper, to which it is referred for full details and references.

Fabio Decet
Belluno

Un apparato per la dilatazione dell'aria: 1300-1800

Summary

An account is given of some stages of a simple apparatus for the expansion of air at constant pressure along 500 years during that it substantially didn't changed.

Its path through the preparatory stages, the birth and growth of the Modern Science allow to observe how had been interpreted in the light of different problems and assumptions.

In this connection texts of G. Buridano (ca 1295-ca 1358), G.B. Porta (1535-1615), G. Galilei (1564-1642), H. Boerhaave (1668-1738), A. Volta (1745-1817) and J.L. Gay-Lussac (1778-1850) are quoted.

Introduzione

Nel 1927 il Congresso Internazionale di Fisica di Como attribuì al Volta la scoperta della legge di dilatazione dell'aria a pressione costante (1). Tuttavia secondo un autorevole storico della Chimica quale il Partington occorrerebbe distinguere tra *pubblicazione* della legge di espansione dei *gas*, la sua *scoperta* e la *pubblicazione* della legge relativa all'*aria*; la prima sarebbe da attribuirsi senz'altro a Gay-Lussac e Dalton, la seconda a Charles ed infine l'ultima a Volta (2). Anziché cercare risposte relative ad una improbabile priorità lo scopo di queste note sarà quello di illustrare alcune tappe percorse da un apparato sperimentale per la dilatazione dell'aria nell'arco di 500 anni in un cammino che lo ha visto passare attraverso le fasi preparatorie, la nascita e lo sviluppo della scienza moderna. Nella sua forma più semplice esso è costituito da un matraccio (di cui la Fig. 1 offre alcune varianti) immerso in un liquido opportuno; il variare del livello di penetrazione di quest'ultimo in funzione della temperatura consente di valutare il dilatarsi ed il contrarsi dell'aria.

Buridano: perché si dilata l'aria?

L'espansione dell'aria per effetto del calore era certamente un fatto ben noto fin dall'antichità (ed anzi sfruttato in curiosi apparati, ad esempio per aprire le

porte dei templi (3) ma rimaneva tuttavia confinato nel campo delle arti meccaniche.

Il suo ingresso nella scienza, o per meglio dire nella filosofia della natura, mi pare si possa datare solo con *Giovanni Buridano di Bethune* (ca. 1295-ca 1358). Questi nel suo commentario alla Fisica di Aristotele, scritto probabilmente attorno al 1328 (4)¹ critica la posizione di Occam (1280-1349) relativa alla quantità.

Occam riteneva che quantità e sostanza fossero equivalenti, mentre per il Maestro parigino la quantità è un accidente e differisce sia dalle qualità che dalla sostanza. Ne consegue che, mentre per Occam la materia può assumere un volume maggiore per effetto del moto relativo delle sue particelle costitutive, per Buridano ciò è possibile solo per azione d'una qualità, ad esempio il calore, che «corrompa» la quantità.

Buridano afferma:

Non obstante tamen, quod sic possent salvi vel evadi rationes praedictae, ego ponam conclusionem quod nulla substantia est magnitudo. Et hoc declaratur, supponendo aer manens idem secundum substantiam potest multum rarefieri vel condensari per calefactionem vel frigectionem.

Quod experimentaliter apparet, si fiola vitrea ponatur super carbones, aer interior multum rarefiet intantum, quod si os fiolae ponatur in aqua frigida culo verso superius, cum per parvam moram temporis aer interior refrigebitur, ille intantum consensabitur, quod oportebit aquam ascendere in fiolam usque ad medium eius repletionem, ne sit vacuum, quia aer interior condensatus occupat minorem locum in subduplo quam ante, cum esset rario. Postea ego etiam suppono per experientiam, quod trahendo vel deprimendo aerem sine calefactionem vel frigectione, tu non potes intantum scilicet ad duplum, condensare vel rarefacere, sicut est dictum quod hoc potes per calefactionem vel frigectionem, quod patet in follibus. Nam si latera follis sint perfecte ab invicem elevata, ut intra sit plenitudo aeris, et obstruantur bene omnia foramina follis, tu non poteris comprimere latera follis ad subduplum, immo nec ad aliquam notabilem quantitatem. Ergo per compressionem tu non potes notabiliter condensare aerem².

Come ha fatto notare Anneliese Maier (5) non fu tanto l'assunto filosofico di Buridano quanto il metodo col quale operò la critica ad impressionare i filosofi della natura del tempo³.

È anche attraverso simili contributi che inizia a farsi strada la comprensione che nelle «qualità» aristoteliche sono legati assieme elementi che richiedono spiegazioni differenti, ontologiche e fisiche.

Se tali riflessioni non precorrono la rivoluzione scientifica del XVII secolo, certamente contribuiscono a prepararla (6).

G.B. Porta: utilità e bellezza

Circa duecent'anni dopo *G.B. Porta* (1535-1615) pubblica un esempio alme-

no in apparenza simile nel suo fortunatissimo *Magia Naturalis* (7).

Nunc ad cognata, sed varia experimenta transeamus, etiam pneumatica, ex aeris ratione exorientia, quo modo dilateture et comprimatur, igne rareseat et densetur frigore.

Si vis ut vas inversum aquam hauriat, ita efficies. Longissimi colli paretur vas, et quanto longius fuerit, eo mirabilius videbitur, vitreum vero et pellucidum, ut ubi optime effuerbuerit, vel igni fundum admonendo, illico, ne frigescat inverso ore aquam tangat et intro totam absorbeat.

Sic naturae rerum exploratores Solis radiis aquam hauriri, et absorberi aiunt, e terrae concavis locis in montes, unde fontana efficitur scaturigo.

Il Porta sembra qui tener fede più che altrove al suo programma: «osservare i fenomeni onde, compiuta l'osservazione, tutto si possa operare» (8).

Per Porta la dilatazione non è più un argomento di pura contesa filosofica ma di magia naturale, cioè di ricerca e di applicazione delle forze che animano i corpi naturali.

Indubbiamente ci si trova qui nel bel mezzo del dibattito rinascimentale sull'astrologia ma è appunto in tale contesto che si va chiarendo la differenza tra rigore razionale e visione, tra interpretazione scientifica verificabile ed aspetti soggettivi (9).

Galilei e la caraffella del collo sottilissimo

Come dirà il Volta (10) il termoscopio era lì da almeno 200 anni a dimostrare nel più bel modo la dilatazione dell'aria. Su chi si dovesse poi ritenere l'inventore del termoscopio le congetture abbondavano⁴. Sia come sia il contributo del *Galilei (1565-1642)* al riguardo è testimoniato da una lettera del 1638 di B. Castelli (11-12).

«Mi sovvenne un'esperienza fattami vedere già più di trentacinque anni orsono dal nostro Sig. Galileo, la quale fu, che presa una caraffella di vetro di grandezza di un piccol uovo di gallina, col collo lungo due palmi in circa, e sottile quanto un gambo di pianta di grano, e riscaldata bene colle palme delle mani la detta caraffella, e poi rivoltando la bocca di essa in vaso sottoposto, nel quale era un poco di acqua, lasciando libera dal calor delle mani la caraffella, subito l'acqua cominciò a salire nel collo, e sormontò sopra il livello dell'acqua del vaso più di un palmo; del quale effetto poi il medesimo Sig. Galileo si era servito per fabricare un istrumento da esaminare i gradi del caldo e del freddo».

Il testo esemplifica bene i cambiamenti avvenuti: non solo hanno acquisito dignità scientifica oggetti comuni, vili quasi, ma l'attenzione si appunta sul loro perfezionamento ai fini di ottonere misure accurate (13).

Certamente non era ignota la misura alla filosofia della natura del XVI secolo⁵ ma solo ora è aperto il campo perché la si pratichi estesamente.

L'interesse per quest'ultima infine è il segno di un'avvenuta «matematizzazione» delle qualità aristotelico-scolastiche (14).

Boerhaave: il termoscopio strumento didattico

L'uso del termoscopio nel corso dei Sei-Settecento entra a far parte degli insegnamenti comunemente impartiti nelle aule universitarie.

L'esperimento riportato da *H. Boerhaave (1668-1738)* nei suoi *Elementa Chemiae* manifesta chiaramente il suo carattere di resoconto di una lezione (Fig. 1 A) (15).

Ut tamen haec et coram toti pateant theatro, en assumo Phialam Chemicam ventris capacissimi, angustiori colli, haec jam aere plena illo, in quo jam versamur hic loci. Inversam aquae impono; videtis, ubi admoveo Ignem bullatim aer elidi ex collo, per aquam; intelligitis, igitur jam minus mansit aeris in vase, quam prius, pro ratione scilicet, qua bullae exiverunt. Amoveo Ignem. Quam subito adscendit jam aqua in collum. Rursum cernitis admoto, abductoque vicissim, Igne, salire et delabi, aquam in collo, imo vi quiescere vel duobus momentis.

L'affermazione di Boerhaave: «Aer comune, minimo Ignis incremento expanditur in tota mole sua» preposta al testo riportato indica l'obiettivo dell'esperimento che non è tanto l'illustrazione dell'elasticità dell'aria (sul quale tema segue le ipotesi del Boyle) ma della sua concezione del fuoco⁶.

Insomma la fiola vitrea del Buridano, diventata Phiola Chemicum passa al servizio di altre, diverse, ipotesi.

Volta: deviazioni grandissime ed incomprensibili

Verso la fine del '700 sulla dilatazione dell'aria è disponibile una quantità di dati tra loro a volte discordanti in modo notevole cosicché non è chiaro se l'espansione debba ritenersi lineare o meno. Il fatto singolare tuttavia è che a sostenere deviazioni sia pur modeste sono autori come Roy e Luz i cui dati particolarmente accurati indurrebbero ad opposte conclusioni⁷. La cosa non sfuggì al *Volta (1745-1827)*: dove il Roy e Luz vedevano comportamenti anomali, il Comasco individua regolarità. Tutto questo gli fa apparire ancora più inaccettabili i dati pubblicati da Morveau e Duvernois. Volta afferma:

«Meno male che le dilatazioni da tal marcia che Roy e Luz credono di aver scoperto non sono poi molto grandi. Ma che dobbiamo pensare e credere delle nuove esperienze di Duvernois e Morveau dalle quali risultano deviazioni grandissime ed incomprensibili?» (16)⁸.

Va ricordato che deviazioni notevoli erano state descritte da alcuni autori (riportate dal Volta) ed ascritte alla presenza di umidità nell'aria e sull'apparato.

A tale scopo lo strumento voltiano nella versione finale viene immerso in olio di lino («... che non dà vapori elastici in modo notevole fino ad 80 R...») e bollito a lungo con esso per eliminare ogni traccia d'acqua (Fig. 1 B).

Quale liquido termometrico Volta sceglie il mercurio, in questo seguendo il De Luc⁹; controlla l'espansione dell'aria non solo di 10 gradi (R) in 10 ma anche di 2 in 2, sia scaldando che raffreddando. Conclude che la dilatazione dell'aria per il calore è proporzionale agli aumenti del medesimo tra la temperatura del ghiaccio e dell'acqua bollente.

Su quale dovesse poi essere il valore del coefficiente di dilatazione non mancavano certo i suggerimenti. La Tab. 1 riporta i dati reperiti in letteratura dal Volta stesso. A parer suo i valori più attendibili erano quelli attorno a $1/270$ (riferiti alla scala centigrada); lo stesso Lavoisier (17) aveva adottato per i suoi calcoli il valore proposto dal De Luc. Quanto a Volta trova un valore pari a $1/275$ sempre in riferimento alla scala Celsius.

Gay-Lussac: ipocrita sincero?

La stessa incredulità di Volta nei riguardi del lavoro di Morveau appare nell'articolo di *Gay-Lussac (1778-1850)* che lo definisce «... si loin de la verité» (18).

In quel periodo Gay-Lussac sta muovendo i primi passi della sua carriera scientifica sotto la guida di Berthollet (il quale a sua volta si era cimentato nella misura della dilatazione dell'aria e dell'idrogeno nel 1786).

Probabilmente è a conoscenza dei risultati del Volta ma non lo cita (19).

Riporta invece i risultati comunicatigli da Charles (1746-1823) e mai pubblicati¹⁰.

Gay-Lussac agisce pienamente nell'ambito della Chimica Lavoisieriana, nella quale i gas sono diventati il terzo stato della materia e non suscita meraviglia che rivolga innanzitutto l'attenzione ad essi e solo poi all'aria comune. Impiega apparati differenti per i gas insolubili in acqua e per quelli solubili. Per quest'ultimi adopera un sistema piuttosto semplice (Fig. 1 C) consistente in due tubi di vetro graduati contenenti uno il gas in esame e l'altro aria, immersi entrambi in un bagno di mercurio¹¹.

Ponendo l'intero apparato in stufa rileva come la dilatazione proceda nei due casi sempre in modo parallelo, quale che sia il gas adoperato.

Il valore del coefficiente di dilatazione da lui trovato è di $1/266$ /riferito alla scala Celsius). Con i primi del XIX secolo la dilatazione dei gas segue il destino della Chimica pneumatica e perde d'importanza; vanno tuttavia ricordati almeno due altri contributi al riguardo.

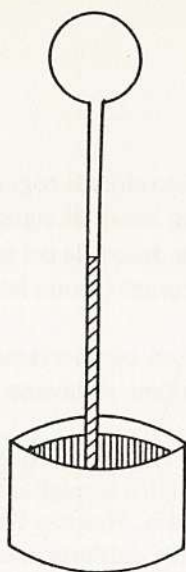
Dalton (1766-1844) (20) nel 1802, operando in un contesto differente da quello, lavoisieriano, del francese, trova¹² dilatazioni dell'aria non perfettamente uniformi.

Autore	Coefficiente di dilatazione [1]
Saussure	$\frac{1}{294}$
Roy	$\frac{1}{278}$
De Luc	$\frac{1}{269}$
Lambert	$\frac{1}{269}$
Luz	$\frac{1}{265}$
Trembley	$\frac{1}{240}$
Amontons	$\frac{1}{237}$
{ Berthollet Monge Van Demonde	$\frac{1}{230}$
Schuckburgh	$\frac{1}{229}$
"Molti"	$\frac{1}{228}$
"Molti altri"	$\frac{1}{200}$
Pristley	$\frac{1}{106}$

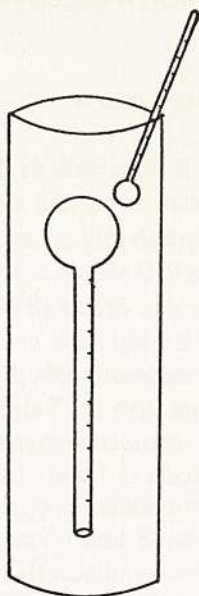
[1] Riferito alla scala centigrada.

TAB. 1 — La tabella riporta i valori dei coefficienti di dilatazione dell'aria secondo gli autori presi in considerazione da Volta (Rif. 10). I valori originali sono riferiti alla scala Réaumur.

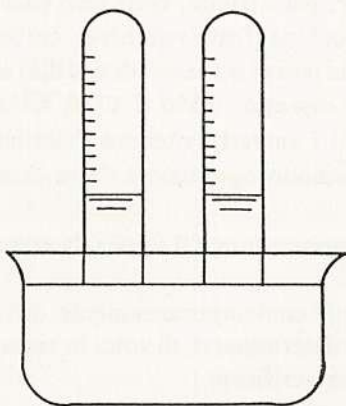
Du Long P.L. (1785-1838) e Petit A.T. (1781-1820) confermano la regolarità dell'espansione dell'aria fino a 300 C. (21).



A



B



C

FIG. 1 — Apparatı per la dilatazione dell'aria (copie dagli originali)

A) Boerhaave, H. Rif. 15.

B) Volta, A. Rif. 10.

C) Gay-Lussac, J.L. Rif. 18.

Infine Regnault H.V. (1810-1878) nel 1847 dimostra che i vari gas hanno coefficienti di dilatazione leggermente differenti tra loro.

L'aria e le arie

Benché esuli dagli scopi di queste note un esame dettagliato circa le cognizioni relative all'aria ed alle cause della sua espansione, alcuni cenni al riguardo sembrano utili per meglio chiarire le conclusioni. Il panorama delle arie nel corso del XVIII secolo si arricchì enormemente: nel corso di due decenni furono isolate circa due decine di differenti gas (22).

Crebbero di conseguenza gli interrogativi riguardo il loro comportamento nei confronti della dilatazione. Le spiegazioni che di quest'ultima si davano erano poi diverse. Valga come esempio il testo del Poli (23):

«Non convengono i fisici tra loro intorno alla cagione di siffatta elasticità... Parecchi la fanno dipendere dalla forma spirale, ramosa od altro somigliante di cui suppongono esser naturalmente dotate le particelle dell'aria. Newton l'attribuisce ad una forza repellente che ciascheduna delle particelle dell'aria esercita contro le adiacenti».

Nella nota il suo traduttore dal latino V. Dandolo precisa:

«L'elasticità dell'aria, anzi di tutti i fluidi aeriformi, trae origine dalla combinazione o dissoluzione, per affinità, delle loro basi solide nel calorico».

Le concezioni newtoniane (forze repulsive), cartesiane (particelle in moto di forme diverse) e chimiche (corpi portatori di qualità) appaiono qui con evidenza. Il già citato Luz aveva espresso, verso il 1774, un'opinione ancora differente (mutuata a sua volta dal Lambert): riteneva l'elasticità dell'aria effetto puro e semplice del calore. Cessando ogni calore l'aria diverrebbe verosimilmente un corpo solido (24).

A tutto ciò si sovrappone, lungo il secolo, la crescente attenzione per misure precise ed accurate (25).

Sono quindi presenti contemporaneamente differenti reti interpretative e modelli di ricerca i quali determinano, di volta in volta, quali siano i problemi e le ipotesi meritevoli di esser verificate.

Conclusioni

In Fig. 2 ho cercato di schematizzare come, a mio avviso, i problemi connessi con la dilatazione dell'aria, esaminati in queste note, siano stati sottoposti ad un processo di discernimento, eliminazione e di reinterpretazione dal 1300 al 1800.

Il fatto che alcuni aspetti siano stati di volta in volta eliminati non comporta

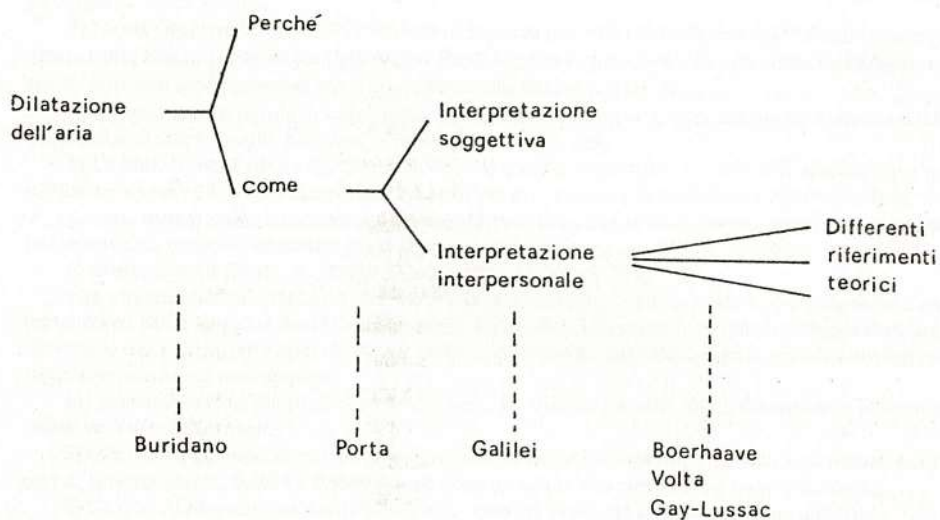


FIG. 2 — Lo schema illustra in modo semplificato i processi di discernimento, eliminazione e reinterpretazione connessi al tema della dilatazione dell'aria nell'arco di tempo esaminato. Sono indicate le posizioni che secondo l'autore i testi riportati occupano in tale percorso.

che essi siano privi di valore né che non abbiano continuato ad agire, ad esempio a livello soggettivo, nel processo di ricerca.

I fattori poi che hanno subito poche variazioni lungo tale percorso sono stati inseriti successivamente in panorami differenti assumendo significati diversi.

Ad esempio l'apparato sperimentale (nella sua essenza) e le conoscenze acquisite di volta in volta non sono state dimenticate completamente ad ogni cambiamento di prospettiva ma riusate nelle nuove situazioni teoriche.

In tale prospettiva il passato della scienza (e della Chimica in particolare) non appare come un malinconico cimitero ma piuttosto come un ricco repertorio di materiali su cui confrontare e creare nuove ipotesi.

Note

1) La versione qui riportata è stata confrontata da A. Maier sia sull'edizione a stampa del 1509 sia con il manoscritto della Vaticana.

2) In altra parte (Rif. 4, p. 386) Buridano riprende l'esempio del mantice ed afferma:

«Sed per talem inductionem experimentalem apparet nobis, quod nullus locus est vacuus... Unde si perfecte obstruerentur omnia foramina follis ad invicem, ita quod non posset aer subintrare, nunquam possemus latera follis ab invicem elevare, immo nec viginti equi possent, si decem traherent ad unam partem et decem ad alteram».

È certo singolare l'immagine dei cavalli e richiama alla mente l'iconografia dell'esperimento di Guericke di quasi 3 secoli dopo.

3) Nicola Oresme (ca 1320-1382) e Alberto di Sassonia (ca 1316-1416) alla fine del '300 ritornarono su questo tema; Biagio da Parma (ca 1345-1416) e Paolo Nicoletto agli inizi del '400 discutono il problema posto da Buridano confrontandosi con il suo esperimento (Rif. 4 p. 211-222).

4) Secondo quanto riporta lo stesso Volta la scoperta era attribuita di volta in volta ad Avicenna, Galileo, fra Paolo Sarpi, Borelli, Malpighi, e Drebbel (Rif. 10 p. 329).

5) La filosofia della natura del '300 resta una fisica senza misure (Rif. 4 p. 297-402) non tanto per insufficienze strumentali né per incapacità di calcolo ma per principio. È di Buridano l'affermazione:

«... non enim possumus per stateram scire si praecise libra cerae sit librae plumbi aequalis; potest enim esse excessus in ita parva quantitate quod non perciperemus excessum» (Rif. 4, p. 402).

6) Boyle afferma (Boyle, R., *Opere*, Torino 1977, UTET, p. 777).

«La capacità elastica della stessa quantità d'aria può esser aumentata agitando le particelle aeree... entro un corpo che le tenga racchiuse da ogni parte». A pag. 893 dello stesso testo quasi riecheggia Buridano riportando come l'aria, per azione del calore, produca effetti molto più vistosi rispetto a quelli ottenibili per espansione con mezzi meccaniche».

Per la concezione del Fuoco di Boerhaave si veda: H. Metzger *Newton, Stahl, Boerhaave et la doctrine chimique*, Paris 1930, Alcan.

7) Calcolando gli indici di correlazione r per i dati di Roy e Luz riportati dal Volta si ottengono valori pari a, rispettivamente, 0,9994 e 0,9999 i quali depongono per una correlazione lineare eccellente.

8) Guyton de Morveau era l'autore del Tomo terzo del *Traité del Lavoisier* dedicato all'affinità e magna pars nella Chimica francese del tempo: gli *Annales* erano editi da Monge, Berthollet e, appunto, Morveau. Nel lavoro citato dal Volta aveva trovato una dilatazione dell'aria tra 0 e 20 R pari a 1/202, mentre tra 40 e 60 R essa diveniva di ben 1/40 (sempre in riferimento alla scala centigrada). Ancora più avanti (Rif. 10, p. 363) Volta dirà di voler intraprendere nuove esperienze perché «colpito dagli *stragrandi inconcepibili* accrescimenti nella dilatazione dell'aria» presentati dai due Autori francesi.

9) De Luc ricercava la precisione con ossessione: la taratura di un termometro richiese ad un suo sottoposto 8 mesi di lavoro. Esprimeva i suoi risultati al riguardo con 3 o 4 cifre decimali (in un tempo nel quale i termometri della Royal Society avevano in media un errore di 3-4 F). Lo stesso De Luc aveva calcolato il coefficiente di dilatazione dell'aria in modo indiretto in base a misure barometriche (Rif. 25, p. 119).

10) J.A. Charles (1746-1823) il 7 agosto 1783 fece decollare dal campo di Marte di Parigi il primo pallone ad idrogeno che precipitò squarciato dopo 3 o 4 miglia. Questo fatto lo indusse a riempire i successivi aerostati solo per 3/4. È probabile che ciò sia stato uno dei motivi che lo indussero ad indagare la dilatazione dei gas (Clement, P.L., *L'Actualité Chimique*, 1984, p. 51).

11) Gay-Lussac per i gas insolubili in acqua scaldava un pallone ben secco in acqua bollente, lo portava quindi in una miscela acqua-ghiaccio e pesava l'acqua che penetrava nel pallone stesso. Il volume di quest'ultima corrispondeva alla dilatazione dell'aria nell'intervallo 0-100 gradi C.

12) L'apparato impiegato da Dalton (essenzialmente un tubo di vetro chiuso ad un estremo e contenente aria essiccata mantenuta confinata da una goccia di mercurio) si richiama a quello impiegato da Boyle per la determinazione della omonima legge dei gas ed è simile a quello impiegato da Roy (esso pure anglosassone) nei lavori qui citati.

Bibliografia

- 1) *Dictionary of Scientific Biography*, Scribners's Sons Publishers, New York, Vol. XIV, p. 76.
- 2) Partington, J.R., *A History of Chemistry*, London 1961-1964, Vol. 3, pp. 770.
- 3) Singer, C., Holmyard, E.J., Williams, T.I., *Storia della Tecnologia*, Vol. 2, Boringhieri, Torino 1976, p. 644.
- 4) Maier, A., *Metaphysische Hintergrunde der Spatscholastischen Naturphilosophie*, Edizioni Storia e Letteratura, Roma 1955, p. 212.
- 5) Rif. 4, p. 217.
- 6) Rif. 4, p. 223.
- 7) Porta, G.B., *Magia Naturalis*, J. Pressii, Hanoviae, 1644, p. 590.
- 8) Garin, G.B., *L'Umanesimo Italiano*, Universale Laterza, Bari, 1984, p. 217.
- 9) Garin, E., *Lo Zodiaco della vita*, Universale Laterza, Bari, 1982, p. 125.
- 10) Volta, A., *Collezioni dell'opera del Cav. Conte A. Volta*, Patrizio Comasco, G. Piolti, Firenze 1836, p. 329.
- 11) Galilei, G., *Opere*, Edizione Nazionale Vol. 17, p. 377.
- 12) Bellone, E., *Le leggi della Termodinamica*, Loescher Ed. Torino 1978, p. 51.
- 13) Reale, G., Antiseri, D., *Il pensiero dalle origini ad oggi*, La Scuola Ed. Brescia 1983, p. 147.
- 14) Dijksterhuis, E.J., *Il meccanicismo e l'immagine del mondo*, Feltrinelli, Milano 1980, p. 576.
- 15) Boerhaave, H., *Elementa Chemiae*, Lugduni Batavorum apud I. Severinum, 1732, Vol. I, p. 152.
- 16) Rif. 10, p. 356 e seg.
- 17) Lavoisier, A., *Trattato Elementare di Chimica*, Venezia, A. Zatta, 1791, Tomo II, p. 468.
- 18) Gay-Lussac, J.L., *Ann. Chem. Phys.* 43, 1802, 137.
- 19) Doldi, S., *Nuova Secondaria*, La Scuola Ed., Dicembre 1986, p. 27.
- 20) Rif. 2, p. 769.
- 21) Du Long, P.L., Petit, A.T. *Ann. Chim.* 7, 1817, 113.
- 22) Solov'ev, J.J., *L'evoluzione del pensiero chimico*, Mondadori, Milano 1976, p. 83.
- 23) Poli, G.S., *Elementi di Fisica Sperimentale*, Tip. Pepoliana, Venezia 1796, p. 34.
- 24) Rif. 10, p. 346.
- 25) Heilbronn, J.L., *Alle origini della Fisica Moderna*, Il Mulino Editore, Bologna 1984, p. 117.

Luigi Cerruti

Dipartimento di Chimica Generale ed Organica Applicata
Università di Torino

Payment by Results: l'insegnamento della chimica nell'Inghilterra vittoriana e la figura di W.A. Tilden

Summary

The aristocratic ideology of the liberal education dominated the English policy of science and technology teaching in the second half of the nineteenth century. In this connection the social setting of, the payment-by-results system, organized by the Science and Art Department (SAD), is discussed with particular reference to the teaching of chemistry. The eminent figure of W.A. Tilden is studied in the successive teaching appointments through his long career to describe his attitude towards the SAD examinations, the chemical teaching and the liberal education.

La seconda metà dell'Ottocento vide l'affermarsi di una nuova e diversa fase dell'ininterrotta rivoluzione industriale iniziata all'incirca un secolo prima: alle industrie estrattive, metallurgiche e tessili si affiancarono altre più strettamente legate alle "scienze" nel senso disciplinare del termine; fra queste, in primo luogo, quelle della produzione e del trasporto di energia elettrica, le industrie elettrochimiche — nelle diverse accezioni — e quelle chimiche in senso stretto. Queste ultime rinnovarono completamente il settore tradizionale degli "alcali" (che includeva la produzione degli acidi) e aprirono nuovi fondamentali comparti: fertilizzanti, esplosivi, coloranti, prodotti farmaceutici di sintesi. Il quadro storiografico generale è ben consolidato¹, ma le interazioni con l'economia, la società, la cultura dei singoli paesi furono così diversificate da richiedere ancora indagini dettagliate sui punti più delicati di queste interazioni.

In questo studio, centrato sull'Inghilterra, verrà ricostruita una parte del contesto culturale e ideologico dell'insegnamento scientifico-tecnico negli ultimi decenni del secolo scorso, avendo scelto come ordito le posizioni espresse dalle commissioni ufficiali di inchiesta sui diversi gradi di istruzione (anni 1860/70), e avendo utilizzato come trama l'esperienza di studio e di insegnamento di W.A. Tilden (1842-1926), uno dei più impegnati didatti dell'epoca.

Una scuola di classe

La letteratura secondaria sull'educazione scientifica in Inghilterra, passata

in rassegna da W.H. Brock nel 1975², era già estremamente vasta; 12 anni dopo, nel 1987, in una nuova rassegna, G. McCulloch aggiungeva qualche centinaio di titoli³ in specifico riferimento alla scuola secondaria, ma la recentissima, ampia ricerca di J.G. Donnelly⁴ sulle vicissitudini dell'istruzione tecnica nell'Ottocento e nel primo Novecento ha dimostrato la permanente fertilità di questo campo di indagine storica. D'altra parte anche nel nostro ultimo Convegno R. Bud e G.K. Roberts avevano portato un preciso contributo in questa area tematica⁵, che arricchiva la loro notevole opera sulla chimica nell'Inghilterra vittoriana⁶. Gran parte delle ricerche pubblicate hanno utilizzato in vario modo il vasto materiale prodotto dalle commissioni d'inchiesta cui facevo riferimento all'inizio. Ci si può chiedere quindi se vi sia ancora qualcosa di veramente nuovo da far venire alla luce. Invero non ho questa ambizione, piuttosto voglio proporre — con una certa forza — una sottolineatura su alcuni temi che pure si ritrovano con diversa enfasi negli autori inglesi. La sottolineatura riguarda sia la visione classista della società che è possibile leggere nelle proposte delle commissioni, sia l'altrettanto evidente connotazione di classe della scelte culturali imperniata intorno alla concezione della *liberal education*, sia, infine, la più sottile logica aristocratica che dalla *liberal education* portava ad una largamente condivisa *pedagogia delle facoltà* (mentali).

Il primo punto, della struttura di classe della scuola, è sostenuto esplicitamente nelle conclusioni della School Inquiry Commission presieduta da Lord Tauton⁷. Nel rapporto del 1868 veniva esposto nei dettagli un sistema di scuole secondarie, messe in corrispondenza ai «tre gradi della società». Alle scuole del «primo grado» competeva la preparazione degli studenti per l'università; il loro curriculum doveva basarsi sui classici latini e greci, le lingue moderne, la matematica e le scienze naturali; l'età di uscita proposta per questo tipo di scuola era 18 anni. Le scuole del secondo grado dovevano preparare gli allievi per le professioni, gli affari e l'esercito; dovevano essere trattati argomenti «moderni» ed era mantenuto il latino. Qui i commissari erano molto espliciti: «la mente dei discenti dovrebbe essere continuamente riportata su esempi concreti invece di essere continuamente esercitata all'astrazione»; gli allievi avrebbero abbandonato la scuola a 16 anni. Ed infine era proposto un terzo ed *ultimo* grado scolastico, a cui sarebbero dovuti andare i figli dei piccoli affittuari agricoli, dei commercianti e degli «artigiani superiori»; a loro sarebbe stato offerto di imparare ad un livello ottimale a leggere, scrivere e far di conto (le *three R's* del gergo pedagogico inglese); qui i ragazzi avrebbero terminato il loro periodo di istruzione a 14 anni⁸.

Nello stesso anno in cui la Commissione Tauton pubblicava il suo rapporto si era riunito un Comitato della Camera dei Comuni presieduto da Bernhard Samuelson; poiché il suo scopo era proprio quello di cercare i provvedimenti più adatti per l'istruzione tecnico-scientifica delle «classi industriali», essa prese molto sul serio questo «plurale sociologico» e giunse a distinguerne tre: «i capi reparto e gli operai impegnati nelle manifatture; i piccoli industriali e i dirigenti

(*managers*); i proprietari e i direttori (*managers-in-chief*) di grandi imprese industriali»; sulla base di questa "analisi" i membri del comitato interrogarono gli esperti sulla possibilità di curricula diversi per questi tre "gradi" della società. Le conclusioni tratte da queste testimonianze furono più semplici delle premesse, articolando solo una dicotomia dettata dalle rispettive funzioni all'interno del processo di produzione: «una conoscenza dei principi della scienza da parte di quelli che occupano i gradi industriali superiori, e il possesso di un'istruzione elementare da parte di quelli che hanno posizioni subordinate, tenderebbe a promuovere il progresso industriale»¹⁰.

Tutta questa attenzione dedicata al rapporto fra «classi industriali» e istruzione scientifico-tecnica era stata acuita dal relativo insuccesso del Regno Unito all'Esposizione Universale di Parigi del 1867, dove le merci e le tecniche inglesi erano state spesso messe in ombra dai corrispettivi francesi e tedeschi. Poiché la Francia e la Prussia possedevano un consolidato ed articolato sistema di istruzione pubblica, l'arretratezza nei settori tecnologicamente più significativi era stata imputata dall'opinione pubblica inglese principalmente — quasi esclusivamente — alle rudimentali strutture educative del paese. Ma in effetti il rapporto fra classi subalterne e istruzione tecnica era già stato stabilito in modo istituzionale dalla Science Division del Department of Science and Art (d'ora in poi SAD) nel momento stesso (1859) in cui aveva stabilito il sistema del *payment-by-results*: «Si spera che si sviluppi fra le classi industriali un sistema di istruzione scientifica che implichi il minimo possibile di costi e di interferenza da parte dello Stato»¹¹.

Può apparire curioso (qui, ora) che solo le «classi industriali» dovessero essere quelle destinate a sottomettersi a studi scientifico-tecnici, ma questa "cessione verso il basso" derivava direttamente dall'ideologia della *liberal education* che dominava la riproduzione — culturale — della classe dirigente inglese. Nel 1864 la Commissione Clarendon aveva svolto un'indagine conoscitiva sulle 9 (nove) "grandi scuole", le uniche ad essere definite allora *Public Schools*¹². Le sue conclusioni erano state che «La scienza naturale con piccole eccezioni è praticamente esclusa dall'educazione delle classi superiori in Inghilterra (...) mentre la scienza naturale è insegnata in tutte le *Grammar Schools*»; veniva suggerita «l'introduzione degli elementi della scienza naturale», ma nulla più di questo, in quanto i commissari affermavano a tutte lettere: «non desideriamo (...) che la scienza naturale occupi uno spazio considerevole (*large*) nell'istruzione generale»; ed infine si precisava che un'ora o due alla settimana avrebbero prodotto «frutti sostanziali»¹³.

Con queste premesse non c'è da stupirsi se all'inizio degli anni '70 un'altra Royal Commission "ritrovava" una situazione disastrosa (Commissione Devonshire, istituita nel 1870, sesto rapporto sulla scuola secondaria pubblicato nel 1875). La Reale Commissione "scopriva" che su 128 scuole recensite solo 18 dedicavano almeno 4 ore per settimana alle scienze, e in appena 13 vi erano locali destinati al lavoro pratico⁴. Con un'evidente falsa coscienza la "principale raccomandazione" dei com-

missari era la seguente: «Siamo costretti (...) a riportare la nostra opinione che il Presente Stato dell'Istruzione Scientifica nelle nostre scuole è estremamente insoddisfacente. Non possiamo considerare la sua quasi esclusione dalla preparazione delle classi superiori e medie che come poco meno di una sventura nazionale (*a national misfortune*)»¹⁵.

Il cardine dell'educazione delle classi medio-alte inglese rimaneva quindi lo studio dei classici latini e greci, e degli *Elementi* di Euclide. Non è possibile qui analizzare le diverse componenti dell'ideologia della *liberal education*, tuttavia esse risulterebbero abbastanza chiare dalle parole con cui i membri della Commissione Clarendon ringraziano le nove grandi scuole. Ad esse «riconoscevano» il mantenimento della letteratura classica «a fondamento (*as the staple*) dell'educazione inglese», e aggiungevano un autoritratto rivelatore: gli inglesi «sono debitori a queste scuole per le qualità di cui sono più orgogliosi (...) per la loro capacità di governare gli altri e di controllare se stessi, la loro attitudine a combinare la libertà con l'ordine, il loro spirito comunitario, il loro vigore e virilità (*manliness*) di carattere, il loro grande ma non servile rispetto per la pubblica opinione, il loro amore per gli sport e gli esercizi salubri»¹⁶.

Questa classe dirigente, così capace di «governare gli altri», e così compiaciuta di se stessa, sollecitata dallo strato emergente degli scienziati accademici, ammetteva un solo ruolo che la scienza potesse recitare — in una parte secondaria — nella commedia della *liberal education*. La scienza diveniva accettabile solo in quanto sollecitava positivamente certe “facoltà” della mente; così la Commissione Tauton aveva affermato che la scienza «stimola (*quickens*) e coltiva direttamente la facoltà di osservazione (...), la capacità di un'accurata e rapida generalizzazione e l'abito (*habit*) mentale del metodo e dell'ordine»¹⁷. E la Commissione Devonshire nel suo già citato sesto rapporto aveva sottolineato che lo studio delle scienze offre enormi opportunità per lo «sviluppo e l'addestramento delle facoltà mentali»¹⁸.

Malgrado queste “aperture” la maggioranza dei direttori delle scuole secondarie interpellate dalla Commissione Devonshire rimaneva piuttosto scettica sul valore educativo dell'istruzione scientifica. Essi erano inclini a ritenere che l'insegnamento delle scienze fisiche avesse solo un valore utilitaristico e *per questo* lo respingevano. Si può valutare che all'inizio degli anni '70 solo in meno del 20% delle *public schools* erano insegnate le scienze fisiche e naturali, e che di questo insegnamento usufruiva meno del 10% degli allievi¹⁹.

Payment by results

L'unico settore della società inglese coinvolto a livello di massa in una sorta di istruzione scientifica fu, programmaticamente, quello delle “classi industriali”, cui era dedicato il sistema di *payment-by-results* del SAD. A partire dal 1859-60, e cioè *prima* delle grandi commissioni d'inchiesta sulla scuola secondaria, il SAD aveva stabilito dei rigidi programmi di materie scientifico-tecniche

sulla base dei quali commissari disseminati in tutta l'Inghilterra esaminavano con domande scritte i candidati, presentati da insegnanti abilitati — a loro volta — da altri esami. Invero il SAD giungeva a questo sistema d'esami in un contesto tutto particolare, in quanto già nel 1856 il matematico e logico Augustus de Morgan aveva denunciato «una generale mania di esaminare chiunque per mezzo di risposte scritte a domande stampate»²⁰. Ma il SAD si associava a questa *general mania* attrezzato con un tariffario rigido come i programmi.

Gli insegnanti ricevevano un compenso solo nel caso in cui i candidati che superavano gli esami fossero «studenti delle classi industriali o loro figli». Ogni argomento era trattato a tre livelli (elementare, avanzato e *honours*), e per ogni livello vi erano due «classi» di giudizio positivo, così i compensi andavano da 4 £, per un allievo presentato per il livello *honours* e classificato nella prima classe, ad una sterlina per un allievo di livello elementare classificato nella seconda classe. Queste tariffe portarono il SAD a distribuire nel 1872 25021£, con una spesa per ogni allievo che aveva seguito i corsi di 13 s e 8 d, mentre nel 1882 gli esami «costarono» al SAD 49908 £ (13 s e 3 d per studente)²¹. Siamo quindi di fronte a quasi 37000 allievi nel 1872 e a più di 75000 nel 1882; dieci anni dopo, al culmine del «sistema», furono sostenuti 214000 esami²². Gli esami «chimici» potevano vertere su quattro tematiche: chimica inorganica e chimica organica, ciascuna in due versioni, teorica e pratica (quest'ultima a partire dal 1878). Alla chimica organica era preferita l'inorganica²³, e il numero di esaminati in questa disciplina sali da 2700 nel 1870 ad un massimo di quasi 24000 nel 1895; in percentuale gli esaminati in chimica oscillarono fra il 12 e il 21% del totale nel venticinquennio 1870-1895, e gli insegnanti abilitati negli anni '90 erano circa 700²⁴.

Sono cifre imponenti, che diventano più eloquenti se andiamo a vedere gli introiti reali degli insegnanti. Su 828 insegnanti coinvolti nel 1871, 352 guadagnarono meno di 10 £, mentre solo 26 superarono le 100 £²⁵. Per apprezzare quest'ultima cifra si possono prendere alcuni riferimenti: intorno alle 100 £ si aggirava il salario annuo di un operaio qualificato; la stessa cifra costituiva il limite al di sotto del quale si era esentati dalla tassa sul reddito e si rientrava nella categoria di quegli *artisans* che davano diritto ai compensi del SAD²⁶. È evidente come tutto il sistema trasformasse gli insegnanti in *crammers*, che (letteralmente) ingozzavano i loro allievi come si fa con le oche da ingrasso.

D'altra parte la preparazione di buoni insegnanti era un problema serio in quanto non appena un docente dei corsi del SAD si faceva una buona fama era acquisito dall'industria locale, dove secondo Frankland e Playfair (testimoni al Comitato Samuelson) potevano guadagnare fra le 300 e 400 £, e si liberavano dell'orario serale di lavoro²⁷. Per quanto riguarda gli stipendi dei chimici impiegati nell'industria i due illustri scienziati erano piuttosto ottimisti, vuoi per orgoglio di categoria, vuoi per diminuire il divario rispetto agli stipendi dei professori universitari che arrivavano intorno alle 800 £ annue. Tilden nel 1884 descriveva una situazione affatto diversa; egli parlava di «sciami» di chimici tedeschi impie-

gati in tutte le zone industriali del paese: dopo aver ottenuto il loro titolo in Germania «con 3 o 4 anni passati in laboratorio» essi accettavano «posti di lavoro a 50-100 £ l'anno»²⁸.

William August Tilden, come testimone

Siamo così giunti alla "testimonianza" che qui più ci interessa, quella sulla vita e dell'impegno di W.A. Tilden. Nato nel 1842 in una famiglia borghese, era andato a scuola a sette anni, in una *grammar school* dove aveva doverosamente iniziato lo studio del latino, ma gli incerti esiti della carriera bancaria del padre lo avevano costretto a «passare attraverso parecchie scuole, tutte più o meno cattive»²⁹. Il suo primo incontro con le scienze naturali avvenne nel 1856 (quindi a 14 anni), durante le visite alla sua scuola di Norfolk di «un insegnante peripatetico che veniva, come l'insegnante di danza e quello di disegno, una volta la settimana o ogni quindici giorni»³⁰.

Attratto dalla chimica era stato mandato, secondo l'interpretazione del tempo, come apprendista farmacista a 15 anni presso una ditta di Londra, per diventare chimico farmaceutico. Questa "sistemazione" non soddisfaceva le aspirazioni del ragazzo che quindi «avviò la sua educazione lungo direzioni sue proprie». Così nel 1860 assistette per la prima volta alle lezioni di Hofmann al Royal College of Chemistry, e, nei suoi ricordi di 34 anni dopo, «da quel tempo felice e da quel famoso insegnante, derivò tutta l'ispirazione che successivamente lo aiutò da andare avanti». Dopo ulteriori studi, sorretti in parte da una borsa della Pharmaceutical Society, nel 1863 aveva ottenuto il posto di dimostratore di chimica presso quella Società. «I successivi sette anni furono occupati nell'insegnare chimica pratica, nell'imparare un greco sufficiente per l'immatricolazione all'Università di Londra, nel vogare sul Tamigi, e nell'ottenere il [titolo di] *Bachelor of Science, London*, quando si classificò primo, nella prima classe»³¹.

Fu questa l'interpretazione della *liberal education* data da Tilden. Obbligatoria, personale, vissuta, essa dovette mettere il lavoro accanto allo studio dei classici greci (che per Tilden fu una specie di incubo³²) e allo sport. Ma l'accento all'immatricolazione nell'Università di Londra ci interessa al di là del caso singolo, in quanto secondo il giudizio di Turner: «Gli esami di immatricolazione dell'Università di Londra hanno esercitato un'enorme influenza per il bene e forse per il male sul *curriculum* delle scuole [secondarie]». Il loro numero era salito da 69 nel 1840 a circa 2000 negli anni '90, una dimensione di massa che sanzionava l'uso di questi esami come certificazione della conclusione degli studi secondari, piuttosto che come vero inizio degli studi universitari³³.

Cercherò ora di seguire nei punti salienti la carriera di Tilden come docente, e ad ogni nuova sede associerò una sua presa di posizione pertinente al nostro tema.

Nel 1872 Tilden fu chiamato ad occupare il posto di docente di scienze al Clifton College. Questo College era stato aperto a Bristol e costituiva una delle risposte più avanzate alle nuove esigenze di cultura dalla media borghesia³⁴. Per le scienze tuttavia il clima rimaneva freddo e gli studenti mettevano esplicitamente in contrasto le scienze con i Classici e le Matematiche, richiamando — forse inconsapevolmente — nella loro classificazione il marchio dell'*utilità*: «la chimica e quelle "ologie" incluse sotto il titolo di Scienze Naturali sono studi pratici»³⁵. In questo ambiente matura la prima e forse più importante opera didattica di Tilden, l'*Introduction to the Study of Chemical Philosophy* che dalla prima edizione (1876) alla decima e ultima (1901) sarà oggetto costante delle cure del suo Autore³⁶. La scelta tematica privilegia «i principi della chimica teorica e sistematica» (come dichiara il sottotitolo), ed è stata fatta «per dare all'argomento [la chimica] un orientamento educativo più deciso di quanto sia stato finora abituale». Questo «orientamento educativo» è precisato da Tilden nella prefazione, che sto citando, con queste parole: «Penso che gli insegnanti debbano realizzare il fatto che la chimica, come argomento scolastico, non è insegnata in vista delle sue applicazioni pratiche alla medicina, alle manifatture, o ai mestieri, ma perché lo studio è calcolato per stimolare (*quicken*) le facoltà di osservazione, per rafforzare la memoria, e per generare una capacità e un'abitudine (*habit*) al pensiero continuo»³⁷. L'accenno un po' misterioso a questo *continuous thought* non ci deve distogliere dal constatare che Tilden riprende quasi *verbatim* le conclusioni della Commissione Tauton, e che si sottomette al duplice movimento di privilegiare cognitivamente i «principi» rispetto alla «pratica» e di articolare una «pedagogia delle facoltà». La medesima insistenza sui principi si ritrova nella seconda opera pubblicata da Tilden nel periodo cliftoniano, una *Practical Chemistry* che recava come sottotitolo: «I principi dell'analisi qualitativa»³⁸.

Ma al momento di licenziare questo nuovo volume (gennaio 1880) Tilden è alla vigilia di cambiamenti decisivi. I suoi lavori scientifici sul cloruro di nitrosile e sui terpeni gli avevano guadagnato l'ingresso nella Royal Society, e l'apertura del nuovo Mason College a Birmingham doveva vederlo come primo professore di chimica.

Il maestoso edificio del College venne inaugurato il 1° ottobre 1880 grazie alla munificenza privata di Josiah Mason, un industriale di umilissime origini, che aveva investito 20000 £ nell'acquisto del terreno, 60000 £ per la costruzione e l'arredamento del College, ed infine aveva costituito nelle mani dei *Trustees* un patrimonio di oltre 200000 £³⁹. La prima pietra del College era stata posta nel 1875, mentre il sindaco Joseph Chamberlain stava completamente rinnovando il volto della città, e se si ricorda che l'aiuto statale alle università fu avviato solo nel 1889, con uno stanziamento totale di 15000 £⁴⁰, si comprende come avesse un preciso significato politico anche la splendida festa di inaugurazione del College, in cui l'ottantacinquenne Mason consegnò alla città la chiave della nuova istituzione. Ben coadiuvato dalla moglie, Tilden animò la vita scientifica e sociale del

Mason College per 14 anni. Di questo periodo voglio ricordare le tensioni verso la *legittimazione* delle scienze (e della chimica in particolare) nell'ambito della *liberal education*. Il perdurare di queste tensioni è chiaro nella conferenza inaugurale tenuta da Tilden alla Mason College Chemical Society, da lui stesso fondata nel 1884. Riferendosi alle due università di «antica fondazione e nobili tradizioni» egli afferma: «Ma in queste università più antiche il pregiudizio era stato troppo forte perché l'insegnamento della chimica vi si potesse stabilire con successo, fino a tempi molto recenti. Il tipo di opinione (*feeling*) prevalente 30 anni fa, e che temo non sia affatto scomparso anche ora, è ben illustrato dall'aneddoto (...) di quel signore di Cambridge che si congratulava con un suo amico di Oxford per avere [nella sua Università] un baronetto come professore di chimica, perché questo rendeva la materia rispettabile»⁴¹. In quegli anni numerose ed esplicite furono le critiche sia verso il sistema di esami imposto dal SAD, sia verso gli esami di immatricolazione dell'Università di Londra, che imponendo la conoscenza del greco erigevano una soglia insuperabile della stragrande maggioranza dei ragazzi che «uscivano» dalla scuola secondaria. Eppure nel 1894 Tilden doveva proprio avvicinarsi al cuore istituzionale del problema. Thorpe si era dimesso dalla sua cattedra di chimica presso il Royal College of Science, il braccio scientifico del Board of Education, ovvero del «famigerato» SAD; Tilden vi approdò in seguito alla rinuncia da parte di H.E. Armstrong a porre la sua candidatura⁴².

Per quest'ultimo, lungo periodo dell'attività di Tilden farò riferimento per questioni di spazio a due soli scritti. Il primo di questi fu il risultato «immediato» del ritorno di Tilden a Londra: qui nel luglio del 1895 egli tenne un corso dedicato agli insegnanti che si preparavano a sostenere l'esame di abilitazione nel maggio successivo. Negli *Hints on the Teaching of Elementary Chemistry* il nostro Autore illustra i suoi fondamenti filosofici della didattica e della ricerca. Ciò che più ci interessa ora è che, giunto al vertice della struttura scientifica del SAD, Tilden può esprimere il suo rifiuto totale del metodo corrente di insegnare, che sostituiva troppo spesso la parola scritta e la descrizione verbale all'evento reale e all'osservazione diretta: «Ma anche nell'insegnamento della chimica analitica (...) il *crammer* è stato all'opera, a tal punto da distruggere in gran parte il valore educativo di questa importante e interessante materia, e, invece di fargli registrare accuratamente i risultati delle sue proprie osservazioni, all'allievo è troppo spesso permesso di imparare a pappagallo tavole e schemi di analisi, ed è portato a dichiarare (*state*) non ciò che vede, ma ciò che il libro gli dice che dovrebbe vedere». E aggiungeva: «la facoltà di osservazione in alcuni casi è quasi completamente estinta dall'abitudine ad affidarsi ciecamente ad un testo stampato»⁴³.

Varcata la soglia del nostro secolo, nel 1901, Tilden tenne il discorso di apertura della sessione 1901-1902 del Royal College. Il tono è insolitamente (per Tilden) preoccupato: il College era stato allora riconosciuto come «Scuola» di una

riorganizzata Università di Londra, e questo solo fatto avrebbe portato a notevoli cambiamenti. Il suo atteggiamento nei confronti dell'ideologia della *liberal education* è sempre più vicino ad una completa adesione, con l'unica riserva della "ricerca scientifica" che non rientrava nello schema tradizionale dell'università. La stessa "pedagogia delle facoltà" giunge al suo compimento in quella posizione ambigua che una volta chiamavamo della "meritocrazia": «Vorrei definire l'università un luogo d'istruzione superiore per coloro che sono qualificati dalla natura per trarne profitto. E dico questo deliberamente, sostenendo l'opinione che non è consigliabile dare a chiunque più dell'istruzione elementare. Un'enorme quantità di capacità educativa è ora buttata via nel tentare di allenare facoltà intellettuali che non esistono, perché la Provvidenza non ha dato cervelli in modo eguale a chiunque». La tirata continua e rivela il suo carattere classista (e sessista) quando definisce questi ragazzi e ragazze «deboli» (*weaklings*), e proprone che ad essi «sia insegnato a impilare mattoni e a seminare, e a cucinare e lavare». Per questi "deboli di testa" non vi sono gradi intermedi fra le professioni e i lavori manuali o casalinghi, associati nella loro dequalificazione intellettuale. Si tratta di parole che suonano tristi in un uomo che a Birmingham si era impegnato a fondo nel suscitare l'entusiasmo scientifico e culturale dei giovani, e nel coinvolgere — a pieno titolo — le ragazze che frequentavano il College. Ma forse Tilden si spinge oltre il sentito per un timore più forte di quello suscitato dallo "spreco di tempo" per i *weaklings*.

Ciò che Tilden paventa di più è l'introduzione di effettivi elementi professionali nei curricula universitari: «Nelle facoltà di ingegneria e commercio che stanno per essere costituite, sarebbe disastroso per la causa dell'istruzione superiore se la pratica tecnica dovesse essere ricevuta come un equivalente per studi che contribuiscono alla cultura, allo stile e al carattere»⁴⁴. L'opposizione fra «pratica e tecnica» e cultura-stile-carattere non potrebbe essere più netta.

Nel 1907, a coronamento emblematico di una lunga carriera che aveva toccato tutti i gradi dell'istruzione secondaria e superiore inglese, Tilden diventava il primo professore di chimica dell'appena costituito Imperiale College of Science and Technology. Nel nuovo secolo, ormai avviato verso il baratro della prima guerra mondiale, la conoscenza non era più la via maestra verso il progresso, come dichiarava il motto del Mason College (*Progress through Knowledge*), ma la scienza veniva mobilitata a difesa dell'Impero: *scientia imperii tutamen*, come era inciso nella stemma dell'Imperiale College. Solo con questa mobilitazione la scienza era — facilmente — associata con la tecnologia ai livelli più alti dell'istruzione statale inglese.

Nello specchio dell'epoca

Si può azzardare qualche osservazione conclusiva anche in uno studio sinte-

tico come quello qui presentato, ma solo se si assume come sfondo e specchio per le nostre riflessioni la società vittoriana della seconda metà del secolo XIX.

Per il particolare punto di vista che ci siamo scelti è nelle indagini di storia dello sviluppo industriale che dobbiamo cercare — su un piano più generale — un controllo di quanto abbiamo trovato con una documentazione attinta in campo strettamente educativo. In uno dei più completi studi pubblicati finora sui rapporti fra innovazione tecnologica e sviluppo industriale David S. Landes dedica molte pagine al possibile nesso fra declino (relativo) della supremazia economica dell'Inghilterra vittoriana e sistema di istruzione. Il rilievo economico dell'arretratezza del sistema educativo inglese risulta per Landes incerto, ma non così il giudizio su quanto avvenne dopo la riforma dell'insegnamento elementare nel 1870: «il sistema [di istruzione inglese] rimase sterile per via di odiosi (*invidious*) pregiudizi e delle costrizioni di condizioni sociali patologiche». Ancora più esplicitamente Landes aggiunse: «si assunse che l'idoneità per l'istruzione (...) era una funzione di classe, e che il contenuto e il livello dell'educazione doveva accordarsi alla collocazione dello studente nella vita [sociale]»⁴⁵. Recentemente un altro storico inglese, muovendosi sul terreno diverso della storia delle idee (o delle "immagini sociali") afferma che «la negligenza nei confronti della scienza si basava su una precisa ideologia educativa [che] aveva un risvolto fortemente negativo nel timore (che col finire del secolo svani) di una scienza antireligiosa spesso confusa con l'industria "volgare", l'artigiano e il profitto commerciale (il che invece non scomparve così rapidamente)»⁴⁶.

Ho messo a confronto l'esplicita analisi di Landes con le blande considerazioni di Wiener per sottolineare che le vicende che ho raccontato si pongono in un luogo storico complesso, a cui si giunge da direzioni molto diverse. A me pare che fra le contraddizioni potenzialmente presenti nella dialettica fra scienza e produzione materiale la classe dirigente vittoriana ne abbia fatta venire in essere una tutta particolare, peculiare proprio alla sua cultura: la scienza era sempre più necessaria alla produzione agricola e industriale, ma questo coinvolgimento nel mondo reale dell'economia ne comprometteva (ai suoi occhi) l'austero, aristocratico profilo. Se alla fisica matematica si dovevano proprio affiancare scienze "pratiche" come la chimica, allora questo diventava fattibile solo muovendo "verso il basso" (della scala sociale ed epistemologica) le applicazioni, e spingendo verso l'alto (fino ad un certo punto!) i principi. In ogni caso le scienze venivano tenute lontane dal *hard core* dell'educazione liberale: come ha scritto William H. Brock esse non erano *topics fit for gentlemen*⁴⁷. E qui è illuminante il brutale sarcasmo di Bertrand Russell: «il tipo ideale del gentleman è stato inventato dall'aristocrazia per tenere sotto controllo le classi medie»⁴⁸. Il dominio politico fu saldamente mantenuto in mano dalla vecchia classe dirigente a costo di uno smorzamento dell'aggressività economica della borghesia industriale, immediatamente dopo che questa ebbe celebrato il suo fugace trionfo nell'esposizione universale del 1851⁴⁹. D'altra parte si deve tener conto che la seconda metà del se-

colo XIX coincise con la fase più tumultuosa e “cosciente” dell’espansione coloniale inglese, e che molto probabilmente la “concorrenza” tedesca fu presa sul serio prima sul piano della sfida imperialistica che su quello assai più concreto della competizione economica. Gli aggiustamenti successivi del sistema educativo inglese cercarono di tener conto del carattere della scienza come forza produttiva, e tuttavia le reazioni fortemente negative di scienziati-didatti come Tilden a questo nuovo indirizzo sembrano indicare che la *liberal education* giungeva a risultati culturali, in senso antropologico, che si ponevano ormai in contraddizione con le premesse egemoniche da cui era partita.

Questo lavoro è stato reso possibile da una borsa di studio del British Council, ottenuta mediante l'accordo internazionale fra l'istituzione inglese e il CNR. Ringrazio il Direttore del Science Museum di Londra per l'ospitalità accordatami, il personale della biblioteca del Science Museum e dell'archivio dell'Imperial College of Science per la collaborazione, e la dr. G.K. Roberts, Open University, per avermi segnalato la rilevanza didattica della figura di W.A. Tilden.

Bibliografia e note

1) Nella vasta letteratura rimane preminente: D.S. Landes, *The Unbound Prometheus. Technological Change and Industrial Development in Western Europe from 1750 to the Present*, Cambridge: Cambridge UP, 1969; sulle questioni più specifiche dell'industria chimica si veda: L. Cerruti, «Chimica e chimica industriale (1750-1970)», in: A. Di Meo (a cura di), *Storia della chimica. Dalla ceramica del neolitico all'età della plastica*, Venezia: Marsilio, 1989, pp. 239-295.

2) W.H. Brock, «From Liebig to Nuffield. A Bibliography on the History of Science Education, 1839-1976», *Studies in Science Education*, 2 67-99 (1975).

3) G. McCulloch, «School Science and Technology in Nineteenth and Twentieth Century England: a guide to Published Sources», *Studies in Science Education*, 14, 1-32 (1987).

4) J.F. Donnelly, «The Origins of the Technical Curriculum in England during the Nineteenth and Early Twentieth Centuries», *Studies in Science Education*, 16 123-161 (1989).

5) R.F. Bud, G.K. Robert, «Chemistry and the Concepts of Pure and Applied Science in Nineteenth Century Britain», in: F. Calascibetta, E. Torraca (a cura di), *Atti del II Convegno Nazionale di Storia e Fondamenti della Chimica*, Roma: Accademia Nazionale delle Scienze, pp. 19-33.

6) R.F. Bud, G.K. Roberts, *Science versus practice. Chemistry in Victorian Britain*, Manchester: Manchester UP, 1984.

7) Per orientare il lettore sulle numerose commissioni di inchiesta cui farò riferimento riporto qui una cronologia sintetica: 1862, *Commissione Clarendon*, istituita «per indagare sulle entrate e la gestione di certe scuole e sugli studi perseguiti e l'istruzione data in esse»; 1864, *Commissione Tauton*, istituita per esaminare la situazione della scuola secondaria, di cui facevano parte: le *endowed schools*, che si mantenevano sulla base di donazioni e lasciti permanenti, le *private schools*, di proprietà dei singoli insegnanti che le gestivano, e le *proprietary schools*, che appartenevano a privati, compagnie o corporazioni; 1868, *Comitato Samuelson*, istituito per ricercare i «provvedimenti per dare istruzione nella scienza teorica e pratica alle classi industriali»; 1870, *Commissione Devonshire*, nominata «per condurre un'inchiesta riguardo all'istruzione scientifica e l'avanzamento della scienza». Le date sono quelle di costituzione delle commissioni, le citazioni sono tratte dalla loro denominazione ufficiale.

8) P. Gordon, D. Lawton, *A Guide to English Educational Terms*, London: Buttsford, *ad vocem*. Si noti la posizione di fondo della Commissione Tauton: i figli seguono la sorte dei padri, e così chi proviene da famiglie di braccianti, manovali e operai comuni non «trova posto» nella scuola secondaria.

9) Rif. (4), pp. 129 e 152-153.

10) Rif. (6), p. 133.

11) G.W. Roderick, M.D. Stephens, *Scientific and Technical Education in Nineteenth-Century England*, Newton Abbot: David & Charles, 1972, p. 13.

12) Il termine *Public School* cominciò ad essere usato all'inizio dell'Ottocento, e al momento della Commissione Clarendon, come già sottolineato nel testo, furono riconosciute con questa denominazione solo 9 scuole; in realtà si trattava di una «definizione» molto incerta se dopo pochi anni la Commissione Tauton attribuiva a 163 altre scuole l'ambita classificazione di *public schools* (Rif. 11) pp. 26-27). Le (*endowed*) *grammar schools*, spesso nate con scopi filantropici, nel periodo che ci interessa erano frequentate dai rampolli delle classi medie.

13) Rif. (11), pp. 30-31.

14) D.M. Turner, *History of Science Teaching in England*, London: Chapman, 1927, p. 89. Fra le varie fonti secondarie consultate questo lavoro è stato per me il più stimolante.

- 15) Rif. (14), p. 99.
- 16) Rif. (11), p. 38.
- 17) Rif. (14), p. 89.
- 18) rif. (14), p. 94. Forse è questo il luogo per annotare che la pedagogia delle facoltà è di derivazione interamente classica, potendo vantare fra i suoi Maestri ispiratori Platone e Aristotele. In questo senso una simile pedagogia era perfettamente coerente con l'ispirazione classicistica della *libera education*; la sua impostazione, che utilizzava «la nozione di facoltà umane come realtà ontologicamente separate», dovette attendere la critica di J. Dewey per essere almeno in parte abbandonata (cfr. *Nuovo Dizionario di Pedagogia*, Roma: Edizioni Paoline, alla voce «Facoltà umane»).
- 19) Rif. (11), p. 38.
- 20) D.S.L. Cardwell, *The Organisation of Science in England*, London: Heinemann, 1972, p. 85.
- 21) A.E. Fletcher, *Cyclopaedia of Education*, London: Sonnenschein, 1889, pp. 398-399.
- 22) P. Gordon, D. Lawton, *Curriculum Change in the Nineteenth and Twentieth Centuries*, London: Hodder, 1978.
- 23) Si tratta del dato locale della Liverpool School of Science, dove dopo qualche anno il corso di chimica organica fu lasciato cadere, mentre nel 1884 il corso di chimica inorganica ebbe quasi 250 studenti, ed era l'argomento principale di insegnamento; un simile divario probabilmente è generalizzabile, cfr. rif. (11), p. 66.
- 24) Rif. (6), p. 155.
- 25) Rif. (11), p. 15. Davanti al comitato Samuelson i testimoni provenienti dalla direzione del SAD avevano parlato di un introito medio per gli insegnanti intorno alle 50 £, rif. (6) p. 131.
- 26) Rif. (6), p. 132.
- 27) Rif. (6), p. 131.
- 28) W.A. Tilden, «The Progress of Chemistry», *Mason College Magazine*, 2 25-36 (1884); cit. alle pp. 35-36.
- 29) «Professor Tilden, D.Sc., FRS», *Mason College Magazine*, 12 49-50 (1894); si tratta di una scheda biografica stesa da un anonimo studente del Mason College, ma la vivezza dei particolari fa comprendere che essi erano stati appresi dalla viva voce di Tilden.
- 30) W.A. Tilden, «Progress in Science Teaching», *Nature*, 104 253-255 (1919); cit. alla p. 253.
- 31) Rif. (29).
- 32) W.A. Tilden, *The Position and Prospects of the Mason College. An Address*, Birmingham: Journal Printing Office, 1886, p. 8.
- 33) Rif. (14), p. 102.
- 34) W.H. Brock, «School Science Examinations: Sacrifice or Stimulus?», in R. MacLeod (a cura di), *Days of Judgment*, Driffield: Nafferton, 1982, pp. 169-188, rif. alla p. 170.
- 35) *The Cliftonian*, n. 5 (1869), p. 163.
- 36) Un'analisi epistemologica dell'evoluzione di questo testo è presentata in: L. Cerruti, «La cultura chimica di W.A. Tilden: ricerca, professione, insegnamento», inviato per la pubblicazione a *Nuncius*, Firenze.
- 37) W.A. Tilden, *Introduction to the Study of Chemical Philosophy*, London: Longmans, 1876, pp. V-VI.
- 38) William A. Tilden, *Practical Chemistry. The Principles of Qualitative Analysis*, London: Longmans, 1880. Nella prefazione Tilden affermava che «non è necessario imparare le proprietà di un gran numero di sostanze per essere in grado di comprendere i principi dell'Analisi Chimica» (p. V, sottolineatura nel testo).
- 39) E.W. Vincent, P. Hinton, *The University of Birmingham. Its History and Significance*, Birmingham: Cornish, 1947, p. 63.
- 40) Rif. (11), p. 47.
- 41) Rif. (28), cit. alla p. 33.
- 42) J. Vargas Eyre, *Henry Edward Armstrong, 1848-1937. The Doyen of British Chemists and*

Pioneer of Technical Education, London: Butterworths, 1958, p. 114.

43) W.A. Tilden, *Hints on the Teaching of Elementary Chemistry in Schools and Science Classes*, London: Longmans, 1895, pp. V-VI.

44) W.A. Tilden, *Inaugural Address at the Opening of the Session 1901-02*, London: HMSO, 1902, p. 6.

45) Rif. (1), pp. 339-348, cit. alla p. 341.

46) M.J. Wiener, *Il progresso senza ali. La cultura inglese e il declino dello spirito industriale (1850-1980)*, Bologna: Mulino, 1985, p. 39. Wiener non "vede" alcuna contraddizione nel pensiero dominante: «Tale ideologia non mancava di aspetti positivi, quali l'esaltazione dei classici greci e romani visti come fondamento di una educazione liberale», *ib.*, sottolineatura mia.

47) Rif. (34), *loc. cit.*.

48) Rif. (46), cit. alla p. 32. Per i distratti ricordo che Bertrand Russell (1872-1970) riempì la sua lunga vita di fertili scaldali intellettuali; poiché era nato «da una delle più prestigiose e illuminate famiglie dell'aristocrazia inglese dell'epoca vittoriana» (G. Lolli), la sua testimonianza è di prima mano e priva di qualsiasi rivendicazione di *status*.

49) Ben più alti furono i costi pagati del proletariato e dal sottoproletariato fin dall'inizio della rivoluzione industriale. Solo negli anni 1860-70 le condizioni di lavoro e di vita cominciarono — lentamente — a migliorare. Poniamo ora, su *questo* particolare sfondo, i giudizi di Wiener, che in riferimento ai «traguardi vittoriani» ha scritto: «la società si è trasformata con appena un minimo di violenza» (rif. (46), p. 20); mentre rispetto alla «transizione alla modernità» in Inghilterra questo Autore ha addirittura parlato di «vera e propria mitezza» (*ib.*, p. 19). Quello di Wiener è un tipico caso di cecità metodologica: egli guarda alle istituzioni, ai ruoli politici e alla cultura delle classi dominanti (aristocrazia e borghesia), e non vede nemmeno le classi subalterne, rese inconsistenti (trasparenti) dallo scarso "peso" politico. I termini essenziali per una valutazione di questo problema sono riportati in: A.J. Taylor (a cura di), *The Standard of Living in Britain in the Industrial Revolution*, London: Methuen, 1975; per il periodo che più ci interessa si veda: E.J. Hobsbawm, *Industry and Empire*, Harmondsworth: Penguin, 1980, cap. 8.

Franco Calascibetta

Dipartimento di Chimica, Università "La Sapienza", Roma

Il problema della composizione delle sostanze: il ruolo degli esperimenti e delle teorie

Summary

The aim of this paper is to reconstruct the development of historical events that led to the formulation of laws covering the problem of the composition of substances during the early 1800s. Our goal is to underline the different influence that various lines of theoretical research and theories had on the opinions of the three scientists who played an essential role in the affair: Berthollet, Proust, and Berzelius.

The problem of the composition of substance was examined by Berthollet during his project to construct a new general chemical theory based upon his original notion of affinity. A "necessary" derivation of this theory was that substances did not, as a rule, have fixed composition. Every time that the composition seemed definite, Berthollet developed what might appear to be an "ad hoc" hypothesis at times to explain that exception. As far as Berthollet was concerned, the composition data in this particular sphere do not seem have any significant meaning: he generally restricted his analysis to quoting the data of others or making observations of a phenomenological nature.

Proust, on the other hand, is fond of taking the stance of a scientist who does not develop theories a priori, and limits himself to an exposition of the facts. He undoubtedly relied on his profound analytical experimental basis, but his belief in the discontinuity of composition of substances existed prior to any experimental proof and was based on the union between old visions of affinity and faith in a well defined natural order. It was actually the lack of any strong theory that prevented Proust from being able to provide a definitive answer in his dispute with Berthollet, or from understanding the importance of the law of multiple proportions, even later on.

We can find a conscious intermingling of experimental data and theoretical positions in the articles that the Swedish chemist Berzelius wrote between 1811 and 1812, where he dealt systematically with the problem of the composition of substances. If, according to Berzelius, the role of experiments was to verify and check theories, it is undeniable that once a theoretical framework was defined, it could in turn supply criteria of reliability for the methods of analysis used.

Berzelius started off by assuming the existence of regularity in the composition of substances, expressed with the laws of definite and multiple proportion. He connected this thesis with Dalton's burgeoning atomic theory. Actually once

this theory was accepted, it might provide an exceptional opportunity of putting the confused maze of the period's composition data in order and even making predictions. This was the interpretation of the subject that the rest of the world of chemistry regarded as definitive; it was not because the laws of definitive and multiple proportions were irrefutably demonstrated by a simple reading of experimental data.

Introduzione

Nei primi anni dell'ottocento si sviluppò tra i chimici il dibattito sul problema della composizione delle sostanze, vale a dire se una composizione in un rapporto definito dovesse essere una proprietà essenziale per la definizione stessa di sostanza. A tale dibattito diedero un contributo fondamentale i chimici Claude Louis Berthollet (1748-1822) e Joseph Louis Proust (1754-1826), che, come è noto, ebbero sull'argomento un'appassionata disputa negli anni tra il 1803 e il 1807. Fu comunque un altro celebre chimico, Jöns Jacob Berzelius (1779-1848), che, negli anni tra il 1811 e il 1812, analizzando un notevole numero di sostanze inorganiche, arrivò ad una sistemazione dell'argomento, che determinò la definitiva accettazione da allora in poi delle leggi delle proporzioni definite e delle proporzioni multiple da parte della comunità dei chimici.

Poiché ciascuno dei chimici citati, nell'assumere le rispettive posizioni, fu influenzato, in diversa misura, da dati sperimentali ed impostazioni teoriche, mi sembra utile esaminare in dettaglio le idee, gli esperimenti e se vogliamo lo "stile" di ricerca dei tre, proprio per mettere in risalto il diverso ruolo che nel raggiungimento di risultati nella ricerca scientifica possono assumere esperimenti e teorie.

Berthollet ovvero l'importanza della teoria

Come è noto, l'idea di Berthollet che di regola le combinazioni chimiche tra le sostanze dovessero avvenire in proporzioni variabili derivava dalla sua originale concezione dell'affinità chimica. Nel settecento si era affermata una concezione dell'affinità tra due sostanze come un qualcosa di costante, indipendente dalle condizioni sperimentali. Per Berthollet, invece, l'affinità doveva considerarsi un fenomeno relativo, che dipendeva non solo dalla natura chimica delle sostanze coinvolte, ma anche dalle condizioni fisiche in cui esse si trovavano a reagire: la quantità, la temperatura, la pressione e lo stato fisico delle sostanze determinavano la forza relativa con cui una sostanza poteva essere attratta da un'altra¹. Data una certa quantità di una sostanza A, una seconda sostanza B poteva in generale combinarsi con essa in un qualsiasi rapporto, da un valore minimo di soglia fino

ad un massimo o punto di saturazione². In questa sua concezione, Berthollet unificava in maniera esplicita dal punto di vista concettuale le combinazioni chimiche comunemente intese e le soluzioni. La dissoluzione di un solido o di un gas in acqua, le leghe metalliche ecc. erano per Berthollet combinazioni prodotte dall'affinità che differivano dalle combinazioni chimiche propriamente dette solo per l'intensità dell'interazione³.

Stabilita questa regola generale, Berthollet ammetteva tuttavia che essa presentasse delle eccezioni e che in alcuni casi potesse esistere per la combinazione tra due sostanze, un rapporto di quantità relative in cui la loro azione reciproca fosse particolarmente efficace. La causa che poteva permettere l'instaurarsi di una combinazione in proporzioni definite era da ricercare per Berthollet nelle speciali condizioni in cui essa avveniva; ad esempio ossigeno e idrogeno nel rapporto due a uno formavano una combinazione con condensazione che separava ed isolava il prodotto dei reagenti non combinati. In tal caso la condensazione che si aveva nel prodotto, il vapor d'acqua, era evidenziata dall'aumento di densità del prodotto rispetto alla miscela dei reagenti ed era ancora maggiore se l'acqua, sottoposta a leggera pressione, assumeva lo stato liquido⁴.

Dopo questa inevitabilmente sommaria ma necessaria sintesi delle idee di Berthollet mi sembra opportuno fare su di esse qualche riflessione.

La posizione di Berthollet sulla composizione delle sostanze era di carattere squisitamente teorico e non nasceva certo da una analisi dei dati sperimentali. Egli contestava il fatto che le sostanze dovessero necessariamente combinarsi in rapporti definiti, in quanto questa idea gli sembrava legata ad una concezione dell'affinità, vista come forza immutabile, "elettiva", che tutto il suo patrimonio di ricerche lo aveva portato ad abbandonare⁵. I dati sperimentali servivano solo come esempi scelti tra i tanti per illustrare la sua teoria. Al limite essi non erano nemmeno particolarmente rilevanti ai fini della convalida della teoria stessa, in quanto comunque quest'ultima ammetteva l'esistenza di casi particolari che si discostavano dalla sua legge generale di combinazione in proporzioni continue. Come abbiamo accennato, ogni volta che il dato sperimentale poteva indicare l'esistenza di un rapporto definito di combinazione tra due sostanze, Berthollet invocava la maggiore condensazione del prodotto, per spiegare tale apparente eccezione alla sua legge generale. Se, nell'esempio fatto sopra, relativo alla formazione dell'acqua, la maggiore condensazione del prodotto rispetto alla miscela di reagenti poteva essere un dato sperimentale indipendentemente verificabile, occorre dire che Berthollet ripetutamente ricorse all'ipotesi della condensazione, anche ad esempio per spiegare per lo zinco la formazione di un solo ossido metallico a composizione definita⁶. Egli arrivò persino a ipotizzare diversi gradi di condensazione per giustificare l'esistenza di più ossidi di uno stesso metallo, il mercurio, in composizioni tra loro discontinue⁷. Berthollet cercò di giustificare tale ipotesi citando la minore volatilità degli ossidi rispetto ai metalli come altro indice della maggiore condensazione che si aveva negli ossidi, dato sperimentale che Proust gli contestò per antimonio

e arsenico⁸. È indubbio però che a volte la condensazione appare come un espediente introdotto "ad hoc" per far rientrare le eccezioni nel quadro della teoria generale.

Il ruolo degli esperimenti nella posizione di Berthollet sul problema della composizione delle sostanze fu quindi abbastanza secondario. Non è un caso che Berthollet a tale proposito non citò quasi mai nella polemica con Proust sue personali analisi, ma solo qualitative osservazioni fenomenologiche come la variazione di colore di un ossido sottoposto a riscaldamento, che doveva indicare una parallela continua diminuzione del contenuto di ossigeno⁹. Altre volte egli si limitò a citare dati di altri, presentando la variabilità dei dati sperimentali ottenuti da diversi sperimentatori, come indice di una variabilità e continuità nelle proporzioni di combinazione¹⁰.

Proust ovvero gli esperimenti senza teoria?

La posizione di Proust appare al contrario quella dello sperimentatore che trae regolarità e leggi esclusivamente dall'analisi dei dati sperimentali. Lo stesso Proust amò presentarsi nella disputa come lo scienziato che non fa e non vuole fare teorie ma lascia parlare i fatti¹¹. Paradossalmente fu proprio questa impostazione a mettere Proust nella posizione più difficile durante lo svolgimento della disputa con Berthollet. Era Proust a dover provare che, anche negli esempi che Berthollet portava ad esemplificazione della sua teoria, una più attenta analisi chimica avrebbe dimostrato l'esistenza di combinazioni in proporzioni definite. Occorre dire che Proust mise tutta la sua abilità di chimico e la sua efficacia di polemista nella disputa. Almeno in un caso Berthollet dovette ammettere che la variazione di colore dal rosso al nero, che si aveva scaldando l'ossido Ferrico, non era dovuta ad una diminuzione del contenuto di ossigeno, come egli aveva precedentemente affermato, visto che l'analisi chimica non rivelava né lo sviluppo del gas né variazioni di comportamento chimico del solido¹².

Tuttavia dal punto di vista sperimentale, Proust non poteva ottenere una vittoria conclusiva perché in effetti nell'analisi di minerali o di prodotti di reazioni di laboratorio ci si imbatteva fatalmente in soluzioni solide di ossidi e metalli, ossidi e ossidi, ossidi e solfuri ecc., i cui componenti non potevano essere facilmente separabili per via chimica. Tali soluzioni solide apparivano da tanti punti di vista delle vere e proprie sostanze chimiche e non semplicemente dei miscugli e sembravano quindi una violazione della legge delle proporzioni definite. Proust sentiva, come affermò esplicitamente, la differenza tra le combinazioni chimiche e questi "assemblages de combinaisons". Tuttavia l'unica distinzione che poteva operare era appunto quella del rispetto o meno della legge delle proporzioni definite, senza che un altro criterio indipendente giustificasse tale distinzione¹³. Proust ipotizzò di fatto di affidare ai posteri il compito di far luce sulle combinazioni in proporzioni continue, ma non appare chiaro il vantaggio che la chimica

avrebbe avuto dall'accantonamento di questo campo di studio¹⁴.

Il problema era che, una volta abbandonata l'idea di una affinità elettiva tra le sostanze, immutabile e fissa, Proust non era in grado di portare alcuna giustificazione teorica a sostegno del suo credo nelle proporzioni definite e non poteva essere sufficiente una generalizzazione di dati sperimentali, che in realtà non apparivano affatto omogenei e concordi. La fiducia di Proust nelle proporzioni definite, che era nata indubbiamente ed esplicitamente nell'ambito di una concezione settecentesca dell'affinità¹⁵, posava alla fin fine, oltre che in anni e anni di analisi di minerali provenienti da tutto il mondo effettuata per conto del governo spagnolo, in un suo personale credo più volte manifestato in un ordine imposto dalla natura che l'opera dell'uomo non poteva sovvertire¹⁶. La sua idea che esistessero, per ogni metallo, un solo solfuro e due ossidi, che egli cercò di mantenere fino all'ultimo, negando o minimizzando le eccezioni, era in fondo fine a sé stessa e non foriera di sviluppi, al punto che egli non solo non evidenziò l'esistenza ad esempio di regolarità di composizione tra due diversi ossidi dello stesso metallo (il che poté sicuramente dipendere anche dalle incertezze dei suoi dati sperimentali), ma negò o minimizzò tali regolarità, mostrando di non capirne affatto l'importanza, quando più tardi esse furono da altri presentate. La breve esposizione che il chimico francese Thenard fece nel suo Trattato di Chimica della legge delle proporzioni multiple, inserita all'interno dell'esposizione del sistema di Berzelius basato sull'esistenza di proto, deuto e trito ossidi e solfuri, divenne infatti solo un «altro rapporto» (per Proust assai dubbio), che avrebbe legato in questo caso non più ossidi a solfuri ma deutosolfuri a protosolfuri¹⁷.

Berzelius ovvero l'intreccio di esperimenti e teoria

Esaminiamo ora invece la posizione che Berzelius prese sul problema della composizione delle sostanze solo pochi anni dopo la disputa tra Proust e Berthollet. Negli anni 1811-1812 Berzelius pubblicò sugli "Annales de Chimie" una nutrita serie di articoli dal titolo «Essais sur les proportions déterminées dans lesquelles se trouvent réunis les éléments de la nature inorganique».

Nel primo articolo¹⁸, egli prese chiaramente posizione e nel citare con i dovuti riconoscimenti il contributo alla Chimica di Berthollet e Proust, mostrò di rigettare l'opinione del primo e di considerare giusta e provata la legge delle proporzioni definite enunciata da Proust. Il compito che Berzelius si assegnava in tale ambito era di trovare se esistevano delle regolarità nelle proporzioni di combinazione quando si esaminavano ad esempio due ossidi dello stesso metallo. Egli aveva già notato nelle sue esperienze precedenti alcune regolarità (ad esempio che in tutte le basi che saturavano una stessa quantità di muriato, era contenuta la stessa quantità di ossigeno) ma la sua opera acquistava una diversa importanza alla luce delle recenti esperienze di Wollaston sui sali acidi. Queste, a loro volta, si rifacevano all'ipotesi di Dalton sull'esistenza di una molteplicità semplice nella

combinazione dei corpi, di cui le esperienze di Wollaston erano, per opinione dello stesso autore, una conferma. Berzelius si mostrava già perfettamente consapevole dell'importanza dell'ipotesi di Dalton, e riteneva che essa, se provata, avrebbe costituito il più grande passo fatto dalla Chimica per il suo perfezionamento come scienza¹⁹. La sua attività sperimentale era quindi messa al servizio della verifica dell'ipotesi daltoniana.

Tuttavia, già dall'esame di questo articolo, si può osservare come per Berzelius gli esperimenti non avessero questo unico compito di controllo della validità di una teoria. Infatti, una volta definito un quadro teorico, diventava a sua volta possibile calcolare dei dati di composizione. Questi risultati del calcolo dovevano essere considerati, secondo Berzelius, ben più sicuri dei dati dell'analisi sperimentale, per quanto accurata e ripetuta. I dati sperimentali erano comunque delle approssimazioni e forse mai sarebbero arrivati ad esprimere le vere proporzioni dei principi dei corpi. Erano quindi i risultati del calcolo che dovevano guidare il lavoro dello scienziato al fine di eliminare tutti gli errori e portare i dati sperimentali verso quelli previsti in base alla teoria²⁰. Si può notare quindi come la dipendenza tra teoria ed esperimenti risultasse per Berzelius reciproca e come la teoria, una volta confermata da più dati sperimentali, potesse fornire a sua volta un criterio di attendibilità per i metodi di analisi.

Questa posizione venne più volte riaffermata da Berzelius nella successiva descrizione degli esperimenti da lui effettuati. Citiamo come esempio il problema della determinazione della composizione degli ossidi di rame²¹. Una volta determinata sperimentalmente la composizione del solfuro rameoso, la composizione del corrispondente ossidulo di rame era fissata in base ad una generalizzazione delle regolarità riscontrate: la quantità di ossigeno in un ossido doveva essere la metà della quantità di zolfo nel corrispondente solfuro (vedi nota 17). In base poi alla legge delle proporzioni multiple anche la composizione dell'ossido rameico era necessariamente correlata a questi dati: la quantità di ossigeno nell'ossido rameico doveva infatti essere legata mediante una molteplicità semplice alla corrispondente quantità di ossigeno presente nell'ossidulo, per una stessa quantità di rame.

Gli esperimenti per arrivare a trovare nell'ossido una quantità di ossigeno circa doppia rispetto all'ossidulo furono effettuati da Berzelius 5 volte in diverse condizioni sperimentali, ottenendo risultati sensibilmente differenti. Berzelius non operò una media tra i diversi risultati ma scelse l'ultimo come unico dato affidabile. Ugualmente egli corresse tale dato, ipotizzando una non purezza del rame utilizzato (la presenza di carbonio nel rame era, secondo l'affermazione di Berzelius, un fatto conosciuto, ma quanto ce ne fosse venne da lui valutato solo approssimativamente, senza una precisa determinazione). Questa opportuna correzione consentiva però di poter fissare un contenuto di ossigeno nell'ossido pari al doppio del corrispondente contenuto di ossigeno nell'ossidulo, nel rispetto della legge delle proporzioni multiple.

Ovviamente Proust che aveva trovato per i due ossidi dati diversi da Berzelius²², mantenne le sue posizioni, non avendo evidentemente nessuna chiave di lettura teorica per interpretare i dati sperimentali e valutarne l'attendibilità²³. Del resto nel già citato trattato di Thenard, riportando i dati di composizione degli ossidi metallici secondo Berzelius, l'autore precisava come talvolta essi fossero stati ricavati dalle «lois auxquelles semble être soumise la composition des sels», affermazione commentata ironicamente da Proust, che rivendicava il ben maggior valore dei risultati sperimentali²⁴.

Ai fini del mantenimento di una teoria che si rivelava confermata da tanti punti di vista e che consentiva la costruzione di un nuovo sistema di chimica, aveva allora un senso mettere da parte, come dovute a «une action chimique faible et obscure», secondo la definizione data più tardi ad esempio dal chimico francese Dumas²⁵, le apparenti eccezioni alle leggi stechiometriche che pure già allora erano ben presenti ai chimici. Quindi ad esempio Berzelius poteva definire delle soluzioni solide le combinazioni tra ferro e zolfo diverse da pirite e solfuro ferroso, che pure si ottenevano ripetutamente nel corso degli esperimenti, ma che non presentavano una composizione determinata o che comunque avrebbero contraddetto la semplicità di molteplicità fissata dalla legge delle proporzioni multiple²⁶.

Conclusioni

Non è mia intenzione entrare qui nel complesso problema delle diverse accezioni dell'atomismo di Dalton, di Berzelius e degli altri chimici dei primi decenni dell'Ottocento. Per quanto riguarda l'argomento da me affrontato, occorre dire che la sistemazione che Berzelius diede al problema della composizione delle sostanze si correlò dall'inizio all'ipotesi daltoniana nel senso che essa forniva comunque una eccezionale possibilità di mettere ordine e di fare previsioni nell'altrimenti indecifrabile ginepraio dei dati sperimentali. Fu in tal senso che tale sistemazione dell'argomento fu accettata come definitiva dal resto della comunità dei chimici e non in quanto le leggi delle proporzioni definite e delle proporzioni multiple fossero irrefutabilmente dimostrate da una semplice lettura dei dati sperimentali. Questi non avrebbero potuto dare da soli risposte conclusive, sia per limiti sperimentali, sia soprattutto perché i substrati su cui si operava presentavano comunque talvolta delle situazioni di per sé non riconducibili alle leggi stechiometriche.

Note e Bibliografia

1) C.L. Berthollet, «Essai de statique chimique», ristampato dell'edizione del 1803 da Johnson Reprint Corporation, New York, 1972, Vol. I, pag. 3

2) Ref. 1, Vol. I, pag. 337

3) Ref. 1, Vol. I, pagg. 338-339

4) Ref. 1, Vol. I, pagg. 367-368

5) Ref. 1, Vol. I, pag. 335

6) Ref. 1, Vol. II, pag. 366

7) Ref. 1, Vol. II, pag. 367

8) J.L. Proust, «Sur les oxidations métalliques», *Journal de Physique*, 59, 1804, 321-343, pag. 323.

9) Ref. 1, Vol. II, pag. 372

10) C.L. Berthollet, «Observations relatives à différens Mémoires de Proust insérés dans le LIX vol., du *Journal de Physique*» (I suite), *Journal de Physique*, 60, 1804, 347-351

11) Ref. 8, pag. 321

12) Ref. 10 (II suite), *Journal de Physique*, 61, 1805, 352-362, pag. 362

13) J.L. Proust, «Sur les mines de cobalt, nickel et autres», *Journal de Physique*, 63, 1806, 364-377, pagg. 365-368

14) J.L. Proust, «Sur la fonte de fer», *Journal de Physique*, 63, 1806, 463-467, pag. 466:

«Quant aux caractères qui les [le combinazioni chimiche in proporzioni continue] éloignent ou qui les rapprochent de celles que nous voyons se ranger sous les lois des proportions, je suis bien de l'avis de M. Berthollet [Berthollet aveva chiesto esplicitamente che Proust chiarisse i criteri con cui distingueva i due tipi di combinazione]. Mais comment les aurais je circonscrit ces caractères? Tous les élémens de pareilles unions ne sont pas assez connus. La chimie n'en ayant encore fait l'appel pour les soumettre à une étude particulière, c'est donc assez pour le moment de les présenter comme faits incontestables, en attendant que la méditation s'en empare et détermine enfin la place qui leur convient dans l'édifice de la Science».

15) J.L. Proust, «Recherches sur le cuivre», *Annales de Chimie*, 32, 1799, 26-54, pag. 31

16) J.L. Proust, «Sur les sulfures métalliques», *Journal de Physique*, 59, 1804, 260-265, pag. 261

17) J.L. Proust, «VI lettre sur l'incertitude de quelques oxidations», *Journal de Physique*, 81, 1815, 253-262, pag. 258. L'opera di Thenard in questione è: L.J. Thenard, «*Traité de chimie élémentaire théorique et pratique*», Paris, 1813-16. In questa opera Thebard, esponendo le idee di Berzelius, distingueva rispettivamente proto deuto e trito ossidi e proto deuto e trito solfuri (intendendo in entrambi i casi ossidi e solfuri a contenuto crescente di ossigeno e zolfo). Una relazione tra le due serie di composti, trovata empiricamente da Berzelius, era che, a parità di quantità di metallo, la quantità di zolfo ad esempio nel protosolfuro risultava praticamente il doppio della quantità di ossigeno nel corrispondente protossido (ciò in termini moderni è dovuto al fatto che il peso atomico dello zolfo è praticamente il doppio del peso atomico dell'ossigeno). Oltre a questa relazione che legava i solfuri ai corrispondenti ossidi, nel suo Trattato Thenard citava anche un'altra relazione di molteplicità semplice tra proto e deuto solfuri, nell'ambito appunto della legge delle proporzioni multiple, che Berzelius, come vedremo nel prossimo paragrafo, aveva preso a fondamento del suo sistema di Chimica fin dal 1811, sulla scia dell'ipotesi atomica di Dalton. Proust nella lettera in esame definiva questa relazione «une autre rapport», che a lui sembrava in realtà alquanto discutibile, visto che, a parte l'eccezione fornita dal ferro, secondo Proust tutti i metalli presentavano di regola un solo solfuro e due ossidi».

18) J.L. Berzelius, «Essais sur les proportions déterminées dans lesquelles se trouvent réunis les éléments de la nature inorganique», *Annales de Chimie*, 78, 1811, 5-37, pagg. 5-7

19) Si noti peraltro come nel 1811 Berzelius ignorasse i dettagli dell'ipotesi daltoniana, da lui conosciuta solo attraverso il lavoro di Wollaston. Egli ebbe modo di leggere direttamente il *New System* di Dalton solo l'anno successivo, come mostrano le lettere che i due si scambiarono, in occasione di un viaggio di Berzelius in Gran Bretagna, riportate da H. E. Roscoe & A. Harden in «*A new view of the Origin of Dalton's Atomic Theory*», ristampato dall'edizione del 1896 da Johnson Reprint Corporation, New York, 1970, pagg. 157-162

20) Ref. 18, pag. 7-10:

«Il est évident, que le résultat de la supputation sera beaucoup plus sûr que celui de l'analyse, quand il y a des données sûres pour le calcul... Les analyses dont je vais faire part ont été faites avec le plus grand soin... elles ne sont pas moins assez inexactes pour être autre chose que des approximations... On ne parviendra peut être jamais à donner aux analyses chimiques ce degré de perfection qu'il faudrait, pour que les résultats en exprimassent jusqu'aux dernières décimales les vraies proportions de principes»

21) J. J. Berzelius, «Essais sur les proportions déterminées dans lesquelles se trouvent réunis les éléments de la nature inorganique» (1 suite), *Annales de Chimie*, 78, 1811, 105-132, pagg. 105-111

22) Per le analisi degli ossidi di rame di Proust si veda J. L. Proust, «*Recherches sur le cuivre*», *Annales de Chimie*, 32, 1799, 26-54, pag. 29 (per l'ossido di rame) e J. L. Proust, «*Recherches sur l'étain*», *Journal de Physique*, 51, 1800, 173-84, pag. 179 (per l'ossidulo). È utile evidenziare come i dati di Proust per l'ossidulo, assai differenti da quelli di Berzelius, non erano di fatto dei semplici dati sperimentali. Egli valutò infatti la composizione dell'ossidulo, analizzando il muriato bianco di rame (vale a dire il cloruro rameoso). Ovviamente, alla luce delle nostre conoscenze, nel cloruro rameoso non è contenuto ossigeno, ma Proust accettava la teoria secondo la quale tutti i sali senza eccezioni erano formati da acido e ossido (teoria condivisa da tutti i chimici del tempo e che ritroviamo anche negli articoli di Berzelius del 1811-12 in esame). Ciò comportava un errore sistematico per difetto nella valutazione della parte «muriato» in tutti i cloruri e quindi faceva ritrovare per differenza in essi una supposta quantità di ossigeno legata al metallo. Tralasciamo per semplicità i dettagli di tali valutazioni, che coinvolgevano le analisi di carbonato di bario, cloruro di bario e cloruro di argento e che sono ben esplicitate in J. J. Berzelius, Ref. 21, pagg. 111-115. Ci sembra invece opportuno sottolineare, anche in Proust, il ruolo implicito che il bagaglio teorico preesistente poteva assumere nella elaborazione di un dato sperimentale.

23) J.L. Proust, «*1 lettre sur l'incertitude de quelques oxidations*», *Journal de Physique*, 79, 1814, 119-132, pag. 126

24) J.L. Proust, «*11 lettre sur l'incertitude de quelques oxidations*», *Journal de Physique*, 79, 1814, 321-342, pag. 340

25) J.B.A. Dumas, «*Leçons sur la philosophie chimique professées au Collège de France en 1836*», raccolta a cura di M. Bineau, II edizione, Gauthier-Villars, Paris, 1878, pag. 228

26) Ref. 21, pagg. 131-132:

«Lorsqu'un excès de fer est employé pour la préparation du sulfure de fer, une partie du fer métallique se dissout en fusion dans le sulfure, et cette dissolution peut avoir les mêmes gradations indéterminées, comme par exemple la solution d'un sel dans l'eau. Si cela n'était pas, toute la doctrine pour laquelle il y a déjà eu tant d'expériences confirmatives, ne serait qu'une chimère sans réalité».

Giulia Levi

Torino

Vigilanza igienica sul latte a Torino 1890-1920

Summary

Hygienic control on milk in Turin is concerned. Turin was the first town in Italy to establish, in the last decades of XIX century, which were to be the limit values in the composition of the milk ready to be sold to people. These values regarded the density of the whole milk, the density of the skimmed milk and the amount of fat matter.

This was to prevent the peasants or the merchants to add water to the milk. In the year 1902-1903 a Society of milk producers was founded with the aim to control the quality of the milk brought into the town.

Nevertheless charged staff from Town Council of Turin often found many peasants coming from the country, trying to enter the gates of the town with adulterated milk.

Methods of analyse on milk in use at the end of XIX century are then considered.

A Torino, prima che in ogni città italiana, era stato istituito nel 1881 il servizio chimico di vigilanza sull'annona, prima anche che tale servizio fosse reso obbligatorio da regolamenti sanitari governativi. In particolare per il latte, la vigilanza era fatta alle barriere daziarie nelle ore in cui esso veniva introdotto in città (35.000 litri consumati al giorno nel 1886 pari a l. 0,140 per persona, che diventarono 65.000 al giorno nel 1906 pari a l. 0,250 per persona).

«Torino» nota il dott. Possetto, perito chimico dell'ufficio d'igiene nei primi anni del nostro secolo, «riceve tutto il latte prodotto in un perimetro vastissimo con un agro di circa 42.000 ettari¹. Poche erano invece le margarie esistenti entro la cinta daziaria o sulla collina e il latte colà prodotto rappresentava una quantità quasi trascurabile.

Alla barriera daziaria allora i carri si dirigono tutti in un determinato punto dove si scaricano i recipienti: in una sala terrena dell'edificio daziario due chimici esaminano i campioni che vengono man mano prelevati: di quelli che risultano sospetti di adulterazione viene preso il campione regolamentare, che si sottopone poi a completa analisi nel laboratorio centrale.

Questo servizio si svolge rapidamente e senza arrecare incagli al commercio del latte»².

Il Regolamento per l'esecuzione della legge sulla tutela dell'igiene e della sanità pubblica del 9 ottobre 1889 non trattava in alcun modo del latte, annacquato, né scremato. Solo il Regolamento Governativo speciale del 3 agosto 1890 nell'art. 96 vietava la vendita del latte annacquato e comunque sofisticato e specificava: Si considera come annacquato il latte che contenga una quantità di grasso o di residuo magro inferiore ai limiti stabiliti in base a molte prove di stalla dai Regolamenti locali di igiene³.

A Torino invece già dal gennaio 1888 l'Ufficio d'Igiene aveva iniziato le sue esperienze e prove di stalla per stabilire dei numeri limite nella composizione del latte venduto e consumato sul suo territorio. Queste prove proseguirono fino al maggio 1891, con l'esame complessivo di 96 campioni medi di latte di intere stalle, 67 dal territorio di Torino, le altre dai paesi limitrofi.

L'Amministrazione comunale sottopose i risultati di queste prove ad una speciale Commissione nel dicembre 1892 e questa, concordando con i risultati, propose l'adozione dei numeri limite per il giudizio del latte alla Giunta e poi al Consiglio Comunale. Il 18 gennaio 1893 la delibera del Consiglio Comunale, approvata nell'aprile successivo dal Consiglio Sanitario provinciale e dal Prefetto della Provincia, stabiliva i numeri limite, entrati a far parte del Regolamento speciale per il latte del 23 maggio 1893:

- per il latte intero una densità a 15°C di 1,0320
- per il latte scremato una densità a 15°C di 1,0345
- per il siero una densità a 15°C di 1,0285
- un residuo secco intero del 13%
- una materia grassa del 4%
- un residuo magro del 9% con la riconosciuta deficienza di 0,5% nella quantità di materia grassa per il latte della mungitura mattutina.⁴

A proposito del latte scremato è necessaria qui una digressione. Il dato sulla densità a 15°C del latte scremato non era in verità obbligatorio, ma ottemperava all'art. 95 del Regolamento speciale del 1890, il quale tollerava anche la vendita del latte scremato o centrifugato, purché una scritta sul corpo del recipiente contenitore indicasse questa qualità del latte⁵.

Questo permesso, sebbene dato in via eccezionale, aveva dato adito a parecchi inconvenienti. Alcuni venditori ambulanti apponevano sui propri recipienti la scritta latte scremato per essere in regola rispetto alle ispezioni municipali e poi vendevano lo stesso latte come latte puro.

In realtà una vigilanza rigorosa non era possibile, soprattutto sui lattivendoli ambulanti che, nota il Possetto, «entrano in città quasi ad ogni ora del giorno con due o tre recipienti di latta ripieni di latte sulla schiena e portano direttamente il latte stesso al domicilio dei consumatori». Per varie circostanze il loro controllo ai limiti della cinta daziaria è praticamente impossibile: «D'altra parte quando anche entrino in città recando latte genuino, (...) hanno (poi) tutti i mezzi per poterlo annacquare a loro piacimento». Possetto sottolinea che gli ambulanti «godono invece la maggior fiducia delle famiglie, tanto povere quanto abbienti, che

reputano di ricevere da loro latte assai migliore di quello distribuito dai lattivendoli cittadini», e questo malgrado si sia dimostrato — a suon di contravvenzioni — che il loro latte è in generale più scadente⁶:

In realtà vi erano «trucchi» più sottili del semplice annacquamento. Alcuni allevatori disonesti avevano imparato a fornire alle mucche certi particolari foraggi molto acquosi che aumentavano la produzione di latte, ma ne diminuivano il contenuto nutritivo. Latti di questo tipo non si potevano dire adulterati perché erano genuini, non manomessi, tuttavia non potevano dirsi commerciabili poiché non rispettavano i valori limiti stabiliti. Per queste ragioni probabilmente il nuovo Regolamento generale sanitario del 3 febbraio 1901 aveva eliminato l'eccezione del precedente art. 95 e non permetteva più la vendita del latte scremato. Pertanto anche la Giunta comunale di Torino, adeguandosi al nuovo Regolamento, nella seduta del 16 febbraio 1903 abolì il permesso di vendere latte scremato, confermando per il latte intero i numeri limite già ricordati.

Ma con quali metodi erano stabiliti i numeri limite?

F. Ballario, perito chimico municipale, incaricato di eseguire le prove di stalla nel triennio '88-'91, nota che per determinare il residuo solido e la quantità di materia grassa del latte i chimici dispongono oggi di metodi perfezionati⁷, tuttavia nel campo dell'industria agricola e della vigilanza igienica si presentano parecchie esigenze, a cui mal si potrebbe soddisfare coll'impiego di metodi che esigono molto tempo... in simili casi in cui importa soprattutto di eseguire un gran numero di analisi, è necessario... che i chimici si mettano d'accordo nell'applicare gli stessi procedimenti analitici a prodotti identici, e preferiscano metodi approssimativi a metodi rigorosi, ma troppo lunghi. Si potranno così moltiplicare considerevolmente i termini di paragone⁸. Cionondimeno Ballario e il suo collaboratore Revelli con grande intelligenza e spirito critico, seppero approfittare del loro incarico per «sottoporre a lungo e diligente esame i metodi reputati più spicci» per perfezionarli e confrontarli con quelli più affidabili. Dovendo determinare la quantità di materia grassa insieme al residuo solido contenuto nel latte (i dati che permettono di apprezzare il valore igienico industriale di un latte, ma anche di stabilire se questo sia stato sofisticato per annacquamento o scrematura)⁹, il metodo più accreditato e sicuro era la determinazione aerometrica della sostanza grassa secondo Soxhlet, proposto 1879. L'altro metodo impiegava il lattobutirrometro, ed era stato proposto da Marchand sul "Journal de Pharmacie et de Chimie" del 1854, con l'intenzione di associare la rapidità dell'esecuzione ("procédé expéditif")¹⁰ con l'attendibilità dei dati ("sûreté des indications")¹¹ perché relativa alla consumazione del latte. Fino al 1854 si impiegavano due metodi in particolare. Il lattodensimetro di Quevenne era utile, ma non adatto alla determinazione della materia grassa, poiché un latte scremato ed annacquato ad arte può dare un valore di densità pari ad un latte genuino. Il lattoscopio ottico di Donné (del 1843) era basato sul principio che l'opacità del latte sia tanto maggiore quanto più li liquido è ricco di globuli grassi. Ma già i contemporanei di Donné ave-

vano notato che era un metodo da utilizzare con molte precauzioni (ad esempio in camera oscura) e comunque poco attendibile, poiché l'opacità del latte è dovuta anche alla materia «globulare-caseosa» (Soubeiran, 1873) Già l'*Enciclopedia delle Arti e Industriale* del 1885 dice chiaramente che è un strumento che ha perduto ogni fiducia e può condurre ad errori grossolani¹². Il principio su cui si basava il procedimento di Marchand era questo: aggiungendo a una miscela in parti uguali di latte ed etere un volume di alcool pari a quello dell'etere, la materia grassa contenuta nel latte se ne separa e galleggia in superficie per cui può essere dosata se l'esperienza viene condotta in un tubo graduato. Inoltre l'esperienza non dura più di 10-12 minuti. Esistevano comunque alcuni inconvenienti:

- 1) la determinazione non riesce esatta se la quantità di grasso del latte non supera il 15‰
- 2) la massa oleosa di burro può racchiudere ancora dell'etere, e soprattutto
- 3) una piccola parte della materia grassa rimane in soluzione nella miscela acqua etere alcool.

Marchand stesso aveva perciò proposto delle tabelle correttive e i contemporanei a loro volta avevano corretto il procedimento. Charles Girard, Direttore del Laboratorio municipale di Parigi, in un documento del 1885, proponeva invece un'altra modifica che avrebbe dovuto dare risultati più affidabili cioè l'uso di una miscela di alcool 90°, etere e ammoniacca pura, mantenendo l'alta temperatura (43°) della metodica originale. Proprio da questa modifica del loro collega francese partono Ballario e Revelli per confrontare il metodo Marchand col Soxhlet: «Trattandosi di sperimentare i dati numerici che si ottengono da un metodo di esperienza, in confronto con l'altro ritenuto esatto, si ebbe cura di eliminare ogni causa accidentale che potesse turbare l'esattezza dei risultati. Per conseguenza si ebbe cura di operare sempre nelle stesse condizioni... Tutte le prove furono sempre eseguite in doppio. Dai risultati numerici concordi si dedusse la media»¹³. Fu tenuta ben presente la nettezza degli strumenti e la possibilità che la lettura fosse falsificata da errori di prevenzione dell'operatore, tanto che le letture vennero sempre fatte da ambedue gli operatori cercando di spingere l'approssimazione fino al decimo delle piccole divisioni¹⁴.

Il procedimento proposto da Girard fu ancora rimaneggiato e migliorato (prima fu introdotta nel lattobutirrometro la miscela di alcool etere ammoniacca e poi il latte; la lettura fu fatta a temperatura più bassa), ma in pratica i due chimici torinesi dimostrarono la validità del metodo lattobutirrometrico di Marchand per la maggior parte delle esperienze; solo per latti molto grassi (oltre il 4% di materia grassa) era risultato meno preciso, ma da un punto di vista pratico, molto difficilmente si trovavano in commercio, latti così ricchi.

Probabilmente anche grazie a questo minuzioso e tenace lavoro di messa a punto del metodo, il lattobutirrometro di Marchand fu utilizzato per anni presso il Laboratorio di Igiene di Torino.

Lo veniamo a sapere indirettamente da una controversia sorta nel 1902 fra

l'Ufficio d'Igiene e la Stazione sperimentale agraria di Torino a proposito dell'analisi di un campione di latte.

Forse in seguito a questo spiacevole episodio, il 18 febbraio 1902 la Giunta municipale di Torino deliberava di acquistare per il laboratorio chimico centrale annesso al Civico Ufficio di Igiene, una centrifuga Gerber per l'esame del latte.

L'acidobutirrometro di Gerber (presentato per la prima volta a Zurigo nel 1890), richiedeva, rispetto al lattobutirrometro Marchand, l'uso di apparecchi più costosi e complicati, ma era anche più esatto, oltre che rapido.

Utilizzava butirrometri a vetreria di fattura determinata, una centrifuga a trottole, azionata a mano o mediante l'elettricità o il vapore¹⁵ e quantità ben precise di latte, acido solforico, alcool amilico. In due anni la centrifuga Gerber a Torino permise l'analisi di oltre 2000 campioni di latte, tanto che il 19 giugno 1904 alla riunione della Giunta municipale, l'assessore Tacconis la definiva ormai così logora da essere quasi inservibile¹⁶.

Ma questo fervore nella precisione delle analisi aveva un suo risultato nella realtà dei fatti? Possetto sosteneva di sí, poiché prima dell'istituzione dell'ispettore annorario e della pubblicazione dei numeri limite si riteneva cosa normale annacquare il latte anche al 25%. Tuttavia sono stati registrati parecchi casi di adulterazione del latte, soprattutto da parte di lattivendoli fornitori di pubbliche amministrazioni, Opere Pie e consimili.

Frattanto i Produttori di latte dei dintorni di Torino si erano costituiti in una società con un proprio Statuto, datato 9 settembre 1902, per «tutelare efficacemente la loro posizione... per alienare il loro prodotto puro e genuino ad un prezzo equo e rinumeratore, allo scopo di offrire ai cittadini, ai consumatori tutti il latte buono naturale immune da miscele... avente insomma quei requisiti che le ricerche scientifiche ed sperimentali di questi ultimi anni gli assegnano»¹⁷.

La Società dei Produttori garantiva di introdurre in città latte genuino, proponendosi di colpire con severe sanzioni fino all'espulsione dalla Società stessa, gli eventuali soci che si rendessero colpevoli di adulterazione del prodotto, tuttavia invitava l'Amministrazione Comunale ad applicare i regolamenti d'igiene non solo alle barriere daziarie al momento dell'introduzione del latte in città, ma anche in seguito, per garantire il consumatore da ogni sofisticazione. C'era insomma una rivalsa nei confronti dei commercianti, da parte dei produttori che dovevano far fronte «ai rigori dell'Ufficio d'Igiene¹⁸, alle molteplici spese che la cura del bestiame bovino richiede¹⁹, alle frequenti epidemie di afta epizootica nelle stalle, con un guadagno molto ristretto poiché il prezzo del latte rimase sempre inadeguato»²⁰. Tuttavia la collaborazione della Società produttori di latte con l'Amministrazione comunale, per quanto riguarda prevenzione di epidemie bovine e igiene delle stalle, fu assai scarsa; i loro rapporti furono sempre improntati a dure e lunghe polemiche.

Già in un memoriale del 16 marzo 1903 la Società faceva presente la necessità di rivedere i numeri limite relativi alla composizione del latte (cioè riguardanti

la materia grassa e il residuo magro, secondo il regolamento appena approvato nel febbraio precedente): veniva addotto il motivo che, in 10-12 anni trascorsi dalle prime prove di stalla, le condizioni relative alla coltivazione dei terreni e all'allevamento del bestiame erano mutate. La Civica Amministrazione acconsentì e ordinò lo svolgimento di nuove prove di stalla, incaricandone il dott. Possetto. Anche lui, come chimico, era convinto della necessità di verificare se i valori stabiliti un decennio prima fossero ancora accettabili, poiché effettivamente le coltivazioni erano condotte con l'uso di nuovi concimi e i foraggi potevano aver subito modificazioni di composizione e di potere nutritivo, e inoltre parecchi allevatori avevano sostituito le mandrie piemontesi di pianura con altre di razza svizzera, produttrici di più latte, ma forse di composizione leggermente diversa.

Con l'aiuto dei colleghi Malacarne e Borghesio, Possetto si dedicò a questo studio dal 1° maggio 1903 alla fine di ottobre 1904, con prove suppletive anche nel 1905. Le analisi erano condotte indipendentemente da due periti, eseguite in doppio col metodo Gerber «che per la sua squisita esattezza, per la rapidità con cui può essere eseguito e controllato, ha ormai in tutti i laboratori sostituito ogni altro processo di determinazione del grasso nel latte»²¹.

I risultati portarono a riconfermare il valore del 9% per il residuo magro. Per la percentuale della sostanza grassa si ottenne come media generale 4,08%, il che significava che nonostante le mutate condizioni agronomiche, la composizione del latte era rimasta pressoché invariabile.

Tuttavia non tutte le varie medie mensili avevano dato valori del 4% (es. novembre, gennaio, marzo, aprile), e per venire incontro alle richieste dei produttori fu adottata la cifra del 3,5%. Fu però abolita la diversità di giudizio fra il latte della mungitura del mattino (normalmente più povero di grassi) e di quella della sera (più ricca) e rimase 3,5% come numero unico. I valori così stabiliti furono introdotti nel nuovo Regolamento locale di Igiene, entrato in vigore il 2 aprile 1905. All'art. 347 di questo Regolamento era contenuta anche la seguente disposizione: «Quando il trasporto del latte non viene effettuato personalmente dal proprietario, i recipienti qualunque essi siano, dovranno essere piombati od altrimenti suggellati. Questa disposizione ha lo scopo di non coinvolgere in procedimenti penali i conducenti i quali non sono da ritenersi responsabili delle adulterazioni che fossero eventualmente compiute dai proprietari»²².

Ma tale disposizione non piacque ai produttori. Alcuni cercarono con una petizione al Sindaco di posticipare la data di applicazione del nuovo articolo al 29 settembre, giorno stabilito per il rinnovo dei contratti annuali con fittavoli, dipendenti delle fattorie e compratori di latte. Ma l'amministrazione comunale rifiutò ribattendo che l'art. 347 poteva essere applicato indipendentemente dai contratti stipulati fra produttori e dipendenti.

Altri produttori non se la sentivano di garantire per l'onestà dei loro margari in loro assenza e facevano ricorso perché la responsabilità penale di eventuali adulterazioni non ricadesse soltanto sui proprietari.

Altri ancora spedirono campioni della loro mungitura alla Stazione sperimentale Agraria di Torino e ricevettero quasi sempre la dichiarazione che il latte esaminato non raggiungeva i limiti prescritti dal Regolamento²³. A nome di tutti i Soci, la Società dei produttori di latte dei dintorni di Torino il 3 marzo 1906 inoltrò al Sindaco un nuovo memoriale, in cui si chiedeva di abrogare la disposizione della piombatura dei recipienti prevista dall'art. 347, di diminuire ancora il limite della materia grassa al 3% e del residuo magro all'8,5%, di ammettere alla vendita latte di composizione sotto i limiti previsti qualora risultasse non adulterato ma naturalmente povero.

Il medico capo dell'Ufficio d'Igiene Abba il 12 marzo 1906 inviò una relazione al Sindaco in cui punto per punto demoliva le richieste inoltrate dalla Società.

Già in base a pure considerazioni economiche la petizione dei produttori non sarebbe stata da accettare, visto che le più recenti prove di stalla erano costate all'Amministrazione comunale non meno di 4.000 L. Da un punto di vista più tecnico poi, proprio le più recenti prove avevano dimostrato che pochi erano i campioni che non raggiungevano i limiti imposti e tra l'altro «dopo le prime ispezioni, la percentuale di residuo magro si elevò tosto nel latte²⁴, mentre le mucche continuavano a nutrirsi dello stesso foraggio, per cui al fenomeno non erano estranee la mano dell'uomo e l'acqua dei cascinali»²⁵. L'art. 347 non andava assolutamente abrogato perché l'annacquamento fatto dai conducenti per strada consisteva nell'«aggiunta di acque superficiali, di fosso o di bealera, più o meno inquinate, sempre pericolose per la salute dei consumatori»²⁶.

Lo stesso Abba aveva già reso noto, in una relazione al Sindaco del 5 settembre 1905, la consuetudine dei lattivendoli di «lavare i recipienti vuoti del latte con l'acqua delle bealere che incontrano sul loro cammino ritornando alle margherie», e aveva sottolineato che «l'acqua di tali bealere irrigatorie è da riguardarsi come pericolosa perché in essa vengono lavate le biancherie del suburbio e vengono versati i liquidi di rifiuto di molte industrie, quando non si versano direttamente liquidi cloacali»²⁷.

Per risolvere questo problema del lavaggio dei recipienti Abba proponeva che fosse fornita acqua calda ai lattivendoli, al loro passaggio in uscita dalla città in determinati casotti presso le barriere daziarie. Due anni dopo però questa idea era ancora allo stato di progetto.

Tornando alle richieste della Società dei produttori di latte, l'ultimo punto su cui si basavano era il paragone sia con le cifre limite di altre città o nazioni (più basse rispetto a quelle torinesi), sia con le cifre rese note dai caseifici del Piemonte (i burri ottenuti avevano un tenore di grasso compreso fra 3,2 e 3,3%). Ma a queste considerazioni sia Abba sia Possetto ribattevano che le cifre venivano appositamente stabilite per ogni territorio in base a dati di fatto, specifici per ogni luogo in cui il latte è prodotto. Inoltre i dati dei caseifici erano senz'altro «industrialmente veri», ma «analiticamente non esatti» perché approssimati e non basati sull'«esattezza matematica degli apparecchi usati nel laboratorio municipale di Torino»²⁸.

Nonostante tutto la Civica Amministrazione volle in qualche modo tutelare i diritti dei produttori, anche perché la polemica era scoppiata sui giornali cittadini, e ordinò nuovi esperimenti dal 3 aprile 1906 al 3 aprile 1907 «estendendo le visite alle principali stalle di tutto il territorio che fornisce il latte a Torino e ripetendole in determinate stalle per tre o quattro volte, in modo da ritirare dalle predette stalle un campione di latte per stagione»²⁹. Gli incaricati furono sempre Possetto e i suoi colleghi, i quali «per sfuggire alla taccia di aver scelto la miglior stagione per intensificare il numero delle visite eseguirono parecchi viaggi anche in inverno e poi a marzo e aprile, partendo egualmente e non rare volte colla pioggia, col vento e colla neve»³⁰.

Le analisi provarono ad oltranza la stabilità dei numeri limite del 9% per il residuo magro e del 3,5% per la materia grassa.

Frattanto la Società fra i produttori di latte dei dintorni di Torino non essendo riuscita a far rivedere il Regolamento d'igiene, si era organizzata in modo da trarre ugualmente un utile dalla vendita: in città, aveva aperto 8 distributori di latte gestiti dalla Latteria cooperativa di via Porta Palatina 29. Qui i soci portavano il latte due volte al giorno; se l'analisi immediata garantiva la genuinità del prodotto, esso veniva raffreddato, imbottigliato, suggellato e spedito ai distributori dove erano vendute le bottiglie chiuse. Nel 1910 la Latteria cooperativa aveva fatto richiesta al Sindaco perché un chimico municipale fosse presente nella sede di via Porta Palatina al momento dell'arrivo del latte per determinarne la genuinità. Alla risposta affermativa e un pò avventata data dal Sindaco il 16 marzo 1910, avevano fatto seguito richieste di altri produttori di latte grandi e piccoli perché anche a loro fosse riservato un uguale trattamento.

Già nel 1906 il proprietario della Latteria Svizzera al Valentino aveva inoltrato una richiesta di questo tipo, ma allora il Municipio aveva risposto negativamente, proprio per non privilegiare quella latteria rispetto ad altre. Così il 28 maggio 1910 il Consiglio Comunale si trovò costretto a proporre una regolamentazione della vendita del latte perché fosse uniforme per tutti. Il progetto avrebbe accordato l'assistenza di un chimico municipale a tutti quei produttori che ne avessero fatto richiesta, se avessero introdotto in città almeno 3.000 litri di latte al giorno, dietro il pagamento di L. 2000 all'anno per ogni 10.000 litri di latte introdotti al giorno. Veniva fatto obbligo di vendere questo latte controllato esclusivamente in bottiglie suggellate, di vetro bianco e munite di tappo speciale, al quale fosse possibile applicare un suggello della civica amministrazione indicante la data.

Il latte invenduto nella giornata sarebbe stato ritirato dal commercio.

Questo progetto — per dirla con parole di Abba — «ebbe a naufragare per l'opposizione vivissima dei piccoli rivenditori»³¹, ma una nuova interpellanza nella seduta del Consiglio comunale del 23 novembre 1914 risollevò la questione della distribuzione e vendita del latte sotto il controllo diretto del Municipio. Anche questa volta però furono tante le difficoltà che si opposero al progetto, soprattutto di tipo economico, che la proposta fu di nuovo abbandonata.

Solo nel maggio 1921, dopo il terribile «intervallo» della guerra, si tornò a parlare di servizio municipalizzato della distribuzione del latte per assicurare alla cittadinanza latte puro e igienico.

Il 14 ottobre 1921 la Giunta Comunale deliberò di costituire una Commissione per lo studio dei provvedimenti atti ad assicurare la tutela igienica del latte considerando che le condizioni del mercato stavano tornando verso la normalità.

Di questa commissione facevano parte tra gli altri i dottori Abba e Possetto. Tuttavia solo l'11 novembre 1937 fu fondata la Centrale del latte a Torino, col primitivo nome ETAL (Ente Torinese Approvvigionamento Latte).

Note

- 1) *La vigilanza igienica sul latte in rapporto al regolamento d'igiene.* — Relazione dell'Ufficiale Sanitario al Sindaco. *Sulla composizione del latte consumato in Torino* — Relazione del perito chimico all'Ufficiale Sanitario. — Archivio Città di Torino. Miscellanea Sanità ed Igiene, maggio 1907, n. 22A, p. 10.
- 2) F. ABBA, *Torino, progressi igienici, sanitari e demografici*, Torino 1906, p. 65.
- 3) Dalla *Deliberazione della Giunta Municipale 28 gennaio 1903* — Archivio Città di Torino. Miscellanea Sanità ed Igiene, 1907, n. 2.
- 4) Ibid.
- 5) Ibid.
- 6) *La vigilanza igienica...* cit., pp. 10-11.
- 7) F. Ballario - C. A. Revelli, *Sui metodi proposti per determinare rapidamente i principali componenti del latte di vacca*, in *Le stazioni sperimentali agrarie italiane*, vol. XVIII, fasc. II, 1890, p. 1.
- 8) Ibid., p. 2.
- 9) Ibid., p. 1.
- 10) «Journal de Pharmacie et de Chimie», tome XXV, 1854, p. 353.
- 11) Ibid.
- 12) *Enciclopedia delle Arti e Industrie*, diretta da R. Pareto e G. Sacheri, U.T.E.T., Torino 1885, pp. 1075-1076.
- 13) F. Ballario - C. A. Revelli, *Op. cit.*, p. 5.
- 14) Ibid., p. 6.
- 15) *Nuova enciclopedia di chimica scientifica, tecnologia e industriale*, diretta da F. Garelli, U.T.E.T., Torino 1925, pp. 658-659.
- 16) Dalla *Deliberazione della Giunta Municipale 9 giugno 1904*. Archivio Città di Torino. Miscellanea Sanità ed Igiene, 1904, cart. 46.
- 17) Lettera al Sindaco della Città di Torino da parte della Società dei produttori di latte dei dintorni di Torino, 5 febbraio 1903. Archivio Città di Torino. Miscellanea Sanità ed Igiene, classe 24 posiz. 3.
- 18) Ibid.
- 19) Ibid.
- 20) Ibid.
- 21) *La vigilanza igienica...* cit., p. 17.
- 22) Archivio Città di Torino. Miscellanea Sanità ed Igiene, 1905, cart. 51.
- 23) *La vigilanza igienica...* cit, p. 22.
- 24) Ibid., p. 4.
- 25) Ibid.
- 26) Ibid., p. 5.
- 27) Relazione al Sindaco dell'Ufficiale Sanitario, 5 settembre 1905. Archivio Città di Torino. Miscellanea Sanità ed Igiene, 1905, cart. 51.
- 28) *La vigilanza igienica...* cit., p. 4.
- 29) Ibid., p. 21.
- 30) Ibid.
- 31) Lettera del Medico Capo dell'Ufficio d'Igiene F. Abba all'Assessore per l'annona, 3 maggio 1921. Archivio Città di Torino. Corrispondenza igiene, cart. 131.

Bibliografia

- Archivio Città di Torino. Corrispondenza Sanità Igiene - anni 1899-1921.
- F. ABBA, *Torino, progressi igienici, sanitari e demografici*, Torino 1906.
- F. Ballario - C. A. Revelli, *Sui metodi proposti per determinare rapidamente i principali componenti del latte di vacca*, in *Le stazioni sperimentali agrarie italiane*, vol. XVIII, 1890.
- *Enciclopedia delle Arti e Industrie*, diretta da R. Pareto e G. Sacheri, U.T.E.T., Torino 1885.
- *Nuova enciclopedia di chimica scientifica, tecnologia e industriale*, diretta da f. Garelli, U.T.E.T., Torino 1925.

Nicoletta Nicolini
Dipartimento di Chimica
Università degli Studi "La Sapienza", Roma

La cromatografia romantica di Runge

Summary

Ingenuity and vitality were the outstanding features of Friedlieb Ferdinand Runge (1794-1867), an eminent personality of the German chemistry.

Besides a great deal of results obtained in the field of organic chemistry (e. g., the discoveries of caffeine, atropine, quinine, phenol, pyrrole, aniline), he was actively involved in publicizing activities in order to call attention to the applied and industrial chemistry.

This paper is aimed at examining the last two books written by Runge (1850, 1855) that have great importance for development of the paper chromatography.

Attached to the books is a collection of original pictures (Bilder) carried out by chemical means; the pictures can be interpreted by various codes, just between a scientific design and a merely aesthetic path.

In particular, aspects connected with the influence of Naturphilosophie are examined.

Friedlieb Ferdinand Runge: la persona

Hoffmann von Fallersleben (1797-1874) definiva Runge come il più irrequieto, geniale ed esuberante compagno d'università, «sempre occupato con nuovi esperimenti, felice di arrivare a dei risultati e generoso con le sue scoperte. Ed era ancor più contento quando un fabbricante le poteva utilizzare.»¹

La curiosità intellettuale e la ricca personalità fanno di Runge un chimico particolarmente versatile. L'acutezza dell'osservazione abbinata alla fantasia ha permesso alla chimica della prima metà dell'ottocento di possedere quel particolare in più che la rendeva gradita e popolare.

Runge non era ambizioso. Molte sue scoperte sono state sfruttate da altri, ma in lui non si trova rancore per gli onori e i vantaggi economici derivanti dall'utilizzazione dei brevetti, appagato com'era dall'intensa vita intellettuale. La mente di Runge aveva sempre qualcosa da fare.

Friedlieb Ferdinand Runge nasce l'8 febbraio 1794 vicino ad Amburgo, figlio di un pastore evangelico. Per gli scarsi mezzi finanziari della famiglia, e rimasto orfano, ha un iter scolastico piuttosto difficoltoso, aggravato dall'occupazione napoleonica del territorio.

L'intervento di uno zio gli permette di intraprendere gli studi di farmacia a

Lubeca (1810-1816), di medicina a Berlino (1816-1818) e a Gottinga sotto F. Stromeyer (1776-1835) che nel 1809 aveva scritto il primo manuale pratico di chimica in tedesco.

Qui iniziano gli studi sugli estratti vegetali che vengano poi approfonditi a Jena con J. W. Döbereiner (1780-1849), con il quale nel 1819 si laurea in medicina con una dissertazione sul tema «*De nova methoda veneficium belladonnae, daturae, nec non hyoscyami explorandi*».

Lo studio sugli estratti di solanacee lo fanno soprannominare *Dr. Gift* (Dottor Veleno), e come Dottor Gift visita J. W. Goethe (1749-1832) nel 1819, interessato alla dimostrazione dell'«occhio del gatto». L'allargamento della pupilla del gatto *Famulus*, sottobraccio a Runge, rivelava la presenza di atropina in una soluzione, e la procedura, piuttosto atipica, destava interesse in campo giuridico per il rapido accertamento dell'uso di solanacee nelle cause per avvelenamento. Il fenomeno, letto in senso inverso, sarà poi applicato in oculistica.

Nel 1820 Runge scrive il primo libro di fitochimica e si trasferisce a Berlino dove coabita con il silenzioso e tranquillo J. C. Poggendorff (1796-1877), che diventerà successivamente professore di fisica e direttore degli *Annalen für Physik und Chemie*.

Nel 1822 sostiene l'esame di Privatdozent alla presenza di G. F. Hegel (1770-1831), esame definito tra i più comici nella storia dell'Università. Runge non conosceva il latino, ma ciò non gli ha impedito di imbastire una spigliata discussione rifugiandosi in una sequenza di proverbi («*Practica est multiplex — Plenus venter non studet libenter — Post nubila Phoebus — Errare humanum est - ecc.*»).

Per fortuna il valore scientifico di Runge non poteva essere messo in discussione e la sua dissertazione sul *pigmento indico* verrà pubblicata nella rivista di J. B. Trommsdorff (1770-1837). Ottenuta la nomina, si reca successivamente per tre anni all'estero per approfondire gli studi sulla chimica vegetale. A Parigi conosce Justus von Liebig (1803-1873) cui rimarrà intensamente legato da una profonda ed affettuosa amicizia.

Nel 1832 Runge diventa direttore tecnico di una fabbrica di prodotti chimici a Oranjenburg (Berlino), incarico che gli permette anche di dedicarsi ad un'intera opera di divulgazione. Tra il 1832 e il 1850 scrive una diecina di libri di chimica che contengono tra l'altro consigli tecnici per tingere tessuti e materiale vario.

Il linguaggio usato da Runge, chiaro e accattivante, assieme con il rigore delle istruzioni, tutte diligentemente verificate, li rendono molto popolari e attesi con impazienza dagli operatori tecnici. La filosofia di Runge è sottolineata dalla prefazione di uno di questi, il III volume della *Farbenchemie*, in cui raccomanda ai propri amici e studenti: *Rührt Euch und haltet auf Farbe*, un gioco di parole con un significato legato alla tintura (mescolate e trattenete il colore), ma leggibile anche nel senso comportamentale (muovetevi e non sbiaditevi).

Nel 1850 e nel 1855 escono due libri molto originali, le cui immagini allegate ad ogni copia (i Bilder) e ottenute da precipitazioni inorganiche saranno l'oggetto

della comunicazione. Il primo è *Zur Farbenchemie: Musterbilder für Freunde des Schönen und zum Gebrauch für Zeichner, Maler, Verzierer und Zeugdrucker* e l'altro *Der Bildungstrieb der Stoffe, veranschaulicht in selbstständig gewachsenen Bildern*. Il *Musterbilder*, dedicato al Re di Prussia Federico Guglielmo IV, contiene 126 immagini a colori con le relative istruzioni e poche pagine d'introduzione. Il *Bildungstrieb*, continuazione del libro precedente, presenta altre 32 immagini originali ottenute per via chimica. Le «prove d'autore» inserite nei testi li rendono particolarmente rari e preziosi. Dei pochi esemplari che risultano esistenti (8 *Musterbilder* e 10 *Bildungstrieb*) non vi è traccia nelle biblioteche pubbliche italiane.

Runge ottiene per il *Bildungstrieb* la medaglia d'oro all'esplosione mondiale di Parigi del 1855 e a quella di Londra del 1862.

Diventa socio onorario della Società Scientifica di Norimberga e di quella di Basilea e dopo altri onori, attribuiti da altre fondazioni, muore nel marzo 1867 a Oranienburg.

Friedlieb Ferdinand Runge: l'opera

L'attività scientifica di Runge inizia nel 1819 con l'isolamento dell'*atropina*, della *caffaina* (i semi del caffè erano stati forniti da Goethe che lo aveva invitato ad indagare) e della *chinina*. I risultati vengono pubblicati nella rivista *Isis* del naturalista L. Oken (1779-1851).

Nel 1822 ottiene il brevetto per la *purpurina* e l'*alizarina* ed in seguito si dedica alla distillazione del catrame del carbon fossile.

Nel 1833 isola l'*acido carbolico* (poi chiamato *fenolo* da C. F. Gerhardt nel 1842), l'*acido rosolico* (per cui J. F. Persoz otterrà il brevetto) e l'*acido brunolico* (non ben identificato).

L'anno successivo scopre il primo colorante artificiale individuato nel catrame di carbon fossile con reazione al cloruro di calce. Il composto viene chiamato *cianolo* ed è lo stesso di quello determinato da C. J. Fritzsche (1816-1859) nel 1841 con la distillazione dell'indaco su potassa e chiamato anilina, e di quello di N. N. Zinin (1812-1880) per riduzione del nitrobenzolo denominato benzidam. A. W. Hoffmann (1818-1892) nel 1843 riconosce l'identità di tutti questi composti e sceglierà per tutti il nome di *anilina*. Assieme con il cianolo (o olio blu), Runge individua il *pirrolo* (olio rosso), il *leucolo* (olio bianco), [miscela di isoschinolina, chinolina e chinaldina], il *nero di anilina*, per cui Lightfoot nel 1863 prenderà il brevetto, e la *smeraldina*.

Nel 1822 Runge ha un riconoscimento ufficiale per i lavori sull'indaco e le applicazioni del colorante sulla seta e consegue il brevetto per l'*alizarina* e la *purpurina*.

Runge si occupa anche di igiene sanitaria suggerendo l'uso del cloro al posto

dell'acido acetico in occasione di un'epidemia di colera e nel 1853 si trova, in una corrispondenza polemica con la vedova del direttore commerciale di Oranjenburg, la notizia del *guano artificiale*. Il procedimento segreto, della cui effettiva praticabilità non si è in grado di fare una valutazione, proposto ad un altro industriale, ha avuto come risposta: «Sarebbe una criminale presunzione voler imitare gli escrementi degli uccelli!»². E così è stato accantonato.

Runge aveva anche provato tutti i nuovi coloranti sui tessuti ma i «tentativi di trovare un'applicazione su larga scala dei miei prodotti naufragarono per colpa di un impiegato incapace. La stessa cosa è successa per le *candele di paraffina*»³ L'impiegato incapace nominato da Runge era probabilmente il direttore commerciale della fabbrica di Oranjenburg che non concordava sulle potenzialità offerte dai prototipi di Runge.

Gli stessi Bilder sono offerti da Runge per contrassegnare la cartamoneta.

Ma i successi scientifici non gli garantiranno una vita ricca e agiata, tanto è vero che verrà costretto a rivendicare almeno una stanza in cui vivere.

I Bilder

La fabbrica di Oranjenburg produceva essenzialmente esacianoferrati, solfati, candele e saponi.

L'esacianoferrato veniva usato da Runge ad esempio per il riconoscimento di impurezze di rame o di ferro dalla colorazione, rossa o blu, che impartiva alla soluzione. O viceversa, i sali di questi metalli potevano rivelare la presenza di esacianoferrato in un miscuglio a causa della loro precipitazione colorata.

Il problema è sempre quello di ottenere una sostanza pura e di individuare delle tecniche in grado di amplificare le differenze minime tra sostanze.

Le esigenze industriali imponevano una maggiore rapidità per il controllo del processo di lavorazione e Runge, già nel *Farbenchemie* del 1850, contemporaneo al *Musterbilder*, suggerisce l'uso di analisi alla tocca su carta per il controllo della completa precipitazione del colorante del campeggio che prima veniva fatto con continue e lunghe filtrazioni.

Nell'introduzione al *Musterbilder*, Runge sostiene che il riconoscimento di impurezze in provetta sia difficile per il rischio di mascherarle a causa delle difficoltà delle proporzioni, mentre versando le soluzioni goccia a goccia sulla carta si può operare con più sicurezza. Da qui la scoperta casuale dei Bilder:

«mi è apparso ad un tratto un nuovo mondo di immagini, forme e mescolanze di colori come non ne avevo mai pensati e della cui veridicità mi sorprendevo»⁴.

Runge offre i Bilder come ausilio didattico:

«con l'aiuto di queste immagini si potrebbe scrivere un manuale di chimica molto più chiaro di tutti gli insegnamenti orali»⁵.

Ma la comparazione su carta era anche un'opera artistica:

«si può dire come Michelangelo *anch'io sono pittore!?* [in it. nel testo], ma senza pennello!»⁶

L'esigenza di «trasmettere» trasforma i Bilder di Runge in un album di immagini che oltre al notevole contributo estetico offrono un modello per un compendio pratico legato ad un'attività sperimentale. In seguito, F. Goppelröder (1837-1919) li considera prototipi di cromatografia su carta.

Per formare i Bilder Runge consiglia:

«un telaio di legno attraversato da una serie di fili incrociati su cui appoggiare il cartoncino, e un cucchiaino per versare le soluzioni, fabbricato con trucioli di legno e che si possa gettare dopo l'uso»⁷.

Le sostanze usate erano quelle prodotte in fabbrica e cioè esacianoferrati, solfati di rame, di manganese, di ferro, cromati, fosfati di ammonio ecc. In più veniva aggiunto un poco di zucchero o gomma o bianco d'uovo per ostacolare il cammino troppo rapido delle sostanze.

Il procedimento era altrettanto semplice: si versava una goccia della prima soluzione con il cucchiaino, questa veniva asciugata e poi si aggiungeva una goccia della seconda soluzione. In questo modo si creava un *conflitto* tra l'unione, formata dal primo sale con la carta e il secondo sale aggiunto. Tra la *tranquillità* del primo e la *mobilità* del secondo.

I Bilder sono arte o scienza?

Le immagini di Runge presentano aspetti metodologici-scientifici e aspetti artistici che si riflettono anche nel tipo di linguaggio usato.

Runge parla di *soluzioni, dissociazioni, scambi, composti, azioni causa-effetto*.

Si chiede anche come sia possibile ottenere lo stesso tipo di figura rispettando le medesime condizioni. Come è stato già detto, pensa ad una unione tra il primo sale e le fibre della carta e ad una competizione del secondo sale con questa unione già formata. Ma sia la ripetitività dell'immagine, alle medesime condizioni, che la difformità della stessa, con carta a diversa densità, lo portano ad attribuire alla carta un ruolo fondamentale:

«La base per queste immagini è la carta assorbente che è efficace per la sua forza di capillarità [...] Grazie a questa forza, una goccia di soluzione sulla carta si sud-

divide nei suoi componenti e questi formano, secondo le caratteristiche del liquido, un'immagine con una zona centrale più scura con dei cerchi o zone più chiare o del tutto incolori»⁸.

[...] In questo modo, con dei mezzi molto semplici (con due soli liquidi) nasce un'immagine colorata e variamente articolata ma molto regolare. [...] La sua formazione mi è incomprensibile, ma si verifica necessariamente secondo una legge poiché si ripete per 8 volte nello stesso modo sebbene in grandezza diversa»⁹.

Ma Runge parla anche un linguaggio diverso.

Nelle immagini vede *laghi verdi con rive frastagliate, fiori stupendi dalle migliaia di petali, duelli tra fiori, figure a forma di farfalla, calici blu e formazione di mostri*. E inoltre:

«La formazione dell'immagine si deve alla contemporanea formazione del colore e viceversa: il colore, cioè il composto colorato formato da sostanze chimicamente contrapposte, diventa immagine. Il fenomeno chimico di decomposizione e di scambio delle sostanze deve essere perciò accompagnato da determinati movimenti che poco a poco trovano pace in un'immagine, per arrestarsi completamente quando tutto diventa asciutto; si può dire che l'immagine bagnata sia ancora vivente finché cresce ancora (per lo meno ai bordi)»¹⁰.

A questo punto Runge si chiede se oltre alla capillarità ci sia un'altro tipo di forza che governi le immagini:

«Dopo tutto credo di dover affermare che nella formazione di queste immagini sia attiva una forza nuova, sconosciuta fino ad ora. Non ha niente a che fare con il magnetismo, l'elettricità e il galvanismo. Non viene eccitata o ravvivata da qualche cosa di esterno, ma risiede naturalmente all'interno delle sostanze e si mostra attiva quando queste si equilibrano nei loro contrasti chimici, cioè si legano e si separano con attrazioni e repulsioni specifiche.

Io chiamo questa forza **Bildungstrieb** (impulso formativo) e la considero analoga alla forza vivente, attiva nelle piante e negli animali»¹¹.

Il Bildungstrieb

Dal titolo del libro di Runge, *Bildungstrieb der Stoffe*, si rileva il significato particolare dato all'impulso formativo che risulta legato alle sostanze.

Runge risente dell'influenza di J. F. Blumenbach (1752-1840), naturalista tedesco, che parla di *nisus formativus*, ma soprattutto risente dell'influenza di Goethe e del suo parallelismo tra naturalismo scientifico e naturalismo artistico (e ritorciamo agli aspetti estetici e d'effetto dei Bilder).

Da Goethe riprende la contrapposizione tra *Gestalt*, termine che non prende in esame la mobilità, e *Bildung*:

«se si esaminano le strutture, specie quelle organiche, si nota che ogni loro parte è in movimento continuo. Più appropriata quindi è la parola *Bildung* che andrebbe sostituita all'altra nelle discipline morfologiche»¹².

e segue la definizione di Goethe sull'impulso formativo che lega l'arte alla natura:

«l'arte vera è quella che dà impressione di arte e natura. Come la natura è vivente nelle minime parti, l'arte vera è anch'essa nelle minime parti animata»¹³.

Si sottolinea, come Goethe, la forma interna come forza invisibile che dà esistenza alle forme organiche e che ha valore di una spiritualità immanente della natura.

La scienza quindi è vista come una concezione organica del mondo fisico. Insieme con la forma interna (*innere Form*) c'è la corporeità:

«Tutti i dipinti mancano di corporeità. Anche le stampe. Tutto sta sulla superficie. Le immagini di questo libro invece sono una vera creazione corporea. I dipinti e le stampe posti in controluce sono più chiari, le nostre immagini sono più scure, poiché c'è come già detto, un corpo racchiuso tra le due facciate colorate nello stesso identico modo.

La limitatezza dei quadri e delle stampe esclude ogni senso di sostanza. Sono in verità solo apparizioni.

In questi Bilder c'è il segreto per formare la cartamoneta non falsificabile»¹⁴.

Insomma per concludere con un linguaggio romantico, secondo il *die Natur* di Goethe, i Bilder di Runge possono essere visti come **un equilibrio tra la vita e la forma.**

Bibliografia

- 1) Hoffmann von Fallersleben A. H., *Mein Leben*, vol. I, Hannover 1868, p. 329
- 2) Anft B., *J. Chem. Ed.*, **32** (1955), 566
- 3) Runge F. F., *Hauswirthschaftliche Briefe*, Berlin 1866, II dozzina, p. 24
- 4) Runge F. F., *Zur Farbenchemie. Musterbilder für Freunde des Schönen und zum Gebrauch für Zeichner, Maler, Verzierer und Zeugdrucker*, Mittler, Berlin 1850, p. 2
- 5) Runge F. F., *Musterbilder*, cit. p. 5
- 6) Runge F. F., *Musterbilder*, cit. p. 6
- 7) Runge F. F., *Der Bildungstrieb der Stoffe*, selbstverl., Oranjenburg 1855, Schlußbemerck. par. 4
- 8) Runge F. F., *Farbenchemie*, 3 vol., Berlin 1834-1842-1850 (la citaz. è nel III vol. p. 15)
- 9) Runge F. F., *Bildungstrieb*, cit., fig. n. 32
- 10) Runge F. F., *Bildungstrieb*, cit., Schlußbemerck. par. 5
- 11) Runge F. F., *Bildungstrieb*, cit., Schlußbemerck. par. 6
- 12) Goethe J. M., *Werke*, vol. 36, p. 7, da De Ruggiero G., *Storia della filosofia*, vol. IV, 4, Laterza Bari 1949, p. 115
- 13) Goethe J. W., *Werke*, vol. 31, p. XCVII, da De Ruggiero G., cit., p. 124
- 14) Runge F. F., *Hauswirthschaftliche Briefe*, cit., didasc. figura II dozzina
- 15) D'ascenzo G.-Nicolini N., *Evolution of paper chromatography*, *Fres. Z. Anal. Chem.*, (1990) 337:232
- 16) Géymonat L., *Storia del pensiero filosofico e scientifico*, vol. III, Garzanti, Milano 1979
- 17) Goppelsröder F., *Capillaranalyse*, Birkhäuser, Basel 1901
- 18) Harsch G.-Bussemas H. H., *Bilder die sich selber malen*, DuMont, Köln 1985
- 19) Kränzlein G., *Z. Ang. Chem.*, **48** (1935), 1
- 20) Runge F. F., *De nova methoda veneficium belladonnae, daturae, nec non Hyoscyami explorandi*, Diss. inaug. Jena 1819
- 21) Runge F. F., *De pigmento indico eiusque connubiis cum metallorum non nullorum oxidis*, Diss. Berlin 1822 e Trommsd. *N. J. Pharm.*, **7** (1823), 68
- 22) Runge F. F., *Pogg. Ann.*, **31** (1834) 65, 513; **32** (1834) 308,328
- 23) Runge F. F., *Einleitung in die technische Chemie für Jedermann*, Berlin 1836
- 24) Runge F. F., *Grundriß der Chemie*, 2 vol., München 1846-1847
- 25) Schelenz H., *Chem. Zeit.*, **67** (1906), 807
- 26) Schelenz H., *Chem. Zeit.*, **22** (1908), 268
- 27) Weil H.-Williams T. I., *Naturwiss.*, **40** (1953), 1

Ringrazio il Prof. Renato Mazzolini dell'Istituto Storico Italo-Germanico di Trento per i preziosi suggerimenti forniti.

Leonello Paoloni*
Gruppo di Chimica Teorica,
Dipartimento di Chimica Fisica Università di Palermo
Via Archirafi 20 - 90123 Palermo

La struttura molecolare del benzene: origine stereochimica delle formule sbagliate

Riassunto

La planarità dell'anello benzenico, dimostrata nel 1929 da K. Lonsdale, stabilì definitivamente che erano inammissibili le strutture che ponevano i sei atomi di carbonio ai vertici di un prisma triangolare o di un ottaedro. L'indagine storica qui esposta mostra che tali strutture, pensate, discusse, ed escluse da A. Kekulé nel 1869 e nel 1872, hanno il loro fondamento in un modello tetraedrico dell'atomo di carbonio che lo stesso Kekulé aveva proposto nel 1867, descrivendone accuratamente la costruzione e le prescrizioni da seguire per materializzare in un modello le rappresentazioni della costituzione molecolare. Tali prescrizioni sono le stesse che nel 1874 J. H. van't Hoff adottò per la propria teoria della struttura molecolare nello spazio. L'indagine svolta evidenzia poi che la discussione dei composti aromatici fatta da van't Hoff nel libro del 1875 è conseguenza della più generale impostazione geometrica della teoria proposta nel 1874 da J. A. Le Bel per spiegare il potere rotatorio delle soluzioni di sostanze pensabili come derivate dalla formula MA_4 . Tuttavia l'interpretazione che Le Bel dette allora della costituzione del benzene corrisponde ad una formulazione inesatta e ad una carente comprensione delle ipotesi di Kekulé.

La prima ipotesi stereochimica sulla costituzione del benzene venne formulata nel 1869 da W. Koerner a Palermo, in dichiarata polemica con la tesi dell'esagono piano favorita da Kekulé. Tutti i modelli stereochimici proposti dopo il 1875 derivano da quelli elaborati da Kekulé e da lui stesso esclusi. In essi varia il modo di rappresentare il concatenamento degli atomi di carbonio nella molecola, la posizione degli atomi di idrogeno e, dagli anni '20, la distribuzione degli elettroni atomici nella molecola. Il risultato di Lonsdale conclude quindi un periodo storico durato circa sessant'anni ed apre la via alla interpretazione attuale della struttura molecolare del benzene e dei composti aromatici.

* Lavoro eseguito con il contributo del Ministero Pubblica Istruzione (Quota 60%) assegnato sui fondi dell'anno 1985 (resi disponibili nel 1987-1988).

Summary

The planarity of the benzene ring was established in 1929 by K. Lonsdale, who proved that the puckered type structures, with the six carbon atoms arranged as a triangular prisma or as an octahedron, were inadmissible. The historical study reported here shows that these had been formulated, discussed, and then excluded by A. Kekulé in 1869 and 1872. They were based on a tetrahedral model of the carbon atom proposed earlier in 1867 by Kekulé himself, who accurately described its construction and the prescriptions for its use in materializing the representation of molecular constitution. These prescriptions are the same which J. H. van't Hoff adopted in 1874 for developing his theory of molecular structure in space. Moreover the discussion of aromatic compounds given by van't Hoff in his 1875 book, is shown to be consequential to the more general geometric approach that J. A. Le Bel adopted in 1874 for explaining the rotatory power of solutions of those substances which derive from the constitution formula MA_4 . However the discussion on the benzene constitution then made by Le Bel corresponds to an incorrect formulation and inadequate understanding of the assumptions made by Kekulé.

The first stereochemical assumption on the constitution of benzene was put forward in 1869 by W. Koerner, then in Palermo, and was openly polemic towards the planar hexagonal constitution favored by Kekulé. All the stereochemical models proposed after 1875 derive from those discussed and ruled out by Kekulé, and only differ in their way of representing the binding among the carbon atoms, the position of the hydrogen atoms and, since the '20s, in the distribution of the atomic electrons within the benzene molecule. The results obtained by Lonsdale in 1929 are conclusive of the structural research carried out during the previous sixty years, and opened the way to the current interpretation of the molecular structure of benzene and aromatic compounds.

1. La soluzione del problema del benzene nel suo contesto storico

La struttura dell'anello benzenico come disposizione piana esagonale di sei atomi di carbonio è stata affermata come incontrovertibile soltanto nel 1929 nel quadro della *Discussion* promossa dalla Faraday Society a Londra sul Tema *Crystal Structure and Chemical Constitution*. Il risultato fu stabilito da Kathleen Lonsdale (1903-1971) che, mediante diffrazione di raggi X, determinò i parametri strutturali della molecola nel reticolo cristallino¹. Sul piano strettamente cronologico la prima comunicazione della Lonsdale sullo stesso tema venne fatta con una breve lettera pubblicata su *Nature* del 24 novembre 1928, nella quale si legge che «... almeno in questo composto l'anello benzenico è quasi, seppure non del tutto, *piano*; cioè esso somiglia agli anelli a sei atomi di carbonio presenti nella

grafite piuttosto che a quelli presenti nel diamante»². Si tratta di un problema dibattuto allora in un contesto al quale è necessario accennare, sia pure sommariamente, per rendere chiara la prospettiva in cui intende porsi la ricerca storica oggetto di questa nota.

William Henry Bragg (1862-1942), in una conferenza tenuta alla Royal Institution di Londra il 18 gennaio 1929 sugli sviluppi dell'analisi dei cristalli mediante diffrazione di raggi X, dopo aver ricordato i progressi fatti nella conoscenza dei metalli, dei silicati, e di alcuni composti alifatici a catena lunga, osserva che «l'importante gruppo delle sostanze basate sull'anello benzenico si era fino ad allora dimostrato non riducibile», essendo stato impossibile per esse «determinare la posizione relativa degli atomi nello spazio»³. Bragg passa quindi a sottolineare il notevole passo avanti realizzato dalla signora Lonsdale che, sfruttando certe caratteristiche dei cristalli di esametilbenzene, «è riuscita a collocare ciascun atomo di carbonio nella molecola... Tutti gli atomi di carbonio sono in un piano. Ci si deve aspettare che ora sarà più facile il cammino dei tentativi di determinare le strutture di altre sostanze organiche dello stesso importante gruppo»³.

Il 25 gennaio successivo un ampio manoscritto della Lonsdale viene presentato alla Royal Society⁴, ed una versione più completa di esso è inviata il 1 febbraio alla Faraday Society, che la metterà a disposizione dei partecipanti alla *Discussion* fissata per il 14 e 15 marzo 1929. Il numero di *Nature* del 2 marzo, nella cronaca della riunione della Royal Society tenuta il 21 febbraio, dà il risultato essenziale della nota della Lonsdale e così conclude: «l'anello benzenico corrugato o tipo diamante, ed il modello di Morse, sono inammissibili»⁵. Il modello proposto da Jared K. Morse (—) nel 1923, che poneva i sei atomi di carbonio ai vertici di un ottaedro regolare era stato ulteriormente precisato nel 1927 collocando tali atomi equidistanti su una superficie sferica avente raggio 1,394 volte il raggio atomico del carbonio⁶. Questa perciò somigliava a quella tipo diamante, ma risultava assai compatta. Ambedue i modelli facevano prevedere per i cristalli che gli atomi di carbonio fossero fuori del piano (001), e venivano esclusi da Lonsdale «semplicemente considerando i fattori di struttura di quel piano». La compattezza assunta nel modello di Morse ne costituiva uno svantaggio addizionale «portando necessariamente ad un fattore di struttura del piano (100) troppo elevato rispetto a quello del piano (001)»⁴.

Il lavoro presentato da Lonsdale alla *Discussion* della Faraday Society è il più completo ed inizia con una rassegna storica nella quale ella scrive: «Anche se convenienza e convenzione hanno stabilito che il nucleo [benzenico] sia rappresentato sulla carta da un esagono piano, i chimici tuttavia hanno sempre tenuto presente la possibilità che i sei atomi carbonio potessero non essere complanari. Moltissime delle formule spaziali che sono state proposte di fatto prevedevano il posizionamento degli atomi di carbonio su due piani paralleli. Nel 1906, Barlow e Pope, in un ingegnoso tentativo di correlare la forma cristallina con la struttura molecolare interna, suggerirono per il benzene una struttura nella quale gli atomi di

carbonio sono disposti in un esagono a zig-zag o corrugato, su due piani sovrapposti»⁷.

Sul modello proposto da William Barlow (1845-1934) e William J. Pope (1870-1939) torneremo più avanti⁸. per ora è opportuno illustrare un altro aspetto del contesto problematico, che Lonsdale così esprime nel primo dei nove quesiti ai quali cerca di dare risposta: «La molecola organica esiste come entità separata nello stato cristallino?»¹. Dopo aver chiarito che la risposta affermativa può essere appoggiata da «una evidenza presuntiva molto forte», ella ritiene che sia meglio «non farne una ipotesi *a priori* in qualsiasi determinazione di struttura» mediante i raggi X, ma piuttosto dare al quesito una risposta indipendente e definitiva. La natura degli oggetti collocati nei punti equivalenti di un reticolo cristallino era infatti rimasta a lungo controversa⁹. Ciò era conseguenza di tradizioni fondate su idee differenti circa la natura delle molecole, per chimici, fisici, cristallografi e mineralogisti. Il contrasto su questo punto è bene illustrato da Paul P. Ewald in un commento¹⁰ alla ricostruzione storica della scoperta della diffrazione dei raggi X secondo Paul Forman¹¹. Ewald ricorda anzitutto la definizione che Paul Groth (1843-1927) aveva dato nel 1905 della struttura cristallina: «sistemi intercalati di punti, ciascuno formato da atomi identici; ciascuno dei sistemi di punti consiste a sua volta di un certo numero di reticoli spaziali intercalati ciascuno dei quali è formato di atomi eguali parallelamente orientati, essendo tutti i reticoli geometricamente identici». Poi, in polemica con le tesi di Forman, così commenta: «La definizione di Groth non era affatto generalmente accettata, soprattutto perché dissolveva la molecola distribuendone gli atomi in parecchi sistemi di punti. Con poche eccezioni, come Barlow e Pope, i chimici aderivano strettamente alla nozione delle molecole anche nello stato solido»¹².

Che questo fosse allora un altro punto problematico emerge anche dal discorso che fa in proposito Lonsdale: «Nella concezione del benzene cristallino proposta da Barlow e Pope un atomo di carbonio scelto a caso sembra appartenere a vari possibili anelli. Infatti essi stessi osservano in proposito: “La suddivisione di questo assemblaggio diagrammatico [cioè il diagramma rappresentativo degli atomi disposti entro la forma cristallina] in complessi molecolari può avvenire in parecchi modi diversi”. Anche M. L. Huggins (1923) ha suggerito una struttura teorica del benzene nella quale i contorni (*boundaries*) molecolari non sono più distinguibili»¹³. Per una migliore intelligenza di queste citazioni è opportuno ricordare che la *forma* del cristallo, cioè i suoi caratteri morfologici, sono stati fino al 1912-14 la sola via di accesso alla organizzazione spaziale degli «oggetti» costitutivi del cristallo stesso. La transizione dalla cristallografia morfologica alla cristallografia strutturale modernamente intesa, avvenuta dopo la interpretazione delle immagini prodotte dalla diffrazione dei raggi X, è stata un processo graduale avvenuto nell'arco di oltre un decennio¹⁴. Il significato dei termini (parallelepipedo elementare, reticolo, cella elementare) utilizzati per designare gli elementi costitutivi della *forma*, è storicamente datato dalle ipotesi fatte da chi li

usa sulla natura degli «oggetti» (atomi, molecole, aggregati di molecole) collocati nei punti equivalenti rispetto ad appropriate operazioni di simmetria. Nei decenni che vanno dal 1880 alla soglia degli anni 1930 una tale distinzione era anche espressa qualificando come cristallografia geometrica, o teorica, quella che prescindeva da particolari ipotesi sugli «oggetti» in questione, e lasciava alla cristallografia fisica e/o alla cristallografia chimica il compito di definire, per vie sperimentali differenti, la natura degli «oggetti» stessi.

Il caso del benzene è per molti aspetti esemplare perché era rimasto fino ad allora come il simbolo di difficoltà che nessuna delle aree disciplinari tradizionali era singolarmente in grado di risolvere. Il lavoro di Lonsdale, evidenziando che la molecola esiste nel cristallo «come una entità separata e distinta», nega validità ad un punto di vista che durante i precedenti decenni era stato sostenuto con una varietà di argomentazioni, ed evidenzia in maniera definitiva la relazione che sussiste tra la disposizione degli atomi nel cristallo e la loro organizzazione spaziale qualificata come struttura molecolare. Al tempo stesso la dimostrata complanarità dei sei atomi di carbonio dell'anello benzenico¹⁵ collocati ai vertici di un esagono regolare, invalida tutti i modelli a fondamento stereochimico che assegnano alla loro aggregazione strutturale forme geometriche tridimensionali. Oggetto di questa nota è una indagine storica sulle origini delle tesi perdenti.

Il lavoro di Kekulé come origine dei modelli tridimensionali del benzene

La teoria sulla costituzione delle sostanze aromatiche che Friedrich August Kekulé (1829-1896) pubblica negli anni 1865 e 1866 era concepita come estensione metodologica della teoria sulla costituzione degli idrocarburi della serie grassa elaborata nel 1858-59 ed era destinata a diventare parte integrante del secondo volume del trattato che egli veniva pubblicando a fascicoli¹⁶. L'ipotesi innovativa formulata nell'articolo del 1865, afferma¹⁷ che tutte le sostanze aromatiche sono caratterizzate da un nucleo di sei atomi di carbonio, C_6 , collegati tra loro «alternativamente mediante *una* e mediante *due* affinità», in modo da formare una *catena chiusa* nella quale perciò sono ancora disponibili sei affinità, A_6 . Da questo nucleo C_6A_6 , saturandone le affinità residue con atomi di idrogeno si ottiene il benzene, mentre saturandole con altri elementi si ottengono tutte le possibili sostanze aromatiche derivate dal benzene stesso.

L'articolo del 1866¹⁸, molto più ampio, è suddiviso in quattro capitoli. Il primo ripropone in lingua tedesca, con poche varianti, il titolo ed il contenuto dell'articolo del 1865, salvo che ora alla caratterizzazione del nucleo C_6A_6 come catena chiusa viene aggiunta la specificazione «anello simmetrico» (*symmetrische Ring*). Al secondo capitolo, dedicato ai prodotti di sostituzione del benzene, è premesso un ampio paragrafo nel quale Kekulé espone due ipotesi mutuamente esclusive: 1) la catena chiusa è formata da sei atomi di carbonio tra loro equivalenti, e la disposizione degli atomi di idrogeno è *rappresentata* da un esagono regolare

con gli atomi pensati essere corrispondenti ai vertici; 2) la catena è formata da due gruppi, ciascuno con tre atomi tra loro equivalenti, distribuiti in posizione alternate, e la disposizione degli atomi di idrogeno è *rappresentata* da un triangolo equilatero, con gli atomi di un gruppo corrispondenti ai vertici e quelli dell'altro gruppo ai punti mediani di ciascun lato. Poiché queste due ipotesi, come è evidenziato dalle rispettive rappresentazioni, danno previsioni diverse sul numero degli isomeri ottenibili dal benzene per progressiva sostituzione degli atomi di idrogeno, la scelta deve essere fatta in base ai risultati sperimentali. La loro esposizione, funzionale alla teoria proposta, occupa il resto del capitolo ed i due successivi. Le sostanze previste e quelle descritte inducono a ritenere, sia pure in modo non definitivo, che gli atomi di idrogeno sono tra loro equivalenti e che la loro disposizione relativa è ben rappresentata dai vertici di un esagono regolare.

Un aspetto del lavoro di Kekulé molto significativo in rapporto all'oggetto di questa nota è il ruolo che la *rappresentazione (Darstellung)* della molecola ha avuto nella formulazione della teoria. Con tale termine viene indicata la scrittura simbolica elaborata ed utilizzata per codificare le proprietà chimiche della sostanza. Il risultato della codificazione è espresso da Kekulé e dalla maggioranza dei chimici a lui coevi con il termine costituzione¹⁹, ed è questo che continueremo ad usare fin tanto che rispecchierà le idee esaminate. Kekulé espone i criteri seguiti per costruire le proprie rappresentazioni ed i propri modelli nella postilla ad una nota pubblicata nel 1867 per proporre una formula di costituzione del mesitilene²⁰, interpretandone la sintesi da acetone e le proprietà descritte da Rudolf Fittig (1835-1910) pochi mesi prima. Egli spiega i vantaggi che si hanno quando gli atomi siano rappresentati in maniera da tenere distinti quelli che hanno valenza diversa²¹. Ciò è realizzato disegnando l'atomo come una superficie chiusa determinata con il criterio che gli atomi multivalenti (*mehrwertige*) appaiono come formati dall'unione di atomi univalenti (*einwertige*). Questi sono i simboli (fig. 1) che egli ha usato nel trattato¹⁶, e nei lavori teorici sopra esaminati^{17,18}. Una peculiarità di questo lavoro è che il discorso sulle rappresentazioni viene fatto nel preciso momento in cui Kekulé si dispone ad abbandonare quelle utilizzate ed a fare una scelta differente, dopo che dal 1858 al 1866 su tali simboli egli ha fondato i concetti di legame tra atomi come relazione di adiacenza (*Aneinanderlagerung*), e di costituzione atomica delle molecole, cioè le basi della nozione moderna di struttura molecolare.

Piuttosto che speculare sulle ragioni che indussero Kekulé a mettere in discussione le convenzioni utilizzate durante quasi dieci anni²², ci sembra più pertinente un commento di carattere generale. La rappresentazione della molecola come sistema di legami creata per razionalizzare la connessione tra successive trasformazioni di una determinata sostanza, è strumento ad un tempo analitico e sintetico: identifica ogni sostanza costruendone la rappresentazione, produce nuove sostanze inventandone la rappresentazione. Nella storia del pensiero questo ha portato al primo superamento della barriera opposta alla conoscenza umana dai

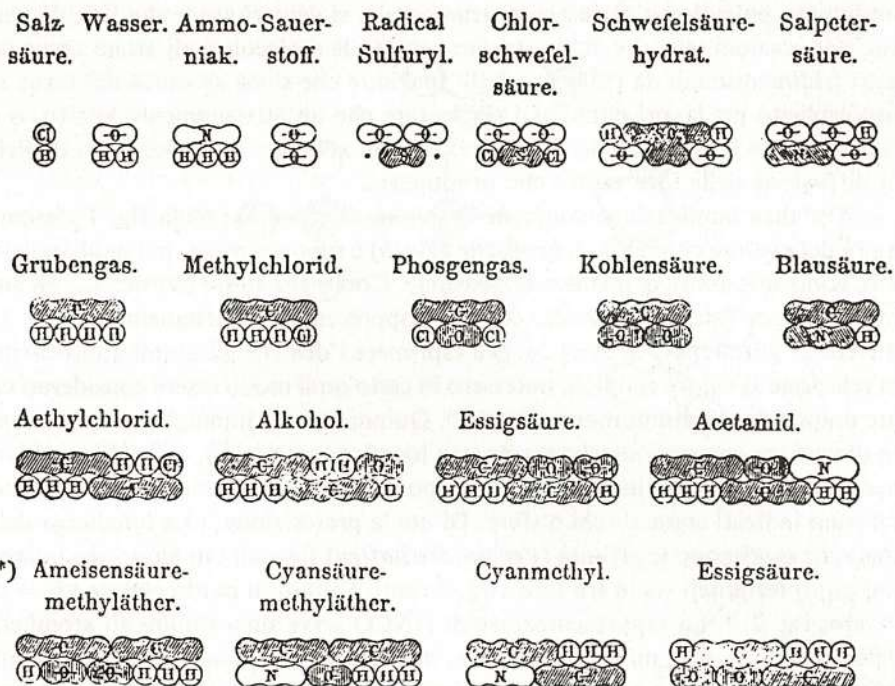


Fig. 1 - Simboli usati da Kekulé nel volume I del suo trattato (rif. 16, pp. 160-165) per rappresentare la costituzione molecolare. Essi descrivono le relazioni di adiacenza tra gli atomi molecolari considerando quelli «multivalenti come unione di più atomi monovalenti», (rif. 20).

limiti inerenti alla nostra percezione sensoriale. È stato il passo più arduo: il mondo atomico e molecolare, dopo oltre 25 secoli di speculazioni fantastiche, diventava oggetto di certezze razionali. Probabilmente si tratta del più grande contributo, in senso assoluto, che la chimica ha dato alla attività cognitiva del genere umano: la rottura dei vincoli imposti alla nostra capacità di pensare dal rapporto con i nostri sensi. È stato abbattuto un diaframma, aperto un varco attraverso il quale, nell'arco di pochi decenni, è passata tutta l'indagine scientifica dalla realtà molecolare, atomica e sub-atomica. Questo evento fu recepito come tale da una parte del mondo scientifico del tempo²³ anche se oggi viene trascurato sia nella didattica che nella riflessione epistemologica.

Sulle formule grafiche che rappresentavano gli atomi delle molecole «come cerchi o come sfere, e le affinità uscenti da essi come linee o come barre», Kekulé obietta che queste sono collocate arbitrariamente diritte o piegate, e che il model-

lo «solo apparentemente penetra nello spazio, mentre di fatto tutto procede in un unico piano». Non volendo supporre che queste riflessioni critiche abbiano un intento polemico o meramente strumentale, si deve ritenere che Kekulé nelle sue elaborazioni teoriche abbia sempre pensato le molecole e gli atomi come oggetti tridimensionali da collocare nello spazio, e che si sia astenuto dal farne un uso esplicito nei lavori pubblicati per evitare che un atteggiamento critico, o di rifiuto, verso l'introduzione di una ipotesi non necessaria, rendesse più difficile la diffusione delle idee nuove che proponeva.

Un'altra implicazione concerne le «unità di affinità»: nella fig. 1 ciascuna unità del «valore chimico», (*chemische Werth*) è rappresentata, per qualsiasi atomo, come una entità di identica dimensione. Con le sue stesse parole: «... gli atomi di diversa valenza (*Valenz*) venivano rappresentati diversamente grandi. La differente grandezza (*Grösse*) doveva esprimere l'idea che gli atomi multivalenti, in relazione al valore chimico, potessero in certo qual modo essere considerati come unione di più atomi monovalenti»²⁴. Quindi Kekulé immagina ciascuna unità di valenza come caratterizzata da una identica materialità, o fisicità, e ritiene necessario che essa sia introdotta nella rappresentazione molecolare in cui gli atomi sono indicati come cerchi o sfere. Di qui la prescrizione: «La lunghezza delle linee che esprimono le affinità (*Verwandtschaften*) sia scelta in modo che i rispettivi punti terminali siano tra loro equidistanti. Quindi in modo che sia $ab = cd = ef$ », fig. 2,²⁴. La rappresentazione di HNCN serve sia a riunire gli atomi con valenza 1, 2, 3, 4 in un unico esempio, «sufficiente per i casi che si incontrano più di frequente», sia a mettere in evidenza una difficoltà che appare qualora si resti vincolati alla rappresentazione piana: «Essa non permette di legare tre affinità del carbonio con tre unità di affinità che appartengano ad un altro atomo di carbonio o ad un atomo di azoto». È dunque chiaro che Kekulé considera le unità di affinità come entità spaziali, e che egli pensa nello spazio ciò che simbolicamente è scritto $C \equiv C$ o $C \equiv N$. Il suo discorso così continua: «Anche questa carenza può essere evitata, almeno nel modello, qualora le quattro affinità del carbonio, invece di giacere in un piano, siano lasciate fuoriuscite dalla sfera atomica nella direzione degli assi esaedrici (*hexaedrischer Axen*) in modo tale da terminare (*endigen*) nei piani tetraedrici (*in Tetraederebnen*). Di conseguenza le lunghezze dei fili metallici (*Drähte*) che corrispondono alle unità di affinità, vengono scelte in modo che le distanze dei punti estremi siano sempre di eguale grandezza... Un siffatto modello permette legami di 1, di 2 o di 3 unità di affinità, e fa, io credo, tutto ciò che un modello è in condizione di fare»²⁵.

Inscrivere la sfera atomica in un tetraedro ed il tutto in un cubo: le quattro unità di affinità sono i segmenti che dai vertici del cubo terminano sulle facce del tetraedro. I modelli dei legami $C-C$, $C=C$ e $C \equiv C$ si possono ottenere congiungendo uno, due o tre segmenti corrispondenti ad altrettante unità di affinità. Questa indicazione costruttiva verrà seguita alla lettera, nel 1874, da Jacobus Henricus van't Hoff (1852-1911). Ma non sarà né il primo né l'unico a farne uso. Resta

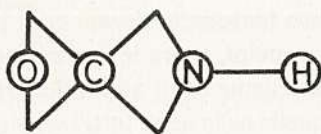
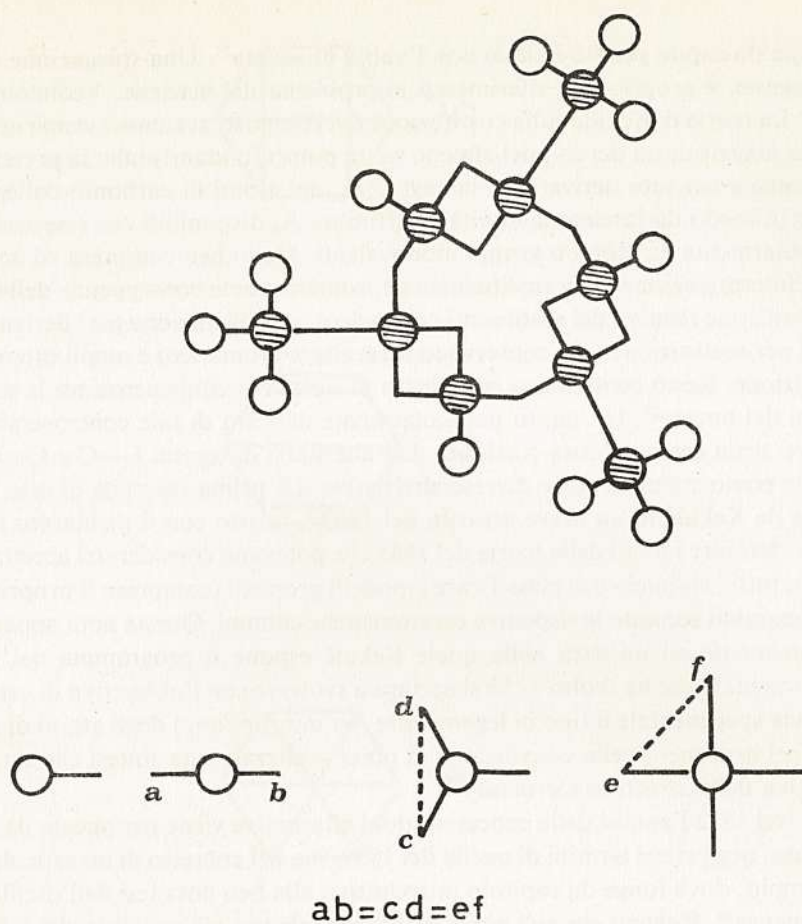


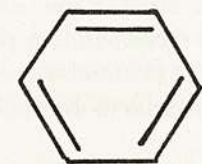
Fig. 2 - Formula di costituzione del mesitilene realizzata da Kekulé con modelli atomici nei quali «la lunghezza delle linee che esprimono l'affinità è scelta in modo che i rispettivi punti terminali siano equidistanti»; sua estensione al caso HNCO, (rif. 20).

invece da capire perché Kekulé non l'abbia utilizzata²⁶. Una spiegazione la darà lui stesso, e proprio con riferimento al problema del benzene. Vediamo come.

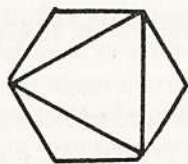
La teoria di Kekulé sulla costituzione dei composti aromatici venne accettata dalla maggioranza dei chimici almeno su un punto fondamentale: la presenza nel benzene e nei suoi derivati del nucleo C_6A_6 , sei atomi di carbonio collegati tra loro in modo da lasciare le «unità di affinità» A_6 disponibili per essere saturate singolarmente da atomi o gruppi monovalenti. Meno ben compresa ed accettata fu l'interpretazione della sostituzione (le isomerie come conseguenza della diversa posizione relativa dei sostituenti nel nucleo), e la distinzione tra i derivati ottenuti per sostituzione (che conservano il carattere aromatico) e quelli ottenuti per addizione. Restò controversa ed oggetto di ricerca la equivalenza tra le sei posizioni del nucleo²⁷. Un punto particolarmente delicato di tale controversia e l'ipotesi della catena chiusa costituita dall'alternarsi di legami $C-C$ e $C=C$, alla quale erano state proposte diverse alternative. La prima rassegna di esse è stata fatta da Kekulé in un breve articolo del 1869²⁸, scritto con il dichiarato intento di evidenziare i punti della teoria del 1865 che potevano considerarsi accettati «da quasi tutti i chimici» e di classificare i modelli proposti (compreso il proprio) raggruppandoli secondo le rispettive caratteristiche comuni. Questa nota appare contestualmente ad un'altra nella quale Kekulé espone il programma del lavoro sperimentale che ha svolto e che si accinge a svolgere con l'obiettivo di «stabilire per via sperimentale il tipo di legame (*die Art der Bindung*) degli atomi di carbonio nel benzene», nella convinzione di poter realizzare una sintesi che sia dimostrativa della *struttura* (*Structur*)²⁹.

Nel 1872 l'analisi delle concatenazioni alternative viene riproposta da Kekulé quasi negli stessi termini di quella del 1869, ma nel contesto di un articolo molto ampio, dove funge da capitolo introduttivo alla ben nota tesi dell'oscillazione di valenza³⁰. Ritengo che egli abbia elaborato tale tesi già convinto del fallimento del precedente programma²⁹, nel timore che gli venisse a mancare in modo definitivo il sostegno sperimentale che aveva intensamente ricercato durante gli anni trascorsi dal suo arrivo a Bonn³¹.

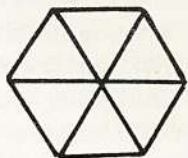
Vediamo dunque il ragionamento fatto da Kekulé nel 1869 sui modelli proposti per la concatenazione degli atomi di carbonio del nucleo benzenico: «La grande stabilità del nucleo aromatico (*des aromatischen Kerns*) oltre essere a favore di una posizione degli atomi la più equilibrata possibile, indica anche un legame il più possibile chiuso (*enggeschlossene*) ed il più possibile simmetrico. Quando si aderisca a questi principi, se tra le ipotesi che si possono fare in numero quasi illimitato sul tipo di legame degli atomi del gruppo C_6A_6 , si prendono in considerazione soltanto quelle nelle quali tutti i sei atomi di carbonio formano un anello chiuso, e se si esclude inoltre l'unione mediante tre affinità alla volta [cioè la formazione dei legami $C\equiv C$], restano ancora sempre una quarantina di ipotesi. Tre di queste colpiscono anzitutto per la loro simmetria (Fig. 3, n. 1, 2, 3). Le restanti ipotesi derivano da variazioni di posizione di un medesimo tipo di legame, o dalla



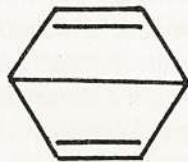
1



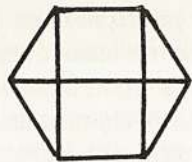
2



3



4



5

Fig. 3 - Rappresentazione dei modi di legame del nucleo benzenico con l'ipotesi dell'anello chiuso, ai quali Kekulé riconduce tutti i modelli C_6A_6 discussi fino al 1872, (rif. 28 e 30).

combinazione di più di uno di questi tre principi di legame (*Bindungsprincipien*); tra di esse quelle più prossime alla simmetria sono le seguenti, n.4 e 5»³². I punti salienti di questa parte del discorso sono l'ipotesi della concatenazione ad anello e la tesi (affermazione) che alla stabilità chimica del nucleo aromatico (cioè la sua persistenza attraverso le trasformazioni che conducevano alle previste sostanze, formulabili come derivati ottenuti per saturazione di ciascuna delle sei affinità) corrisponda una costituzione il più possibile simmetrica e compatta. Quest'ultima immagine (immaginazione) era stata accennata da Kekulé nel lavoro del 1865 dicendo che il carbonio nel gruppo C_6 si trova «mi si permetta l'espressione, sotto una forma più condensata»³³, e ripresa anche in quello del 1866³⁴. Nel 1869, trovandosi a rispondere alle critiche, espone le ragioni di fondo della propria scelta, per chiarire agli altri (e forse anche a se stesso) i principi che lo hanno guidato e che gli serviranno per valutare le tesi altrui. Questa parte del discorso viene riproposta nel 1872 quasi con le stesse parole, mentre vi sono alcune differenze nel modo in cui discute le diverse proposte.

Nel testo del 1869 tali proposte sono elencate in forma sommaria, prive di riferimenti bibliografici. Considerando gli schemi della Fig. 3, Kekulé scrive: «L'ipotesi n. 1 è quella cui io ho dato la preferenza; Claus ha discusso le ipotesi n. 3 e 5, ma si è deciso per la 3; la n. 5 è sostenuta ancora da Ladenburg; viceversa Wichelhaus raccomanda la n. 4, come prima di lui aveva fatto Städelér. La formula del benzene comunicata da Carius si avvicina allo schema n. 5; mentre la formula di Kolbe lo è al n. 3 sempre che si lasci fuori la sua concezione sulla natura del legame degli atomi di carbonio, che sicuramente essa non deve contenere»³⁵.

Kekulé passa poi ad esporre gli argomenti in base ai quali ritiene che la ipotesi n. 1 sia quella più verosimile, facendo questo breve preambolo: «Confesso che per lungo tempo la n. 3 mi è sembrata particolarmente evidente, e che successivamente trovai molta bellezza nella n. 5, anche se da un punto di vista diverso da quello di Ladenburg»³⁵. Quale sia questo punto di vista viene chiarito nell'articolo nell'articolo del 1872 in un modo che sembra riprendere il discorso interrotto tre anni prima, ed è direttamente connesso da Kekulé alla concezione spaziale degli atomi e delle molecole. Infatti, dopo aver ricordato di nuovo che «le idee espresse dagli schemi 3 e 5 gli sono apparse a lungo particolarmente verosimili» passa a spiegarne le ragioni: «Deve essere accettato che gli atomi di una molecola poliatomica siano disposti nello spazio in modo da poter soddisfare al meglio possibile tutte le forze di attrazione. La disposizione di molti atomi in un piano non verrà esclusa, ma a prima vista sembra essere poco verosimile. Quindi si potrebbe essere indotti a conferire una maggiore verosimiglianza a concezioni del benzene dalle quali si deduca una disposizione regolare dei sei atomi di carbonio nello spazio»³⁶. A questo punto Kekulé esplicitamente richiama il modello del 1867²⁰ («che molto tempo prima avevo raccomandato per materializzare le nostre rappresentazioni sul concatenamento degli atomi») e così continua: «Gli schemi 3 e 5 si possono esprimere mediante il modello in due modi: che una forma dello

schema 5 sia un prisma triangolare con i sei atomi di carbonio nei vertici; che la più bella forma dello schema 3 somigli ad un ottaedro alquanto appiattito giacente su una faccia triangolare»³⁶.

È quindi indubitabile la concezione precisa che Kekulé ebbe della spazialità degli atomi, e l'influenza *suggestiva* che tale concezione ha avuto su tutti quelli che dopo di lui hanno pensato al prisma o all'ottaedro come possibili forme geometriche dell'anello benzenico. Resta da vedere perché egli abbia continuato a preferire «il concetto espresso dallo schema 1», malgrado riconoscesse che in tal caso il modello tetraedrico del 1867 «conduce ad una figura nella quale tutti gli atomi stanno in un unico e medesimo piano». Le ragioni che espone nel 1872 sono le stesse che aveva dato nel 1869: «La formazione del benzene dall'acetilene, la sintesi del mesitilene dall'acetone, si spiegano con tale concezione altrettanto facilmente che, in qualche maniera, con una delle altre, ed in ogni caso in modo più simmetrico e quindi più elegante. Le relazioni del naftalene e dell'antracene con il benzene, come attualmente le supponiamo, sia pure senza una base definitiva, si possono esprimere in modo chiaro e netto, il che non avviene mediante gli schemi 3 e 5. Io credo che si debba valorizzare al massimo la capacità di addizione del benzene»³⁷. Su questo aspetto, che secondo Kekulé avvicina il benzene all'etilene, nel quale «gli atomi di carbonio debbono essere supposti doppiamente legati», segue una lunga analisi di confronto con gli schemi 3, 4 e 5 che fa da preambolo alla proposta della valenza oscillante. Egli mantenne ferme le proprie convinzioni in base ad un ragionamento che privilegiava il significato della rappresentazione molecolare nel contesto della costruzione cognitiva su cui allora era fondata la chimica. La storia gli darà pienamente ragione con il citato lavoro di Lonsdale¹. Ci sembra tuttavia fuori dubbio che le formule di struttura del benzene dimostrate «inammissibili» nel 1929, erano state immaginate e discusse dallo stesso Kekulé già sessanta anni prima.

3. Le formule stereochimiche del benzene

La prima formula stereochimica del benzene è quella proposta nel 1869 da Wilhelm Koerner (1839-1925) in una lunga memoria³⁸ già ricordata poiché in essa viene dimostrata la completa equivalenza dei «sei posti di idrogeno» della molecola²⁷. La proposta di Koerner ha un evidente collegamento con il modello tetraedrico dell'atomo di carbonio descritto da Kekulé nel 1867³⁹, ed è chiaramente caratterizzata da una precisa collocazione spaziale degli atomi, come si può evincere dalle immagini (Fig. 4) e dal testo: «Questa disposizione che si comprende dalle due figure suppone che i dodici atomi si trovino in quattro piani paralleli fra loro; in ciascuno dei piani estremi si trovano tre atomi di idrogeno 1, 3, 5 e 2, 4, 6; ed in ciascuno dei piani medii tre atomi di carbonio *a, c, e*; e *b, d, f*. Essa

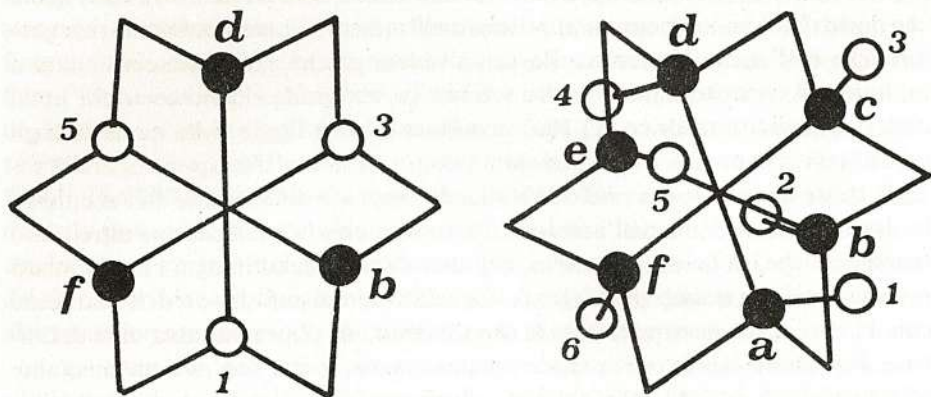


Fig. 4 - Ipotesi stereochimica di Koerner (1869) sulla costituzione del benzene. Nella prima figura gli atomi di idrogeno 1, 3, 5, eclissano gli atomi di carbonio *a*, *c*, *e*, mentre gli atomi di idrogeno 2, 4, 6, sono eclissati dagli atomi di carbonio *b*, *d*, *f*, come richiesto dal modello del carbonio tetraedrico, (rif. 38, p. 241).

offre la maggiore simmetria possibile, conduce ad una eguaglianza assoluta dei sei posti di idrogeno ed a tre casi di isomeria per i composti bisostituiti... »⁴⁰. Con riferimento al dibattito sulla costituzione del benzene, Koerner colloca così la propria tesi: «Quest'idea in me nata da più tempo... si avvicina molto a quella di Claus ed a quella esposta recentemente da Ladenburg, in quanto che ammette, come queste due, ogni atomo di carbonio in *connessione diretta con tre altri* atomi di carbonio, spiegando così la grande stabilità della benzina [benzene] e dei suoi derivati»⁴¹.

L'argomento della simmetria come carattere da connettere alla stabilità chimica del nucleo benzenico non è nuovo, essendo già espresso nei lavori di Kekulé del 1865-66. La disposizione spaziale suggerita da Koerner è invece originale, e riconducibile al modello atomico del carbonio tetraedrico (non esplicitamente citato) descritto da Kekulé nel 1867. È interessante che Koerner annoti in proposito che si tratta di «idea in me nata da più tempo», probabilmente da quando egli era a Gent come assistente di Kekulé⁴². La tesi che Koerner sostiene associando alla rappresentazione una definita collocazione spaziale degli atomi trova nel 1869 ben scarsi consensi. Abbiamo veduto più sopra lo stesso Kekulé (1869) considerare attraente la formula di Ladenburg per ragioni che dichiarerà solo nel 1872, e che tuttavia considera insufficienti a superare il limite della formula come rap-

presentazione delle sole proprietà chimiche. Una tesi identica è sostenuta da Ladenburg quando polemizza con Wichelhaus perché ha indicato la sua «rappresentazione del benzene paragonabile ad un prisma triangolare»⁴³. Infatti scrive: «Quando si utilizzano, come avviene spesso, formule grafiche per illustrare (*zur Veranschaulichung*) la costituzione, i rapporti geometrici sono determinanti con riferimento alle relazioni reciproche degli atomi, mentre ci opponiamo come di consueto a voler indicare mediante la figura le posizioni spaziali. Se avessi rappresentato la costituzione del benzene con un prisma triangolare equilatero, avrei con ciò significato che consideravo tra loro equivalenti i sei atomi di carbonio, al che sarebbe stata sufficiente la prima ipotesi di Kekulé»⁴⁴.

Forse Palermo era nel 1869 la sola sede universitaria dove la trasgressione di una così diffusa consuetudine fosse praticabile. Nello stesso anno infatti Emanuele Paternò (1847-1935), aveva pubblicato in un lavoro alcuni modelli che utilizzavano il carbonio tetraedrico per discutere le possibili isomerie dei composti $C_2H_4Br_2$ ⁴⁵. Tale proposta era tuttavia commentata criticamente da Adolf Lieben (1836-1914) che, da Torino (dove era allora professore di Chimica Generale) in una lettera privata a Paternò in data 25 giugno 1869, «riguardo alla isomeria, accennata tanto da voi quanto da Cannizzaro» osserva: «Voi forse non avete pensato che, ammettendo una tale isomeria, *saltate il Rubicone* che separa le speculazioni (considerate come lecite) intorno ad un modo di combinazione degli atomi, dalle speculazioni (meno lecite) intorno alla vera posizione degli atomi nello spazio... Non avendo noi nessun mezzo per conoscere la posizione topografica degli atomi (mentre ne abbiamo molti per conoscere il modo in cui son combinati) lo considero [supporre tali isomerie] un po' pericoloso per la scienza. Slanciandosi nello spazio in cerca di atomi si rischia di perdere la terra sotto i piedi!»⁴⁶.

I modelli stereochimici del benzene successivi a quello di Koerner hanno come fondamento le acquisizioni conseguenti alla pubblicazione delle memorie famose di Jacobus Kenricus van't Hoff (1852-1911) e di Joseph Achille Le Bel (1847-1930) verso la fine del 1874. La memoria di Le Bel si propone solo di definire i due principi che governano le «relazioni esistenti tra le formule atomiche delle sostanze organiche ed il potere rotatorio delle loro soluzioni»⁴⁷. Egli utilizza criteri di carattere geometrico per esaminare il caso di sostanze la cui molecola è riducibile alla formula generale MA_4 (dove M è «un radicale [gruppo] semplice o complesso combinato a quattro atomi monovalenti»). La tesi fondamentale è che la presenza di un potere rotatorio nelle soluzioni indichi la sostituzione di tre atomi A con atomi o gruppi R, R', R'' tra loro diversi, si da dare luogo ad «un edificio non sovrapponibile alla propria immagine speculare»⁴⁸.

La memoria di van't Hoff propone invece una teoria generale per costruire le formule di struttura delle sostanze organiche collocandone gli atomi nello spazio. Ciò è fatto in base ad una ipotesi che suppone «le affinità dell'atomo di carbonio dirette verso i vertici di un tetraedro del quale l'atomo stesso occupa il centro... Quando tali affinità sono saturate da quattro gruppi monovalenti diver-

si tra loro si possono ottenere due, e soltanto due, tetraedri differenti, che sono uno immagine speculare dell'altro... e si ha a che fare con due formule isomere di struttura nello spazio»⁴⁹. Definito così il «carbonio asimmetrico», il potere rotatorio è conseguenza di una tale condizione strutturale.

Sulla distinzione tra queste due formulazioni teoriche esiste oramai una letteratura sufficiente ad esimerci da maggiori dettagli in questa sede⁵⁰. Dobbiamo invece esaminare il modo in cui Le Bel e van't Hoff considerarono il problema del benzene e dei composti aromatici, un tema non ancora adeguatamente trattato in sede storica⁵¹.

Le Bel esamina «... le ipotesi geometriche che rendono conto delle isomerie della serie aromatica» affermando che «... esse consistono nel collocare i sei atomi di idrogeno sui vertici uguali di un romboedro (*rhomboédre*), oppure su quelli di una piramide retta (*pyramide droite*) avente per base un triangolo equilatero»⁴². L'origine di queste inesattezze è difficile da stabilire. Anziché dare una indicazione bibliografica egli dice che tali ipotesi geometriche «sono state già discusse altrove (*ailleurs*)», un riferimento che doveva apparire ovvio ai lettori del *Bulletin*. L'impressione che il giovane Le Bel avesse nel 1874 una conoscenza poco chiara sulla costituzione delle sostanze aromatiche è rafforzata dalla successiva discussione, nella quale la canfora e l'essenza di trementina sono considerate come derivate per sostituzione dal benzene o dal cimene. Quindi Le Bel manca di cogliere la distinzione, fondamentale nella teoria di Kekulé, tra le reazioni di sostituzione, che lasciano inalterate le caratteristiche del nucleo aromatico, e quelle di addizione che trasformano le rispettive sostanze in omologhi delle serie sature⁵³. Nel merito delle isomerie geometriche il linguaggio di Le Bel resta di difficile giustificazione. Si può concedere un *lapsus calami* nel caso della piramide, e ritenere che voglia riferirsi al prisma triangolare retto, quando afferma che «nell'uno e nell'altro caso, due sostituzioni diverse danno un isomero dissimmetrico ed altri due simmetrici»⁵² (affermazione poco chiara e inesatta, su cui torneremo tra breve). Nella letteratura chimica francese del tempo il termine *romboedrico* si trova usato per qualificare un *esagono* con tre lati eguali corti alternati a tre più lunghi proprio per descrivere l'anello benzenico⁵⁴. Perciò si può far credito a Le Bel di aver voluto impropriamente designare così una immagine esagonale, che per altro è stampata e descritta nella stessa pagina per la discussione sopra riferita dall'attività ottica nella serie canforica.

Nella citata memoria del 1874 van't Hoff⁴⁹ non tratta propriamente dei composti aromatici, limitandosi a rubricare nella *Parte Prima* tra i composti che possiedono almeno un atomo di carbonio asimmetrico la canfora, il borneolo, l'acido canforico, l'essenza di trementina ed il mentolo. Per quattro di essi dà la formula proposta da Kekulé e identifica correttamente, nelle rispettive figure, l'atomo di carbonio asimmetrico (due nel mentolo). Nel preambolo alla *Parte Seconda*, (dove tratterà le combinazioni con doppio legame) accenna ad essi come «sostanze aromatiche» (*corps aromatiques*), ma li esclude dalla discussione. Pochi mesi

dopo una nuova stesura della stessa memoria viene inviata alla *Société Chimique de Paris* tramite Arthur Henninger (1850-1884), pubblicata nella seduta del 5 marzo 1875 e discussa in quella del 19 successivo. È priva di figure, dalla *Parte Prima*, sezione *a*), è stato tolto ogni riferimento alla canfora e derivati, mentre a conclusione della *Parte Terza*, la citazione della memoria di Le Bel⁴⁷ viene così commentata: «In questo bel lavoro, l'autore tratta da un punto di vista un poco differente gli argomenti che io ho delineato nella prima parte della mia nota [rif. 49]... È evidente che per le sostanze aromatiche il Signor Le Bel ha discusso il problema in tutta la sua generalità, mentre io non ho trattato che un caso speciale»⁵⁵. Questa affermazione appare sorprendente quando la si confronti con la trattazione dei composti aromatici che van't Hoff pubblica pochi mesi dopo nel capitolo conclusivo del suo (assai più famoso) libricino, «la chimica nello spazio»⁵⁶. Qui egli applica l'ipotesi del carbonio tetraedrico alla costituzione del benzene secondo il modello esagonale di Kekulé e quello prismatico di Ladenburg, discutendo poi separatamente le conseguenze che ne derivano per i prodotti di sostituzione e per quelli di addizione. Emerge così che, diversamente da Le Bel, van't Hoff ha una completa e corretta conoscenza della teoria dei composti aromatici proposta da Kekulé e della letteratura inerente.

È difficile dare una spiegazione dell'affermazione sopra citata. Una ipotesi plausibile è che nel febbraio-marzo 1875, al momento della spedizione della sua memoria⁵⁵ alla *Société Chimique de Paris*, van't Hoff avesse letto senza approfondirla la memoria di Le Bel e non volesse rilevarne le inesattezze sui composti aromatici al fine di evitare una controversia marginale su sostanze la cui costituzione non era ancora definita, proponendosi di darne una discussione più ampia nel testo che stava redigendo. Successivamente van't Hoff, proprio nel corso di tale indagine dovette comprendere il valore ben più generale dell'ipotesi di Le Bel, che associava l'attività ottica delle sostanze alla non sovrapponibilità delle immagini speculari (già affermata da Louis Pasteur), di cui il carbonio asimmetrico era un caso particolare, e la applicò alla propria teoria strutturale⁵⁷. Così poté rendersi pienamente conto dei limiti della già citata affermazione di Le Bel che, con riferimento alle due possibili ipotesi sulla costituzione del benzene aveva scritto: «Una discussione geometrica assai facile mostra che nell'uno e nell'altro caso due sostituzioni diverse danno un isomero dissimmetrico ed altri due simmetrici»⁵². Senza fare una polemica diretta (e inutile!), ma entrando dettagliatamente nel merito delle due proposte, procedette alla loro «discussione geometrica» in un modo che dobbiamo considerare esauriente rispetto ai dati allora (1875) disponibili.

I punti salienti delle sue conclusioni (basate su ben 19 figure, oltre un terzo del totale!), nell'ordine stesso in cui van't Hoff li propone sono dati qui di seguito. *a*) Per i prodotti di sostituzione (fig. 5): 1) nel caso $C_6R_4X_2$ la struttura prismatica prevede quattro isomeri; in uno dei casi vi sono immagini speculari non sovrapponibili. Qualora, come obietta Ladenburg, si consideri che la fissità dei doppi legami rende la sostituzione (1, 2) diversa da quella (1, 6) anche la struttura

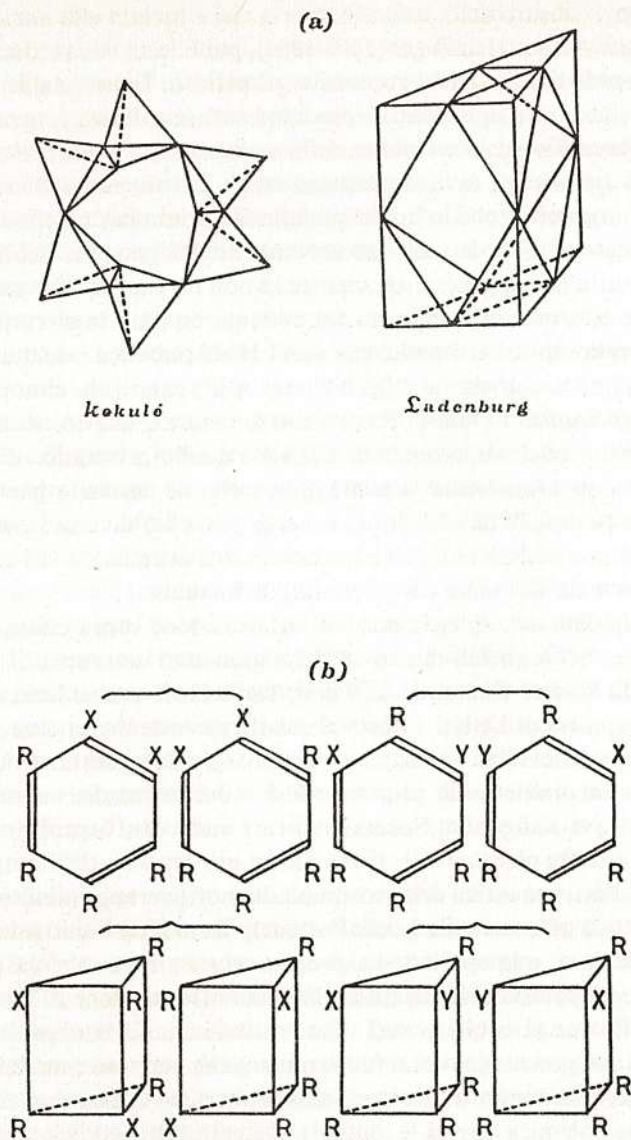


Fig. 5 - Immagini elaborate da van't Hoff (1875) per discutere gli isomeri bisostituiti secondo le ipotesi di Kekulé e di Ladenburg sul nucleo benzenico: *a*) costituzione del nucleo; *b*) esemplificazioni per i casi $C_6R_4X_2$ e C_6R_4XY ; (rif. 56, fig. 37, 38, 39, 40, 42, 43).

esagonale lascia prevedere quattro isomeri. 2) Nel caso C_6R_4XY , sempre accettando l'obiezione di Ladenburg, sia il prisma che l'esagono danno cinque possibili isomeri. Se tuttavia si accetta la tesi di Kekulé che nel 1872 ha introdotto un «tipo di movimento» che eliminando la fissità dei doppi legami riduce il numero degli isomeri³⁰, allora l'ipotesi del carbonio tetraedrico consente di distinguere, attraverso la conta degli isomeri, tra le due proposte: $C_6R_4X_2$ dà 3 isomeri secondo Kekulé, 4 secondo Ladenburg; C_6R_4XY dà 3 isomeri secondo Kekulé, 5 secondo Ladenburg⁵⁷. b) Per i prodotti di addizione l'ipotesi strutturale di van't Hoff differenzia nettamente le due proposte: quella di Ladenburg conduce a molecole nelle quali è presente un anello a tre termini, mentre quella di Kekulé prevede la persistenza dell'anello a sei termini. Van't Hoff si addentra poi in un esame dei possibili isomeri (che oggi diremmo conformazionali) confrontandosi con dati sperimentali ovviamente incompleti e confusi, esame che è privo di interesse nel presente contesto.

Circa l'applicazione al benzene del modello tetraedrico dell'atomo di carbonio, deve ancora essere rilevato che ciò era stato fatto da Kekulé già nel 1872, in termini molto precisi: «La concezione espressa dallo schema I (Fig. 3) corrisponde già adesso a considerare una disposizione piana, ed anche il modello che io ho raccomandato da parecchio tempo²⁰ per materializzare le nostre rappresentazioni del concatenamento degli atomi, conduce ad una figura nella quale tutti gli atomi giacciono in un unico e medesimo piano»⁵⁸. Mentre è fuori dubbio che van't Hoff (ma non lui soltanto!) abbia conosciuto questa rappresentazione, è indiscutibilmente a lui che va il merito di avercene data per primo una immagine visibile (fig. 5).

La disposizione spaziale degli atomi di carbonio nelle formule stereochimiche del benzene proposte dal 1875 in poi, è riconducibile al modello del carbonio tetraedrico descritto da Kekulé nel 1867²⁰ e corrisponde a modelli da lui esclusi^{28,30} e riproposti successivamente da Koerner³⁸ e da van't Hoff⁵⁶. Le differenze tra le varie proposte riguardano di regola il modo di distribuzione dei legami tra gli atomi di carbonio e la posizione degli atomi di idrogeno, da ricondurre in definitiva alla interpretazione strutturale dei prodotti ottenuti attraverso le reazioni di sostituzione, di addizione e di demolizione ossidativa, oppure dei procedimenti di sintesi dimostrativa. La prima rassegna dei modelli stereochimici del benzene, fatta nel 1894 da Carl A. Bischoff (1855-1903) e Paul Walden (1863-1958)⁵⁹ omette la citazione del lavoro di Koerner. Ciò è giustificabile perché gli autori sicuramente non conobbero il lavoro da lui pubblicato nel 1869³⁸; ma indica anche che essi non analizzarono sotto il profilo stereochimico la riproposta che l'autore ne fece nell'articolo pubblicato sulla Gazzetta cinque anni dopo⁶⁰. L'analisi di questi modelli deve essere inserita in un contesto che evidenzii il rapporto tra le strutture stereochimiche proposte ed i problemi posti dallo studio delle dimensioni volumetriche degli atomi e delle molecole, per se ed in relazione alle ricerche morfologiche sui solidi cristallini⁶¹.

Siamo così ricondotti all'apertura del nostro discorso, cioè alle ragioni che nel 1929 avevano indotto a fare riferimento al modello elaborato nel 1906 da Barlow e Pope⁸, cioè al ruolo che l'analisi morfologica dei cristalli aveva avuto nella concettualizzazione della struttura molecolare. Questo sarà l'argomento delle considerazioni conclusive.

4. La stereochimica del benzene nel rapporto tra morfologia cristallina e struttura molecolare

Le ascendenze remote del rapporto tra struttura molecolare e morfologia cristallina, e le loro relazioni con l'attività ottica sono state oggetto di uno studio molto approfondito di Seymour H. Mauskopf che ha analizzato il contributo dominante della scienza francese in questo settore⁶². Un cardine di questo discorso è la congruenza tra forma del cristallo e forma della molecola cristallina, elemento costitutivo della sostanza solida. Le Bel è profondamente inserito in tale contesto ed il caso benzene resterà per lui tema di riflessione durante i decenni successivi al 1874. Egli rifiuta la tesi della direzione tetraedrica delle quattro valenze (affinità, polarità) del carbonio, ed a lungo porterà contro di essa come un argomento definitivo che «l'ipotesi del tetraedro regolare esige che le sostanze (*corps*) CR_4 siano cubiche», mentre di fatto ciò non avviene. Anche quando sia tecnicamente impossibile una misura accurata degli angoli tra le facce, resta un fatto che i cristalli di bromuro di carbonio CBr_4 (oltre quelli di ioduro di carbonio, di bromuro di stagno $SnBr_4$, ecc.) sono «birifrangenti in luce polarizzata parallela», una anisotropia incompatibile con le forme proprie del sistema cubico. Conclusione: «La forma tetraedrica regolare delle molecole non è compresa tra le condizioni necessarie e sufficienti per giustificare le leggi del potere rotatorio»⁶³. Nel seguito di questa memoria Le Bel (1890) considera gli effetti della sostituzione nei composti CR_4 , e con riferimento alle sostanze che cristallizzano nel sistema cubico e che sono perciò compatibili con le regole del tetraedro, sottolinea: «è un dato sperimentale, non una necessità teorica». Nella conclusione rileva che C_6H_6 e C_6Cl_6 «potrebbero anche non cristallizzare nel sistema esagonale» (nel quale di fatto cristallizzano), «e tuttavia permettere di capire che le regole derivate dall'esagono di Kekulé siano esatte»⁶⁴. È quindi sulla base delle relazioni tra forma del cristallo e forma della molecola che, secondo Le Bel, la valenza non può agire lungo direzioni fisse, costanti, e che la ipotesi del carbonio tetraedrico non può essere la base di una teoria della struttura molecolare compatibile con l'esistenza dell'attività ottica.

I modi della congruenza tra forma cristallina e forma molecolare sono richiamati da Le Bel nel testo di una conferenza alla *Société Chimique* fatta oltre un anno dopo, in cui vuole discutere nei termini più generali possibili «le relazioni tra potere rotatorio e struttura molecolare»⁶⁵. Qui, dopo aver enunciato in un

modo considerato più rigoroso la propria teoria del 1874, passa ad esaminarne le verifiche sperimentali. Tra queste riconsidera i casi in cui attraverso la coltivazione di muffe (il metodo già scoperto da Pasteur) si riesce a «sdoppiare artificialmente» una sostanza otticamente inattiva nei due isomeri, il destro- ed il levo-rotatorio. È in questa parte del discorso che Le Bel affronta di nuovo il problema della struttura delle sostanze aromatiche, opponendo l'ipotesi dell'esagono piano a quella «del prisma o dell'ottaedro, la quale richiederebbe che le sostanze orto e meta fossero attive». Per verificare tale eventualità egli ha «coltivato alcune muffe su una soluzione acida sufficientemente diluita di cloruro di toluina liquida» (1,metil-2,amminobenzene), ma «la toluina liberata dalla coltura è risultata assolutamente inattiva»⁶⁶. Questi tentativi di Le Bel, miranti a negare la struttura esagonale piana del benzene, andavano avanti da un decennio e se ne trova traccia in vari interventi⁶⁷. Le ragioni che venivano portate per sostenere la forma prismatica o quella ottaedrica erano argomentate in vario modo e non sempre coerenti tra loro⁶⁸. Nella ricerca storica sopra ricordata Mauskopf annota che accanto alla scuola francese esisteva una tradizione angloamericana che nell'ultimo quarto del secolo XIX aveva ottenuto risultati destinati ad avere un ruolo notevole nel secolo XX, e cita i nomi di Lord Kelvin ed William Barlow⁶⁹. Rispetto all'argomento che stiamo trattando è indubbiamente quest'ultimo che ha dato il contributo di maggior rilievo. Sostenitore di una stretta relazione tra composizione atomica della sostanza (corpo materiale) e forma cristallina, egli formula su questa base un procedimento sistematico che gli consente di dedurre i 230 gruppi spaziali (1894). Muovendo dalle strutture a simmetria minima verso quelle più simmetriche Barlow ottiene i risultati che Leonhard Sohncke (1842-1897) aveva ottenuto nel 1879, mettendo in evidenza che i 65 diversi insiemi di punti da lui costruiti non sono sovrapponibili alla loro immagine speculare. Procedendo quindi alla costruzione, mediante operazioni di simmetria, dei restanti 165 gruppi spaziali, completando l'insieme dei 230 gruppi cui sono riconducibili tutte le possibili forme cristalline⁷⁰. Successivamente, nel 1897, partendo da tale base, Barlow elabora una propria analisi dei «vari fenomeni di cristallizzazione, isomerismo chimico, combinazione chimica, diffusione». Il lavoro è di fatto una relazione dettagliata delle deduzioni che ha potuto fare sperimentando con sfere di materiali diversi e di dimensioni differenti, per determinare «la loro capacità di congiungersi a formare gruppi», con l'obiettivo di imitare «i differenti tipi di aggregazione delle parti ultime della materia». Criterio fondamentale (*foundation stone*) è la determinazione dei modi di aggregazione «che soddisfano la condizione di *closest packing*»⁷¹.

È su questo filone che, all'inizio del nuovo secolo, le tesi di Barlow vengono ad incontrarsi con le ricerche di William J. Pope (1870-1939) sulle sostanze nella cui molecola sono presenti atomi capaci di generare antipodi ottici come quelli associati all'atomo di carbonio asimmetrico. Tra il 1899 ed il 1902 riesce a sintetizzare ed a risolvere nei corrispondenti isomeri ottici, derivati dell'ammonio, com-

posti dello zolfo e del selenio nella forma di sali «onio» (cioè tetracoordinati), e composti organostannici⁷².

La teoria dei volumi di valenza che Barlow e Pope enunciano nel 1906 è il risultato del loro incontro. Essa ha come obiettivo di collegare struttura chimica e struttura cristallina e di chiarire la natura della valenza. Partendo da «una concezione molto semplice della natura dell'ambiente circostante gli atomi in una molecola chimica», accettabile per il chimico, ed applicando i metodi della cristallografia, la teoria pone in termini quantitativi la relazione tra «costituzione chimica e forma cristallina di qualsiasi sostanza composta» e permette di interpretare la valenza «come semplice relazione di volume». Come riferimento relativo viene presa «la porzione di spazio a disposizione di un atomo monovalente (*univalent*) nella molecola»⁷³. La somma W dei «volumi di valenza» (*valency volumes*) degli atomi molecolari, rapportata al volume molecolare V , viene collegata alle dimensioni molecolari tramite il quoziente $(W/V)^{1/3}$ ed i rapporti assiali $a:b:c$ caratterizzanti la forma del cristallo. La teoria genera così tre parametri di equivalenza $x:y:z$ che sono in relazione alle dimensioni atomiche ed alla collocazione delle molecole nel cristallo. Alla struttura del benzene (Fig. 6) corrispondono i seguenti valori numerici: $W = (6 \times 4) + (6 \times 1) = 30$, $a:b:c = 0,891:1:0,799$, da cui $x = (W)^{1/3} = 3,10$, $y = (x/a) = 3,48$, $z = yc = 2,78$.

Il tratto più caratterizzante della teoria proposta da Barlow e Pope⁸ ci sembra essere l'interpretazione della valenza atomica come un rapporto tra volumi. Questa circostanza, nel contesto dell'analisi attuale, suggerisce una singolare analogia con le rappresentazioni atomiche adottate da Kekulé circa mezzo secolo prima ed illustrate nella fig. 1, analogia che ovviamente non viene percepita (almeno esplicitamente) dagli autori. È un fatto che essa dette in quel momento una risposta che parve accettabile ad un problema aperto da decenni. Gli errori della teoria, inizialmente rilevati da pochi studiosi⁷⁴ vennero provati in modo definitivo dagli sviluppi dell'indagine strutturale mediante diffrazione dei raggi X su alcune serie di sali isomorfi⁷⁵. I consensi che raccolse inizialmente nella comunità scientifica britannica ed internazionale restano tuttavia come un fatto notevole nella storia di quegli anni. Poiché vari aspetti di questa vicenda sono stati già discussi⁶¹ basterà qui ricordare alcune circostanze indicative. Il 17 gennaio 1907 Barlow viene proposto per la elezione a Fellow della Royal Society (F. R. S.), ed eletto secondo la prassi l'8 maggio 1908. In questo stesso anno Pope, già F. R. S., viene chiamato all'università di Cambridge. Quando verrà convocato a Bruxelles il *Conseil de Physique Solvay*, dal 23 al 31 ottobre 1913, per discutere su «*La structure de la matière*», Barlow e Pope saranno chiamati a svolgere una loro relazione come membri della delegazione britannica (che comprende W. H. Bragg, E. Rutherford, J. J. Thomson e J. H. Jeans). Tale relazione verrà conclusa proprio con la presentazione della struttura cristallina e molecolare del benzene (Fig. 6) come capace di rendere conto non solo dei rapporti assiali del cristallo, ma anche delle diversità chimiche dei derivati orto- e para-sostituiti rispetto ai meta-sostituiti,

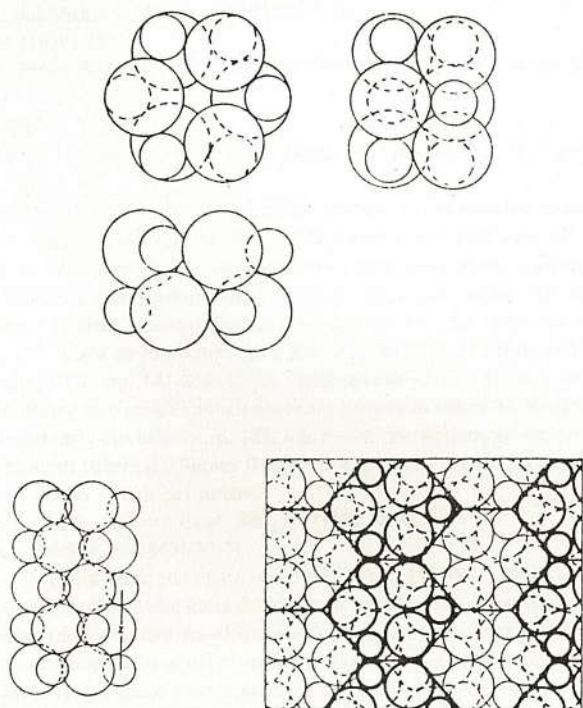


Fig. 6 - La struttura molecolare C₆H₆ e la sua collocazione nei cristalli di benzene secondo Barlow e Pope. I valori dei "parametri di equivalenza" sono: $x = 3,10$; $y = 3,48$; $z = 2,78$. (Dal rif. 8, con il permesso della Royal Society of Chemistry).

della tautomeria degli 1,3,5-tri-idrossi derivati, e di altre proprietà⁷⁶. Nell'ampia discussione successiva soltanto M. Brillouin (1854-1948) sembra aver colto il difetto cruciale della teoria dei volumi di valenza, cioè la mancata invarianza del volume atomico assoluto di un dato elemento nei cristalli isomorfi di sostanze chimicamente correlate, come C_6H_6 e $C_6H_2Br_4$ ⁷⁷. Sembra quindi ragionevole che la struttura del benzene proposta da Barlow e Pope⁸ nel 1906 sia stata considerata come possibile fino a quando, nel 1929, non venne definitivamente dimostrata la planarità dell'anello benzenico.

Bibliografia e note

- 1) K. Lonsdale, *Trans. Faraday Soc.*, 25 (1929) 352-366.
- 2) K. Lonsdale, *Nature*, 122 (1928) 810.
- 3) W.H. Bragg, *Chem. News*, 129 (1929) 55-56.
- 4) K. Lonsdale, *Proc. Roy. Soc.*, A-123 (1929) 494-515. Una recensione di questo lavoro, a cura della Redazione, è pubblicata in *Nature* 123 (1929) 851.
- 5) *Nature*, 123 (1929) 337.
- 6) J.K. Morse, *Phys. Rev.*, 19 (1922) 243; 22 (1923) 525; *Proc. Nat. Acad. Sci. (New York)*, 13 (1927) 789-793.
- 7) Rif. 1, p. 352.
- 8) W. Barlow e W. J. Pope, *J. Chem. Soc., Trans.* 89 (1906) 1675-1744. Il problema del benzene è trattato alle pp. 1692-1704.
- 9) Per una rassegna sull'argomento nel periodo cruciale in cui vennero identificati i 230 gruppi spaziali vedasi H. A. Miers, *Science Progress* 1 (1894) 483-500, 3 (1895) 129-142. I punti di vista che si confrontavano circa venti anni dopo sono ben rappresentati nelle comunicazioni di W. Barlow, W. J. Pope, e di M. Brillouin, alla riunione del Conseil de Physique Solvay dell'ottobre 1913, e nella successiva discussione: Institut International de Physique Solvay, *La Structure de la Matière, Rapports et Discussion du Conseil de Physique tenu a Bruxelles du 27 au 31 octobre 1913*, Paris, Gauthier-Villars et C. Editeurs, 1921, pp. 141-234. Circa l'impatto che ebbero allora i risultati riferiti in tale occasione da W. H. Bragg può essere sufficiente citare quanto lo stesso M. Brillouin dice in apertura al suo lungo intervento nella discussione, p. 227: «Se avessi conosciuto, nel momento in cui ho scritto la mia relazione, i risultati riferiti dal Signor Bragg, avrei potuto abbreviarla considerevolmente; anzi è probabile che non l'avrei scritta del tutto».
- 10) P.P. Ewald, *Arch. History Exat. Sci.*, 6 (1969) 72-81.
- 11) P. Forman, *ibidem*, 6 (1969) 38-71.
- 12) rif. 10, p. 74. Dalla relazione di Brillouin rif. 9 (pp. 197-198, 202-206) e dal suo intervento nella discussione appare evidente che «una molecola di piccolissime dimensioni separata dalla molecola vicina da una grande distanza» era «l'ipotesi favorita dei fisico-matematici», (p. 228) oltre che dei chimici. Le tesi sulla costituzione dei cristalli espone nei lavori di Barlow del 1883-1897, e poste a fondamento del lavoro rif. 8 erano quindi piuttosto singolari e isolate nel contesto chimico del tempo.
- 13) rif. 1, p. 356. La citazione testuale del lavoro di Barlow e Pope è tratta da un lavoro successivo a quello citato in rif. 8, cioè *J. Chem. Soc. Trans.*, 97 (1910) 2308-2388, ivi p. 2387. I lavori di M. L. Huggins sono in *J. Am. Chem. Soc.*, 44 (1922) 1607-1617; 45 (1923) 264-278.
- 14) L. Paoloni, L.T. Parente, *Chimica nella Scuola*, 1989, n. 1, pp. X-XV.
- 15) Lo studio diretto del benzene cristallino era stato ovviamente tentato più volte, ma varie difficoltà avevano impedito di procedere oltre la conoscenza delle caratteristiche della cella elementare (dimensioni, gruppo spaziale, numero delle molecole contenute) e la determinazione del carattere centrosimmetrico della molecola. Il primo lavoro che direttamente risolve la struttura cristallina e quella molecolare del benzene è di E. Gordon Cox, *Proc. Roy. Soc. A*, 135 (1932) 491-498.
- 16) A. Kekulé, *Lehrbuch der organischen Chemie*, F. Encke, Erlangen, vol. 1, 1861-64; vol. 2, 1865-66. L'opera è stata pubblicata in fascicoli, i primi dei quali cominciarono a circolare privatamente nel 1859.
- 17) A. Kekulé, *Bull. Soc. Chim.*, Paris, 3 (1865) 98-110.
- 18) A. Kekulé, *Annalen Chem. Pharm.*, 137 (1866) 129-196. La genesi e la collocazione storica della teoria qui esposta da Kekulé sono esaminate da A. J. Roche, *Annals of Science*, 42 (1985) 355-381.

19) L'uso del termine *costituzione* per designare la disposizione relativa degli atomi nella molecola è stato introdotto dalla scuola chimica francese. La utilizzazione sistematica che ne ha fatto Charles Gerhardt (1816-1856) ha influito sulla diffusione del termine nella letteratura chimica tedesca e inglese. Una esplicita preferenza per l'uso di *Constitution* è espressa da Emil Erlenmeyer (1825-1909) nel *Lehrbuch der organischen Chemie*, C. F. Winter, Leipzig 1867, p. 65; egli ritiene infatti che il termine *Structur* introdotto nel 1861 da Aleksander M. Butlerov (1828-1886) sia più adatto a significare «la forma degli atomi e la loro posizione (*Lagerung*) nello spazio». Il termine *Structur* è tuttavia usato, ad esempio da Adolf Claus (1840-1900), senza tali implicazioni. Così fanno anche i fautori della teoria del tipo, guidati da Hermann Kolbe (1818-1884) che qualificava le elaborazioni teoriche di Kekulé *Collection sinnloser Worte*, insieme di parole prive di senso. Kekulé dal canto suo si riferiva al simbolismo della teoria del tipo come *Schreibweise*, modo di scrivere, e ne metteva in evidenza errori e limiti in una serie di lavori pubblicati nel periodo 1866-67. Sui rapporti tra Kekulé e Kolbe si veda A. J. Roche, *Ambix*, 34 (1987) 156-168 e la letteratura ivi citata. Si può infine notare che nel titolo tematico della *Discussion of the Faraday Society* del 1929 ricordata dal par. 1, *Structure* è usato per i cristalli, mentre *Constitution*, in quanto espressione delle proprietà chimiche delle sostanze, è riferito alle molecole.

20) A. Kekulé, *Zeitschr. Chemie*, N. F. 3 (1867) 214-218.

21) La capacità di legame di un atomo è designata da Kekulé in modi differenti. Nei testi in francese del 1864-65 parla di *Atomicité des éléments*, per esempio *tétratomicité du carbone* per significare che l'atomo possiede quattro *affinités* (rif. 17). Nei testi in tedesco dello stesso periodo parla di *Atomigkeit der Elemente*, specificando il caso del carbonio come *vieratomiges Element* (rif. 18, p. 130) per significare che esso possiede quattro *Verwandtschaftseinheiten*, unità di affinità; ma nello stesso contesto usa anche *Affinität* che precisa essere sinonimo (*oder*) del precedente (rif. 18, p. 135). Nel 1867 (rif. 20, p. 217) usa contestualmente e senza ambiguità nel significato *Valenz*, *Affinität*, *Verwandtschaftseinheit*, e le locuzioni *einwerthige* oppure *mehrwertige Atome*. Il termine *Valenz* sarebbe qui usato per la prima volta nella letteratura chimica. Vedasi in proposito C. A. Russel, *The History of Valency*, Leicester University Press 1971, p. 86.

22) Una indagine storica su questo problema non sembra essere stata fatta finora. Che la graduale transizione di Kekulé dai vecchi ai nuovi simboli sia stata stimolata dal problema del benzene è suggerito dalla nota a p. 134 della memoria del 1866 (rif. 18) dove viene richiamato esplicitamente l'uso di formule grafiche (*graphische Formeln*) fatto da Charles Adolf Wurtz (1818-1884), da Joseph Loschmidt (1821-1895) e da Alexander Crum Brown (1838-1922). Più marcata ancora la coesistenza del vecchio e del nuovo simbolismo alla p. 496 del volume 2 del trattato (rif. 16), dove anche il testo è connesso a quello del rif. 18, l. c. L'anello benzenico come rappresentato nel trattato è strettamente identico a quello del metisilene dato alla pag. 216 del rif. 20. Per una visione globale delle formule grafiche utilizzate in quegli anni, vedasi il cap. 12 del testo di A. J. Ihde *The Development of Modern Chemistry*, Harper and Row, New York 1964.

23) James J. Silvester (1814-1897) paragonava nel 1878 l'innovazione di Kekulé alla transizione dell'astronomia da Tolomeo a Keplero, ed a quella della biologia di Linneo a Darwin. Per la letteratura e le fonti si veda N. L. Biggs, E. K. Lloyd, R. J. Wilson, *Graph Theory 1736-1936*. Oxford, Clarendon Press 1976, Cap. 3. Walter Nernst (1864-1941) nella introduzione al suo trattato (1893) considerava l'estensione della ipotesi molecolare, la teoria della costituzione, qualcosa che aveva reso più tangibile la nostra concezione della molecola ed offerto ai nostri occhi «microscopi sempre più potenti» per la considerazione del mondo molecolare: *Theoretical Chemistry*, McMillan and Co., London, 1895, p. 23 e p. 237.

24) Rif. 20, p. 217.

25) Rif. 20, p. 218.

26) La modellizzazione tetraedrica ridotta al piano sembra essere stata utilizzata da Kekulé in modo esplicito soltanto nella già citata rappresentazione del gruppo C_6A_6 nel trattato (rif. 16, p. 496), e nella nota in esame (rif. 20) per rappresentare acetone e metisilene, al fine di evidenziarne la

relazione ipotizzata tra formazione e costituzione. Un uso implicito del modello verrà indicato nella successiva discussione dell'analisi che Kekulé fa sulla diverse formule proposte per la costituzione del nucleo C_6A_6 .

27) Alla comunità chimica i risultati più probanti apparivano essere quelli di Hans Hübner (1837-1884) e della sua scuola intorno al 1870: *Annalen Chem. Pharm.*, 156 (1870) 308-322; *Bull. Soc. Chim. Paris*, 14 (1870) 447-448 e letteratura ivi citata. Tuttavia a questo fine aveva estesamente lavorato anche Wilhelm Koerner (prima come assistente di Kekulé a Gent, e poi autonomamente a Palermo chiamato da Stanislao Cannizzaro) i cui risultati pubblicati (su una rivista locale) nel 1869 furono conosciuti dalla comunità chimica solo nel 1874. Su questo lavoro di Koerner si tornerà più avanti.

28) A. Kekulé, *Ber. deut. chem. Gesell.*, 2 (1869) 362-365.

29) A. Kekulé, *Ber. deut. chem. Gesell.*, 2 (1869) 365-368. La sintesi delineata ha come punto di riferimento le reazioni di condensazione dell'aldeide acetica che Kekulé pensa di riuscire a far reagire secondo lo schema (descritto a parole) $3CH_3CHO - 3H_2O \rightarrow C_6H_6$, che ha come precedente la sintesi del mesitilene da acetone interpretata in rif. 20, L'articolo riferisce diverse sintesi realizzate per condensazione di aldeidi nelle quali si ha con certezza formazione di un legame $C=C$.

30) A. Kekulé, *Annalen Chem. Pharm.*, 162 (1872) 77-124.

31) Il lavoro sulla costituzione del mesitilene, datato da Gent (marzo 1867), è l'ispirazione del lavoro sulla condensazione delle aldeidi che Kekulé porta avanti dopo il trasferimento all'università di Bonn a partire dall'anno accademico 1867-68. Le note rif. 28-29 sono indicate come comunicazioni VI e VII dall'Istituto Chimico dell'Università di Bonn. Quella rif. 30 è datata dalla stessa sede 14 febbraio 1872.

32) Rif. 28, p. 363.

33) Rif. 17, p. 99.

34) Rif. 18, p. 133. Qui scrive: «in certo qual modo un più intimo collegamento (*engerer Verbindung*) o una più densa posizione di adiacenza (*dichterer Aneinanderlagerung*)».

35) Rif. 28, p. 364. Le citazioni qui fatte da Kekulé vanno così precisate: Adolf Claus, testo del 1867, citato in rif. 30, p. 81; Albert Ladenburg (1842-1911) *Ber. deut. chem. Gesell.*, 2 (1869) 140-142, 272-274; Carl H. Wichelhaus (1842-1927), *Ber. deut. chem. Gesell.*, 2 (1869) 167-199; George A. K. Städelé (1821-1871), *J. prakt. Chemie*, 103 (1868) 105-107; Ludwig Carius (1829-1875) *Annalen Chem. Pharm.*, 149 (1869) 284-288; Hermann Kolbe, *Jahresbericht (Strecker)* 1869, 328-329. Nella nota del 1872, rif. 30, p. 80, agli autori sopracitati vengono aggiunti: Paul Havrez *Principes de la Chimie unitaire*, Paris, Noblet et Baudry, 1865; James Dewar (1842-1923) *Proc. Roy Soc. Edinburg*, Session 1866-67, 6 (1866-69) 82-86.

36) Rif. 30, p. 82.

37) Rif. 30, p. 83.

38) W. Koerner, *Giornale di Scienze Naturali ed Economiche* (Palermo), 5 (1869) 212-256.

39) Anche se non esplicitamente citato, il lavoro rif. 20 era certamente noto a Koerner. Alla data di invio del manoscritto, marzo 1867, egli era infatti assistente di Kekulé a Gent. Inoltre il modello del benzene secondo Kekulé riportato in rif. 38, p. 237 («l'idea del Kekulé sulla costituzione del nucleo») è una trascrizione del nucleo del mesitilene come rappresentato nel rif. 20 (vedasi qui, fig. 2). Infine il rif. 20 è citato da Cannizzaro nella relazione al Consiglio di Perfezionamento dell'Istituto Tecnico, *Giornale di Scienze Naturali ed Economiche*, 5 (1869) 208-211 (vedasi p. 210), dove, spiegate le ragioni per le quali ha sollecitato Koerner a scrivere la memoria, chiede al Consiglio stesso di approvarne la pubblicazione.

40) Rif. 38, p. 242.

41) Rif. 38, p. 241. I riferimenti bibliografici indicati da Koerner per i lavori di Claus e di Ladenburg sono quelli qui segnati al rif. 35.

42) Questa rivendicazione di originalità può avere un duplice fondamento: a) contestare Kekulé come primo assertore del modello tetraedrico dell'atomo di carbonio, già proposto nel 1862 da Alexander M. Butlerov (1828-1886), *Zeitschrift für Chemie und Pharmacie*, 5 (1862) 267; b) esprimere

il proprio dissenso al rifiuto di Kekulé di introdurre concetti spaziali nella rappresentazione della costituzione molecolare. Questo aspetto della vicenda biografica di Koerner è in fase di studio e sarà oggetto di una successiva memoria.

43) C.H. Wichelhaus, rif. 35, p. 197.

44) A. Ladenburg, rif. 35, p. 272-273. L'opposizione di Ladenburg alla introduzione della spazialità nelle formule si manifesterà nel 1877 anche verso van't Hoff per la trascrizione da lui fatta nel 1875 della sua formula del benzene. Su questo si tornerà più avanti.

45) E. Paternò, *Giornale di Scienze Naturali ed Economiche* (Palermo), 5 (1869) 117-122.

46) Lettera pubblicata a cura di E. Paternò in *Gazz. Chim. Ital.*, 43 (1913) 501-503.

47) J.A. Le Bel, *Bull. Soc. Chimique* (Paris) 22 (1874) 337-347.

48) Rif. 47, p. 338.

49) J.H. van't Hoff, *Arch. Néerl. Sci. Exact. Nat.* 9 (1874) 445-454, ivi p. 446.

50) Si vedano, per esempio, (a) H. A. M. Snelders, in: *Van't Hoff-Le Bel Centennial*, O. B. Ramsay Editor, American Chemical Society, Washington 1975, pp. 55-56, 66-73; (b) L. Paoloni, in: *Atti del III Congresso Nazionale di Storia della Fisica*, Palermo 1982, pp. 117-128; (c) R. B. Grossman, *J. Chem. Educ.*, 66 (1989) 30-33; (d) L. Paoloni, commento all'articolo di Grossman, *ibidem*, in corso di stampa.

51) (a) T. A. Koepfel, in *Van't Hoff-Le Bel centennial*, rif. 50, pp. 97-113, ha esaminato alcuni dei modelli stereochimici del benzene con scopo piuttosto limitato. Risulta inesatta l'indicazione della pagina nelle citazioni bibliografiche originali che vanno così rettificare: 18, p. 104 anziché 105; 20, p. 120 anziché 107; 21, p. 123 anziché 108; 34, p. 92 anziché 56. (b) O. B. Ramsay, *Stereochemistry*, Heyden, London 1981, esamina in modo più esauriente, nel Cap. 3, la letteratura del periodo 1862-1874, considerando i lavori sopra citati nei rif. 38, 39, 42, 45, 46. Tuttavia, per carenza di informazione storica su quanto si faceva allora a Palermo, la correlazione tra i lavori di Kekulé e di Koerner è posta in termini diversi.

52) Rif. 47, p. 345.

53) L'interpretazione geometrica delle isomerie dei composti aromatici non risulta trattata nelle riviste chimiche francesi del periodo 1870-1874. Considerando che nel 1874 Le Bel lavorava nel Laboratorio di Adolphe Wurtz (1817-1884) abbiamo controllato alcune voci pertinenti del *Dictionnaire de Chimie Pure et Appliquée* che veniva pubblicato in quegli anni sotto la sua direzione. La voce *Série Aromatique* redatta da Alfred Naquet (1834-1916), Vol. I (1869), parte I, pp. 386-393, non coglie gli aspetti essenziali della distinzione tra sostituzione e addizione. Se questa è stata la fonte di Le Bel si può capire perché egli descriva la canfora come derivata dal benzene per sostituzione dell'idrogeno con i gruppi CH_3 , (CH_3, H) , O'' , H_2 e H_2 ; l'essenza di trementina derivata dal cimene «per sostituzione di due gruppi H_2 ad altri due atomi di idrogeno», rif. 47, p. 345. Per la canfora viene dato come riferimento bibliografico un lavoro di Kekulé il cui riassunto è pubblicato nel *Bull. Soc. Chimique* (Paris) 20 (1873) 558 (l'originale in *Ber. deut. chem. Gesell.* 6 (1873) 929-934). Qui tuttavia la «facile trasformazione della canfora in cimene» è solo il principale argomento per giustificare la formula ciclica proposta, ma non per considerarla un composto aromatico.

Le voci *Hydrocarbures* e *Isomérisation* redatte per il *Dictionnaire* dallo stesso Wurtz, vol. II (1873), parte I, rispettivamente pp. 63-70 e 142-152, mai usano i termini *rhomboédre* e *pyramide* nelle parti concernenti le sostanze aromatiche. Tuttavia la costituzione preferita del nucleo benzenico è quella basata sulla «diseguaglianza delle atomicità» (p. 66), mentre l'esagono che figura a p. 150 è qualificato «rappresentazione grafica del Sig. Kekulé che ha numerato in tal modo i punti di attacco degli elementi o dei gruppi sostituiti all'idrogeno del nucleo benzenico». La carente comprensione della teoria del nucleo benzenico nella scuola chimica francese è confermata da A. Henninger nell'introduzione alla nuova stesura (1880) della voce *Série Aromatique*, *Dictionnaire*, etc., *Supplement*, vol. I (1880) pp. 203-235. Dopo aver chiarito come la sperimentazione abbia confermato l'ipotesi di Kekulé («ora ha il rango di una teoria»), egli osserva: «lo studio dei prodotti di sostituzione è stato trascurato durante troppo tempo; ancora oggi questo metodo non è apprezzato nel suo giusto valore» (p. 204).

54) G. Hinrichs, *Comptes Rendus*, 80 (1875) 47-51. Si tratta di una nota comunicata nella seduta

del 4 gennaio 1875, posteriore cioè di circa tre mesi alla memoria di Le Bel, rif. 47. L'autore collega il momento di inerzia della molecola, raffigurata come *hexagone rhomboédrique*, al calore specifico del benzene vapore nel quadro di una teoria meccanica del calore.

55) J. H. van't Hoff, *Bull. Soc. Chimique (Paris)* 23 (1875) 295-301. Citazione da p. 300. Per la discussione, *ibidem*, pp. 338-340.

In questa memoria viene discussa sommariamente, per la prima volta, l'estensione al caso che nella molecola siano presenti due atomi di carbonio asimmetrico (p. 298).

56) J. H. van't Hoff, *La chimie dans l'espace*, Rotterdam P. M. Bazendijk 1875. La prefazione ha la data maggio 1875. I composti aromatici sono trattati nel cap. IV, pp. 38-41.

57) La inclusione dei possibili isomeri ottici dei derivati bisostituiti nel caso di accettazione «della cosiddetta formula prismatica» viene ribadita qualche anno dopo da van't Hoff, *Ber. deut. chem. Gesell.* 9 (1876) 1881-3, per contestare il modo in cui Ladenburg la mette a confronto con la formula esagonale. La risposta di Ladenburg, *ibidem*, 10 (1877) 1154-5 è semplice e diretta: le due formule, isomere nello spazio e diverse «in modo assoluto» secondo van't Hoff, sono invece «*assolutamente* eguali per me e per tutti i chimici, che mediante le formule vogliono esprimere soltanto il modo di legarsi degli atomi».

58) rif. 30, p. 82.

59) C.A. Bischoff, P. Walden, *Handbuch der Stereochemie*, Frankfurt a. M., Verlag H. Bechhold, 1894. La parte generale dell'opera, pp. 5-140 esamina lo sviluppo storico della stereochemica partendo dalle lezioni di Pasteur nel 1860. Per i modelli stereochemici del benzene vedere p. 85, p. 112 e pp. 645-648.

60) W. Koerner, *Gazz. Chim. Ital.*, 4 (1874) 305-446. Il modello del 1869 è richiamato in nota a p. 308 per puntualizzare «di ritenere giustificato l'esagono quale proiezione» della posizione effettiva degli «atomi di idrogeno disposti in due piani differenti». In tutto il lavoro userà appunto un semplice esagono. Il modello viene riproposto alla fine, p. 444, perché «pare essere rimasto sconosciuto, e in tutti i casi non venne preso in considerazione da coloro che trattarono in seguito questo argomento». La più estesa menzione di questo modello sembra essere quella pubblicata negli Abstracts del *J. Chem. Soc.*, 29 (1876) 241, a conclusione di un ampio riassunto siglato H. E. A., senza dubbio Henry E. Armstrong (1848-1937).

61) Questo aspetto è stato oggetto di due pubblicazioni a carattere preliminare: L. Paoloni, L. T. S. Parente, *Rendiconti Accademia Nazionale dei XL[5]* 12 (1988) 193-213; *Chimica nella scuola* 1989, n. 1, pp. X-XV. Il tema sarà oggetto di una successiva pubblicazione.

62) S.H. Maukopf, *Trans. Amer. Philosophical Soc.* 66 (1976) part. 3.

63) J.A. Le Bel, *Bull. Soc. Chimique (Paris)*, 3 (1890) 788-796, citazione p. 790. Qui egli annota che queste osservazioni, già presenti alla sua mente dal 1874, sono state la ragione per cui egli dette alle sue dimostrazioni «una forma particolare e in apparenza meno semplice».

64) Rif. 63, p. 796.

65) J.A. Le Bel, *Revue Scientifique*, 48 (1891) 609-617; l'argomento è richiamato nella lunga nota a piè di p. 610.

66) Rif. 65, p. 615.

67) Si veda la discussione nei *Procès-Verbaux* della seduta del 23 giugno 1882, *Bull. Soc. Chimique (Paris)*, 38 (1882) 98. Solo successivamente il risultato negativo dei tentativi fatti in quel periodo verrà considerato un argomento di conferma della struttura esagonale: *Procès-Verbaux* del 28 novembre 1890, *ibidem*, 4 (1890) 786; ed anche rif. 64.

68) La struttura ottaedrica proposta da J. Thomsen (1826-1909), con i sei atomi di carbonio equidistanti su una superficie sferica, *Ber. deut. chem. Gesell.*, 19 (1886) 2944-2950, venne dichiarata improponibile da A. Schrauf (1837-1897) argomentando che una qualsiasi aggregazione di molecole aventi tale forma non può dare cristalli birifrangenti, come di fatto sono quelli del benzene, *Wiedemann's Ann. Phys. Chem.*, 31 (1887) 540-543.

69) rif. 62, p. 35.

- 70) W. Barlow, *Zeit. Krystall.*, 23 (1894) 1-63.
- 71) W. Barlow, *Sci. Proc. Roy. Dublin Soc.*, 8(1897) 527-690; citazione da p. 530.
- 72) G.T. Moody W. H. Mills, in *British Chemists*, The Chemical Society, London 1947. pp. 285-315; ivi p. 297-301.
- 73) rif. 8, p. 1675, 1680.
- 74) T.V. Barker, *J. Chem. Soc.*, 101 (1912) 2484-2502.
- 75) A.E.H. Tutton, *Proc. Roy. Soc.*, 93 (1917) 72-89.
- 76) W. Barlow e W. J. Pope, in *La structure de la matière*, Rapports et Discussion du Conseil de Physique Solvay, Bruxelles 27-31 octobre 1913. Gauthier-Villars et C. Editeurs, Paris 1921, pp. 141-183.
- 77) rif. 76, pp. 229-231.

Paola Antoniotti

Dipartimento di Chimica Generale ed Organica Applicata
Università di Torino

H. Eyring e i primi studi quantistici della reattività chimica

Summary

The Heitler-London paper of 1927 about the hydrogen molecule has been the starting point for application of quantum mechanics to chemical problems.

The molecular structure and the chemical bond are the crucial problems of classical theoretical chemistry and quantum chemistry.

In 1929 F. London proposed an equation to calculate the energy of systems composed by three or four atoms. London, for the first time, proposed the quantum mechanical treatment of reactivity. However, the application of this new method to real problems was very difficult.

H. Eyring and M. Polanyi gave, in 1930, an equation to calculate, with an approximate method, the energy of the para/ortho-hydrogen conversion. The "semiempirical method" of Eyring and Polanyi is based on several approximations, some borrowed from the London's equation.

The more relevant approximation concerns the resonance energy that is empirically calculated from the binding energy. The binding energy is given as sum of resonance energy and coulomb energy calculated theoretically.

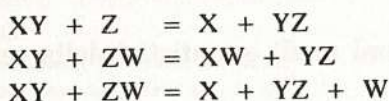
1. Il problema della reattività

Con la comparsa del famoso articolo di Heitler e London relativo al calcolo della molecola di idrogeno¹, assistiamo alle prime applicazioni della meccanica quantistica a problemi di tipo chimico.

I grandi temi da affrontare, con gli strumenti forniti da questa nuova disciplina, riguardavano le forze di legame che tenevano uniti gli atomi nelle molecole e la struttura molecolare, che rappresentavano i problemi cruciali della chimica teorica classica. Ma, già dal 1929, parallelamente all'affascinante questione della struttura molecolare comparivano, un po' in sordina, i primi studi sulla reattività, quasi sembrasse presuntuoso voler affrontare un argomento tanto complesso con strumenti così nuovi e complicati.

In un lavoro del 1929 London² considera per la prima volta il problema della

reattività in termini di interazione di 3 o 4 atomi, allo scopo di interpretare reazioni del tipo indicato:



Si tratta di reazioni cosiddette adiabatiche, dove con questo termine si intende che, nel corso della reazione, non avvengono transizioni elettroniche tra il livello fondamentale ed i livelli eccitati.

Nel suo lavoro London giunge a formulare un'espressione per l'energia di interazione di 3 o 4 atomi servendosi dei risultati ottenuti nel lavoro del 1927, fatto in collaborazione con Heitler, e ricorrendo ad ulteriori semplificazioni. Tra le approssimazioni impiegate, le più rilevanti risultano essere quella ben nota di Born-Oppenheimer, che consiste nel considerare i nuclei fissi, e una seconda che riguarda l'energia di interazione tra atomi che, essendo calcolata solo tra coppie, trascura tutti i termini di scambio multipli. L'espressione dell'energia risulta data dalla somma di un termine coulombiano e di un termine di risonanza:

$$W(a) = A(a) + \alpha(a)$$

Nel caso semplice in cui si considera l'interazione di tre atomi X, Y, Z separati dalle distanze a, b, c si avrà l'interazione a coppie e quindi l'energia come funzione della distanza di due atomi per volta quando il terzo è all'infinito:

$$\begin{aligned}A(a) + \alpha(a) \\B(b) + \beta(b) \\C(c) + \tau(c)\end{aligned}$$

L'espressione del potenziale che London propone e che meglio descrive l'interazione di una molecola biatomica con un atomo è la seguente:

$$W = A + B + C + \sqrt{\alpha^2 + \beta^2 + \tau^2} - \beta - \beta\tau - \tau\alpha$$

Con i risultati di questo lavoro London ha aperto la strada allo studio dei meccanismi delle reazioni chimiche con metodi quanto-meccanici.

Hinshelwood negli *Annual Reports* del 1932 afferma: «Le teorie quanto meccaniche possono essere di grande assistenza nel predire che tipo di processi atomici sono possibili o probabili»³.

L'entusiasmo per la nuova disciplina, che traspare da queste parole viene subito moderato, infatti leggiamo poche righe dopo: «Le difficoltà e l'ambiguità dei calcoli quanto meccanici in esempi che non sono quasi idealmente semplici

ridurrà probabilmente la loro funzione a stimolare o interpretare piuttosto che sostituire o anticipare gli esperimenti diretti»⁴.

Un ulteriore passo verso la "comprensione" di quell'enorme problema rappresentato dalla reattività poteva essere fatto solo al prezzo di pesanti approssimazioni che richiedevano un certo grado di spregiudicatezza. Furono infatti la curiosità per il nuovo e la capacità di "osare" che caratterizzarono lo stile ricerca di H. Eyring e che gli permisero di giungere nel 1930 alla pubblicazione del lavoro in collaborazione con Polanyi, nel quale venivano costruite per la prima volta le superfici di energia potenziale per una serie di semplici reazioni e nel quale veniva proposto il nuovo metodo chiamato «metodo semiempirico». Hirschfelder, ricordando il maestro, in una nota commemorativa, afferma: «Henry Eyring è stato un grande scienziato perché ha osato essere innovativo»⁵ ed è proprio nel termine osare che troviamo la caratteristica dello stile di Eyring, stile comune ad altri scienziati di grande rilievo quali Schrödinger, Heisenberg, Dirac, Lewis, Pauling, che contribuirono a far sì che quell'epoca diventasse nota come età d'oro (*Golden Age*).⁶

«Gli scienziati che negli anni '30 fecero le grandi scoperte» afferma sempre Hirschfelder «avevano una completa conoscenza delle teorie esistenti. Inoltre avevano immaginazione e coraggio»⁷.

Anche in uno scienziato come London, che certo non era da meno in quanto a idee e iniziativa, si nota un certo timore di fronte a tanta spregiudicatezza. Infatti egli stesso si dichiarava spaventato dal modo in cui alcuni chimici manipolavano la sua formula, legando il suo nome a risultati semiempirici, ed in quest'ultima frase notiamo anche un certo disappunto⁸.

Rimane ora da vedere attraverso quale percorso Eyring giunse ad essere uno dei protagonisti dell'Età d'Oro.

2. H. Eyring e l'Età d'Oro

Henry Eyring nacque in Messico, in una comunità mormone, nel 1901; quando Henry aveva appena 11 anni la famiglia Eyring fu costretta dalla rivoluzione messicana a lasciare la propria casa per fuggire negli Stati Uniti, prima in Texas poi in Arizona. Vinse una borsa di studio all'Università dell'Arizona dove si laureò nel 1924 in ingegneria mineraria, ottenne poi il Master in metallurgia nel 1924, successivamente fu invitato a Berkeley dove ottenne il PhD nel 1927.⁹

Dopo il PhD andò ad insegnare all'Università del Wisconsin dove iniziò la sua attività di ricerca a tempo pieno con il Prof. Farrington Daniels studiando la decomposizione di N_2O_5 in una ampia varietà di solventi. Questo fu anche l'inizio del suo interesse per la cinetica delle reazioni.

Nel 1929 andò a Berlino nel laboratorio di F. Haber dove lavoravano anche London, Wigner, Farkas insieme a molti altri. Iniziò qui la sua attività con il Prof.

Polanyi che lo portò nel campo della meccanica quantistica ad affrontare il problema della superficie di energia potenziale per la reazione di conversione del para H_2 in orto H_2 . I calcoli condussero ad un risultato molto soddisfacente anche se estremamente approssimato, ma servirono soprattutto ad aprire una strada in una nuova area della chimica.

Ritornato a Berkeley continuo a sviluppare ulteriormente l'approccio quantomeccanico alla cinetica chimica¹⁰.

Nel 1931 fu inviato a Princeton dal Prof. Hugh S. Taylor con il quale instaurò una duratura collaborazione fino al 1964. In quegli anni Princeton era un centro di notevole livello scientifico poiché vi lavoravano fisici come Einstein, von Neumann, Wigner e inoltre vi trascorrevano lunghi periodi di lavoro scienziati come Dirac, Pauli, Schrödinger, Slater e altri.

L'allievo Hirschfelder sottolineando come l'esperienza con Eyring fosse stata tremendamente stimolante dichiara: «Lavorare con Eyring era un grande divertimento. Egli era pieno di idee e godeva completamente del suo lavoro»¹¹.

Ci dice inoltre che l'attività che più lo impegnava e che ispirava la sua ricerca era lo studio di tutta la letteratura riguardante la fisica teorica e le nuove tecniche. Ogni mattina sottoponeva le nuove idee elaborate agli studenti il cui compito era quello di individuare gli errori o le ragioni per cui l'idea non poteva essere realizzata¹².

Nel 1934 Eyring fece la sua più grande scoperta, la teoria della velocità assoluta di reazione definita da Hirschfelder «un grande concetto che ha fatto epoca»¹³ e che in seguito ha applicato in diversi campi come la viscosità, plasticità e diffusione nei liquidi. Successivamente il suo interesse fu attirato da problemi riguardanti la biologia e la medicina, legati sempre alla velocità e ai meccanismi delle reazioni.

La sua produzione scientifica è stata enorme e comprende circa 560 lavori scientifici e 9 libri di cui è coautore, è stato inoltre per 20 anni redattore capo della rivista *Annual Review in Physical Chemistry*¹⁴.

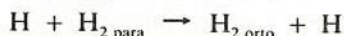
Come lui stesso dice, in una sorta di autoanalisi della sua attività, gli studi ingegneristici e la passione per la matematica lo hanno indotto ad un maggiore interesse per gli aspetti pratici e grossolani dei problemi piuttosto che ad occuparsi delle sottigliezze o delle sfumature. Egli si definisce un costruttore di modelli, asserendo che in natura tutti i problemi possono essere studiati teoricamente. I modelli inoltre devono essere sufficientemente semplici da poter fornire delle *predizioni* e i modelli che suggeriscono nuovi e importanti esperimenti possono risultare utili anche se la teoria viene modificata¹⁵.

3. Le superfici di energia potenziale

Partendo dall'idea di London, che l'energia del sistema è una funzione continua della distanza tra gli atomi e tenendo conto dell'approssimazione adiabatica, Eyring e Polanyi utilizzarono l'equazione da lui proposta per l'interazione di tre nuclei:

$$-W_{abc} = A + B + C + \sqrt{\alpha^2 + \beta^2 + \tau^2 - \alpha\beta - \beta\tau - \tau\alpha}$$

Gli autori prendono in considerazione nel loro lavoro alcune semplici reazioni ma pongono particolare attenzione alla reazione di conversione da orto H_2 e para H_2 , spesso usata come una reazione modello in calcoli teorici:



Una prima approssimazione consiste nel considerare l'energia di legame come costituita totalmente dall'energia di risonanza, si avrà quindi la seguente espressione per l'energia in cui i termini coulombiani vengono trascurati:

$$W''_{abc} = \sqrt{l(b+c) + m(bc) + n(c) - l(b+c)m(b) - l(b+c)n(c) - m(b)n(c)} \quad (1)$$

$m(b)$, $n(c)$ e $l(b+c)$ corrispondono alle energie di legame dei tre atomi in questione, supponendo che l'incontro avvenga lungo una linea retta.

I valori di queste funzioni possono essere ricavati dagli spettri di banda, oppure può essere utilizzata l'equazione approssimata di Morse che fornisce l'energia di legame di una molecola biatomica:

$$\varepsilon = D (e^{-2k(r-r_0)} - 2e^{-k(r-r_0)})$$

dove D rappresenta l'energia di diassociazione, data dalla somma del calore di diassociazione più l'energia del punto zero, conosciuta sia per H_2 che per HBr e Br_2 , k può essere calcolato dalla costante di armonicità b :

$$K = 0.2454 j M b''$$

dove $M = \frac{M_1 M_2}{M_1 + M_2}$ è la massa ridotta.

Entrambe queste grandezze (D e k) possono essere ricavate da misure spettroscopiche in modo tale che è possibile calcolare l'energia del sistema biatomico per ogni distanza di separazione dei due atomi.

È possibile dunque costruire la "montagna" di energia (chiamata dagli autori

stessi *Resonanzgebirge*) per la reazione di conversione tra para H_2 e orto H_2 intesa come sola energia di risonanza facendo uso dell'equazione (1) e dei risultati ottenuti dalla curva di Morse. La rappresentazione di questa prima superficie, come compare nel lavoro di Eyring e Polanyi, viene mostrata in Fig. 1. Data la piccolissima differenza di energia, lo stato iniziale e finale non vengono distinti in nessun modo, si ottiene così una superficie simmetrica rispetto alla diagonale a 45° . Allo stato iniziale corrisponderà un valore di $b = 0.75 \text{ \AA}$ e di c molto grande, viceversa per lo stato finale. Questi due stati si trovano in fondo a due valli di energia (*Energietäler*) che si estendono da 0.75 \AA lungo gli assi coordinati fino all'infinito. Il fondo di queste valli è stato scelto come punto zero dell'energia. Il valore che si trova vicino alle linee di livello è dato dalla funzione:

$$| D | - | W''_{abc} |$$

Gli autori assumono come cammino di reazione (*Reaktionsweg*) il cammino che dal fondo della valle iniziale, con una traiettoria ortogonale alle linee di livello, conduce dall'altra parte, attraverso un alto passo (*Passhöhe*).

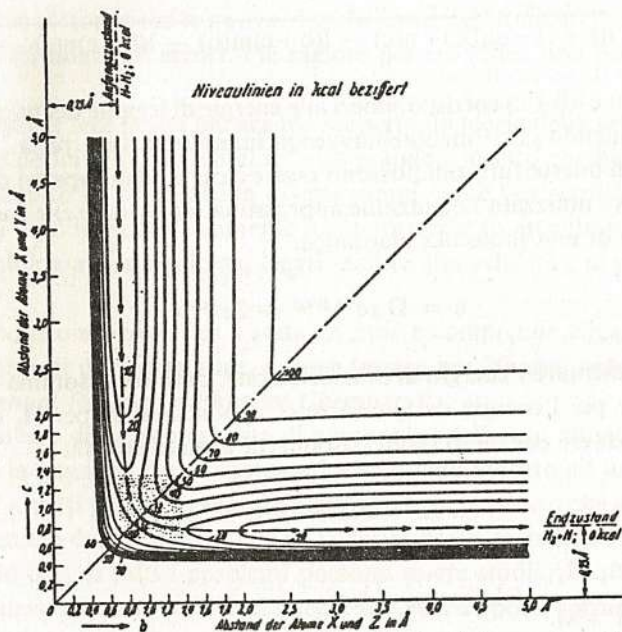


Fig. 5. Resonanzenergie von 3 geradlinig angeordneten H-Atomen als Funktion der Abstände („Resonanzgebirge“).
aus der optischen Energiekurve von H_2 (Fig. 4) unter Vernachlässigung des Coulombschen Anteils berechnet.

Fig. 1 - H. Eyring, M. Polany, *Zeitschrift für physikalische Chemie*, 1931.

Come si vede dalla Fig. 1 il massimo dell'innalzamento si ha in corrispondenza di $b = c = 0.95 \text{ \AA}$.

Tra la linea di reazione e l'asse delle coordinate si innalza una parete di energia (*Energiewand*) che deriva dalle forze di repulsione degli atomi. Dall'altra parte l'energia sale ugualmente fino a raggiungere un grande piano centrale che corrisponde allo stato di completa separazione dei tre atomi.

Tra queste due pareti si estendono entrambe le valli che salgono avvicinandosi alla diagonale creando una sella (*Sattel*) attraverso la quale si passa dall'una all'altra.

Il valore dell'energia che in corrispondenza del piano centrale dovrebbe essere uguale a D (cioè l'energia di dissociazione) risulta invece essere solo del 90% di D , l'errore è naturalmente da attribuire all'approssimazione utilizzata.

Quanto visto finora corrisponde ad una prima fase del lavoro e la superficie ottenuta è estremamente approssimata. In una parte seguente viene preso in considerazione l'approccio strettamente teorico al calcolo delle superfici di energia potenziale, gli autori considerano quindi l'energia di legame non più come costituita dalla sola componente di risonanza ma anche da una componente coulombiana ed utilizzano per il calcolo di questi termini i risultati del lavoro di Heitler e London sulla molecola di H_2 e quelli di Sugiura¹⁷ relativi al calcolo degli integrali.

Un confronto tra la funzione calcolata teoricamente, ottenuta dalla somma dell'energia coulombiana e di risonanza, come risulta dai lavori di Heitler - London e Sugiura, e la curva sperimentale mette in evidenza che il calcolo teorico approssima in maniera estremamente grossolana il valore sperimentale. La forma della superficie risultante dal calcolo teorico, relativa alla reazione di conversione considerata, appare diversa da quella ottenuta precedentemente in modo approssimato, in questa al posto della sella compare un altopiano (*Hochplateau*) che è separato dalle valli, corrispondenti allo stato iniziale e finale, da due selle piuttosto piatte. L'aggiunta del termine coulombiano porterà alla formazione di una buca di energia (*Energieloch*) al posto dell'altopiano che giustificherebbe la formazione di una stabile molecola H_3 .

L'inesattezza del termine coulombiano è attenuata dal fatto che si tratta in generale di un contributo piccolo all'energia di legame ed inoltre che l'errore dipende dalla massa degli atomi in questione, in questo caso trattandosi di atomi di idrogeno, l'errore sarà poco rilevante.

La superficie coulombiana che viene rappresentata come una fossa a forma di imbuto (*Trichterförmigen Grube*), sommandosi a quella di risonanza, darà la superficie finale relativa alla reazione considerata.

Eyring e Polanyi tralasciano, a questo punto, la conduzione del trattamento poiché, come abbiamo già rilevato precedentemente, i calcoli teorici, a causa delle approssimazioni introdotte, conducono a risultati così inesatti da produrre dei valori non utilizzabili. Propongono quindi un metodo semiempirico nel quale viene

combinata la curva di energia di legame ottenuta sperimentalmente alla funzione coulombiana calcolata teoricamente.

4. Il metodo semiempirico

Come già abbiamo evidenziato, nei metodi approssimativi visti precedentemente, gli autori danno per scontate un certo numero di semplificazioni che considerano necessarie per l'ottenimento di risultati utili, in particolare tutte quelle implicite al metodo di Heitler e London più quelle da loro stessi proposte, relative al calcolo dell'energia di risonanza per la reazione di tre atomi.

Le assunzioni su cui si fonda il cosiddetto metodo semiempirico riguardano sia le approssimazioni già viste, come il fatto che l'energia di legame sia costituita da due componenti, una coulombiana e una di risonanza, sia le considerazioni che derivano dall'osservazione del contributo coulombiano all'energia di legame, che viene valutato attorno ad un 10-20%.

Gli autori si chiedono in quale modo il termine coulombiano modifichi l'immagine della superficie di energia potenziale prodotta dalla reazione considerata nella zona di maggiore interesse per la reazione stessa. Si tratta, per Eyring e Polanyi, a questo punto, di considerare quali potrebbero essere le correzioni più sensate a questa superficie approssimata. Una prima possibilità consisterebbe nel calcolare la differenza tra l'energia di legame di una molecola biatomica, ottenuta sperimentalmente, e l'energia coulombiana, calcolata teoricamente, e nel sostituirla nel valore nell'equazione (1). Gli autori ritengono che i risultati di questa correzione non ripagherebbe dello sforzo fatto nell'eseguire i calcoli, propongono quindi una seconda possibilità, che consiste in una riduzione della montagna di risonanza (*Resonanzgebirge*), ottenuta dall'equazione (1), e nei dintorni della sella di attivazione, di una quantità costante corrispondente all'8%, che rappresenterebbe la parte coulombiana (l'energia di risonanza sarebbe quindi data dalla grandezza $W_{abc} \times 0.92$). Il valore delle curve di livello verrebbe quindi determinato dalla seguente espressione:

$$| D | - | W''_{abc} \times 0.92 | - 1$$

in cui è stata sottratta una Kcal corrispondente alla correzione dovuta all'energia del punto zero.

Naturalmente la superficie così ottenuta corrisponde alla componente di scambio dell'energia alla quale deve ancora essere addizionata la buca coulombiana (*Coulombschen Grube*). Il risultato della sovrapposizione delle due superfici corrisponde alla superficie totale per la reazione considerata ed è mostrato nella Fig. 2. La sella che compariva nella Fig. 1. risulta qui fortemente spianata e al suo posto compare un debole avvallamento a forma di altopiano (*Hochplateau*) la cui altezza è 19 Kcal.

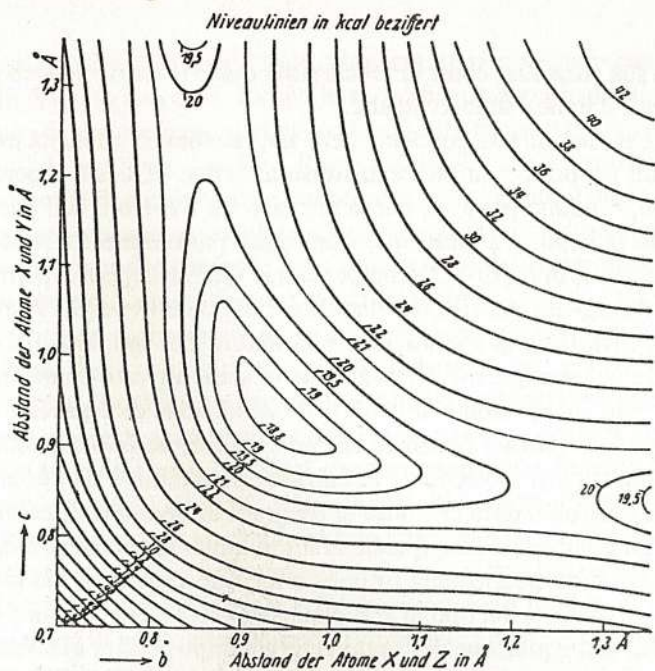


Fig. 14. Bindungsenergie von 3 geradlinig angeordneten H-Atomen als Funktion der Abstände, durch Superposition der „Coulombschen Grube“ (Fig. 13) über das halbempirisch berechnete („reduzierte“) Resonanzgebirge ermittelt.

Fig. 2 - M. Eyring, M. Polanyi, *Zeitschrift für physikalische Chemie*. 1931.

L'esistenza di questo avvallamento, che Eyring, in lavori successivi, chiama bacino (*basin*) e che da altri è soprannominato "Lake Eyring"¹⁸, è stata per diversi anni messa in discussione, così l'esistenza di una struttura di transizione asimmetrica, fino a quando, nel 1937, Eyring, in collaborazione con altri, trova una struttura di transizione simmetrica stabile e, al posto del bacino, una sella. Nonostante ciò non sembra del tutto convinto che tale errore possa essere imputabile ad un difetto del metodo, infatti ancora nel 1941 afferma:

«Non è impossibile che il bacino di potenziale sia una conseguenza delle approssimazioni fatte nel calcolo delle superfici di energia»¹⁹ e successivamente:

«Non è certo che la depressione abbia un reale significato è tuttavia interessante considerare cosa può significare».²⁰

Il metodo appena descritto rappresenta, come abbiamo già detto, il primo modello quantistico per costruire le superfici di energia potenziale, modello del quale si sono avvalsi sia Eyring che altri ricercatori per ottenere risultati migliori, apportandone delle modifiche, nonché per sviluppare nuove teorie riguardanti la reattività chimica, in particolare quella elaborata dallo stesso Eyring e nota come «teoria della velocità assoluta di reazione».²¹

Moelwin-Hughes nel 1935 definisce il modello delle "montagne di energia",

malgrado la sua rozzezza, come la roccia sulla quale le teorie quanto meccaniche della reattività chimica sono costruite.²²

Eyring è perfettamente cosciente delle impressionanti capacità *predittive* del metodo da lui proposto²³, infatti egli stesso afferma: «Queste superfici, benché approssimate, rendono possibile per la prima volta il calcolo dell'energia di attivazione e così la risposta a molte questioni riguardanti il meccanismo, così come la velocità relativa, di reazioni in competizione. Queste superfici permettono una descrizione dettagliata del sistema reagente e di come l'energia di attivazione è distribuita tra traslazione e vibrazione e la natura del complesso attivato».²⁴

Egli oltre a descrivere metaforicamente lo stato attivato come uno "stato di indecisione"²⁵ in cui un atomo si trova nella condizione di incertezza sul fatto di essere legato ad un partner piuttosto che ad un altro, definisce il complesso attivato come una "quasi molecola", definizione determinata dall'analisi delle superfici da lui costruite, dato che oltre ai tre gradi di libertà traslazionale regolari ne possiede un quarto che corrisponde al moto lungo la coordinata di reazione.²⁶

Pur intuendo la potenzialità di questo metodo Eyring ne riconosce i limiti derivanti essenzialmente dal tipo di approssimazioni coinvolte. Innanzi tutto questo metodo fa uso dell'equazione di London che già implica tutta una serie di pesanti approssimazioni (il considerare esclusivamente reazioni adiabatiche e trascurare tutti gli integrali di scambio multipli), alcune delle quali da far risalire all'utilizzo del metodo di Heitler e London (come l'approssimazione di Bohr Oppenheimer e l'utilizzo di una funzione d'onda che trascura completamente i termini ionici). A queste approssimazioni vanno sommate quelle legate al metodo stesso, come l'impossibilità di calcolare la frazione di energia coulombiana, se non in casi semplicissimi (H_2 , HBr , Br_2), e l'utilizzo delle curve di Morse, che Eyring ritiene però una soluzione temporanea per il calcolo delle curve di energia potenziale, augurandosi che presto vengano sostituite con curve migliori.²⁷

L'impatto di questo metodo semiempirico sulla comunità scientifica è stato notevole come possiamo rilevare nella letteratura dell'epoca. Negli *Annual Reports* del 1935 Moelwyn Hughes afferma con una frase non priva di ironia che: «... la cinetica delle reazioni ha ricevuto un ricco contributo dalla beneficenza che la teoria quantitativa ha fatto alla chimica».

Prosegue sempre con lo stesso tono dicendo che: «... l'occhio vigile dei teorici segue l'avvicinamento delle molecole reagenti fino a che esse si uniscono, al che gli occhi si chiudono, per essere poi riaperti solo quando il cambiamento chimico è un fatto compiuto»²⁸. Moelwyn Hughes non riconosce però ai calcoli teorici quelle capacità predittive di cui aveva parlato Eyring. «Probabilmente» egli dice riferendosi alle applicazioni quanto meccaniche nel campo della reattività chimica, «le note adatte da far risuonare in questo frangente non sono di lamento per l'incapacità di predire ma di gioia per la capacità di interpretare».²⁹

Dello stesso parere sembrano essere James e Coolidge, in un articolo nel quale fanno una critica puntuale al metodo di Eyring rilevandone tutti gli errori deri-

vanti dalle approssimazioni utilizzate. Nonostante riconoscano che il metodo ha ottenuto un discreto successo, fornendo sorprendentemente risultati con un ragionevole grado di accuratezza, attribuiscono ciò alla cancellazione reciproca di errori derivanti dalle approssimazioni. Ritengono inoltre che le approssimazioni fatte trascurino termini di considerevole importanza e che i risultati del metodo approssimato non possono essere considerati come "predizioni in buona fede" della meccanica quantistica anche perché le relazioni tra il suddetto metodo e la meccanica quantistica sono più suggestive che giustificatorie.³⁰

Queste critiche anche un po' aspre non sembrano essere condivise da una parte anche rilevante della comunità scientifica. Infatti, in una grossa *review* di Van Vleck e Sherman, leggiamo: «I risultati qualitativi ottenuti con il metodo di Eyring possono essere di grande utilità a chi si interessa di cinetica chimica ma anche dal punto di vista quantitativo i risultati sono notevolmente buoni»³¹.

La bontà di questi risultati, riferiscono i due autori d'accordo con quanto afferma Slater, può essere attribuita al fatto che l'equazione di cui si servono Eyring e Polanyi viene vista come una formula di interpolazione tra energie conosciute delle configurazioni iniziale e finale. Ritengono inoltre che il metodo da loro proposto sia in grado di predire correttamente i processi, in anticipo rispetto alle misure sperimentali³².

Eyring difendendosi dalle accuse di James e Coolidge sottolinea il fatto che le superfici semiempiriche ottenute con il suo metodo rappresentano la fonte migliore di informazioni sulla natura delle forze interatomiche e forniscono un metodo pratico di indagine dei problemi di natura chimica. Inoltre Eyring accusa i due ricercatori di aver basato le loro critiche quasi esclusivamente sull'analisi dell'equazione di London, la cui derivazione teorica non è esplicitata nel lavoro stesso, dimenticando che tra lo schema proposto da London e il metodo semiempirico vi è poco più che una somiglianza formale.³³

Al di là delle polemiche sorte nella comunità scientifica il modello di Eyring e Polanyi risulta essere stato non solo quell'anello di congiunzione tra la meccanica quantistica e il problema chimico della reattività ma anche l'unico modello utilizzabile praticamente per il calcolo delle superfici di energia potenziale fino al 1955, anno in cui Sato ne sviluppa uno nuovo, partendo sempre dall'equazione di London e apportandone alcune modifiche.³⁴

5. Conclusioni

Riprendendo il dibattito sulle capacità interpretative o predittive dei modelli quantistici possiamo rilevare, nelle due differenti posizioni, che sappiamo corrispondere ai due diversi modelli rappresentative sviluppatasi in quegli anni (il metodo valence bond e la teoria degli orbitali molecolari), due modi diversi di affrontare i problemi che emergono nella ricerca scientifica. Le modalità con le quali

sia James e Coolidge che altri ottengono ottimi risultati implicano un enorme dispendio di tempo e di lavoro, poiché mirano alla precisione e alla accuratezza, perdendo forse un pò di vista la possibilità di immediata applicazione, anche a sistemi più complessi, del lavoro. Il modo di procedere di Eyring mira invece alla ricerca di modelli semplici, di facile applicabilità, che permettono di affrontare problemi più complessi, più vicini alla realtà anche se il modo di rappresentarla risulta estremamente grossolano.

La domanda che ci si può porre a questo punto riguarda la realtà e in particolare la possibilità di comprenderla e in qualche modo di darne delle interpretazione. Potremo chiederci se quello che accade, e che quindi ha un senso, sia necessariamente da comprendere, oppure se si tratti invece di registrarne l'avvenimento. Questi diversi modi di affrontare la realtà si avvicinano ai due modi di affrontare la ricerca a cui abbiamo accennato, il primo mira alla comprensione, e proprio per questo corre il rischio in alcuni casi di essere legato al pregiudizio, il secondo mira invece al senso e produce modelli, forse estremamente semplici, ma in grado di dire qualcosa su una realtà complessa e difficilmente conoscibile.

Bibliografia

- 1) W. Heitler, F. London, *Zeits. f. Physik*, 44, p. 445 (1927).
- 2) F. London, «Quantenmechanische Deutung des Vorgangs der Aktivierung», *Z. Elektrochem.*, 35, pp. 552-555 (1929).
- 3) C. N. Hinshelwood, «Chemical Kinetics», *Ann. Reports*, 29, p. 39-46 (cit. alla p. 39), 1932).
- 4) *Ibid.*, p. 41.
- 5) J. O. Hirschfelder, «Henry Eyring 1901-1982», *Ann. Rew. Phys. Chem.*, 34, pp. xi-xvi (cit. alla p. xi), (1983).
- 6) J. O. Hirschfelder, «A forecast for Theoretical Chemistry», *J. Chem. Ed.*, 43, N. 8, pp. 457-463 (1966).
- 7) J. O. Hirschfelder, *Ann. Rew. Phys. Chem.*, 34, p. 1 (1983).
- 8) *Rif.* 6, p. 460.
- 9) *Scienziati e tecnologi contemporanei*, 1, Mondadori: Milano, 1974, p. 363.
- 10) H. Eyring, «Men, Mines and Molecules», *Ann. Rew. Phys. Chem.*, 28, pp. 1-13 (1977).
- 11) *Rif.* 5, p. xiv.
- 12) *Rif.* 6, p. 460.
- 13) *Rif.* 5, p. xiv.
- 14) *Rif.* 9, p. 364.
- 15) *Rif.* 10, p. 13.
- 16) H. Eyring, M. Polanyi, «Über einfache Gasreaktionen», *Z. physikal. Chem.*, [B] 12, pp. 279-311 (1931).
- 17) Y. Sugiura, «Über die Eigenschaften des Wasserstoffmoleküls im Grundzustande», *Zeits. f. Physik.*, 45, pp. 484-492 (1927).
- 18) D. G. Truhlar, R. E. Wyatt, «H + H₂: Potential-Energy Surfaces and Elastic and inelastic Scattering», *Adv. Chem. Phys.*, 36, pp. 141-204 (cit. alla p. 149) (1977).
- 19) S. Glasstone, V. J. Laidler and H. Eyring, *The theory of rate processes*, McGraw-Hill: New York, 1941, p. 111.
- 20) *Ibid.*, p. 133
- 21) H. Eyring, *J. Chem. Phys.*, 3, p. 107 (1935).
- 22) E. A. Moelwyn-Hughes, «Chemical Kinetics», *Ann. Reports*, 32, pp. 89-109 (cit. alla p. 92), (1935).
- 23) H. Eyring, «The Energy of Activation for Bimolecular Reactions Involving Hydrogen and the Halogens, according to the Quantum Mechanics», *J. Am. Chem. Soc.*, 53, pp. 2537-2549 (1931).
- 24) H. Eyring, «The Activated Complex and the Absolute rate of Chemical Reactions», *Chem. Rev.*, 17, pp. 65-77 (1935).
- 25) H. Eyring, «Quantum Mechanics and Chemical Reactions», *Chem. Rev.*, 10, pp. 103-123 (1932).
- 26) *Rif.* 24, p. 70.
- 27) *Rif.* 25, p. 122.
- 28) *Rif.* 22, p. 89.
- 29) *Ibid.* p. 93.
- 30) A. S. Coolidge, H. M. James, *J. Chem. Phys.*, 2, p. 811 (1934).
- 31) J. H. Van Vleck, A. Sherman, *Rev. Mod. Phys.*, 7, p. 211 (1935).
- 32) *Ibid.* p. 211.
- 33) J. Hirschfelder, H. Eyring, B. Topley, *J. Chem. Phys.*, 4, p. 170 (1936).
- 34) *Rif.* 18, p. 159.

Alcune antiche ricette di inchiostro per scrivere

Summary

Ancient handwriting inks were made mainly of black-coloured complexes, resulting from ferrous sulfate and gallnut extracts.

The recipes, arising from old Spanish manuscripts of ecclesiastics or scholars of the XIV-XV Centuries, had, approximately the same composition. The only difference was related to the additives, i. e. adhesive or thickening agents, additional dyes, and so on.

Other ancient recipes deal with the manufacturing of inks of different colours like gold, silver, green, and red, obtained with realgar, saffron, Tin-Mercury amalgams, Copper basic carbonates, and cinnabar, respectively.

Il termine Inchiostro deriva dal latino «Encaustum» o «Incaustum», che si riferiva ad un liquido di color scuro. Altro termine usato era «Atramentum», mentre al liquido rosso veniva dato il nome di «Minium» o «Rubrica».

L'inchiostro è il «partner» inseparabile di un qualsiasi manoscritto antico, sia esso su supporto proteico (Pergamena), che cellulosico (Carta).

Grazie all'Inchiostro, almeno prima dell'invenzione della stampa, l'Uomo ha potuto lasciare, ai suoi posteri, ciò che prima affidava alla tradizione orale.

Non è possibile datare la invenzione dell'Inchiostro, in quanto si perde nella notte dei tempi; è probabile però che all'Inchiostro si sia giunti dopo una innumerevole serie di tentativi con sostanze naturali e non, da sole od in miscela. A seconda delle sostanze usate, e delle tecniche di preparazione, infatti, all'Inchiostro potevano competere differenti formulazioni. Le formulazioni più appropriate sono state, per lungo tempo, esclusivo retaggio di Gremi e Corporazioni di fabbricanti o di utilizzatori quali Comunità religiose, Notai, Scrivani, Funzionari pubblici, etc.

Qualsiasi sistema costituito da un pigmento colorato disperso in un liquido, che dopo breve tempo assicuri la perfetta indelebile adesione del pigmento al supporto, è usabile come Inchiostro.

Furono usati, come Inchiostri, i secreti di alcuni cefalopodi (Polpo, Seppia, Calamaro) e di alcuni gasteropodi (Murice); sospensioni di pigmenti minerali (Nero,

Fumo, Verderame, Malachite ed Azzurrite, Lapislazzuli, Odra rossa, Cinabro, Orpimento, ed anche Metalli nobili polverizzati) in soluzioni di resine, e associazioni di estratti vegetali con sali minerali (lacche e complessi metallici di estratti di Rubia, Hennea, Rhus, Quercus, Rhamnus, Carthamus, Reseda, Bixia, Curcumea, Hematoxylon, etc.).

Pur nelle loro disparate composizioni e tecniche di preparazione, le ricette e noi giunte si riferiscono prevalentemente agli Inchiostri Ferro-Tannici.

Gli estratti tannici infatti, con i sali ferrici danno complessi di color nero-azzurro, mentre coi sali ferrosi danno complessi di color bianco-verdognolo, che in breve tempo, per ossidazione all'aria, si trasformano spontaneamente nel complesso ferrico. Questo tipo di Inchiostro è, in definitiva, una via di mezzo tra la soluzione e la sospensione, e fornisce i risultati migliori con un rapporto tra le sostanze tanniche ed il ferro di 5.

Vengono qui riportate alcune ricette desunte da documenti esistenti nell'«Archivio del Reyno de Mallorca» di Mayorca¹.

Ricetta 1 - Secolo XV.

Nel «Llibre de Ordinacions y Estatuts de la Santa Iglesia Cathedral de Mallorca» (Cod. 161), libro che consta di una raccolta di Ordinanze e Statuti del regno di Mayorca, e di Statuti ed Atti Capitolari di alcuni Vescovi della Sede mayorchina, che abbracciano i secoli XIII e XV, alla carta 56, databile dal 1461, è scritto: «Ihesus - Per fer bona tinta

R:gales duas unces, vadriol duas unces goma arabica una unça. Pose apart ler gales en ramuy ab vuyt unces de aygua; stertafaydes o sclafa; lo vidriol axi matex ab altres vuyt unces de aygua; la goma axi matex ab altres vuyt unces de aygua. Stera tot per temps de vint y quatre hores. Apres les vint y quatre hores sien bullidas les gales ab la aygua en que hauran remuyllat e sia y posat hun poc de donzell, e bullen rehonablement. apres sien colats tots los dits materials e la aygua colada sia mesa tota plegada, ço es, de totas ditas cosas en una olla e, posada al foch, bulle un poch. E axi serà feta tinta per scriure».

Ossia: Gesù - per far buon Inchiostro.

R(icetta): 2 onces di noci di galla, 2 onces di Vetriolo, 1 oncia di Gomma Arabica. Mettere a macerare a parte le galle sminuzzate, o pestate, in otto onces d'acqua; ugualmente il Vetriolo in altre otto onces d'acqua, ed egualmente la Gomma in altre otto onces d'acqua. Tenere il tutto per 24 ore, trascorse le quali le galle siano bollite nell'acqua di macerazione, e vi sia aggiunto un poco di assenzio, e si bolla ragionevolmente. Siano colati in seguito tutti questi materiali e l'acqua colata di tutte le citate cose sia miscelata e bollita, sul fuoco per un poco. Così sarà fatto del buon Inchiostro per scrivere.

Una volta preparato il complesso ferro-tannico, l'addizione della Gomma Arabica serve per dare una certa consistenza e viscosità all'Inchiostro, agendo con-

temporaneamente da colloide protettore e da adesivo. L'Assenzio potrebbe svolgere il compito di antifermentativo, allo scopo di evitare, o quanto meno ritardare la decomposizione batterica dei glucosidi degli estratti tannici dell'Inchiostro, prolungandone così la durata.

Ricetta 2 - Secolo XV

In un libro manoscritto, privo di titolo (A. H. 4812), che raccoglie un gruppo di documenti dell'Isola di Mayorca, fra i quali gli Statuti e gli Ordinamenti dell'Isola nel 1424, gli Atti delle Corti di Minorca emessi e promulgati dal Governatore Gil de Lozano il 13/5/1304, una rubrica di Privilegi e Franchigie ed Atti Vari registrati nei libri della «Corte Real de Ciutadella», corrispondenti agli anni 1340-1403, ed infine le «Franchigie di Minorca», alla carta 21 è scritto:

«Recepta per fer tinta.

Galles 4 unces, vedriol I unça, caperos II unces, goma arabica I unça, alum de Rocha e aygo ros un poc.

Las galles concasades e bullides poch spay, apres que agen remullat per vuyt dies e los altres materials agen remullat per altres vuyt dies, sclafat sens bullir ab la meytat meyns aygo de font; mesclan les aygos es fina tinta. Porenne fer un quarter»

Ossia: Ricetta per fare Inchiostro.

Galle 4 once, Vetriolo 1 oncia, Caparosa 2 once, gomma arabica 1 oncia, allume di rocca e acqua di rose un poco. Le galle pestate e bollite per poco tempo dopo che siano macerate per otto giorni e gli altri materiali siano stati macerati per altri otto giorni, spappolati, vengano, senza bollire, scaldati con un volume d'acqua di fonte, pari alla metà. miscelando le acque si ottiene un Inchiostro fine. Se ne può fare un quarto.

Anche in questa ricetta il complesso ferro-tannico formatosi sia dal vetriolo che dalla caparosa (che sono la stessa cosa) viene addensato, stabilizzato e reso adesivo dalla gomma arabica. L'allume di rocca e l'acqua di rose potrebbero fungere, il primo da antifermentativo, la seconda da aromatizzante oppure anch'essa da antifermentativo.

Ricetta 3 - Secolo XVI

In un altro manoscritto dal titolo «Tarifa de los negocios de Espana», alla carta 112 verso è scritto:

«Receta de hacer tinta al sol.

Treinta oncas de vino blanco (que es un medio), una onça de goma (la libra un real), tres onças de gala (la libra 8 baiouques), dos onças de vitriolo (la libra un carlin).

El vino se mete en una olla nueva al sol con la galla echa pedacos, cada dia rebuelve dos veces y, despues de 10 dias que ha estado al sol se pone al fuego hasta tanto que comience a herbir y luego, apartada dal fuego, se saca la gala

y entonces al vino que queda caldo se hecha la goma, que primero de hecharla se deshace a parte con un poco mismo vino que està en la olla y, antes de enfriarse, se hecha juntamente con el vitriolo molido, lo qual se dexa por tres dias al sol y, despues de lo referido, si quisiera la tinta azul, se podra echar medio brioque de ondico, que es 2 dineros.

Y todo esto es traducido de italiano ed español por mi el infrascripto a 12 de Octubre dal año del Santisimo Jubileo en Roma de 1675. Diego Antonio cupillar».

Ossia: Ricetta per far Inchiostro al sole

Trenta once di vino bianco (che è un mezzo), una oncia di Gomma (la libbra un reale), tre once di noci di Galla (la libbra 8 baiocchi), due once di Vetriolo (la libbra un carlino).

Si mette il vino con la galla in pezzetti in una pentola nuova al sole, rimestando due volte al giorno, e dopo 10 giorni di esposizione al sole, si mette al fuoco finché cominci a bollire, e subito tolta dal fuoco, si toglie la galla e dopo, al vino ancora caldo si aggiunge la gomma, precedentemente spappolata, a parte, in un poco del vino della pentola, e prima che si raffreddi la si aggiunge insieme al vetriolo macinato, che si lascia per tre giorni al sole, e se dopo quanto detto si volesse l'Inchiostro azzurro, vi si potrà aggiungere mezzo «brioque» di indaco, che è 2 denari.

E tutto ciò è tradotto dall'italiano in spagnolo da me, il sottoscritto il 12 Ottobre dell'Anno Santo in Roma del 1675; Diego Antonio Cupillar.

In questa ricetta, di origine italiana, che ricalca quella celata nell'antico proverbio italiano: «Una, due, tre, e trenta a far la buona tenta», la macerazione delle galle sminuzzate viene fatta in mezzo idroalcolico (vino bianco); la componente tannica viene ossidata all'aria in presenza della luce solare. Il vetriolo viene aggiunto macinato insieme alla gomma arabica, per evitare che possa segregarsi od agglomerarsi sul fondo del recipiente. L'ulteriore esposizione al sole potrebbe favorire la reazione attraverso ossidazioni fotochimiche. In questa ricetta il colore dell'Inchiostro, solitamente nero, viene portato al blu, con l'aggiunta di Indaco.

Ricetta 4 - Secolo XVIII

In un libro manoscritto dal titolo «Notaria», appartenente ad un certo Juan Armengol (Cod. 109), Sindaco ed Archivista perpetuo del Comune della Città di Mayorca, «Notario y Receptor del Papel Sellado», databile dal 1751 al 1759, alla carta 196 e scritto:

«Para hazer tinta.

A una azumbre de agua se le echara ei recado siguiente: quatro onzas de agallas finas escogiendo las mas pesadas y de color de plomo, las quales se han de quebrantar en quatro o cinco pedacos cada una; quatro onzas de vidriol romano y, si este no se hallare, seran en su lugar quatro onzas de caparrosa buscando entre ellas unos pedacillos que ay azules, que estos hazen el mismo efecto que el vidriol;

dos onzas de goma arabuiga. Todo esto se ha de hechar en una olla y con un palo de higuera se ha de menear por espacio de diez o doze dias, cada dia dos vezes y cada vez un quarto de ora y, echo esto, al cabo destes dias se colara por un paño y quedara echa famosa tinta.

Finis coronat opus. Joannes Armengol».

Ossia: Per far Inchiostro.

A una «Azumbre» d'acqua aggiungansi le cose seguenti: Quattro once di galle fini, scegliendo le più grosse e di color del Piombo, che devono essere sminuzzate in quattro o cinque pezzi ciascuna; quattro once di vetriolo romano e, se non si troverà, in sua vece quattro once di «Caparosa» cercando in esse i pezzetti azzurri, perché questi fanno lo stesso effetto del vetriolo; due once di Gomma Arabica. Tutto questo si deve mettere in una pentola e lo si deve agitare con un ramo di fico per 10 o 12 giorni, due volte al giorno per un quarto d'ora ogni volta, è fatto ciò, al termine di questi giorni, si colerà attraverso un panno, e risulterà fatto il famoso Inchiostro.

Il risultato corona l'opera. Giovanni Armengol.

In questa ricetta la macerazione delle galle viene fatta a freddo. Il vetriolo Romano e la Caparrosa dovrebbero essere due nomi diversi per lo stesso sale, il Solfato ferroso, anche se si può pensare che il termine Caparrosa venisse usato per indicare il vetriolo di ferro invecchiato e, quindi agglomerato e ricoperto, in superficie, di sali basici, e di sale ferrico, giallini; frantumando i grumi cristallini potevano venir messi a nudo dei cristalli di solfato ferroso non degradati. L'uso del ramo di fico per mescolare la miscela, fa parte della ricetta, infatti la componente resinica della linfa del fico, è menzionata esplicitamente in molte ricette, al fine di conferire all'Inchiostro una particolare lucentezza.

Ricetta 5 - Secolo XVIII

In un fondo documentale appartenuto ad un certo Bartolomé Bennassar de Gabelli, Dottore in Diritto, databile intorno al 1750, è contenuta la seguente ricetta:

«Per fer tinta per escriurer.

Per cade 8 lliures de aygua de pluja, 6 unses de gales finas picadas, 4 unses vidriol y mitje una goma arabica, y tot mesclat estara 10 o 12 dies dins una ancolla. Se ha de remanar un poch cade dia ab un basto vert de figuera borda perque la lletrada done lustre a la tinta. Sera bo que les gales picades se posen en dita aygua dos o tres dies antes de posar. i las dames coses.

La he comensada a fer vuy als 23 maig 1750».

Ossia: Per ogni 8 libbre d'acqua piovana, 6 once di galle fini macinate, 4 once di vetriolo e mezza oncia di gomma arabica, e il tutto miscelato starà in un tino per 10 o 12 giorni. Si deve rimestare un pò ogni giorno con un ramo verde di fico selvatico, perché il lattice conferisca lucentezza all'Inchiostro. Sarà bene

che le galle macinate siano poste a macerare in detta acqua due o tre giorni prima di porre le altre cose.

L'ho cominciato a fare oggi 23 maggio 1750.

In questa ricetta è specificata l'azione del latte di fico, che deve essere selvatico.

In un manoscritto anonimo esistente nella Biblioteca Universitaria di Cagliari, di datazione incerta, compresa tra il 1650 ed il 1750, dal titolo «Libro de varios secretos y medicamentos» sono brevemente indicate, in uno spagnolo non molto corretto, insieme a molte proprietà mediche di piante e vegetali usabili in Sardegna, una serie di ricette per varie cose, che vanno dalla tempera di una lama di spada, a una composizione per togliere le macchie dalla faccia. Da questo insieme di ricette abbiamo riportato le più significative, relative alla preparazione di Inchiostri di vario colore².

a) - «Para haser color de oro

Tomad cortesas de naranjas bien amarillas y limpiadlas bien todo el blanco de dentro, y picadlas bien en mortero de piedra, o madero bien limpio, y tomad piedra açufre bien amarilla, y luzida, y moledlo bien, y mescladlo con dichas cortesas bien picadas, encorporadlo todo junto y ponedlo en una redoma, y tapadla, y, ponedlo en lugar humedo, y dejadlo 8 o 10 dias despues calentadla un poco al fuego, y escrivid y pintad con ella que harà color de oro lindissimo»

Ossia: Pretende bucce d'arancio ben gialle e pulitele bene da tutto il bianco interno, macinatele bene in un mortaio di pietra o di legno ben pulito, prendete Zolfo in pietra, ben giallo e lucido, macinatelo bene, e mescolatelo con le dette bucce ben macinate, incorporatelo tutto assieme, e mettetelo in un recipiente, tappatelo e mettetelo in un luogo umido, e lasciatevelo per 8 o 10 giorni, dopodiché riscaldatelo un pò al fuoco, e scrivete e dipingete che farà un graziosissimo color d'oro.

La miscela risultante da questa ricetta potrebbe essere una sospensione di zolfo finemente macinato, stabilizza dall'oleoresina della buccia d'arancio, e meno che non si voglia implicare l'azione delle sostanze pectiche rimaste nelle bucce dopo la pulitura.

b) - «Licor de oro sin oro

Aveis de tomar cumo de flores de açafra quando estan frescas en la mata, y non pudiendolas hallar, tomad açafra seco y hased de el polvos, y echad otro tanto oro pimiente dorado y luziente mescladlo con hiel de cabra o de lobo pescado que es mejor, y despues todo junto en un vaso ponedlo en el estiercol per algunos dias, y sacado conservarlo, que tendreis oro lindissimo para escrivir y pintar de muy buen color».

Ossia: Liquido d'oro senz'oro

Prendete succo di fiori di zafferano quando siano freschi sulla pianta, e non potendoli trovare prendete zafferano secco e polverizzatelo, e aggiungete altrettanto Orpimento dorato e lucente, mescolatelo con fiele di capra, o di Spigola, che è meglio, e dopo tutto insieme in un vaso ponetelo nel letame per alcuni giorni, e toltolo conservatelo, che avrete oro graziosissimo per scrivere e dipingere di color molto buono.

A parte il colore dorato del trisolfuro d'Arsenico, ed il color giallo dello zafferano, l'azione disperdente, addensante e collante dovrebbe competere al fiele animale.

c) - *«Para Haser colorado de brasil.*

Tomad una garrafa de agua, y echad dentro quanto una nuez de cal viva, y dejadla una noche, y tomad tanta cantidad de brasil raspado quanto la mitad del vaso donde ha de hervir, y ponedlo en el agua calcinada colada, y dejadlo quatro horas en remoyo, y hyerva hasta que sea la mitad consumido, y sacad el color en otro vaso limpio, y hecad alumbre de roca quanto un garvanço que esté bien molido estando caliente lo demas. Este es finissimo para lo que quisieredes. Si lo quisieredes para escribir echareisle una poca de agua goma. Si lo quereis morado, echad tres onças de lexia mas ò menos, y sera perfecto».

Ossia: Per far colorato di (legno del) Brasile

Prendete una caraffa d'acqua, e metteteci dentro una quantità pari a una noce, di calce viva, e lasciatela una notte, e prendete tanto legno del Brasile, in trucioli, quanto corrisponda alla metà del vaso dove deve bollire, e mettetelo nell'acqua di calce filtrata, e lasciatelo a macerare per quattro ore, e bollisca finchè e il volume si sia ridotto alla metà, e trasferite il colore in un altro vaso pulito e aggiungete una quantità pari ad un cece di allume di rocca ben macinato, il più possibile a caldo. Questo è finissimo per quel che vorrete. Se lo vorrete per scrivere gli aggiungerete un pò di acqua di Gomma Arabica. Se lo vorrete più scuro, aggiungete tre once più o meno di lisciva, e sarà perfetto.

Il colorante di questa ricetta e l'estratto di Legno del Brasile. Questo legno potrebbe essere della *Caesalpinia Crista*, o legno di Fernambuco, oppure dell'*Hematoxylon Campechanum*, o legno di Campeggio. La macerazione viene effettuata con la soluzione satura di Idrossido di Calcio. Il colorante, che contiene rispettivamente o la Brasileina, o l'Ematossilina, viene mordenzato all'Alluminio. Perché possa venir usato come inchiostro deve essere additivato con Gomma Arabica; la sua tonalità di colore può essere resa più scura, innalzando il pH della soluzione, con una piccola aggiunta di soluzione alcalina (Lixia).

d) - *«Para haser tinta verde*

Tomaran cardenillo bueno, y emplastenlo con vinagre fuerte, y agua destila-

da de agallas verdes, y dejenlo enjugar, y quando querran escrivir desaganlo con agua verde, juntando un poco de goma arabiga».

Ossia: Per far Inchiostro verde

Prenderanno del buon Verderame, e lo stemperino nell'aceto forte, e nell'acqua distillata dalle galle verdi, e lo lascino asciugare, e quando desiderino scrivere, lo disgreghino con acqua verde, aggiungendo un pò di Gomma Arabica.

e)-«*Para haser letras verdes*

Aveis de tomar ruda, y sacadle el çumo, y cardenillo, y açafan, todo junto, y escribid con ello echado un poco de agua goma»

Ossia: Per far lettere verdi

Dovete prendere della ruta, ricavatene il sugo, e del Verderame, e dello zafferano, tutto insieme, e scrivete con esso, avendo aggiunto un pò di acqua di Gomma Arabica

In entrambe le ricette il pigmento verde è costituito dal Verderame; l'altro «partner» efficace è la Gomma Arabica.

f)-«*Como se adereçarà el bermellon pa escrivir con ello*

Desazed el bermellon sobre una piedra, y con agua clara moledlo con su moleta bien, y sacadlo de alli, y ponedlo a secar, y guardese en un cornuelo o tasa pero en el cuerno estará mejor, en el envierno echadle encima urinas mesclandolo bien, y dejandolo estar hasta la tarde que el bermellon harà solada y mudad las urinas, y hased como primero y dejadlo hasta la mañana y mudad las urinas cinco o 6 dias que entonces estará todo ello bien apurado. Y tomad despues una clara de huevo batido bien con un palite seco en agua clara, y echad encima el bermellon que sobrepuje un dedo, y destempladlo muy bien con un palito de nogal seco, y dejadlo reposar tres dias que quitara todo el olor de las urinas, toma despues otra clara y mescladla bien, y dejadla assi que será perfectissimo, y teneadlo bien cubierto, y quando lo quisieredes usar, mescladlo bien, y lo mismo hareis quando escriveredes. La clara de huevo con bermellon no se corrôpe».

Ossia: Come si preparerà il cinabro per scrivere con esso

Disgreate il Cinabro sopra una pietra, e con acqua chiara macinatelo bene col pestello, toglietelo da li e mettetelo a seccare, e lo si conservi in un recipiente di corno, o in una tazza, però nel corno starà meglio, nell'inverno si copra d'orina mescolando bene, e lasciandolo stare fino a sera quando il cinabro si sarà depositato, cambiate l'orina e fate come prima, e lasciatelo fino al mattino, e cambiate l'orina cinque o 6 giorni, che allora sarà tutto ben depurato. E prendete poi una chiara d'uovo ben battuta, con un rametto secco in acqua chiara, e versatevi dentro il cinabro in modo che lo superi di un dito, e stemperatelo molto bene con

bastoncino di noce secco, e lasciatelo riposare e sedimentare, e fare come nel caso dell'urina, due o tre giorni, che toglierà tutto l'odore dell'urina, prendi poi un'altra chiara d'uovo e mescolala bene, e lasciala così che sarà perfettissimo, e tenetelo ben coperto, e quando desiderereste usarlo mescolatelo bene e farete lo stesso quando scriverete. La chiara d'uovo, col Cinabro non si corrompe.

Il pigmento di questa ricetta è il cinabro finemente suddiviso. Il particolare trattamento con urina cui viene sottoposto il minerale potrebbe avere lo scopo di allontanare qualche altro minerale che possa venir solubilizzato dall'ammoniacca liberata dall'urina, oppure dalla componente albuminoide della urina stessa. Una volta «purificato», con l'olezzante reattivo, il pigmento, l'agente stabilizzante e collante è l'albume d'uovo, che come rimarcato, non putrefa in presenza del Cinabro. Stante il peso specifico del pigmento, si raccomanda di rimescolare bene la sospensione durante l'uso.

g) - «para escrivir con oro sin oro

Tomad una onça de orosimente, y una onca de cristal fino, y metedlo todo per si, mesclado despues con clara de huevo y escrivid con ello»

Ossia: Per scriver con oro senz'oro

prendete un'oncia di Orpimento, e un'oncia di cristallo fino, mettetelo tutto tal quale, mescolato poi con chiara d'uovo e scrivete con esso.

h) - «Para escrivir letras de plata sin plata

Tomad una onça de estaño, y dos de azogue desaedlo junto, y moledlo, o mescladlo con agua gomada y escrivid con ello que parecerà plata fina»

Ossia: Per scrivere lettere d'Argento senza Argento

Prendete un'oncia di Stagno, e due di Mercurio disgregatelo insieme, e macinatelo, o mescolatelo con acqua di Gomma Arabica, e scrivete con esso che sembrerà Argento fino.

In queste due ricette i due pigmenti sono dei surrogati, l'Orpimento per l'oro, ed un'amalgama di Stagno per l'Argento. La composizione dell'amalgama è tale che questo può agevolmente venir polverizzato. I disperdenti-collanti sono l'albume d'uovo e la Gomma Arabica.

i) - «Para haser tinta negra buena

Tomen libra y media de agua de lluvia, y en aquella echen a remoyar tres onças de agallas arrugadas, y rotas a pedacillos, y dejenlas dos dias al sol, despues echenle dos onças de vidriol Romano bien encendido, y mesclenlo todo muy bien con un palo de higuera, y dejenlo estar otros dos dias al sol. Ultimamente añadaule una onça de goma Arabiga resplandeciente, y echa polvos, y una onça de cortesas de granadas, y ponganla a hervir un poco en fuego ligero, cuélêla y guardenla en vaso de plomo, ò vidrio».

Ossia: Per far buon Inchiostro nero

prendano una libbra e mezza d'acqua piovana, ed in quella mettano a macerare tre once di Galle rugose sminuzzate, e le lascino due giorni al sole, poi vi aggiungano due once di Vetriolo Romano ben bruciato, e lo mescolino tutto molto bene con un ramo di fico, e lo lascino stare altri due giorni al sole. Infine aggiungangli una oncia di Gomma Arabica splendente, polverizzata, e un'oncia di corteccia di melograno, e lo mettano a bollire un pò a fuoco leggero, lo colino e lo conservino in vaso di Piombo, o di Vetro.

Questa ricetta differisce dalle precedenti simili, per il trattamento termico subito dal solfato ferroso prima della sua miscelazione con gli estratti tannici.

Gli ingredienti principali per un Inchiostro a base Ferro-Tannica sono:
Le Galle.

Queste sono escrescenze patologiche formatesi sulle foglie e sui rami giovani di alcune latifoglie, in conseguenze della puntura dell'insetto femmina Cinips, per deporre le uova. La pianta reagisce alla puntura formandovi, intorno, un tessuto altamente lignificato, contenente elevate quantità di Tannino.

Le Galle si presentano, di solito, sferiche, di dimensione variabili da quelle di un pisello a quelle di una noce, per cui vengono anche chiamate noci di galla, e di colore variabile dal giallo al grigio. Vengono distinte in: Galle Italiane, formatesi su varie specie di Quercie, G. di Morea, formatesi sul Cerro, G. d'Istria, formatesi sul Leccio, G. d'Ungheria, formatesi sulla *Quercus Sessilifera*, G. di Levante, formatesi sulla *Quercus Infectoria* dell'Asia Minore. Le Galle di Levante si distinguono ancora in Galle d'Aleppo e di Smirne. Le Galle giapponesi si formano sulla *Rhus Semialata* e sulla *Rhus Roxburghii*. Sulla *Pistacia Terebintus* e sul Tamerisco dell'Africa Settentrionale, si formano le cosiddette «Carrube di Giudea».

Estratti Tannici utilizzabili anch'essi per preparare Inchiostri, possono venir ricavati dal legno di Sommacco (*Rhus Coriaria* e *Rhus Cotinus*), di Quercia (*Q. Pedunculata*, *Cerris*, *Ilex*, *Sessiflora*, *Pubescens*), di Castagno (*Castanea Vesca*), dalle cupole delle ghiande della *Q. Aegilops*, dai frutti del Divi-Divi (*Caesalpinia Coriaria*), dalle fave di Algarobilla (*Caesalpinia Brevifolia*), dai frutti del Mirabolano (*Terminalia Chebula*, *T. Citrina*), dal Lentisco (*Pistacia Lentiscus*), dal Mirto (*Mirtus Communis*), e dalla corteccia e dalla radice del Melograno (*Punica Granatum*).

Altre sostanze tanniche e coloranti e provenienti dal Nuovo Mondo furono utilizzate per preparare Inchiostri dopo la scoperta dell'America, fra queste l'estratto di Quebracho, dell'Acacia Catechu e il già citato estratto di Legno del Brasile^{3,4}. Non deve però venir dimenticato l'Indaco⁵.

Il Solfato di Ferro

Questo sale è denominato, nelle varie ricette: Vetriolo, Vetriolo Romano, Caparosa, Vetriolo verde, si è già accennato alla possibilità che questi nomi siano

stati attribuiti sulla base dell'aspetto esteriore del sale.

La Gomma Arabica

Questa Gomma è l'essudato di un gran numero di Acacia che crescono in Africa, a seconda della provenienza si presenta in noduli trasparenti od opachi, di color giallo-ambrato o rossiccio, fragili ed a frattura concoide.

Bibliografia

- 1) A. Mut Calafell - Homenaje a D. Jesus Garcia Pastor, Bibliotecario - Consilleria d'Educació i Cultura del Govern Balear; Direcció General de Cultura - J. J. de Olañeta, Ripollet. Barcelona 1986, pag. 21-33
- 2) Biblioteca Universitaria di Cagliari - Fondo Manoscritti XLVI. Portafoglio 3
- 3) G. Datorino - La fabbricazione degli Inchiostri per scrivere e per marcare - Ed. Lavagnolo Torino, pag. 22-89
- 4) H.E. Fierz - David - Kunstliche organische Farbstoffe - Springer Verlag. Berlin 1926, pag. 1-11.
- 5) L.G. Thenard - Trattato di Chimica Elementare, Teorica e Pratica - Traduzione della V Edizione a cura di A. T. T. - G. Piatti Editore Firenze 1828 - Vol. IV, pag. 153-168.

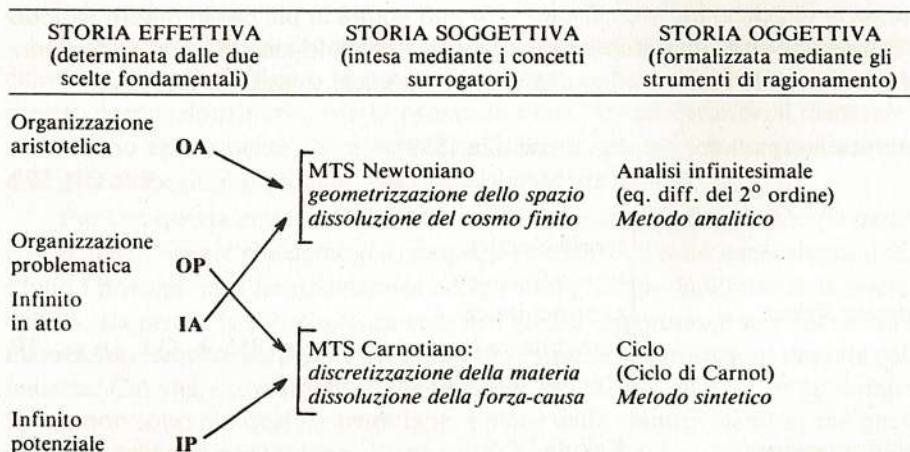
Le scelte fondamentali della chimica-fisica

1. Introduzione: lo schema interpretativo della storia della scienza dell'800

Ritengo di aver fatto tesoro degli studi di Koyré¹ sulla nascita della scienza moderna come pure dei dibattiti sulla incommensurabilità delle teorie scientifiche, concetto introdotto da Feyerabend² e da Kuhn³. Da essi sono partito per elaborare uno schema interpretativo originale.

Uno studio precedente sulla storia della chimica classica è stato determinante per chiarire che nell'800 il paradigma newtoniano è stato contrastato da altri modelli di teoria scientifica, basati sulle scelte opposte a quelle di Newton⁴. Queste ultime erano state la matematica dell'infinito in atto (AI) e la organizzazione della teoria per principi, secondo la teorizzazione di Aristotele (OA); invece le scelte delle teorie alternative dell'800, in particolare della chimica classica, sono state la matematica con al più l'infinito potenziale (IP) e la organizzazione della teoria basata su un problema (OP); nel caso della chimica il problema fondamentale era: «che cosa sono gli elementi della materia?»; o, posto in forma propriamente problematica: «non è vero che la materia sia divisibile *senza fine*»⁵.

Successivi lavori di storia della fisica^{6,7} hanno confermato che uno schema interpretativo generale per la storia della scienza dell'800 può essere il seguente:



Qui la storia viene caratterizzata come triplice; una effettiva, che cioè registra le scelte fondamentali che fanno le diverse teorie; una soggettiva, che cioè intende la scienza mediante concetti surrogatori (in quanto questi sono di natura solo fisica) delle due scelte effettive; e una oggettiva, che cioè si restringe a registrare soprattutto i miglioramenti e i risultati ottenuti mediante le tecniche di ragionamento (nel caso del modello newtoniano: l'analisi infinitesimale).

La storia della chimica classica è caratterizzata molto bene dalle due frasi del modello carnottiano; A. Tackaray lo conferma perché le usa, quasi identiche, per concludere sinteticamente la sua storia della chimica⁸. Inoltre la tecnica di ragionamento del ciclo è molto ben realizzata dalla chimica classica mediante la tabella di Mendelejeff; e dalla chimica organica con l'anello benzoico.

In totale, lo schema interpretativo caratterizza la chimica classica in maniera molto netta, senza ambiguità. Cioè la chimica viene caratterizzata come avente una sua ben precisa individualità; e infatti essa aveva sue tecniche specifiche, era capace di includere ad es. i fenomeni termici, aveva ruoli sociali specifici per i chimici (farmacisti, chimici) aveva problemi sociali e tecnologici specifici, non era certo pensabile come inclusa in altre teorie.

2. Il problema

Il problema che viene affrontato in questa comunicazione è se nella seconda metà dell'800 anche nel seguito, la ampia e complessa storia della chimica possa essere caratterizzata in maniera precisa dallo schema interpretativo suddetto.

È ben noto che nel seguito la chimica si è tripartita in chimica inorganica, chimica-fisica e chimica organica. Come diceva Leicester, «Alla fine del XIX secolo i settori classici della chimica organica, inorganica e fisica si erano tutti sviluppati, ma erano rimasti più o meno chiusi nel loro settore specifico difendendo una sorta di geloso individualismo»⁹. Si può notare in più che in questo periodo la chimica ha un forte sviluppo, ma dispersivo su molti temi di ricerca e tendente a fusioni con altri settori scientifici (termodinamica, elettricità, biologia).

<i>Chimica inorganica:</i>	Spettroscopia 1859 Tab. Mendelejeff 1869	<i>ciclo OP, IP?</i>
<i>chimica fisica:</i>	teoria cinetica termodinamica elettrochimica fotochimica Bunsen & Roscoe 1855-9 chimica dei colloidi Graham	OA, IA vs., IP
<i>chimica organica:</i>	Kekulé 1865	<i>ciclo OP, IP</i>

La tabella qui sopra indica le divisioni della chimica di quel periodo e fa notare che mentre la chimica inorganica e la chimica organica restano essenzialmente legate all'uso del ciclo come strumento di ragionamento, non è più così per la chimica-fisica.

E ancora: mentre le due chimiche già menzionate sono essenzialmente legate alle scelte fondamentali della chimica del primo Ottocento, OP e IP, la chimica fisica non sembra più caratterizzabile in questo modo. Per dire meglio, la chimica inorganica resta ancora legata al vecchio problema: «che cosa sono gli elementi costitutivi della materia?», problema che costituisce il centro e il fondamento della teoria; inoltre la sua matematica resta confinata ai numeri razionali, cioè certamente all'IP. Così la chimica organica è centrata e fondata ancora sul tradizionale problema: «che cosa è la vita, o che cosa sono i fenomeni vitali?»; inoltre la sua matematica è certamente confinata all'IP perché è quasi inesistente. Invece la chimica fisica parla di principi (termodinamici, ad. es.) il che ricorda l'OA; e usa equazioni differenziali, che potrebbero implicare l'IA.

Infine anche le frasi caratteristiche del modello carnotiano («dissoluzione della forza-causa» e «discretizzazione della materia») restano ben specifiche per le due summenzionate chimiche; ma in chimica-fisica non sono più adeguate; ad es. la affinità riporta i chimici a parlare di forze intermolecolari (sia pure elettriche ora); mentre la materia non è più necessariamente discreta nella chimica dei colloidi, nella teoria cinetica, nella fotochimica; e le variabili della termochimica sono ora tutte continue.

Allora il problema del presente studio può essere riformulato nel seguente modo: quali scelte fondamentali caratterizzano la chimica-fisica, cioè quella parte della chimica che nella seconda metà dell'800 e fino alla prima guerra mondiale non sembra più seguire il modello di teoria scientifica che era tradizionale?

Per mancanza di spazio do i risultati del lavoro di applicazione dello schema interpretativo alla sola chimica-fisica, applicazione che sarà sostanziata da precisi riferimenti storici.

Il primo problema che appare è quello della definizione stessa della teoria chimica fisica. Per chiarire le sue scelte dovremmo fare riferimento ad un ben preciso corpus dottrinario. Ma in proposito i testi danno definizioni disparate o ammettono apertamente che a «chimica fisica» corrisponde un complesso non omogeneo di campi d'indagine, tecniche, concetti e metodi.

Pur con questa ambiguità, la chimica fisica appare scegliere l'OA, sia perché così la volle Ostwald che dominò il campo, sia perché così restò anche dopo, utilizzando i principi della termodinamica come i suoi principi. Sull'infinito la scelta è dell'IA, sia perché la chimica fisica vede nell'analisi «rigorosa» il suo strumento di maturazione teorica, sia perché Ostwald voleva negare la costituzione discreta della materia. Ciò viene confermato dalle frasi caratteristiche; queste, per la chimica-fisica, non sono più quelle carnotiane, tipiche della chimica classica, ma quelle opposte, del MTS newtoniano. Viene confermato anche dagli strumenti di ragio-

namento: il ciclo viene abbandonato anche attraverso polemiche (ad es. quella contro Nernst).

3. Incommensurabilità della chimica-fisica con la tradizione chimica (e a favore di quella fisica)

Tutto ciò permette di trarre delle valutazioni sui rapporti tra chimica-fisica da una parte e, dall'altra, prima la chimica classica e poi la chimica organica e la chimica inorganica. E ancora sui rapporti tra chimica-fisica e la fisica. Questi rapporti riguardano teorie che hanno compiuto scelte fondamentali diverse. Per la definizione di incommensurabilità che ho proposto⁶, questo significa verificare se storicamente queste teorie hanno avuto rapporti difficili, tanto da poter parlare di incomprensione, contrasto culturale, incomunicabilità.

Sul rapporto della chimica-fisica con la chimica classica basti ricordare la incomprensione profonda tra Ostwald e la scuola inglese; Dolby ne ha trattato diffusamente¹⁰.

Rispetto alle altre teorie della chimica basti ricordare quanto afferma Leicester: «Esisteva un certo antagonismo tra quelli che seguivano la logica della matematica e quelli che seguivano la logica della chimica organica»¹¹ (cioè dei cicli). «Come abbiamo visto, molti chimici di questo periodo non erano al corrente delle scoperte fisiche e, assorbiti dalla logica non quantitativa della chimica organica, trascuravano le leggi matematiche, la cui scoperta e applicazione costituirono le caratteristiche principali della scienza sorella»¹².

Invece all'esterno, la teoria fisica veniva vista come teoria regina, robustamente fondata e gloriosamente efficace nello spiegare gran parte della realtà; nel mentre che troppo deprimente era stata la confusione teorica che per 50 anni aveva caratterizzato i chimici a proposito dei numeri atomici. La soluzione di questo problema fu che le proprietà chimiche appartenevano alle molecole; che però erano composte da sottounità, le cui proprietà appartenevano alla fisica. Nel modello di spiegazione analitica, che va dal piccolo al grande, questo fatto poneva la fisica come potenziale interprete di tutta la chimica. Col che la chimica-fisica appariva come la strada maestra, sicuramente vincente a lunga scadenza. (Che esistesse anche un modello di spiegazione sintetico fu dimenticato proprio in quei tempi, a causa del grande potenziamento dell'analisi infinitesimale per opera di Dedekind e Weierstrass).

Il vissuto personale dei chimici fisici è ben espresso dalle frasi caratteristiche; come si diceva prima esse sono quasi le stesse del paradigma newtoniano, cioè del paradigma che allora molti vedevano come universale per tutta la fisica. All'interno di questo paradigma la chimica si accontentava di trovare una sua collocazione in subordine al complesso delle teorie fisiche. Subordinata sì, ma finalmente decorosa, se paragonata alla confusione e al primitivismo scientifico della chi-

mica della prima metà del secolo. Anzi, più che decorosa, quasi esaltante, perché si trattava comunque di produrre una nuova, ben fondata teoria; il che faceva sentire i chimici così come i fisici si sentirono nel '600, quando si trattò di iniziare la loro teoria.

Si poteva ben sperare che la chimica organica e la chimica inorganica avrebbero seguito inevitabilmente questo stesso progresso. Cioè, mediante la chimica-fisica tutta la chimica incominciava a qualificarsi come una teoria comparabile alle teorie fisiche, o addirittura inclusa in essa come ulteriore teorica fisica.

Ancora una volta Ostwald e il suo entusiasmo sono ben rappresentativi di tutto ciò.

4. I rapporti tra chimica e fisica causati dalla chimica-fisica

Ma sappiamo che proprio Ostwald portò la chimica-fisica nelle secche della metafisica: l'energetismo, l'annullamento del discreto, l'anti-atomismo, ecc. Come mai colui che fu il più illuminato chimico-fisico fu anche colui che meno ne seppe dirigere il progresso intellettuale? La risposta non può essere solo individuale: perché l'evoluzione intellettuale della chimica-fisica e il congresso del 1895 di Lubecca sono dei fenomeni collettivi; allora la risposta deve riguardare variabili collettive. A questo livello si pone la domanda più grande e inquietante: «fu la chimica-fisica una vera vittoria della fisica?»

Gli storici non sottolineano abbastanza, a mio parere, che, se una fisica fu introdotta in chimica, essa non fu la meccanica (il «sogno di Newton»⁸ era definitivamente tramontato) ma la sua rivale, la termodinamica (e, subordinatamente, l'elettricità).

Si noti che nella seconda metà dell'800 era grande il conflitto tra i meccanici (Kelvin, ad es.) ed i termodinamici (Rankine, Mach). Questi ultimi rivendicavano il primato teorico e metodologico per la teoria termodinamica, indipendentemente dalle date di nascita delle teorie. Fu una grande vittoria dei termodinamici il fatto che l'entropia, concetto assolutamente non meccanico, sapesse dar conto delle reazioni chimiche e fondasse così tutta la termodinamica chimica.

Questa valenza alternativa della termodinamica è ancora più evidente alla sua origine, in quel Sadi Carnot che da solo l'aveva formulata in gran parte. Le sue scelte effettive erano, con grande chiarezza, l'OP («quant'è la massima efficienza dei motori termici?») e l'IA (deliberatamente egli esclude l'uso dell'analisi infinitesimale), introducendo per primo il ciclo come strumento di ragionamento¹³.

Ma poi, la storia successiva rese la termodinamica meno distante dal paradigma newtoniano; negli anni '50, Kelvin e Clausius riformularono la termodinamica in una OA, al costo di porre per primo un principio che veniva stabilito 25 anni dopo il secondo! Inoltre il ciclo restò, ma, valutato come l'idea tipica di un

ingegnere, senza valore teorico autonomo.

Perciò quando la termodinamica diede spiegazione dei processi chimici, in effetti era vista in maniera ambivalente rispetto alle scelte effettive. Quello che poteva essere visto come il successo decisivo della originaria termodinamica di S. Carnot sul meccanicismo, divenne invece da una parte la svalutazione del ciclo del metodo e dall'altra l'introduzione dell'OA, come inevitabile organizzazione perché una teoria potesse essere riconosciuta come vera teoria.

Perciò la termodinamica che Ostwald vedeva, non era la termodinamica originaria, né quella teoricamente più valida: infatti Ostwald scelse come cavallo di battaglia il concetto di energia che in realtà appartiene anche alla meccanica; mentre invece è il concetto di entropia che è caratteristico sia della termodinamica che della chimica-fisica (è come se la filosofia di Ostwald fosse rimasta ferma alla spiegazione dei processi chimici data da Berthelot!).

Tanto più che la percezione che i chimici del tempo ebbero della analisi infinitesimale è certamente sfalsata, se giudicata oggi. L'usare le equazioni differenziali di per sé non fa scegliere l'IA; né tanto meno la matematica rigorosa. Infatti la matematica costruttiva può ripetere senza difficoltà tutto il formalismo matematico della chimica-fisica. Allora c'è da concludere che la matematica rigorosa ha funzionato da paraocchi per i chimici-fisici; essi hanno creduto di seguire una strada obbligata, mentre invece c'era una scelta; e l'altra possibilità non li avrebbe allontanati dalla tradizione della chimica classica.

Conclusioni

In questo scritto è stato applicato un metodo interpretativo per la storia della scienza dell'800 alla chimica-fisica.

Il primo risultato è stato quello di enfazzare la domanda cruciale sottostante la chimica-fisica: «è essa una vera teoria?» e che, a mia conoscenza, è poco discussa (i testi di chimica fisica denotano un certo imbarazzo nel presentarla).

La risposta data qui è legata a quanto fu deciso nell'800: sotto l'autorità di Ostwald, la chimica-fisica fu ritenuta una vera teoria, e fors'anche l'unica vera teoria della chimica.

Per la maggioranza dei chimici questa teoria, intesa come una «teoria chimica generale» o per lo meno come «termodinamica chimica», scelse l'OA. Questo avvenne benché le resistenze forti furono e benché ci fosse compresente una scelta di OP, fondata sul problema: «può la chimica essere ridotta ad un ramo della fisica?»

Inoltre la scelta effettiva ulteriore fu l'IA della matematica «rigorosa», da poco affermatasi contro i vecchi infinitesimi e contro l'«arretratezza» del discreto.

Queste scelte vengono confermate dalle frasi caratteristiche, che surrogano

con concetti fisici le scelte effettive; quelle tipiche della chimica-fisica non sono più quelle della chimica classica, ma ripetono, con parziali modifiche, quelle del paradigma newtoniano, già aspramente combattuto dai chimici classici.

Inoltre vengono confermate dalla assenza del metodo dei cicli, come strumento di ragionamento; mentre la analisi matematica si afferma sempre di più come l'unico strumento affidabile per ragionamenti scientifici.

Più in generale, guardando tutta la chimica di fine Ottocento, c'è da concludere che la chimica-fisica ha giocato un ruolo di testa di ponte per l'espansionismo teorico della fisica sulla chimica e dell'analisi sul metodo dei cicli. Per creare un paradigma scientifico di tipo fisico tra i chimici, da una parte ci si è serviti di una teoria fisica, la termodinamica, diventata ambivalente rispetto al paradigma newtoniano e dall'altra ci si è serviti in maniera forte di una particolare analisi matematica.

Ma nonostante ciò, oggi la chimica-fisica non sa bene come definirsi e ciò indica che i problemi di definizione della teoria sono stati solo rinviati.

Bibliografia e note

- 1) A. Koyré, *Dal mondo chiuso all'universo infinito*, Feltrinelli, 1980.
- 2) P.K. Feyerabend, *Contro il metodo*, Lampugnani, 1972.
- 3) T.S. Kuhn, *La struttura delle rivoluzioni scientifiche*, Einaudi, Torino, 1969.
- 4) A. Drago, *La chimica classica come esempio di teoria organizzata su un problema centrale*, in F. Calascibetta, E. Torracca (eds.), *Atti II Congr. Naz. Storia Fond. Chimica*, Acc. Naz. XL, V, 12 (1987), 315-327.
- 5) «Una divisibilità all'infinito non si applica alla materia di cui è fatto il mondo», H. Guerlac: *Quantification in Chemistry*, ISIS, 52 (1961), p. 206.
- 6) A. Drago, *An effective definition of incommensurability*, C. Cellucci et alii (eds.): *Temi e prospettive della logica e della filosofia della scienza contemporanea*, CLUEB, 1988, 117-120 e VIII Int. Congr. LMPS, Moscow 1987, vol. 2, 491-495.
- 7) A. Drago, *Un programma di studio à la Koyré per la storia della scienza della prima metà dell'800*, in F. Bevilacqua (ed.): *Atti IX Congr. Naz. Storia Fisica in Urbino*, Pavia, 1989, 71-80.
- 8) A. Tackaray, *Atomi e forze*, Il Mulino, Bologna, 1982, p. 305.
- 9) H.M. Leicester, *Storia della chimica*, ISEDI, Milano, p. 227.
- 10) R.G.A. Dolby, *Debates over the theory of solution: A study of dissent in physical chemistry in the English-speaking world in the late nineteenth and early twentieth centuries*, *Hist. St. in Phys. Sci.*, 7 (1976), 297-404.
- 11) M. Leicester, op. cit., p. 201.
- 12) *Ibidem*, p. 203.
- 13) S. Carnot, *Réflexions sur la puissance motrice du feu*, Blanchard 1824, Paris (ed. critica di R. Fox, Vrin, 1978, ed. it. ENEA scuola, 1988).

L'origine dell'idea di ciclo in S. Carnot

1. Introduzione

Il concetto di ciclo ricorre molto spesso nell'ambito delle scienze naturali: basti pensare al ciclo del carbonio e al ciclo dell'azoto e all'importanza che essi rivestono in biologia.

In chimica troviamo, ad esempio, i composti ciclici e cicli di Krebs. Ma è ancor più interessante notare che la stessa tavola periodica degli elementi ha una struttura ciclica: ogni riga inizia con un elemento avente un solo elettrone nell'ultimo livello dell'atomo e termina con un elemento in cui tale livello è completo. La struttura ciclica della tavola periodica viene messa in maggior evidenza da alcune varianti grafiche del metodo di classificazione degli elementi: già nel 1862 (quindi ancor prima di Mendelejeff), Béguyer de Chancourtois aveva elaborato uno schema elicoidale nel quale gli elementi venivano classificati in base alla loro distribuzione sulla crosta terrestre e che egli chiamò «*Vite tellurica*»¹; nel 1951 al «Festival of Britain» ne fu pubblicata una versione a spirale; schemi similmente «ciclici» sono stati elaborati di recente².

In fisica il concetto di ciclo è raro, ma in termodinamica costituisce uno dei concetti cardine della teoria. Tutti conoscono il ciclo di Carnot, ma forse non tutti sanno che proprio S. Carnot fu il primo a comprenderne appieno la sua rilevanza teorica; tanto che nella sua opera «*Riflessioni sulla potenza motrice del fuoco*»³ lo usò come un vero e proprio strumento di ragionamento⁴. Con ciò Carnot, si noti, realizzò il primo trattato completo di termodinamica e iniziò la prima teoria non meccanicista. Allora, visto che in essa il ciclo svolge un ruolo fondamentale, diventa interessante capire quale sia stata l'origine dell'idea di ciclo in Sadi Carnot, e se esso abbia qualche relazione con analoghe idee in chimica.

2. L'influenza del padre nell'opera di Sadi

È ben noto⁵ che la teoria di Carnot è stata influenzata sotto molteplici aspetti dall'opera scientifica del padre Lazare, autore, fra l'altro, di quattro trattati di meccanica⁶.

I moti geometrici sono fondamentali per lo sviluppo della teoria nel «*Sag-*

gio» e nei «*Principi*»; essi sono definiti da Lazare come quei moti per i quali è possibile il moto opposto e dipendono unicamente dalla geometria, e non dalla dinamica, del sistema. Secondo Gillispie tali moti avrebbero suggerito a Sadi il concetto di reversibilità come invertibilità dei processi termodinamici; o, più semplicemente, la possibilità di far lavorare una macchina termica prima seguendo un processo diretto e poi seguendo il processo inverso.

Questi moti non costituiscono dei cicli veri e propri, ma solo casi degeneri di essi. Comunque, quando S. Carnot descrive il ciclo di operazioni di una macchina ideale, egli richiede esplicitamente la reversibilità in questi termini: che «*nei corpi impiegati per realizzare la potenza motrice del calore non avvenga alcun cambiamento di temperatura che non sia dovuto a una variazione di volume*»⁷, cioè una condizione strettamente legata alla geometria del sistema così come è la definizione di moto geometrico. Scott, in più, nota che Sadi Carnot si rese conto della necessità di operare su un ciclo chiuso, sempre a causa della medesima lettura. Infatti Lazare, enunciando la conclusione generale della sua meccanica⁸ afferma che, se ci sono delle molle, occorre ricercare delle leggi solo per quella condizione finale in cui le molle sono tornate allo stesso stato di tensione iniziale.

Infine un'altra fonte di ispirazione per S. Carnot può essere stata la teoria del padre sull'efficacia dell'analisi infinitesimale come dovuta alla procedura di compensazione degli errori. L'efficacia dell'analisi infinitesimale per Lazare Carnot consiste nell'uso di quantità ausiliare, quelle infinitesimali, che vengono prima introdotte allo scopo di trovare relazioni più semplici tra le quantità date e poi eliminate dalla soluzione del problema⁹. Sadi pensava a tale metodo quando introdusse per la prima volta il ciclo proprio come ciclo infinitesimo, chiuso con un'isocora, di irreversibilità trascurabile¹⁰. Infatti Sadi ha certamente letto le opere di analisi del padre, perché né ripete i concetti e le parole cruciali; ciò appare dalla nota 8 alle «*Riflessioni*», nella quale si legge: «*È così che nel calcolo differenziale, per esseri certi dell'esattezza del risultato, è sufficiente poter concepire indefinitamente riducibili le quantità trascurate rispetto alle quantità conservate nelle equazioni*»¹¹. Il riferimento di Sadi a tali metodi del calcolo differenziale giustifica anche il largo uso che egli fa di cicli infinitesimi, cioè di cicli in cui le adiabatiche (o le isocore) possono essere ridotte quasi a zero (quantità trascurate), mentre le isoterme restano fissate (quantità designate)¹².

3 - La chimica come ispiratrice dello studio di L. Carnot sull'analisi infinitesimale

A questo punto appare che Sadi è debitore nei confronti del padre non solo di alcune idee fondamentali, ma addirittura di un metodo teorico che Lazare Carnot in effetti avrebbe applicato in analisi infinitesimale e in meccanica.

Tutto ciò richiede attenzione perché il metodo di Lazare Carnot presenta molti punti di contatto con la chimica.

In quel periodo la chimica aveva la funzione di scienza guida di una alternativa generale nella scienza¹³. Già l'articolo di Venel nell'Encyclopédie esponeva un programma "rivoluzionario"¹⁴; e Lavoisier, pezzo dopo pezzo, costruì questa rivoluzione. Nulla di strano, allora, che gli insoddisfatti della scienza newtoniana, ed in particolare i seguaci della linea di pensiero continentale (i cui maestri erano Cartesio, Leibniz e D'Alembert) vedessero nella chimica un inizio di riscossa. In effetti Lazare Carnot apparteneva sicuramente a questa linea di pensiero e anzi ne è stato uno dei rappresentanti più autorevoli¹⁵.

Nel suo primo scritto di analisi (1786)¹⁶ L. Carnot inizia con una frase in cui dichiara "rivoluzionaria" la scoperta dell'analisi infinitesimale; con ciò si allinea con molti altri, per la maggioranza chimici, che allora usavano questa parola nella scienza (in particolare Venel e Lavoisier)¹⁷. Nello stesso Sadi sembra esserci un legame del genere; non solo quando nella prima parte si dilunga a tratteggiare la "rivoluzione"¹⁸ che nella società porteranno le macchine a combustione; il che sembra ripetere quanto Venel aveva detto tre quarti di secolo prima a proposito della chimica. Ma sembra esserci un legame anche quando, nel titolo del suo libro, all'ultimo momento prima di editarlo, cancella "*chaleur*" e lo sostituisce con "*feu*"¹⁹, una parola antiquata per la termodinamica, ma con referente storico preciso in Venel e nel linguaggio della chimica.

Inoltre ambedue titolano i loro libri con una prima parola "*Réflexions*", che ha un preciso significato: la rinuncia, predicata da D'Alembert e Condillac, alle "*Théories*", ai massimi sistemi teorici²⁰, dei quali l'aristotelico era l'esempio principale in filosofia e il newtoniano era l'esempio principale nella scienza. Difatti un secolo di applicazione entusiasta dell'idea di forza-causa, tradotta fisicamente in $f = ma$, e tradotta matematicamente in equazione differenziale, ne aveva rivelato i limiti intrinseci. Ad esempio, in meccanica gli urti non erano spiegabili con $f = ma$ (perché siamo in meccanica impulsiva; anche perché la idealizzazione di Newton di "corpo duro" — così tanto duro da non rimbalzare — rendeva il lavoro teorico oltremodo difficile). Né filosoficamente era facile per degli scienziati continentali ammettere una forza-causa che faceva rifluire tutta la fisica nell'aristotelismo (e in meccanica ci fu una lunga polemica contro questa idea, sia da parte di D'Alembert, sia di L. Carnot, e parzialmente di Lagrange)²¹. Tra tutti gli scienziati, più che mai i chimici (non newtoniani), e in particolare Lavoisier, non usavano *Théorie*, ma "*Réflexions*".

Inoltre, sempre sul piano linguistico, si noti che L. Carnot mette in testa alla sua "*Dissertation*" del 1786 un motto: «Solo colui che sa evitare l'abuso delle parole sa giudicare sanamente delle cose»²² che per i newtoniani è scandaloso perché applica una analisi linguistica al formalismo più astratto della matematica più avanzata. Tutta l'opera di L. Carnot rende ancor più evidente questo tipo di approccio. D'altra parte è ben noto che Lavoisier seguiva con molta convinzione il programma di rifondare la chimica sull'uso appropriato del linguaggio: da qui la nomenclatura chimica e da qui la sua insistenza sul linguaggio come capace di risolvere tutti i problemi della teoria chimica²³.

È noto che tutto ciò era parallelo e legato alle idee di Condillac, nella sua "Logica"²⁴ aveva sostenuto che l'uso appropriato del linguaggio poteva offrire un rigore pari a quello dell'algebra matematica. Ebbene, lo studio di L. Carnot sull'analisi infinitesimale appare allora come il lavoro più ambizioso all'interno del programma di Condillac: riformulare mediante l'uso appropriato del linguaggio addirittura quanto di più astratto e complicato la matematica aveva raggiunto.

In più la stessa ispirazione di L. Carnot sembra corrispondere alla metodologia della chimica. Questa scienza infatti era impegnata a chiarire quali fossero i costituenti ultimi della materia, che essendo vista da noi macroscopicamente, nasconde i quattro, o i venti, o i tanti elementi fondamentali che costituiscono un certo corpo. Però non aveva strumenti operativi per dimostrare l'esistenza di questi elementi. Quindi essa doveva operare nella convinzione che «la materia non fosse divisibile all'infinito»²⁵.

Lo studio che L. Carnot compie sull'analisi è ispirato alla stessa idea guida. E cioè, che l'ente basilare dell'analisi, l'infinitesimo, non poteva essere dimostrato essere un ente effettivo, cioè appartenente all'algebra elementare, così come qualsiasi altro numero conosciuto; ma che purtuttavia mediante esso si potevano eseguire dei calcoli efficaci. Infatti sin dai primi ragionamenti L. Carnot vuole arrivare all'affermazione «Allora le quantità infinitesimali non sono enti chimerici»²⁶. Poi dopo tutta la sua spiegazione dell'analisi infinitesimale è di tipo "chimico": gli infinitesimi sono in realtà delle variabili ausiliarie, utili per semplificare i calcoli, e così giungere facilmente a stabilire le relazioni che si cercano tra le grandezze finite, date all'inizio. Questo discorso ripete il modo con cui la chimica ha usato, fino all'inizio del 1900, il concetto di elemento: esso, se anche appartiene ad un mondo per noi inaccessibile, o addirittura irreali, è utile per stabilire facilmente le relazioni (di combinazione) tra gli oggetti macroscopici dati.

Non si ritenga impossibile il fatto che un matematico, per avanzare nella sua scienza, si sia potuto ispirare alla chimica, una teoria allora sicuramente primordiale a contenuti teorici manifestamente inferiori alla geometria, astronomia e meccanica. In realtà esso è stato dichiarato apertamente da un altro matematico che ha compiuto una innovazione eccezionale: Mascheroni lo dichiara a chiare lettere nella prefazione al suo libro "rivoluzionario", che slegava il compasso dalla riga nel costruire le figure geometriche²⁷. La scoperta di Mascheroni iniziò una vera e propria crisi nei fondamenti della geometria, arrivata all'estremo con la scoperta delle geometrie non-euclidee, fondate su nuove operazioni geometriche (sezioni dei corpi, movimenti nello spazio, ecc.).

4 - Il ciclo come strumento di ragionamento in chimica

Tutto ciò dimostra che la nascita dell'idea di ciclo in S. Carnot, dovendo essere riportata all'opera scientifica del padre, apre un problema culturale che è al-

lo stesso tempo molto profondo, perché coinvolge i fondamenti della massima matematica del tempo, l'analisi infinitesimale, e molto ampio, perché spazia dalla chimica a tutta la fisica, fino alla matematica. Questa conclusione è avvalorata dal fatto che lo studio della storia della termodinamica ha confermato il suggerimento di E. Mach, secondo cui il ragionare per cicli è un metodo generale applicabile a tutta la fisica ed oltre⁴.

D'altra parte in un lavoro precedente²³ la chimica è stata caratterizzata come una teoria che appartiene ad un modello di teoria scientifica che si può chiamare carnottiano; nel senso che essa è strutturata su due scelte (di infinito al più potenziale e di organizzazione centrata su un problema centrale) che sono tipiche delle teorie di Carnot (analisi, geometria, meccanica, termodinamica). Questo modello di teoria scientifica è caratterizzato da due frasi caratteristiche (*"discretizzazione della materia"* e *"dissoluzione della forza"*) che ben esprimono i fondamenti della chimica così come sono stati vissuti dai chimici²⁸. Inoltre è caratterizzato dal seguire il metodo sintetico di ragionamento, Sarebbe lungo specificare, nei vari tempi, da che cosa questo metodo sia stato definito; basti dire che il suo strumento di ragionamento principale, così come risulta dalle teorie dei Carnot, è l'idea di ciclo. In effetti anche nella chimica l'idea di ciclo è importante, così come si diceva all'inizio. Pertanto tutta questa caratterizzazione, di natura generale (e cioè scientifico-filosofica), accomuna la chimica alle teorie carnottiane, in particolare sullo strumento di ragionamento.

Tutto ciò suggerisce di studiare il ciclo nella chimica classica inteso come strumento di ragionamento e come espressione di un metodo alternativo a quello della meccanica newtoniana. Seguendo ciò che è stato individuato nelle opere di L. Carnot²⁹ si possono sin da ora sottolineare tre aspetti del ragionamento ciclico in chimica.

Il primo aspetto è quello più evidente, perché materializzato: è detto all'inizio, la tabella periodica di Mendelejeff, e l'anello benzoico. Ma, e questo è il secondo aspetto, questi stessi concetti teorici della chimica possono essere visti in termini di metodologia: così come suggeriscono le opere dei Carnot, al sistema dato (una serie di sostanze da far interagire, un composto organico da analizzare) noi possiamo aggiungere un sistema ausiliario (rispettivamente la tabella di Mendelejeff, l'anello benzoico) tramite la considerazione delle variazioni tra i vari elementi (quasi infinitesimi tra gli elementi della tabella, alternanti tra gli atomi di carbonio dell'anello benzoico). Mediante questo sistema ausiliario noi possiamo ricavare le proprietà degli elementi, così da prevedere che cosa succede nel sistema iniziale, senza che il sistema ausiliario sia influente sui risultati finali.

Questo modo teorico di procedere non è certo di tipo deduttivo, ma piuttosto ciclico, in quanto dal sistema iniziale si passa ad un sistema ausiliario per poi tornare, alla fine, al sistema iniziale (ma con un risultato in più). Questo metodo è tipico di una organizzazione della teoria che sia di tipo non assiomatico, ma problematico, in quanto pone un problema e poi, per risolverlo, introduce il si-

stema ausiliario facilitatore. Ora, in questa organizzazione, il porre stesso il problema segue un metodo ciclico. Infatti si nota negli scritti dei Carnot che il problema di una teoria viene proposto con una frase doppiamente negata che non è equivalente alla frase senza le due negazioni. Una frase di questo genere non appartiene alla logica classica (dove vale $\overline{\overline{A}} = A$). Il dire, ad esempio, «*le quantità infinitesimali non sono quantità chimeriche*» (cioè non reali)³⁰, pone il problema di che cosa siano allora queste quantità, cioè di ricercare in che modo ed in che misura valga la frase affermativa «*le quantità infinitesime sono quantità reali*». A questo scopo è finalizzata tutta la teoria, che infatti (colmetodo del sistema ausiliario) riesce a dire appunto in che senso gli infinitesimi sono enti matematici efficaci ed effettivi.

Ora, se studiamo gli scritti di grandi chimici, notiamo che spesso si trovano frasi doppiamente negate per stabilire giustappunto il problema fondamentale della teoria trattata. Si comincia da R. Boyle, che nelle prime pagine della prima parte della sua opera principale³¹ sottolinea quattro affermazioni fondamentali, delle quali le prime tre sono frasi doppiamente negate. Si prosegue, ad esempio, con ciò che veniva ricordato in precedenza²⁵ a proposito del problema fondamentale dei chimici: la divisibilità della materia; non è vero che essa è all'infinito.

Questo modo di porre il problema viene confermato ad esempio da Lavoisier quando definisce che cosa è un elemento³²: «*Se ... noi leghiamo al nome di elementi o principi dei corpi l'idea di ultimo termine al quale arriva l'analisi, tutte le sostanze che noi non avremo potuto decomporre con nessun mezzo, sono, per noi, degli elementi*». Allo stesso modo Dalton: «*Noi non sappiamo che ogni corpo chiamato elementare è assolutamente indecomponibile, ma deve essere chiamato semplice finché non sia possibile analizzarlo*»³³. E Kekulé aggiunge: «*Io non credo nella effettiva esistenza degli atomi, prendendo la parola nel suo significato letterale di particelle indivisibili*»³⁴.

Con ciò crediamo di aver mostrato che la teoria chimica dell'800 ha partecipato da protagonista ad un radicale rivolgimento dei fondamenti della scienza, fino a coinvolgere la logica non classica.

Bibliografia

1) Béguyer de Chancourtois: "Vis tellurique", *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*, 54 (1862), 757-761, 840-843, 967-971. Ringraziamo il Prof. Paolo Manzelli per aver richiamato la nostra attenzione su tale circostanza.

2) J. Emsley: "Mendeleyev's dream table", *New Scientist*, 7 mar. 1985, 32-36. La vite tellurica, di cui alla nota precedente, è citata anche in tale articolo.

3) S. Carnot: *Réflexion sur la puissance motrice du feu et sur les machines propres à développer cette puissance*, Paris, 1824 (ora in Fox: *Edition critique de Réflexions*, Vrin, 1978; oppure in Mendoza (ed.): *Reflections on the Motive Power of Heat Engines*, Dover, 1960; noi ci riferiremo alla edizione italiana a cura di B. Jannamorelli, *La potenza motrice del fuoco*, ENEA Scuola, 1988).

4) Si veda a proposito A. Drago, O. Vitiello: "Il ciclo come strumento di ragionamento delle teorie scientifiche. Analisi storica", in F. Bevilacqua (ed.): *Atti VIII Congr. Naz. St. Fisica*, Napoli, 1987, 137-144.

5) Si veda ad esempio C. C. Gillispie: "The Scientific Work of L. Carnot and its Influence on that of his Son", in R. Taton (ed.): *S. Carnot et l'essor de la thermodynamique*, CNRS, Paris, 1976, 33-34. Si noti inoltre che T. S. Kuhn: "Sadi Carnot and the Cagnard Engine", *ISIS* 52 (1961), 567-574, sostiene che tre elementi (l'analogia idraulica, cruciale in S. Carnot, l'idea che il contatto con la sorgente di calore e il refrigeratore possa essere unicamente termico, il metodo dimostrativo del teorema di Carnot), sono stati suggeriti a Sadi dalla riflessione sulla struttura della macchina di Cagnard, di cui aveva conoscenza dalla lettura di una relazione su tale argomento presentata dal padre Lazare nel 1809 alla "Classe des sciences physiques et mathématiques" dell'"Institut National".

6) L. Carnot: a) *Mémoire sur la théorie des machines*, 1778 e 1781; b) *Essai sur les machines en général*, Defay, 1786; c) *Principes fondamentaux de l'équilibre et du mouvement*, Deterville, Paris, 1803. Non è irrilevante che Sadi, nell'introduzione alla sua opera, sottolinei la necessità di fondare una teoria completa delle macchine termiche, così come era già stato fatto per quelle meccaniche (cfr. *Réflexions*, op. cit., p. 35): Sadi si riferiva proprio al carattere di generalità che venne dato da Lazare alla teoria delle macchine e che gli permise di ricongiungere la tradizione ingegneristica con quella classica. A proposito della meccanica di L. Carnot si veda anche: A. Drago, S. D. Manno: «La meccanica di Carnot è una formulazione alternativa alla meccanica di Newton migliore di quella di Mach», in F. Bevilacqua (ed.), *Atti VII Congr. Naz. St. Fisica*, Padova, 1986, 137-142; e "Uno studio ulteriore sulla meccanica di Lazare Carnot", *ibidem*, 143-148.

7) S. Carnot: *Réflexions...*, in B. Jannamorelli, op. cit., p. 39. Questo tipo di analisi è in C. C. Gillispie, in R. Taton (ed.), op. cit. Per i moti geometrici si confronti anche A. Drago: "The Birth of Symmetries in Theoretical Physics: Lazare Carnot's Mechanics", in G. Darvas, D. Nagy (eds.): *Symmetry of Structure*, Budapest, 1989, 98-101.

8) L. Carnot: *Principes*, op. cit., cap. III D. W. L. Scott: *The Conflict between Atomism and Conservation Theory*, Elsevier, 1970, 170-171.

9) Per approfondire tali nozioni si veda: C. C. Gillispie: "Carnot, Lazare", in *Dictionary of Scientific Biography*, Scribner's Sons, New York, 1971, e A. Drago: "Verso la conoscenza dei fondamenti della matematica: Lazare Carnot sull'analisi infinitesimale", in L. Magnani (ed.): *Conoscenza e Matematica*, Pavia (in corso di stampa).

10) Cfr. S. Carnot: *Réflexions...*, in B. Jannamorelli, op. cit., p. 40. Il padre aveva usato questo procedimento anche in fisica. Lo ha già notato C. C. Gillispie: *Lazare Carnot Savant*, Princeton U. P., p. 145, senza però spiegarne il valore di metodo.

11) S. Carnot: *Réflexions...*, in B. Jannamorelli, op. cit., p. 38.

- 12) Per esempio, si veda S. Carnot: *Réflexions...*, in B. Jannamorelli, op. cit., p. 47.
- 13) C.C. Gillispie: "The Encyclopédie Française and the Jacobin Philosophy of Science", in M. Clagett (ed.): *Critical Problems in the History of Science*, Wisconsin U. P., 1962, 255-289.
- 14) G. F. Venel: "Chimie", *Encyclopédie*, 1753.
- 15) Per la meccanica si veda ad es. T. Hankins: *Jean D'Alembert. Science and Enlightenment*, Clarendon, 1970. Per l'analisi infinitesimale si veda H. Barreau: "Lazare Carnot et le concept leibnizienne de l'infini mathématique", in H. Barreau et alii (ed. s): *La Mathématique non standard*, Ed. CNRS, 1989, 43-82.
- 16) L. Carnot: "Dissertation sur la théorie de l'infini mathématique", in C. C. Gillispie: *Lazare Carnot Savant*, op. cit., 169-262
- 17) A. Levin: "Venel...", *History of Science* 22 (1984), 303-320.
- 18) La parola è usata a pag. 59.
- 19) R. Fox: op. cit., pp. 59-62 (1-4).
- 20) T. Hankins: op. cit., pp. 107-110.
- 21) Su questi temi si può vedere il classico L. Brunschvig: *La causalité et l'expérience Humaine*, P.U.F., Paris, libro XIII, o il più recente A. Drago, S. D. Manno: "La meccanica nel settecento", *Giornale di Fisica* 27 (1986) 291-307.
- 22) L. Carnot: "Dissertation...", op. cit., p. 173. "Celui-là seul peut juger sainement des choses, qui sait éviter l'abus des mots".
- 23) A. Drago: "La chimica classica come esempio di teoria organizzata su un problema centrale", in F. Calascibetta, E. Torracca (ed. s): *Atti II Congr. Naz. Storia e Fond. Chimica*, Rend. Acc. Naz. Sci. XL, V, 12, Roma, 1987, 315-326.
- 24) E. B. Condillac: *Logique*, Paris, 1792.
- 25) H. Guerlac: "Quantification in Chemistry", *ISIS* 52 (1961), 206, dice proprio «Una divisibilità matematica all'infinito non riguarda la materia di cui è fatta la realtà; questo era uno dei presupposti basilari della filosofia meccanica del 17° secolo».
- 26) L. Carnot: "Dissertation...", op. cit., p. 183, inizio del paragrafo 13.
- 27) L. Mascheroni: *Geometria del compasso*, Pavia, 1797. La rilevanza della scoperta è testimoniata dal fatto che Mascheroni fu chiamato per illustrare la novità a Parigi, là dove morì. Per una riflessione sulla importanza delle operazioni di base in geometria si veda S. Cicenica, A. Drago: "Storia della geometria come teoria fisica", in F. Bevilacqua (ed.): *Atti VIII Congr. Naz. St. Fisica*, Napoli, 1987, 71-76.
- 28) A. Thackeray: *Atomi e forze*, Il Mulino, Bologna, 1979, p. 305.
- 29) A. Drago: "Verso la conoscenza dei fondamenti della matematica: Lazare Carnot sull'analisi", in L. Magnani (ed.): *Matematica e conoscenza*, Pavia, (in corso di stampa).
- 30) L. Carnot: "Dissertation...", op. cit., p. 182.
- 31) R. Boyle: *The sceptical chemist*, London, 1661 (trad. it. Theoria, 1980).
- 32) A. Lavoisier: *Oeuvres*, Paris, 1862-92, t. I, p. 7.
- 33) J. Dalton: *A New System of Chemical Philosophy*, pt. II, Manchester, 1810, p. 221-222.
- 34) A. Kekulé: "On the Existence of Chemical Atoms", *The Lab. I* (1867), 303-307.

Giovanni Semerano

Padova

**I 150 anni della Fotografia (1839-1989).
Il contributo della Scuola del Prof. Arturo Miolati.
«L'Imaging Science and Technology».**

Summary

The 150 years lifetime of the Photography (1839-1989) is remembered by: a short historical summary, the list of the commemorative demonstration in 1989 and the treatment of the following topics: the Science of Photography, the colour in Photography, non-conventional photosensitive systems, photographic technology and industry, scientific appliances, photo-reportage, photomontage, industrial applications, advertising photography, pictorialism, graphic arts applications, legal proceedings of Photography, the teaching of Photography, photographic archives and museums, preservation and restoration of images, the prof. A. Miolati School's bit, Imaging Science and technology (The New Photography). Positions available and wanted. Literature.

Mi permettano innanzitutto, gli Organizzatori di questo Convegno, ed in particolare il Prof. Abbri, di ringraziarli per avermi dato l'occasione di: — ritornare, dopo quattro anni, nella mia terra natale, dove conto amicizie profonde, come sono quelle degli uomini della Calabria; — ricordare uno degli aspetti dell'opera del mio maestro ed Autore, il Prof. Arturo Miolati; — realizzare in piccola parte, perché no, uno dei desideri del Prof. Uccella, quello di avere i Lincei in Calabria. Desidero infatti portare l'adesione dell'Accademia Nazionale dei Lincei a questo interessante Convegno, anche per le ragioni tecniche che ricorderò in seguito.

Mi spiace soltanto che i numerosi e pressanti impegni del nostro Presidente, il Prof. G.B. Marini-Bettolo, al quale invio un cordiale saluto, non abbiano permesso il potenziamento di questa adesione con quella dell'Accademia Pontificia, così sensibile a tanti problemi della cultura moderna.

In ossequio alla nostra abitudine di considerare particolarmente significative le date che terminano con un zero (ad esempio: 150 dalla prima ferrovia italiana, 200 dalla rivoluzione francese, 1000 dal primo battesimo in Russia), in quest'anno, che volge al termine, è stato commemorato in tutto il mondo il 150esimo di vita della Fotografia. Si considera infatti come data della sua nascita quella della

presentazione fatta dal fisico D.J.F. Arago all'Accademia di Francia dell'invenzione di J.N. Nièpe e L.J.M. Daguerre.

Il seguente elenco consente un breve sguardo storico sugli avvenimenti più significativi che interessano la Fotografia.

Date storiche della Fotografia

- 1452 - 1519 - Leonardo da Vinci Cod. D. f. 8 - Prima descrizione veramente precisa e completa della camera oscura, nel senso moderno della parola.
- 1568 - 1585 - Descrizione della camera oscura con lente piano-convessa da parte del Veneziano D. Barbaro, nella sua «Pratica della Prospettiva» e da G.B. Benedetti.
- VIII Sec. d.C. L'alchimista arabo Geber osserva che il nitrato di argento si oscura con l'esposizione alla luce.
- 1727 - J.H. Schultze dimostra sperimentalmente che l'oscuramento dei sali di argento è dovuto alla luce e non all'aria.
- 1777 - C.W. Scheele studia ancora l'azione della luce sul nitrato di argento e trova che i raggi azzurri e violetti sono più attivi dei rossi.
- 1801 - J.W. Ritter scopre i raggi ultravioletti.
Th. Wedgwood (1771-1802) e H. Davy riescono a riprodurre le immagini di piccoli oggetti, ma non riescono a fissare le immagini sciogliendo il sale di argento non alterato dalla luce.
- 1819 - J. Herschel scopre l'uso fotografico dell'iposolfito.
- 1822 - J.N. Nièpe ottiene immagini durevoli su lastre di rame rivestite di bitume di Giudea che diventa insolubile, dopo illuminazione, in olio di Dippel o essenza di lavanda.
- 1826 - Con pose lunghissime (sei - otto ore) il Nièpe realizza con successo la camera oscura.
- 1829 - 1831 - L.J.M. Daguerre, in collaborazione col Nièpe scopre la sensibilità dello ioduro di argento.
- 1837 - Daguerre, con una lastra di argento o di rame iodurata, effettua uno sviluppo con vapori di mercurio.
- 1839 (gennaio) W.H. Fix-Talbot (1800-1877), con una comunicazione alla Royal Institution, comunica i risultati delle sue esperienze del periodo 1833-35.
- 1839 (agosto) Il fisico D.J.F. Arago presenta l'invenzione di Deguerre e Nièpe all'Accademia di Francia.
- 1840 - La scoperta della maggiore sensibilità alla luce di una miscela di bromuro e di ioduro di argento (J.F. Goddard) e l'invenzione di un particolare obiettivo (J. Petzval) per ritratti contribuiscono al successo della dagherrotipia.

- 1840 - Il Fox Talbot inventa il processo chiamato calotipia.
- 1857 - Lo scultore Schott-Archer impiega il processo al collodio umido, superiore ai precedenti e dominante per trent'anni.
- 1871 - R.L. Maddox introduce l'uso della lastra alla gelatina e AgBr, in uso tuttora.
- 1873 - H.W. Vogel scopre la sensibilizzazione spettrale che permette la preparazione di lastre orto-cromatiche, perfezionate quindi da J. Eder, E. Valenta, E. König, ecc. e più tardi quelle pancromatiche.
- 1877 - Miglioramento delle emulsioni mediante la maturazione.
- 1880 - E. Eastman fonda la Kodak.
- 1884 - Si producono le prime pellicole in rotoli.
- 1886 - Nasce l'industria fotografica italiana (M. Cappelli).
- 1890 - Costruzione degli obiettivi anastigmatici.
- 1890 - 1891 - F. Hurter e V.C. Driffield danno il primo impulso alla sensitometria.
- 1895 - W.C. Röntgen scopre la fotografia ai raggi X.
- 1907 - A. e L. Lumière ideano le lastre autocrome per la fotografia a colori di larga diffusione.

Tra le numerose iniziative che quest'anno hanno voluto ricordare i 150 anni della fotografia desidero citarne un certo numero.

Le 180 immagini tratte dal ricco fondo del Museo di Orsay, all'Accademia di Francia, Villa Medici, del marzo di quest'anno e che illustrano a grandi linee la storia della fotografia dal 1839 al 1922.

Il secondo Transcontinental Motorally (18, VIII-26,IX) organizzato dalla Joint Soviet-British Company Dynamik.

L'International Symposium on Imaging Systems (ISIS) - 150 Years Photography - Dresda, 20-24 VIII, patrocinato dalla S.P.S.E. (Society of Photographic Scientists and Engineers).

È stata rimandata invece, per i noti motivi, la conferenza Internazionale di Fotochimica che si doveva tenere dal 21 al 26, VIII a Beijing (China) ed era stata annunciata dall'Istituto di Chimica Fotografica dell'Accademia Sinica.

Le cento foto dell'album di famiglia della Casa Reale inglese in mostra a Firenze: «Crown and Camera», dalla Royal Photographie Collection del Castello di Windsor; allestita nella sede del Museo Alinari a Palazzo Rucellai.

Tra le esposizioni di immagini d'autore va ricordata specialmente quella alla Biennale Piemontese, aperta fino al 27.XI, con le foto più rappresentative degli ultimi anni.

La mostra fotografica di Gianfranco Gorgoni a Modena (luglio-settembre).

La settimana padovana della fotografia (esposizione-concorso di fine settembre).

La mostra itinerante in varie città d'Italia della Ken Damy Photogallery,

inaugurata a Fermo in luglio.

La mostra fotografica l'uomo e l'agricoltura organizzata dal laboratorio Cultura e Ricerca Fotografica «Luigi Crocensi» di S. Elpidio a Mare (AP) dal 2 all'11, IX.

La mostra dedicata a sette Fotografi d'Epoca tenuta a Castelfranco Veneto.

Il ritratto della Fotografia Contemporanea alla Pinacoteca Comunale di Ravenna.

Il T.C.I. si è fatto inoltre notare per la bella guida *Fotografiamo* curata da A. Moldvay con la collaborazione di altri fotografi della National Geographic.

Bisogna inoltre ricordare il Concorso fotografico «Scoprire l'Italia», sempre del T.C.I., il Premio fotogiornalistico annuale Geffroy, per belle immagini che facilitano possibilmente la soluzione positiva a un problema sociale, politico, ambientale o scientifico, il concorso fotografico per i lettori di Repubblica «La donna italiana» e il Concorso Nazionale «Tregnago 89», organizzato nel quadro delle manifestazioni della Fiera di S. Martino.

Da quanto si è venuti esponendo, risulta che la Fotografia ha una storia relativamente breve, ma densa di fatti e di opere.

Molto tempo e spazio mi occorrerebbero per illustrare adeguatamente i termini scientifici e tecnici adoperati e i vari campi dell'attività umana ai quali la Fotografia ha portato un contributo originale e fondamentale.

Non mancano però le trattazioni adeguate, anche di solo carattere storico. Un elenco bibliografico alla fine dell'articolo fornirà qualche utile informazione. Ho preferito pertanto accennare brevemente ad alcuni aspetti principali, ricordando che per la Fotografia ogni giorno che passa trasforma veramente il futuro in passato. Darò pertanto la preferenza a qualche riferimento specialmente recente o attuale. Non mancherà poi alla fine un accenno al futuro, quel futuro che ha già fatto trasformare la famosa S.P.S.E. in Society of Imaging Science and Technology.

La Scienza della Fotografia

La fotografia è nata con scopi soprattutto estetici, trascurando invece i suoi presupposti scientifici. Ciò che si richiedeva alla fotografia era infatti di ricreare nell'osservatore, pur con limitazioni insite nel sistema, le stesse impressioni suscitate dal soggetto originale. Di questo stato di cose sono stati responsabili gli stessi inventori della fotografia: ciascuno di essi ha cercato di fissare permanentemente su di una superficie l'immagine ottica prodotta da una lente, cioè l'immagine ottenuta nella già nota «camera oscura» allo scopo di semplificare e perfezionare l'operazione di riproduzione di un disegno o di una immagine.

Fino a cento anni fa era però ancora possibile, a chi possedeva una certa cultura di base, utilizzare le proprie conoscenze per realizzare tecniche nuove come appunto era considerata la fotografia. Da allora le cose sono molto cambiate e si

è riconosciuto che la fotografia è strettamente legata alle leggi della chimica e della fisica moderna. Il suo sviluppo tecnico e il suo perfezionamento richiedono il lavoro metodico di numerosi specialisti e comportano grossi investimenti; la fotografia è divenuta quindi un fenomeno di rilevanza industriale.

La perfezione oggi raggiunta dalla fotografia non ha modificato però il pregiudizio di cui essa ha sempre sofferto. La fotografia si è enormemente diffusa, le fotocamere sono diventati strumenti quasi perfetti, gli interventi dell'operatore sono ridotti al minimo, ma ancora oggi la maggior parte dei fotografi continua a considerare solo l'aspetto estetico dell'immagine ignorando, ancora più del passato, i fondamenti scientifici che sono alla base della fotografia.

Per chi voglia avere un'idea dei rapporti esistenti tra la fotografia, la fotofisica, la fotochimica, la chimica colloidale e delle interfasi, la fisica dello stato solido, potrà consultare con vantaggio opere adeguate¹⁻⁵. Sebbene Abney, Eder, Carey-Lea, Vogel, i fratelli Lumière e altri avessero iniziato a spiegare il meccanismo del processo fotografico, la ricerca scientifica della teoria fotografica cominciò con la fondazione della sensitometria per merito di Hurter e Driffield ed è maturata principalmente con il lavoro svolto nei laboratori di Harrow della Kodak, e di altre industrie e in quelli di numerosi Istituti universitari stranieri.

Una recente rassegna storica sulla sensibilizzazione chimica e la formazione dell'immagine latente⁶ ha discusso la teoria per esse proposte. Nella teoria della fotolisi diretta (Sheppard, 1925; Gurney e Mott, 1938; Berg, 1943 e 1948; Tani e altri, 1968; Hamilton, 1977; Malinowski, 1979; Moisar, 1980), nei cristalli di alogenuro di argento vengono creati fotoelettroni e buchi. I responsabili della sensibilizzazione chimica non vengono coinvolti in questo processo primario. I fotoelettroni si combinano con gli ioni argento interstiziali formando gruppi neutri di atomi di argento; i buchi vengono intrappolati alla superficie per formare molecole di alogeno. Questi meccanismi non sono in accordo con i principi della termodinamica per esposizioni a radiazioni di lunghezza d'onda superiori a 400 nm.

Nella teoria della fotoaggregazione, sviluppata da Mitchell, i prodotti della sensibilizzazione chimica sono coinvolti direttamente nel processo primario iniziale, in quest'intervallo di lunghezze d'onda. Essi generano centri donatori con livelli nella lacuna di energia occupati dai quali possono venire espulsi fotoelettroni e mediante i quali i buchi liberati possono venire intrappolati. La ricombinazione è impedita dal rapido decadimento dei centri ionizzati e creazione di ioni argento od oro interstiziali. Si formano allora granuli di concentrazione o centri accettori con bassi livelli non occupati nella lacuna di energia sotto forma di grappoli caricati positivamente di atomi di argento o d'oro. Elettroni vengono intrappolati da questi centri e buchi possono venire espulsi da essi. Nel processo di fotoaggregazione iniziale, la crescita dell'immagine latente risulta dal trasferimento efficace di atomi di argento o di oro dai centri donatori a quelli accettori e non vengono liberate molecole di alogeno. Questi meccanismi sono in accordo con i principi della termodinamica.

La rassegna discute, mediante la teoria della fotoaggregazione, di problemi ancora insoluti della teoria della fotolisi diretta.

Si consultino infine i lavori presentati al Simposio d'Estate, 1988 della S.P.S.E. sulla fotochimica per l'immagine e raccolti ora in uno speciale volume.

Il colore in fotografia

L'entusiasmo per l'invenzione di Nièpce e Daguerre non ha impedito la constatazione immediata che un elemento essenziale mancava alle loro immagini: il colore.

Questa lacuna era tanto più sentita poiché molti dei fotografi di un tempo erano pittori. Non deve perciò meravigliare se, sia dall'inizio della fotografia, gli inventori abbiano manifestato prodigi di ingegnoseria per fissare sulla superficie sensibile questo elemento ammalatore che appariva sul vetro smerigliato, ma che le fotografie ancora non riproducevano.

Limitandosi ad un breve ricordo storico di coloro che hanno posto le basi per la fotografia a colori, ricorderò: A. Becquerel (1848) con le sue lastre di argento clorurate, capaci di dare immagini colorate dello spettro solare, ma non fissabili, Cl. Maxwell (1861) con la dimostrazione sperimentale delle possibilità di ricostruzione per il nostro occhio di tutti i colori di un soggetto fotografato combinando tre colori fondamentali adeguatamente, Ducos du Hauron (1868 e seg.) per le sue complete sintesi tricomiche, Lippmann (1891) con le sue eccellenti foto a colori basate su fenomeni di interferenza, A. e L. Lumière (1907) con le loro lastre autocrome, Fischer e Siegrist (1911) con il loro sviluppo cromogeno, base dei metodi sottrattivi moderni della fotografia a colori. La fotografia a colori è un'altra dimensione della fotografia, un modo completamente diverso di vedere e interpretare la realtà. Il suo successo incomincia quando ci si rende conto che tra il bianco e nero e il colore esistono differenze fondamentali di un duplice ordine, termico e psicologico. Una fotografia a colori, come qualsiasi altro lavoro creativo, riflette l'abilità e il gusto di chi l'ha fatta.

Mettendo le risorse della moderna tecnica al servizio dell'immaginazione, i grandi specialisti del colore, come E. Blumenfeld, E. Hass, Hiro, A. Kane, G. Parks, E. Schultness, per citare solo i maggiori, hanno dimostrato che la fotografia a colori può rendere qualsiasi oggetto in forma artisticamente valida e persuasiva.

I colori fondamentali (rosso, bleu e verde) figurano predominanti nel particolare dello studio per «*Compenetrazione iridiscente*» che Balla dipinse tra il 1913 e il '14 e che figurano alla Mostra «Casa Balla e il Futurismo a Roma» che si tiene in questi tempi a Villa Medici.

Per maggiori notizie sulla fotografia a colori, si consiglia la consultazione dell'opera di Feininger⁷.

Sistemi Fotosensibili non convenzionali

La sensibilità alla luce non è una proprietà esclusiva dei sali di argento, ma anche di altre sostanze sensibili ma più economiche dell'argento.

Questi sistemi presentano numerosi limiti, ma anche alcune interessanti caratteristiche che li rendono adatti per determinati impieghi. Essi permettono, ad esempio, di conseguire granulità praticamente inapprezzabile ed alta nitidezza (anzitutto su scala molecolare) e possibilità di intervento durante il processo di ottenimento dell'immagine finale (correzione degli effetti prodotti dall'esposizione).

Lo sviluppo di tali sistemi dimostra quanto siano vasti gli orizzonti della fotochimica nel campo della riproduzione delle immagini.

Si ricorderanno qui di seguito brevemente i principali di tali sistemi.

Sali inorganici

Il sistema di Herschel, detto anche Blueprint, basato sulla riduzione sotto l'azione della luce di un sale complesso dello ione $Fe^{3+}Fe^{2+}$ capace di reagire con il ferricianuro di potassio per dare il bleu Turnbull, e lo ioduro di piombo usato specialmente in olografia.

Sistemi diazo

Sono sistemi non convenzionali maggiormente usati. Il loro uso si basa sulla decomposizione sotto radiazione ultravioletta dei sali di diazonio in azoto e prodotti incolore. Lo ione diazonio inalterato può facilmente reagire con tutta una serie di composti alifatici con un gruppo metilenico attivo o con ammine aromatiche per dare composti fortemente colorati. Alcuni composti diazo possono dare luogo per sviluppo fisico ad un'immagine metallica e forniscono i cosiddetti materiali sensibili vescicolari.

Composti non saturi

Sono quelli che presentano uno o più doppi legami carbonio-carbonio e che per azione della luce formano legami a ponte e quindi composti insolubili che possono essere usati per preparare lastre da stampa.

Radicali liberi e fotopolimerizzazione

Da composti per lo più etilenici le radiazioni producono radicali liberi che, a

loro volta, provocano la combinazione di numerose piccole molecole di un monomero dando luogo a poche molecole molto più grandi di un polimero.

Sistemi fotocromici

Materiali a base di una varietà di composti organici, tra i grandi i più importanti sono gli spirospirani che si trasformano in composti meriociaminici dal colore molto intenso (utili per la preparazione di matrici ad alta risoluzione per la duplicazione di microfilm).

Provvedimenti ITEK RS

Usano come sostanza fotosensibile gli ossidi e i solfuri di numerosi metalli; in pratica i più usati sono il biossido di titanio e l'ossido di zinco. L'eccitazione dell'ossido sensibilizzato al visibile dà molecole attivate che vengono fatte reagire con soluzione di AgNO_3 dando, dopo sviluppo, grani di argento molto piccoli e grandi materiali ad alta risoluzione adatti alla riproduzione e alla stampa di microfilm.

Elettrofotografia

Le immagini si formano con metodi elettro-ottici invece che fotochimici, molto versatili e perciò di largo impiego. Essi usano ossido di zinco o selenio (procedimento Xerox) e si basano sul fatto che le due sostanze sono fotoconduttrici, conducono cioè la corrente elettrica se opportunamente illuminate. I metodi elettrofotografici sono di largo impiego e in continuo sviluppo; la loro applicazione più importante è quella della riproduzione di documenti e delle stampe a colori con varie gradazioni tonali. Continue ricerche si vanno svolgendo nel campo dei nuovi sistemi fotosensibili, tenendo presenti soprattutto le caratteristiche del basso costo, della possibilità di lavorare in luce ambiente, di registrare e cancellare l'immagine (molto più importante della sensibilità per la registrazione delle informazioni fornite dai calcolatori), di effettuare trattamenti rapidi e a secco e di ottenere inoltre immagini originali. Il recente simposio di Fotochimica per l'immagine della S.P.S.E. ha preso in particolare considerazione questi sistemi non convenzionali di Fotografia⁸.

La Fotografia come Tecnologia. L'Industria Fotografica

Con il nome di industria fotografica si intende normalmente sia la produ-

zione di materiale fotosensibile sia quella di strumenti, attrezzature, ecc. atti ad ottenere delle immagini.

Da un punto di vista storico, però, per industria fotografica si intende soltanto quella che produce materiali fotosensibili, poiché quando venne scoperta la fotografia, camere oscure, lanterne magiche, lenti, ecc. erano già pronti. D'altra parte, mentre il materiale fotosensibile è un prodotto chimico, gli strumenti per il suo impiego sono tipici prodotti di altre attività industriali quali quella ottica, meccanica di precisione, elettrica, elettronica ecc.

L'industria fotografica è un'industria chimica che fornisce un prodotto costituito da un supporto (vetro, nitrocellulosa, triacetato, poliestere, carta, ecc.) ed uno o più strati fotosensibili i cui componenti fondamentali sono gelatina ed alogenuri di argento, ma contengono anche altri composti chimici specifici per la fotografia, la cui natura varia a seconda dell'uso del materiale fotosensibile (tensioattivi, coloranti, sensibilizzatori, induritori, antivelelo, copulanti, ecc.). Benché il numero dei componenti sia relativamente ridotto, la preparazione di un materiale fotosensibile è molto difficile per i particolari requisiti che vengono richiesti alle materie prime ed ai semilavorati. Alto grado di purezza delle materie prime o (caso gelatine) a contenuto di impurezza costante, supporti inerti con superficie speculari ad elevata resistenza meccanica, di variazioni dimensionali contenute, strati (supporto e strato fotosensibile) di spessore rigorosamente costante, una lavorazione fatta in ambiente privo di ogni contaminazione (polvere) e in assenza di luce.

L'industria della fabbricazione di apparecchi, carte, pellicole o altro materiale fotografico sorte dopo poco il 1970 è stata favorita nel suo sviluppo non solo dell'enorme diffusione della fotografia nel campo scientifico e dilettantistico, ma anche dell'invenzione e diffusione della cinematografia. È appunto in forza di una tecnica simile che imprese fotografiche e imprese cinematografiche si sono collegate finanziariamente o addirittura riunite in un unico gruppo produttore. In molti casi si sono anche manifestati notevoli legami con l'industria delle costruzioni ottiche, che nella fotografia trova vasto campo di applicazione.

Considerate nel complesso di questi rami l'industria fotografica si presenta abbastanza localizzata; Stati Uniti, Germania, Francia, Inghilterra sono i paesi principali, ma anche Austria, Canada, Italia e Svizzera hanno una certa produzione.

L'Italia in particolare, ha ottime industrie di ottica, di carte e materiale chimico fotografico; in ordine storico vanno ricordate la Tensi, la Cappelli, la Ferrania e, dal 1964, la 3 M Italia, uno dei cinque complessi mondiali operanti nella esclusiva tecnologia delle emulsioni fotografiche a colori ad alogenuri di argento. La caratteristica più notevole nel campo della fotografia in questi ultimi anni consiste nell'orientamento verso un automatismo sempre più spinto sia nel campo delle camere fotografiche da presa, sia nelle apparecchiature da laboratorio.

Da notare anche l'introduzione di una fotocamera (Polaroid) che, grazie agli

speciali rulli negativi-positivi, permette di sviluppare e stampare in soli 60 sec. le fotografie da essa stessa appena scattate. È stato anche annunciato un attacco della Polaroid al gigante Kodak nel campo della pellicola a colori.

Non è il caso in questa sede di fare una storia più dettagliata delle apparecchiature fotografiche e relativi accessori.

Alcune applicazioni della fotografia

Spesso si dimentica che la fotografia, con il suo bagaglio tecnologico e le sue informazioni scientifiche, è stata di importanza fondamentale per lo sviluppo industriale e artistico, e non soltanto per quello della comunicazione che è (o dovrebbe essere) il suo specifico campo di interesse.

Dovrò purtroppo limitarmi a qualche esemplificazione e inizierò con le:

Applicazioni scientifiche

Prima di tutto da ricordare la fotografia del cielo.

Il Daguerre (1851), il Bond, padre Secchi (1860) e il fisico Rutherford (1865) possono essere considerati pionieri in questo campo.

La storia della filosofia celeste inizia però con la scoperta dell'emulsione secca al bromuro di argento (Maddox, 1871) tanto superiore per sensibilità spettrale ed assoluta, per gli stiramenti minimi e la possibilità di conservazione. La visione umana di esaurire con la durata dell'attenzione, l'impressione fotografica con la posa: l'integrazione della luce col tempo accresce la penetrazione del cannocchiale astronomico.

Le conquiste della fotografia celeste possono essere di carattere astrofisico e di carattere astrometrico. Prime da ricordare sono quelle a Meudon, ad Arcetri e Catania. Grande economia di tempo nello studio della superficie lunare ha portato la fotografia.

Da segnalare le applicazioni fotografiche della spettroscopia e della fotometria stellare: temperatura, esposizione chimica, intensità di radiazione secondo le varie lunghezze d'onda e conseguente stadio evolutivo stellare, splendore assoluto e quindi distanza stellare, fenomeno Doppler e velocità relative, radiali rispetto alla terra, velocità di rotazione del sole e di alcuni pianeti, classificazione spettrale e fotometrica di centinaia e di migliaia di stelle (Postdam, Greenwich, Harvard).

La fotografia celeste ha portato inoltre alla scoperta di numerosissime nebulose; molto bella quella planetaria più vicina ad elica NGC 7293 con la parte centrale verde ad ossigeno ionizzato e quelle esterne ad azoto e idrogeno⁹.

Innumerevoli le applicazioni della fotografia nel campo della medicina (fo-

tografia a colori per l'esame del fegato, indagine submicroscopica elettronica negli studi di citologia, la radioscopia con le sue numerose varianti ecc.).

Nel campo introspezione archeologica ricorderemo l'applicazione della camera fotografica alla necropoli di Tarquinia per l'indagine effettuabile prima dello scavo (Lerici). Le applicazioni della fotografia in questo vastissimo e importantissimo settore si sono largamente avvalse dei perfezionamenti tecnici negli ultimi tempi. Essi hanno permesso di registrare fenomeni rapidissimi, scarsamente illuminati o addirittura non percepibili dall'occhio umano. Grandi progressi sono stati conseguiti nella fotografia a raggi I.R. e U.V., nella microscopia, nella radiografia, nella cronofotografia ad esposizione brevissime, nella spettrofotografia e nella *Fisica delle Particelle*.

Emulsioni fotografiche appositamente studiate sono state impiegate per la rilevazione di particelle atomiche e subatomiche ionizzate, sia prodotte in laboratorio, sia traenti origine da raggi cosmici.

La differenza nella gradazione prodotta dalle diverse particelle e la deviazione operata da campi elettrici o magnetici ha spesso permesso di riconoscere la natura della particella che ha lasciato una determinata traccia.

La Ilford in Inghilterra, con la collaborazione di fisici come Powell, Occhialini, Liversej e Lattes, la Agfa in Germania e la Kodak negli U.S.A. si sono particolarmente distinte nella produzione di emulsioni sempre più sensibili e meno affette da velo.

Vantaggi e limitazioni di impiego rispetto ad altri metodi di rivelazione sono stati adeguatamente analizzati.

Applicazioni varie

Troppo lungo sarebbe l'elenco e sproporzionato allo scopo di quest'articolo. Mi limiterò pertanto a ricordare qualche esempio particolarmente scelto ed attuale.

Applicazioni alle arti grafiche

Da ricordare che il crescente sviluppo dell'industria grafica, legato all'evoluzione economica e culturale che caratterizza le civiltà dei consumi, ha trovato nella moderna tecnica fotomeccanica una componente fondamentale.

È infatti mediante processi fotomeccanici che le immagini vengono copiate sulle matrici dalle quali si ricavano migliaia o milioni di copie con i diversi sistemi di stampa grafica. Analogamente, la fotomeccanica interviene in modo preponderante nella riproduzione dei testi, e questo intervento è ancor più sentito con il rapido diffondersi della fotocomposizione.

Elemento base di questi processi è la pellicola fotomeccanica nei suoi molteplici tipi unitamente ai prodotti chimici ed agli accessori per il suo trattamento.

Ne consegue un fondamentale interesse delle grandi Case Fotografiche verso la produzione di materiali speciali in una gamma sempre più completa e sempre più aderente alle esigenze dei tecnici grafici¹⁰.

La fotocronaca (fotogiornalismo, fotoreportage)

È il servizio giornalistico realizzato mediante immagini fotografiche, generalmente accompagnate da opportune didascalie.

Nonostante i lunghi tempi di esposizione richiesti dai primi dagherrotipi, alcuni fotografi tentarono ben presto di documentare sul campo grandi eventi bellici o altre catastrofi del tempo, lavorando spesso in condizioni di notevole disagio e rischio. I due grandi pionieri della fotografia tedesca (H. Biow e C. Stelzner) ripresero ad Amburgo nel 1842 un vasto incendio scoppiato in un quartiere cittadino. Bisogna ricordare anche i vari reportages di viaggio, sempre nell'800. Il fotogiornalismo è quindi nato con la stessa fotografia e si è affermato con alterne vicende; ne ricordiamo alcune tappe e alcuni esempi più significativi.

La prima guerra dell'oppio (1840-42), la guerra tra Stati Uniti e Messico (1846-48), l'assedio di Roma del generale Audinot (1845), la guerra di Crimea (R. Fenton, 1855), la rivolta indiana e la repressione inglese (F. Beato, 1857) e la guerra anglo-francese in Cina sul finire della seconda guerra dell'oppio (1860), la guerra civile americana (M.B. Brady, 1861-65), le guerre risorgimentali e l'attività dei missionari italiani (Padre Brieco e la prima fotografia coloniale), le fotografie delle colonie di emigranti del Nuovo Mondo (J. Riis), i moti per il pane duramente repressi dal gen. Bava-Beccaris (1898, L. Comerio e altri) ecc., ecc..

Venendo ai tempi più recenti, mi piace ricordare che negli ultimi due anni il brasiliano Sebastiao Salgado, uno dei migliori reporter contemporanei, è andato in giro per il mondo a fotografare piantagioni di canna da zucchero, miniere d'oro e fabbriche di automobili alla ricerca di una razza in via di estinzione: il lavoratore manuale.

Entro la fine del 1990, Salgado e la sua leica avranno raccolto una ricchissima documentazione su quei lavori svolti dall'uomo che ancora resistono all'invasione delle macchine, del computer e dei robot. Questo progetto ha anche un nome. L'archeologia dell'industrialismo e il lavoro manuale agli albori del ventunesimo secolo sarà composto da una serie di servizi in bianco e nero. Salgado, grazie al suo passato di economista, ha saputo riscoprire un fotogiornalismo più impegnato usando una fotografia utile, dove ogni elemento è essenziale. La semplicità delle sue immagini e la sua grande capacità comunicativa non possono non ricordare il fotografo francese Cartier Bresson.

Da ricordare le tragiche immagini riprese il 6/6/1989 ai funerali del'ayatolla Khomeini. A Teheran, in un caldo torrido, due milioni di persone hanno seguito il corteo funebre e in migliaia hanno lottato per riuscire a vedere, e toccare, a baciare il corpo dell'Iman, quasi volessero strapparli alla morte; un estremo gesto d'amore. Ad un certo punto, nell'incredibile calca, la bara di Khomeini, ha cominciato a ondeggiare fino a rovesciarsi sulla folla in delirio. Il corpo senza vita del'ayatolla è finito sulla terra rossa della strada che porta al cimitero dei Martiri, fino a che un gruppo di pasdaran è riuscito a recuperarlo e a riprendere il cammino¹¹.

Le 100 immagini della mostra fotografica di Gianfranco Gorgoni, ospitata dalla palazzina dei giardini di Modena questa estate, scelte negli infiniti reportages e costituenti un itinerario composito e fortemente differenziato dell'opera di questo multiforme autore molto sensibile nel registrare i problemi della società¹².

Il fotoromanzo

È una vicenda romanzesca, pubblicata in fascicolo unico a puntate, la cui trama è svolta attraverso una serie di immagini fotografiche illustrate da brevi didascalie e da fumetti.

La fotogrammetria

Metodo di rilevamento della planimetria altimetrica di un terreno con mezzi fotografici, consistente in una presa fotografica (presa di più fotografie del terreno) e in una restituzione fotogrammetrica (deduzione, dalle fotografie, delle caratteristiche di quello). Fotogramma è pertanto qualsiasi negativa e positiva di una serie di fotografie (p. es. quelle appartenenti ad una stessa pellicola fotografica o cinematografica). Dicesi fotogramma anche la stampa ottenuta esponendo alla luce un foglio di carta fotosensibile su cui siano posti pezzi di celluloidi più o meno trasparenti ritagliati secondo opportuni disegni¹³.

Il fotomontaggio

È l'illustrazione fotografica ottenuta componendo insieme a mosaico più fotografie ritagliate, a fine per lo più propagandistico o caricaturale. È quindi una tecnica narrativa fondata su una banale giustapposizione di fatti e di figure.

Già durante l'ottocento, il fotomontaggio vantava una sua tradizione di genere satirico, patriottico o pittorico e quella pornografica era la più diffusa; basti ricordare le foto della Diotallevi e quelle del periodo puritano della regina Vitto-

ria. Meritano invece la citazione le stampe combinate del Rejlander, le fotografie composite del Robinson (frutto della sovrapposizione di due o più negativi prima della stampa) e quella di Le Gray, tutte tecnicamente molto raffinate. Nelle fotografie di paesaggio, sono molto frequenti, per correggere la sovraesposizione di cielo e nuvole. Quanto al fotomontaggio di propaganda politica, l'incontro non è sempre positivo, come dimostrano alcune fotografie rifatte facendo scomparire da esse uomini caduti nel frattempo in disgrazia.

Del periodo recente vanno ricordate le smentite del perito prof. Rondanelli alla conclusione del giudice Costa che aveva chiuso l'inchiesta di Ustica sulla base di una foto «costruita» che doveva avallare la tesi ufficiale sulla tragedia e il simbolico fotomontaggio della protogalassia (nuvola di idrogeno) scoperta da poco da Martha Hagnes e Riccardo Giovannelli.

Si dimostra così che non è sempre esatto il termine fotografico nel senso figurato di «fedele alla realtà», talvolta con una sfumatura di minuziosità e avidità.

Fotografia sportiva

È nata e si è sviluppata sulla scia del fotogiornalismo e della cronofotografia, cioè della ripresa di oggetti in movimento ossia della fotografia istantanea. Essa prelude perciò il cinema e differisce da quella degli idoli dello sport che nei vecchi archivi figurano in posa ma ciononostante finiscono per diventare celebri. Le prime immagini attuali risalgono al 1877.

Fotografia pubblicitaria

Si tratta per lo più di fotografie per la rivista di moda sia maschile che femminile (Vogue, Esquire, Mademoiselle e altre riviste americane). Bruce Weber è stato il primo a fotografare l'uomo come oggetto sessuale e idolo della bellezza. Seguendo la sua scuola, anche Herb Ritts è riuscito a creare immagini statuarie, mitologiche facendo accettare il nudo maschile nella fotografia moderna; egli ha iniziato nel 1979 rivoluzionando la fotografia pubblicitaria (oggi guadagna fino a 10.000\$ al giorno). Fotografo di Cher nel film «Sferzato dalla luna», autore della copertina dell'album di Madonna true blue e della foto di Brigitte Nielsen distesa su una spiaggia dentro una rete da pesca, è famoso per convincere le celebrità più inavvicinabili a recitare, spogliarsi, saltare e volare davanti al suo obiettivo. Le sue fotografie sono sensuali ed esplicite. Anche quelle ossessionate e tormentate di Robert Mapplethorpe hanno mutato l'uso della fotografia nella pubblicità¹⁴.

Anche il «Calendario Pirelli 1990» appartiene a questo gruppo. Esso riporta gli splendidi modelli in competizione (corrono, saltano, lottano); il loro movi-

mento fissato, in bianco e nero, nell'attimo di massima tensione dei corpi. Autore: Arthur Elgozt¹⁵. Il calendario 1990 per la rivista Max riporta a sua volta dodici modelle fotografate da Helmut Newton, raffinato artista dell'erotismo, maestro della seduzione in immagini e anche il più costoso fotografo del mondo.

Protezione legale della fotografia

La legge sancisce che ciascun cittadino ha il diritto di impedire che venga fatto da altri uso improprio delle sue immagini attraverso fotografie, ritratti, riprese televisive, ecc. Si tratta di uno dei diritti inviolabili della persona umana. È questo un altro aspetto dell'attività fotografica.

L'art. 10 del C.C. dice: Qualora l'immagine di una persona sia stata pubblicata fuori dai casi in cui l'esposizione o le pubblicazioni è della legge consentita, ovvero con pregiudizio al decoro o alla reputazione della persona stessa o dei congiunti, l'autorità giudiziaria, su richiesta dell'interessato, può disporre che cessi l'abuso, salvo il risarcimento del danno.

Secondo l'art. 97 della legge sul diritto d'autore (1.22.4 1941) n. 633, d'altra parte, non occorre il consenso della persona ritratta solo quando la produzione dell'immagine è giustificata dalla notorietà o dall'ufficio pubblico coperto da necessità di giustizia o di polizia, da scopi scientifici didattici o culturali o ancora quando la riproduzione è collegata a fatti e avvenimenti di pubblico interesse¹⁶.

L'inesatta considerazione di queste norme ha dato luogo spesso a incresciose situazioni sfociate qualche volta in atti di violenza da parte della persona fotografata.

Un nome, Paparazzo preso da un personaggio del film "La dolce vita" di Fellini e assunto poi a simbolo dei fotografi di assalto. Un torto del giornalista Santi Urso accompagna la fotografia di Berry Mekinley, per un servizio esclusivo che illustra le nuove tendenze sulla moda, e racconta, tra segreti e curiosità, la storia di quei cacciatori di immagini proibite¹⁷.

Si veda anche l'osservazione di M. Jacobacci e la risposta di E. Scalfari sul venerdì di Repubblica n. 94 del 24.XI. 1989 pag. 16 a proposito delle fotografie scattate al matrimonio del giocatore di calcio Maradona.

Va ricordato a questo riguardo il saggio di Carlo Brogi sull'arte del ritratto fotografico (è conservato presso i Frat.lli Alinari). Insieme al Mantegazza egli fece proposte per le tutele del diritto d'ombra sorretto dall'appoggio di buona parte di fotografi italiani.

Congresso di fotografi italiani del 1898 nel quale si discusse in particolare il diritto di autore, cioè sulla tutela della fotografia perché opera di ingegno, e più importante, nel 1899, si è parlato delle fotografie nelle scuole, di studi e ricerca di carattere etnografico, di studi delle tradizioni popolari.

Caso recente: Sentenza favorevole a Liz Taylor per i «creativi» della Troost

Campell Ewald (azienda bergamasca) che aveva sfruttato l'immagine della T. (compagnia pubblicitaria che la ritrova in abili incollati su un fotogramma del film «La gatta sul tetto che scotta»): ha avuto 200 milioni¹⁸. sentenza dell'ottobre 1987, finalmente ribadita dal recente giudizio d'appello.

L'insegnamento della fotografia

La tecnologia fotografica ha liquidato, o completamente trasformato, il lavoro del progettista per la stampa con il torchio delle immagini, del litografo storico, del calcografo, dello xilografo, del miniaturista, del tipografo, dell'illustratore dei libri, del selettore manuale dei colori per la stampa, del disegnatore dal vero per i giornali, del lucidatore d'immagini ottiche; ha fatto sorgere un nuovo tipo di giornale illustrato, ha radicalmente trasformato il ciclo di produzione dei quotidiani, ha creato la grande editoria delle dispense da edicola e dei fotolibri.

Negli ultimi quindici anni la fotografia ha liquidato prima il tipografo storico, il «compositore», poi il linotipista.

Ed è ancora la fotografia quella che contribuirà in maniera alternativa allo sviluppo della nuova editoria elettronica.

Questa è realmente la fotografia che ha radicalmente cambiato la cultura.

Quante scuole si preoccupano di insegnare almeno i rudimenti di una tecnologia che permea tutta la nostra vita culturale e civile? Molte sono le scuole pratiche, ma scarsi gli istituti governativi preposti allo scopo. Per l'Università, già nell'1866 Luigi Groppi sosteneva l'urgenza di una cattedra di fotografia sugli esempi di Vienna, Parigi, Gand. Ed infatti all'estero numerosi sono gli istituti superiori che se ne occupano attivamente. Basti ricordare l'esempio dell'E.T.H. di Zurigo dove hanno insegnato Eggert, Tomamichel e i numerosi istituti che figurano dagli atti del congresso ISIS di Dresda di quest'anno. Scarso invece l'insegnamento fotografico nelle Università italiane. Da un'indagine da me effettuata, scarso è del resto anche l'insegnamento della Fotochimica e la sua cultura tra i laureati italiani nonostante la presenza del G.I.F..

Per quanto riguarda Padova e Bologna si ricorderà il corso tenuto nel 1968 da F. Tomamichel e G. Pasini costituito da una parte teorica, che dava le basi necessarie alla comprensione dei vari stadi del processo fotografico e alla loro interpretazione chimico-fisica, affiancato da esercitazioni pratiche che coprivano praticamente tutti i processi convenzionali della fotografia in bianco e nero e a colori. Si ricorderanno inoltre gli insegnamenti che erano previsti per la Facoltà di Chimica Industriale di Venezia: Elettronica, Elettronica applicata, Conduzione elettronica, Interferenza e Dispersione della luce, Microonde, Laser, Ottica elettronica, Scienza della Fotografia e Olografia. Riproduzione delle Immagini, Fotochimica, Chimica e conservazione delle Opere d'Arte. Tutti i corsi in stretto rapporto con la Nuova Fotografia.

Per concludere questo paragrafo, desidero ricordare l'articolo di A. Girardi, il corso sul Linguaggio fotografico tenuto da F. Fontana a Venezia, e quello «La scrittura fotografica» di L. Termine a Torino, molto diffuso nella scuola di Perfezionamento e La Didattica della Fotografia in Italia e Paesi del Terzo Mondo di M. Marzot¹⁹.

Archivi (fototeche) e Musei di Fotografia

Sono molto utili per l'insegnamento e l'apprendimento della fotografia e per l'esatta comprensione di che cosa sia effettivamente la fotografia nei suoi aspetti scientifici ed artistici.

Ne esistono e nei centri più piccoli e con finalità diverse. Mi piace ricordare quello famoso degli Alinari.

La fototeca 3M a Ferrania, un'iniziativa 3M Film e servizio di grande interesse culturale ed educativo inteso a consentire a privati, aziende o enti pubblici, produttori di comunicazioni visive di ricercare, liberamente e gratuitamente, tra le fotografie di un archivio limitato ma d'alto livello qualitativo.

Da ricordare infine la recente proposta di un museo di Fotografia contemporanea effettuata da Ken Damy mediante una mostra internazionale itinerante in varie città italiane, partendo da Fermo (AP, luglio 1989).

Conservazione e restauro delle immagini

Le fotografie sono sotto continuo rischio di attacco di vari contaminanti. Sebbene alcuni processi fotografici dimostrano eccezionale stabilità, nessuno di essi è assolutamente resistente a tutte le condizioni ambientali. Il collezionista dovrebbe conoscere le sorgenti potenziali di degradazione allo scopo di escludere dalle sue raccolte²⁰. Nel Forum sulle «Nuove professionalità e conservazione di beni Culturali», tenutosi a Firenze il 26/3/1988, il Prof. Enzo Ferroni ha sottolineato il contributo interdisciplinare che la fisica, la chimica, la biologia, la metallurgia, l'informatica possono dare ai tre obiettivi essenziali: prevenzione, conservazione, restauro di detti beni ed ha messo in evidenza una sequenza di esigenze professionali anche a livello quantitativo, che potrebbe essere correlata a nuovi posti di lavoro.

Se si sapesse conservare, non ci sarebbe bisogno di restaurare, egli ha affermato. Non sapendo conservare, ogni intervento di restauro diventa più complesso, di maggiore durata, di costo più elevato. È evidente, pertanto, l'opportunità di attutire la velocità di degradazione sul tempo, cioè di ritardare — in senso petrarchesco — il trionfo del tempo. Immediato l'accostamento alla prassi gerontologica sintomatologicamente cioè di attribuire gli effetti, tenendo presente

che la cronicità della malattia rende irreversibile il decorso²¹.

L'enorme proliferazione della tecnologia dell'immagine, alla quale ho accennato all'inizio dell'articolo, ha dato formidabili possibilità al conservatore delle fotografie e all'archivista di preservare quelle immagini di valore d'archivio che sono state ottenute con i vari metodi. Il prossimo simposio (giugno 90) della SPSE a Rochester si propone di fornire le più recenti informazioni nella conservazione delle immagini.

Il contributo della Scuola del Prof. Arturo Miolati

Prima di chiudere questa parte dell'articolo dedicato alla Fotografia classica, è doveroso ricordare l'opera svolta dalla scuola di Padova nata per interessamento ai problemi della Fotochimica per opera del Prof. Arturo Miolati, direttore dell'Istituto di Chimica Fisica della locale Università dal 1917 al 1937.

Già nel 1928 vi si preparavano, con ottimi risultati, vari sensibilizzatori del gruppo della carbocianine per lastre fotografiche infrarosse destinate alla fotografia oltre la nebbia per scopi aerofotografici di interesse militare, si dotava la biblioteca dell'istituto di libri e riviste di carattere fotografico. Molti ricordano ancora le magnifiche fotografie ottenute dal Prof. E. Viterbi, assistente del Miolati, delle Prealpi visibili da Padova ed il corso di chimica Fotografica del Viterbi a partire dal 1932. Il Viterbi studiò inoltre gli sviluppi a grana fine e le loro applicazioni alla spettrografia (1928-29), nuovi filtri per l'U.V. (1934) e l'impiego della fotografia infrarossa in ricerca di anatomia (Tonzig e Viterbi, 1934).

Nel periodo 1934-36, l'autore di questo articolo, ospite del prof. R. Mecke all'Università di Heidelberg, ebbe l'occasione di compiere alcune esperienze che gli permisero di proporre un meccanismo per l'azione dei sensibilizzatori fotografici per il rosso e l'infrarosso.

Dal 1959 è l'inizio della collaborazione mia e del Prof. U. Mazzucato con la soc. Ferrania tramite il lavoro dei Dott. G. Ajmar e P. Bassignana, e del 1961 quella con il laboratorio di Fotografia scientifica dell'ETH di Zurigo, diretto prima dal Prof. J. Eggert e poi dal Prof. W.F. Berg.

Queste collaborazioni portarono, tra l'altro, alla possibilità di organizzare due congressi internazionali, l'uno a Torino (1963) di Fotografia generale e l'altro a Bressanone (1967) di sensibilizzazione spettrale e alla pubblicazione dei relativi atti in due volumi della Fokal Press diretta dal Berg.

Dal 1968 è la fondazione a Bologna, dove il sottoscritto si era trasferito, del laboratorio poi Istituto, di Fotochimica e Radiazioni di Alta Energia del C.N.R. italiano, una sezione del quale era diretta prima a Padova e poi a Perugia dal Mazzucato. Molto attiva è ancora l'attività del laboratorio di Perugia mentre si è andato esaurendo quella di Padova e di Bologna.

Del 1970 è infine un tentativo, ben presto abortito, di fondare presso la Fa-

coltà di Chimica Industriale dell'Università di Venezia di una scuola di Fotografia moderna e di Scienza e Tecnologia dell'Immagine.

La Scuola di chimica del Prof. Arturo Miolati di Padova si preoccupa che il lavoro di pioniere della fotografia italiana moderna del suo fondatore non venga presto seppellita dal velo dell'oblio.

La Scienza e la Tecnologia dell'Immagine - La Nuova Fotografia

Per la commemorazione del 50esimo anniversario della fondazione della Divisione di Ricerca della Kodak, a Harrow, T.H. James, ha passato in rassegna i cambiamenti della scienza fotografica tra, il 1928 e il 1978. I soggetti considerati comprendevano: sensitometria, riproduzione delle tonalità e struttura dell'immagine, sensibilità e formazione dell'immagine latente, sensibilizzazione spettrale e sviluppo. Ho creduto opportuno completare la tabella del James con risultati da recenti congressi, primo tra i quali quello di Est-Ovest del 1988, dedicato alla memoria del Prof. W.F. Berg.

Il confronto è quanto mai interessante e giustifica le preoccupazioni recenti della SPSE di trasformarsi nella Imaging Science and Technology in vista dei rapidi cambiamenti che si vanno effettuando.

L'era attuale è quella dell'esposizione delle informazioni; elemento fondamentale di essa è l'Immagine e la sua riproduzione. Essa viene definita come insieme bidimensionale di informazioni, significativo per il nostro senso della visione; è pertanto una registrazione illustrata, in contrasto ad una registrazione via testo, cioè scritta o stampata.

Nuovi tipi di informazione di questo tipo compaiono a velocità rapidamente crescente. Oggi, le tecnologie ad immagine più comuni sono: 1, la fotografia (basata sull'impiego degli alogenuri di argento), 2, le arti grafiche; 3, il videonastro; 4, l'elettrofotografia. Altre tecnologie ad immagini che si stanno sviluppando comprendono: 5, l'elettronica digitale (disco magnetico od ottico); 6, l'elettromeccanico; 7, il termico. Di ognuna di queste categorie esistono molte varianti della tecnologia di base.

Per quella fotografica, ad esempio, si è parlato delle immagini in bianco e nero, di quelle a colori, a schermi colorati, a rilievo lenticolari e pigmentate.

Di tutte si tratterà in occasione del III° Simposio sulla conservazione delle immagini che si terrà per iniziativa della S.P.S.E. e di una serie di convegni previsti per il 1990 su iniziativa della S.P.I.E. (The International Society Optical Engineering e della S.P.S.E. (The Imaging Science and Technology). La prima di queste due Società si è fatta inoltre promotrice della pubblicazione degli atti del Simposio S.P.I.E./S.P.S.E. sui dispositivi e sui sistemi avanzati di Immagini Eletttroniche tenutosi nel gennaio 1989 a Los Angeles.

Il termine «Scienza dell'immagine» (scienza della riproduzione o della visua-

lizzazione delle immagini) racchiude un nuovo concetto che comprende:

- 1 - L'Ottica: crea l'immagine «aerea».
- 2 - La Fotografica: registra l'immagine in forma permanente: la riproduzione (o raffigurazione) fotografica. In essa sono compresi lo studio dei meccanismi, della sensibilità, della resa quantica, della riproduzione dei toni, dei procedimenti di stampa.
- 3 - I sistemi elettronici di riproduzione delle immagini: TV-facsimile-trasmissione delle immagini.
- 4 - L'Analisi delle immagini: elaborazione con metodi ottici, digitali, elettronici. Codificazione, capacità di identificare una sistematicità (pattern recognition).
- 5 - L'ottica fisiologica e psicologica: visione (pattern recognition), effetto fisiologico e psicologico provocato dalle immagini.

Questi cinque campi sono interconnessi sulla base del senso della visione e di un comune sottofondo matematico: la teoria del «transfer» e la teoria dell'informazione. Si tratta di un soggetto veramente interdisciplinare che amplia notevolmente quello insito, come si è detto, nella fotografia storica.

L'articolo di G. Alfonsi: «La terra vista dallo spazio illustra anche ai profani come stanno cambiando gli strumenti dell'informazione digitalizzata. In esso figurano i fantastici panorami fotografati dal satellite (Foto Nasa-Overscas) a 20 anni dallo sbarco lunare; l'immenso delta del Gange, assemblato dal computer, l'isola Kjusju con Nagasaki, la catena dell'Himalaya, l'isole Maldive, il Kilimangiaro, la confluenza del Rio delle Amazzoni con il Rio Jurna, il Volga.

Il libro diventa elettronico e il giornale sarà personalizzato.

Qualcuno parla di terza grande tappa nella storia dell'invenzione umana in questo settore, dopo quello della scrittura e della stampa.

Ed, infatti, il computer può essere utilizzato per modificare immagini fotografiche.

Al Summer Electronic Show, tenutosi a giugno a Chicago, la Sony e Cannon ha presentato la nuova macchina fotografica senza pellicola (still camera): le immagini vengono registrate in forma digitale su un dischetto più piccolo di quelli per computer, capace di 50 foto e riutilizzabile più volte; con un adattatore non molto costoso, possono essere viste sul televisore²².

Un simposio sarà organizzato dalla Società per la Scienza e Tecnologia dell'Immagine per l'insegnamento e allo scopo di esplorare i bisogni presenti e futuri di personale specializzato per la rivoluzione in corso in questo campo.

Possibilità di lavoro (occupazione)

Varie riviste di fotografia informano adeguatamente sulle possibilità di lavoro che si offrono agli esperti di questa arte. Così, ad esempio, il numero di giugno 1989 del J. Imag. Techn. segnala i seguenti posti disponibili: chimico dello svi-

luppo fotografico, fisico per arti grafiche, chimico fotografico, ingegnere fotografico, ingegnere di sviluppo avanzato. Offrono lavoro, invece, elettrofotografo, scienziato ingegnere fotografo, insegnante, tecnico, scrittore.

La stampa italiana recente dà notizia di un disegno di legge del Ministro dei Beni Culturali per la catalogazione del patrimonio. È prevista la realizzazione di una mappa dei monumenti a rischio, il riordino degli archivi e la numerazione a tappeto dei tesori. L'inventario renderà più facile il ricupero ed il restauro.

Largo campo di attività si offre così ai fotografi, tanto che si è tanto parlato di una proposta del Ministero di arruolare 2000 militari per fotografare il nostro patrimonio artistico.

Naturalmente, in aggiunta a quanto si è detto nel paragrafo sull'insegnamento della fotografia, anche in questo caso vale quanto ha detto il Ministro Ruberti sulla carenza di figure professionali adeguate; siamo un paese poco preparato, investiamo troppo poco sulla formazione.

Citazioni bibliografiche

- 1) J. Eggert, *Lehrbuch der physikalischen Chemie, in elementarer Darstellung*, Stoccarda, 1968, pp. 858-62.
- 2) H.J. Walls, G.G. Attridge, *Le basi scientifiche della Fotografia. Ottica, chimica, fisica*, Roma, 1979, 430 pp.
- 3) F. Tomamichel, G. Pasini, *Corso di Fotografia scientifica: appunti di lezione*, Università di Padova e Bologna, 1968, 145 pp.
- 4) G. Pasini, *Fotografia*, Encicl. intern. Chimica V, 130-39, 1972.
- 5) A.S.H. Craeybeckx, *Manuel de Photographie*. Gevaert, 1959, Mortsel-Anvers Belgio, 499 pp.
- 6) J.W. Mitchell, *J. Imag. Sci.*, 33, 103-14 (1989).
- 7) A. Feininger, *Il libro della fotografia a colori*, 1982, Garzanti ed., 286 pp.
- 8) *J. Imag. Sci.*, 33, 2, marzo-aprile 1989, 4 A, 37.
- 9) «Stars and Galaxies»: edita da «The Planetarium», per conto dell'Anglo Australian Telescope Board.
- 10) 3M-Italia, *Manuale per Arti Grafiche*, 1968.
- 11) Suppl. settim. ill. *Corriere della sera*, n. 26, dell'8.7.1989, pp. 25-28.
- 12) F. Lefèvre, *Il Venerdì* de «La Repubblica», n. 26 del 7.7.1989.
- 13) C.H. Blazgnez, *J. Imag. Techn.*, 15, 163-88 (1989).
- 14) Suppl. illustr. *Il Venerdì* de «La Repubblica», n. 68, 7.IV.1989, pp. 30-33.
- 15) *L'Espresso*, 5.XI.1989, 30-33.
- 16) Nicoletta Contardi, *Donna Moderna II*, n. 18, 9.V.1989.
- 17) M. Bardini, *Suppl. illustr. Settim. del Corriere della Sera*, 21.X.1989, p. 87.
- 18) «Visto», 9.XI.1989, pp. 8-10.
- 19) M. Marzot, *Corriere della sera*, p. 93.
- 20) E. Ostroff, Curator of Photography, Smithsonian Institution, Washington D.C., *Preservation of Photographs*, *Photogr. J.*, ottobre 1967, 309-14.
- 21) E. Ferroni, *Il contributo della scuola per una più corretta educazione della conservazione della natura e dell'opera dell'uomo*. XI Congr. distrettuale del Rotary International, Salsomaggiore Terme, 3-5.VI.1988. *Conservazione e restauro dell'opera d'arte*. *Cronache di chimica*, n. 6.
- 22) «Oggi», XLV, n. 24, del 14.6.1989.

Isaia Iannaccone

Istituto Universitario Orientale, Napoli:

Dipartimento di Studi Asiatici

Il fondamentale lavoro di Xu Shou (1818-1884) nella storia della chimica in Cina

Introduzione

In un precedente lavoro ho messo in evidenza il ruolo di Xu Shou nel complesso e travagliato tentativo di razionalizzare la trascrizione della nomenclatura chimica in caratteri cinesi, tentativo che, iniziato negli ultimi decenni del XIX secolo, è perdurato sino ad epoca moderna¹.

Il personaggio di Xu Shou, ben apprezzato in Cina, è invece praticamente sconosciuto sia agli storici della scienza che ai chimici occidentali né di lui si parla nei testi che pur dovrebbero spiegare il variegato divenire della Scienza e dei suoi protagonisti².

L'abituale disattenzione ai contributi fondamentali di cui la Scienza è debitrice nei confronti del mondo asiatico ed in particolare della Cina, mi ha esortato a presentare questo lavoro; esso si prefigge lo scopo di far conoscere la vita e l'opera di un pensatore e scienziato che riuscì a creare un ponte culturale tra l'Occidente e la Cina in un momento storico estremamente difficile in cui oltre alle nuove discipline tecnico-scientifiche, le potenze europee esportavano in Cina la guerra e il colonialismo.

Nel periodo in cui Xu Shou fu attivo, la Cina subì numerose e radicali trasformazioni. Il vecchio ordinamento politico-amministrativo a carattere imperiale si rivelava incapace di affrontare l'epoca moderna rappresentata, nella Cina di fine secolo, dall'ombra dei cannoni europei. La dissoluzione dell'impero si consumò in pochi decenni caratterizzati dallo scontro con le potenze occidentali e dall'intensificarsi dei tentativi autoctoni di ammodernamento soprattutto in campo militare. In questo quadro sono da collocarsi i numerosi progetti di riforma che prevedevano, oltre alla riorganizzazione imprenditoriale (che però favorì soltanto i grandi burocrati), anche l'introduzione della «dottrina occidentale» in Cina sotto le vesti di armi e strumenti tecnici, l'acculturazione di alcuni funzionari nelle lingue europee, la formazione di personale cinese sotto la guida di tecnici occidentali, le traduzioni di testi scientifici. Dal 1860 in poi, la storia della Cina è praticamente connotata dalla istituzionalizzazione della presenza straniera in Cina.

La vita di Xu Shou fu strettamente intrecciata con gli avvenimenti storici cinesi e proprio l'impegno di uomini come Xu Shou, in cui l'atteggiamento positi-

vo volto alla conoscenza del «nuovo» si coniuga ad una visione di una scienza cinese autonoma che questo «nuovo» poteva elaborare ed arricchire, ha reso possibile alla Cina l'ingresso nell'era moderna.

La vita e le opere di Xu Shou

Xu Shou naque nel 1818 a Wuxi nella provincia del Jiangsu, il suo secondo nome era Xuecun. Le fonti cinesi definiscono come «modeste» le sue origini e piuttosto travagliata la prima parte della sua vita³. La morte del padre, avvenuta quando Xu Shou era un bambino di 5 anni, rese ancora più incerta la posizione economica della famiglia e i pochi particolari giuntici sugli studi del giovane Xu confermano un'esistenza non facile. Difatti, si ha notizia che quando nel 1850 giungono nella regione le armate rivoluzionarie dei Taiping⁴, ormai trentaduenne Xu sta ancora studiando per superare gli esami da ufficiale dell'esercito; gli sconvolgimenti politici del tempo e una maturazione di interessi al di fuori del campo militare gli fanno cambiare indirizzo, tant'è che nel 1855 egli supera gli esami per diventare letterato.

La vita di Xu Shou sembra avviarsi ad un'esistenza routinaria, ma proprio poco dopo la sua entrata in carriera di funzionario statale (la data precisa non è certa) un'esperienza culturale catalizza i suoi interessi verso mete ambiziose e mette in evidenza come egli covasse idee di rinnovamento e di cambiamento non solo sul piano personale ma anche nei riguardi del suo Paese. Incuriosito dalle notizie sulle scienze occidentali e sulle pubblicazioni che all'epoca cominciavano ad apparire in Cina a tale riguardo, egli si reca a Shanghai alla ricerca di un decantato libro in lingua cinese di Benjamin Hobson, il *Bowu Xinbian* (Nuovo Trattato di Scienze Naturali). Quest'opera riveste una grande importanza nella storia degli scambi scientifici tra l'Occidente e la Cina giacché per la prima volta vengono presentate con rilievo in lingua cinese le più recenti acquisizioni della chimica come disciplina autonoma; difatti, questa materia viene trattata in modo sistematico alla stessa stregua ed indipendentemente dalle altre materie illustrate nel libro come l'astronomia, la zoologia, la fisica e la meteorologia. Ad esempio, vi si citano 56 elementi chimici e l'elenco è da considerarsi aggiornato per le conoscenze dell'epoca, soprattutto se si considera che quando Mendeleiev portò a termine la sua classificazione nel 1869 gli elementi noti erano 65. Va aggiunto, per inciso, che B. Hobson era un medico inglese giunto in Cina nel 1839 e che il suo «Bowu Xinbian» fu pubblicato nel 1855.

L'influenza di questo testo e l'ambiente culturale di Shanghai furono determinanti per la formazione di Xu Shou e per la maturazione di una mentalità scientifica che privilegiasse l'aspetto sperimentale su quello nozionistico; difatti, grazie al *Bowu Xinbian*, Xu apprese per la prima volta la Chimica e ne rimase talmente influenzato che al suo ritorno a Wuxi iniziò a fare delle esperienze di laboratorio

seguendo il ricettario del libro.

A questo punto, gli interessi e la vita di Xu Shou si intrecciano con gli interessi e la vita della Cina. Lo scontro con le potenze occidentali risoltosi con i «Trattati Ineguali» in cui la nazione cinese, perdendo la giurisdizione su interi suoi territori, concedeva mortificanti tributi agli invasori, rese estremamente fervido il clima intellettuale⁵. Numerosi funzionari e rappresentanti del ceto colto avevano individuato nell'arretratezza tecnologica militare il motivo principale delle sconfitte inferte dalle potenze europee le quali, invece, ostentavano una potenza bellica moderna, efficace, micidiale. Prese quindi corpo un vasto movimento politico che suggeriva di abbandonare la tradizione e dar vita ad un «autorafforzamento» che avrebbe messo in breve tempo la classe dirigente cinese al passo con i tempi coinvolgendo non soltanto l'aspetto militare ma l'intero sistema produttivo del Paese. È in questo clima di cambiamento che si rese imporogabile in Cina, e con priorità, l'introduzione delle scienze e delle tecnologie occidentali che sembravano essere il fondamento della supremazia dei nemici. Nell'ottica del rinnovamento tecnico-scientifico, il lavoro di Xu Shou non conobbe soste ed egli cominciò un serrato confronto con gli altri intellettuali cinesi mettendo in mostra volontà, tenacia e grandi capacità organizzative.

Quando nel 1862 l'imperatore Tongzhi diede via libera al Ministero degli Affari Esteri (*Zongli Yamen*) per creare un sistematico programma per la traduzione dei testi scientifici occidentali e fra essi anche quelli di chimica come *Guide de Chimie* ed *Explication des Principes de la Chimie* di A. Billequin editi rispettivamente nel 1873 e nel 1883 con i titoli *Huaxue Zhinan* e *Huaxue Chanyuan*⁶.

Nel frattempo, il lavoro di Xu Shou riceveva numerose manifestazioni di stima da parte di intellettuali e politici; fra essi l'inglese John Fryer, che lavorava come esperto linguista presso la *Jiang nan zhizhao zongzhu* (Ufficio di Prodotti Meccanici) di Shanghai addetta all'acquisto di macchinari stranieri, e che Xu Shou aveva conosciuto nel suo precedente viaggio fatto proprio per reperire i nuovi testi scientifici, ebbe ad affermare che gli esperimenti condotti da Xu sulla falsariga di quelli suggeriti dal libro *Bowu Xinbian* (v. sopra), erano di gran lunga più avanzati del testo stesso⁷. L'eco dell'impegno di Xu Shou sul fronte dell'«autorafforzamento» giunge in tutti gli ambienti deputati, e più nutriti si fanno gli scambi e i confronti tra Xu e gli altri intellettuali. Nel 1826 l'imperatore Tongzhi dà la responsabilità al suo primo Ministro Zen Guofan⁸ di fargli conoscere i più eminenti studiosi di scienza cinesi; Zen Guofan Propone 8 tra i più noti intellettuali dell'epoca e fra essi figura Xu Shou. A quest'ultimo e a Hua Henfan (1833-1902) l'imperatore ordina di recarsi ad Anqing (una città sullo Yangzi, nella provincia dell'Anhui) per sovrintendere alla costruzione del primo battello a vapore cinese; l'imbarcazione viene effettivamente costruita e varata con il nome di *Huanghu* (Uccello Giallo), fra le sue caratteristiche, oltre alla solidità c'è da annotare che era capace di raggiungere una velocità pari a 40 Km/h.

Nel 1867 Xu Shou, ormai famoso, ritorna a Shanghai e riannoda i legami

di collaborazione con John Freyer lavorando assieme all'inglese nell'ufficio delle traduzioni della compagnia che si occupava di acquisto di macchinari. Ha inizio in questo momento il periodo più fecondo della produzione di Xu che, quarantanovenne, ha ormai una solida esperienza professionale e gode di stima ed appoggi. In 17 anni di studio egli traduce 13 libri scientifici occidentali e, tra essi, ben 6 sono di chimica. Eccone l'elenco:

- 1) *Huaxue jianyuan*(Principi Fondamentali di Chimica), 6 volumi;
- 2) *Huaxue jianyuan xubian* (Continuazione dei Principi Fondamentale di Chimica), 24 volumi;
- 3) *Huaxue bubian* (Completamento dei Principi Fondamentali di Chimica). 7 volumi;
- 4) *Huaxue kaoji* (Analisi Chimica Qualitativa), 8 volumi;
- 5) *Huaxue qiushu* (Analisi Chimica Quantitativa), 8 volumi;
- 6) *Baozang xingyan* (I Minerali Preziosi Noti), 12 volumi.

I libri di Xu Shou sono i primi editi dall'Accademia Cinese ed hanno una vasta diffusione divenendo molto popolari. La collaborazione tra Xu e J. Freyer, così proficua, si avvale di un metodo di lavoro pratico ed efficace: assieme traducono concetti e termini e successivamente Xu Shou li adatta alla particolare lingua cinese, inventando una terminologia nuova ed una nomenclatura originale che si avvale dell'efficacia simbolica dei caratteri cinesi. Nasce così un linguaggio scientifico nuovo che, soprattutto per quanto riguarda la chimica, sarà la base per tutte le successive rielaborazioni.

L'organizzazione della nomenclatura chimica ideata da Xu Shou per la lingua cinese risultò semplice e razionale e mise ordine alla grande confusione che regnava sino ad allora nel campo delle traduzioni scientifiche. Il metodo di Xu si avvaleva di una geniale intuizione che attribuiva ad ogni elemento chimico un carattere formato da una parte fonetica che richiamava la prima sillaba dal suo nome europeo ed una parte significante che ne indicasse, cioè, l'appartenenza ad una delle seguenti quattro categorie⁹:

- Metallo;
- Non Metallo;
- Liquido;
- Gas.

Nel precedente lavoro cui ho già fatto riferimento (v. n. 1) ho dato una visione panoramica del contributo dato da Xu Shou per quanto riguarda la trascrizione in caratteri cinesi della nomenclatura chimica; rimando a quel lavoro per ulteriori

approfondimenti riservandomi, però, di citarne in appendice al presente articolo un tabella riassuntiva (tab. 1); va però ricordato che l'organizzazione della nomenclatura chimica viene affrontata per la prima volta sistematicamente in Cina proprio da Xu Shou nel primo dei suoi libri che abbiamo elencato che venne pubblicato tra il 1870 e il 1872 ed ebbe grandissima diffusione. Fra i 64 elementi ivi citati, vengono inventati per la prima volta in lingua cinese i nomi degli elementi: Na, K, Mn, Ni, Co, Zn, Mg, Ca; i caratteri di questi elementi sono ancora oggi utilizzati così come li ideò Xu Shou. Alcuni dei simboli chimici proposti da Xu Shou sono stati trasformati ma non ne è stata modificata la metodologia di scrittura, anzi, quegli elementi già noti in Cina per i quali per i quali Xu aveva conservato la scrittura cinese tradizionale sono stati trasformati recentemente per uniformarli a tutti gli altri, datandoli, cioè, di una parte fonetica e di una significante, proprio secondo il sistema inventato da Xu Shou¹⁰.

Per quanto riguarda la coniazione in lingua cinese delle formule e dei composti chimici, Xu Shou suggerì diversi metodi che si rivelarono, nel tempo, di difficile utilizzazione; ad esempio, per molti composti Xu Shou lasciò il nome tradizionale e per i radicali organici ricorse al complicato procedimento di utilizzare caratteri che richiamassero foneticamente la loro pronuncia in lingua inglese. Questi sistemi furono progressivamente trasformati o abbandonati ma si rivelano fondamentali punti di partenza per le successive elaborazioni.

L'epoca delle traduzioni di opere scientifiche occidentali in lingua cinese è soprattutto quella che va dal 1860 al 1880 che è il periodo più fecondo anche per il lavoro di Xu Shou. In questo ventennio si moltiplicano le edizioni che riguardano ogni campo del sapere e con l'aumentare delle traduzioni aumenta anche la confusione tra i nuovi vocaboli coniat. Sembra questo un aspetto necessario della generosa epopea linguistica cinese da cui sono emerse, nonostante le difficoltà, nuove terminologie e nuove metodologie di approccio alle traduzioni. Questa esperienza linguistica, per vastità e complessità, può essere paragonata nella storia cinese soltanto a quella analoga che si rese necessaria, dal primo secolo della nostra era in poi, quando, con l'introduzione del buddismo in Cina, bisognò inventare un nuovo vocabolario tecnico che permetteva la traduzione del canone buddista e della letteratura sacra ad esso connessa.

Nel 1875 Xu Shou fonda a Shanghai la *Gezhi Shuyuan* (Scuola Pratica), una scuola di specializzazione tecnica in cui si insegnava, fra le altre discipline, la Chimica; alcuni laboratori di analisi permettevano un approccio sperimentale a questa materia; la scuola divenne ben presto un centro attivo in cui si alternavano numerose personalità della cultura come conferenzieri. Xu Shou diede anche vita ad un mensile, *Il Gezhi huibian* (Raccolta di Documenti della Scuola Gezhi) che nel 1890 divenne trimestrale. Questa rivista, edita a cura di J. Freyer, divulga con intelligenza e sistematicità le conoscenze scientifiche occidentali e dal giugno 1890 pubblica periodicamente a puntate un complesso di articoli dal titolo *Jiangnan zhizao cong qu fanyi sishu shilue* (Note Biografiche Occidentali Curate dall'Uffi-

cio di Traduzioni del Sud dello Yangzi); questi articoli rivestono una tale importanza storica che molti di essi sono stati ripresi integralmente nel 1957 nella prima edizione del *Zhongguo jindai shiliao chubian* (Documenti Storici sulla Cina Moderna) dello storico Zhang Qinglu; questo dimostra che la scuola di Xu Shou e la sua rivista godono anche in epoca contemporanea di meritata fama. E difatti, si deve a Xu Shou e al suo infaticabile lavoro se la Chimica è entrata a pieno titolo nella cultura cinese e se, più in generale, le scienze sono state propagate nella maniera più corretta. In definitiva, l'opera didattica del chimico Xu Shou ha contribuito non poco a formare un alto livello di istruzione nel campo delle scienze sperimentali.

Il nome di Xu Shou appare più volte nel *Qing shigao* (Storia non ufficiale dei Qing); fra le tante notizie riportate da questo testo, spicca quella che gli attribuisce l'invenzione di un esplosivo a base di mercurio; per ironia della sorte, fu proprio la sperimentazione di un esplosivo, la nitrocellulosa, che provocò a Wuhan la morte del suo primo figlio Xu Qianyin (1845-1901); questi aveva inizialmente lavorato con il padre alle traduzioni e successivamente aveva ricoperto il ruolo di funzionario della ambasciata cinese in Germania. Il secondo figlio, Xu Huafeng, dopo aver fatto il correttore di traduzioni, diede vita ad una industria chimica che produceva sapone. Anche i due figli di Xu Shou vengono citati nel *Qing shigao*.

Note e bibliografia

17) Cfr. I. IANNACONE, *Trascrizione in caratteri cinesi della nomenclatura chimica: storia, problemi e prospettive*, in «Rendiconti dell'Accademia delle Scienze della XL», 1988, pp. 341-351.

2) L'eccezione più pregevole è costituito dal testo V. - J. C. ALLETON, *Terminologie de la Chimie en Chinois Moderne*, Paris 1966, pp. 39 - 40.

3) Cfr. CAO YUANYU, *Zhonguo huaxue shihua* (Storia della Chimica Cinese), Taipei 1984, p. 295.

4) La rivolta dei Taiping (1853-1864) ebbe origine nella provincia del Guandong nel sud della Cina ad opera di Hong Xuquan. Questi, intellettuale frustrato, figlio di contadini, influenzato dalla propaganda religiosa dei missionari protestanti, aveva fondato nel 1843 la «Società degli Adoratori di Dio»; questa setta, che poggiava le basi ideologiche sui concetti di fratellanza ed uguaglianza, fece presa su vaste masse popolari che vivevano ai margini della società e ai limiti della sopravvivenza in un periodo storico molto difficile per la Cina, in cui, oltre alla cecità della politica imperiale che privilegiava un assetto sociale rigidamente classista, l'arrivo degli Occidentali e gli scontri con essi avevano ancor più messo in evidenza contrasti e contraddizioni. Nel 1851 il movimento di protesta era cresciuto talmente e tanto grande era divenuta l'influenza e la potenza di Hong Xuquan, che i rivoltosi lo proclamarono imperatore di una fantomatico «Celeste Regno della Grande Pace» (Taiping Tianguo). Da quel momento ebbe inizio una marcia verso le province del nord delle milizie rivoluzionarie che, vittoria dopo vittoria sugli eserciti imperiali, si attestarono a Nanchino che proclamano capitale del nuovo Regno (1853). La rivolta fu domata nel 1864 (v. nota 8).

5) I trattati ineguali sono una serie di protocolli con le potenze occidentali che la Cina fu costretta a firmare dopo le sconfitte delle guerre dell'oppio. Essi sono così chiamati perché contengono clausole fortemente sfavorevoli alla Cina. A titolo di esempio, il 29 agosto 1842, dopo la prima Guerra dell'Oppio, il Trattato di Nanchino concluso con gli Inglesi, imponeva alla Cina l'apertura al commercio interno di cinque porti (fra cui Canton e Shanghai), la cessione alla Gran Bretagna di Hong Kong, il pagamento di indennità di guerra per una cifra spropositata (oltre 20 milioni di tael), l'abolizione di dazi ed altre misure che avrebbero favorito al massimo la penetrazione mercantile degli Inglesi, l'autodeterminazione giuridica degli occupanti sul territorio cinese. Il trattato di Nanchino fu il primo trattato ineguale ed inaugurò questa spregevole prassi protocollare che venne estesa negli anni seguenti anche dalle altre potenze occidentali venute in contatto con la Cina; esse si arrogarono il diritto di sancirne l'occupazione, facilmente conquistata con le armi, proprio con trattati del tenore di quello illustrato.

6) Cfr. I. IANNACCONE, *Trascrizione...., Op. Cit.*, pp. 342-343.

7) Cfr. CAO YUANYU, *Zhonguo...., Op. Cit.*, p. 291.

8) Zen Guofan (1811-1872), statista cinese di estrazione confuciana, aveva avuto un ruolo fondamentale nella repressione della rivolta dei Taiping; egli aveva reclutato un esercito di milizie padronali che gli occidentali avevano rifornito di istruttori e di armi. Le stragi compiute da questo esercito furono talmente enormi che ancora all'epoca della fondazione della Repubblica Popolare Cinese (1949) alcune regioni presentavano una popolazione più scarna rispetto a quelle non colpite dalla repressione dei Taiping.

9) Cfr. I. IANNACCONE, *Trascrizione...., Op. Cit.*, p. 343.

10) *Ibid.* p. 343.tab. 2.

Appendice I

SIGNIFICANTE	USATO PER:	ESEMPIO (significante+fonetico)		SIMBOLO
		CARATTERE	PRONUNCIA	
Oro 金	Metalli	錫	xin	Zn
		鎳	meng	Mn
		鈣	gai	Ca
Pietra 石	Non Metalli	砷	shen	As
		碳	tan	C
Acqua 氫	Liquidi	溴	xiu	Br
Aria 气	Gas	氦	hai	He
		氮	dan	N
		氯	lu	Cl

Tabella n° 1: schema della nomenclatura in lingua cinese degli elementi chimici ideata da Xu Shou (fine XIX sec.).

Da I. IANNAcone, *Trascrizione in caratteri cinesi della nomenclatura chimica: storia, problemi e prospettive*, in "Memorie di Scienze Fisiche e Naturali" dell'Accademia Nazionale delle Scienze detta dei XL, 1988, serie V, vol. XII, tomo II, parte II, pp. 341-351.

Appendice II

Caratteri cinesi da usare nel testo

A:

Anhui 安徽

Anqing 安慶

B:

Baozang xingyan 寶藏興源

Bowu xinbian 博物新編

G:

Gezhi huibian 格致匯編

Gezhi shuyuan 格致書院

H:

Hua henfan 華蘅芳

Huaxue bubian 化學鑿原補編

Huaxue chanyuan 化學鑿原

Huaxue jianyuan 化學鑿原

Huaxue jianyuan xubian 化學鑿原續編

Huaxue kaoji 化學考質

Huaxue qiushu 化學求數

Huaxue zhinan 化學指南

J:

Jiangnan zhizao cong qu fanyi sishu shilue 江南製造總局翻譯西書事略

Jiangnan zhizao zongzhu 江南製造總局

Jiangsu 江蘇

Q:

Qing shigao 清史稿

S:

Shanghai 上海

T:

Tong wen guan 同文館

Tong zhi 同治

W:

Wuhan 武漢

Wuxi 無錫

X:

Xu huafeng 徐華封

Xu qianyin 徐建寅

Xu shou 徐壽

Z:

Zeng guofan 曾國藩

Zhang qinglu 張靜虛

Zhongguo jindai shiliao chubian
中國近代史料初編

Zongli yamen 總理衙門

Paolo Manzelli
Laboratorio di Ricerca Educativa
Dipartimento di Chimica - Università di Firenze

Energia / Materia / Informazione

Summary

Modern science and technology are stimulating us to change our view of the world.

In this contemporary perspective we understand that some percentual foundations of science are becoming unintelligible.

Order-caos, probability ...etc... all require a deep reinterpretation, because those concepts are until now included into a "mechanical model" that is no longer consistent with the need of scientific and cognitive advancement i. e. consistent with emerging hystorical description of reality. Because changes of scientific thought affect all society and hence they have a profound implication on education, our Laboratory of Educational Research, is developing a strategy to explore new ways of creative thinking, starting with a critical debate on the fundamental relationships among Energy Matter and Information. In that context, the paper is improving some considerations about the concept of "ATOM" proposed by Epicurus, in contrast with Democritus.

Epicurus concept of Atom was based on the analogy between the minimum perceptible by sense and the minimum of the finite magnitude of the shape of atoms.

By means this analogy Epicurus connects the information derived by sense to the experimental proof of the existence of the atoms. Remembering this approach, that links subjective with objective conception in science, a more clear vision of the relationships among Energy, Information and Matter is supposed to grow up for a new conceptualization of science nowadays.

Premessa

Il nostro progetto di ricerca educativa sul tema "Energia/Materia ed Informazione" è iniziato in seguito alla considerazione che chimica e biochimica necessitano di una visione più unitaria dei loro fondamenti concettuali.

Il forte sviluppo delle biotecnologie conduce oggi la chimica ad uscire dal quadro tradizionale relativo ai processi di equilibrio per interessarsi maggiormente di fenomeni quali quelli metabolici e genetici le cui dinamiche di trasformazione

ne chimica sono situate al di fuori delle condizioni dell'equilibrio termodinamico. Inoltre nella spiegazione delle trasformazioni biologiche, vengono usati termini quali "comunicazione chimica", "riconoscimento molecolare" ed "elaborazione di informazione", che per essere compresi nell'ambito delle conoscenze di chimica implicano un chiarimento sul loro significato.

Notiamo subito che le discipline di chimica e fisica sono pervase da un modello mentale sostanzialmente di stampo "meccanicista" che tradizionalmente non accetta facilmente l'attribuzione di "principi attivi", capaci di agire come fattori di "auto-organizzazione della materia".

Si comprende pertanto che, quando la concezione scientifica di tipo "meccanicista", viene correlata a fenomeni concernenti la vita, (quelli ad esempio per i quali si introduce in biologia il concetto di "informazione" e conseguentemente quelli che trattano della comunicazione e trasformazione dei codici informativi), al fine di evitare contraddizioni interne al "modello meccanico", la spiegazione in campo biologico si vede ridotta all'uso di analogie e metafore, le quali favoriscano una prima acquisizione intuitiva, tra fenomeni della vita ed interpretazioni meccaniche, ma che infine determinano problemi di profonda incomprensione, in relazione ad ogni caso che implica la necessità rispondere alla domanda: *come e perché la materia è capace di realizzare processi di "auto-organizzazione"?*

Tale tematica relativa alla spiegazione dei fenomeni di "auto-organizzazione in chimica", è quindi diventata oggetto di una nostra ricerca educativa¹.

Già J. Monod aveva sottolineato come le spiegazioni sul trasferimento di informazione genetica si basino su semplici analogie di indole meccanica, che impediscono di giungere ad un più profondo livello concettuale nel settore della chimica della vita: «L'aspetto estremamente meccanico, addirittura tecnologico, del processo di "espressione genetica" merita di essere sottolineato. Tutto fa irresistibilmente pensare alla catena di montaggio di una officina meccanica: le interazioni successive dei diversi componenti che intervengono in ciascuna fase per dar luogo ad un "polipeptide" che si forma, residuo dopo residuo, alla superficie di un costituente (il ribosoma), è paragonabile ad una macchina utensile che fa avanzare scatto per scatto il pezzo da modellare»².

Inoltre il premio Nobel (1969), Max Delbrück in un suo noto articolo intitolato: «Signal transducers "terra incognita" of molecular biology»³, mise in chiara evidenza come la traduzione dei segnali di informazione, che conducono i sistemi bio-chimici a realizzare condizioni di "auto-organizzazione", sono da considerarsi una "terra incognita" della scienza, così come lo fu la scoperta dell'America cinque secoli orsono.

Certamente tali osservazioni fanno comprendere quanto la concezione "meccanicistica" della scienza, (quella cioè che riduce i fenomeni fisici alle interazioni che sono conseguenti al moto della materia e nella quale la costruzione analogica di un modello meccanico viene considerata il criterio principale per la intelleggibilità di un fenomeno osservato), sia ancora di fatto dominante nella mentalità

comune; di conseguenza è facile capire come lo sviluppo delle relazioni concettuali tra "energia, materia ed informazione" sia un campo di non semplice indagine cognitiva.

Infine dobbiamo notare come lo sviluppo bio-tecnologico moderno privilegi l'aspetto tecnico-sperimentale a quello più proprio dello sviluppo cognitivo, determinando un clima culturale nel quale spiegazioni fondate su semplici metafore, come ad esempio quella delle relazioni tra le superfici di contatto tra "*chiave e serratura*" introdotta in relazione al tema del "*riconoscimento molecolare*", per quanto palesamente inconsistenti dal punto di vista scientifico, vengono considerate soddisfacenti proprio in quanto non vanno a mettere in crisi la coerenza interna della impostazione "meccanicista".

Notiamo inoltre come la ricerca del significato delle relazioni che sussistono tra "energia ed informazione", (tema che, rispetto al rapporto materia/informazione, più si addice alla comprensione dei problemi informatici e della teoria delle comunicazioni), sia alquanto recente.

La relazione quantitativa che indica la quantità di informazione necessaria per effettuare trasformazioni energetiche è stata introdotta da C. E. Shannon nel 1948 nel suo famoso articolo "The mathematical theory of communication", del tutto indipendentemente da ogni considerazione su come venga generata e codificata la informazione in natura e cioè di che tipo di relazioni intercorrano tra informazione e materia⁴.

La relazione tra "Energia ed Informazione" introdotta da Shannon non deriva da una formulazione diretta, in quanto Shannon ha correlato energia ed informazione per tramite il concetto di "Entropia", concezione quest'ultima che ricordiamo fu introdotta per la prima volta da R. Clausius nel 1864, per rendere conto del processo di conversione tra energia termica e meccanica.

Shannon sostanzialmente considera che la produzione, la distribuzione e la elaborazione di informazione, sono processi che richiedono energia ed usa la mediazione del termine entropico per asserire che informazione ed ordine sono concettualmente correlati nel processo che conduce alla generazione di una forma strutturalmente ordinata.

Da tale impostazione consegue come ha sottolineato Brillouin⁵, che la perdita di informazione è proporzionale all'aumento di Entropia associata ad ogni processo di trasformazione, proprio in quanto un sistema che ricava energia dall'ambiente può aumentare la propria organizzazione interna tramite la produzione di entropia negativa (neg-Entropia).

La formulazione matematica di Shannon che sintetizza un tale ragionamento è stata definita per necessità specifiche, anch'esse di indole tecnologica, volte allo scopo di avere a disposizione una utile formula con cui calcolare nelle comunicazioni la spesa energetica (in Joules/Bits) delle attività di trasmissione di segnali, così importanti nel mondo contemporaneo⁶.

La formulazione di Shannon è pertanto limitata da tale scopo scientifico

di indole tecnica e non chiarisce affatto le relazioni che sussistano in biochimica tra informazione e materia, in quanto la problematica in Shannon è relativa alla trasmissione di segnali e certamente non si cura del significato che acquisisce in biologia il concetto di informazione.

Con questa premessa abbiamo voluto indicare alcuni aspetti della difficoltà a cui andiamo incontro nel proporci questa ricerca educativa; infatti sappiamo ad esempio che ancora oggi anche a riguardo della apparentemente più semplice domanda di quali siano i costituenti fondamentali della materia, non abbiamo ancora a disposizione né di una risposta semplice né univoca⁷.

Daltro canto sappiamo che lo sviluppo scientifico non è stato frutto di un processo di accumulazione progressiva di idee, in quanto la storia della scienza ci insegna che l'introduzione di nuove idee, capaci di essere correlate a quelle più antiche, viene a dipendere dalla costruzione storica di una cornice cognitiva adatta a realizzare un nuovo e più elevato livello di integrazione concettuale.

In tale contesto di sviluppo della dimensione cognitiva della scienza, la capacità di porsi nuovi interrogativi è spesso il risultato di una attenta rilettura di antiche intuizioni. In questo campo la moderna "ricerca educativa" viene ad avere un suo ruolo decisamente importante.

Riteniamo infine che l'educazione scientifica non debba essere improntata da un eccellente metodo di smerciare certezze, in quanto l'approccio educativo volto a far pensare scientificamente, si realizza proprio quando si riesce a circostanziare dubbi, incentivando così la capacità di promuovere nuove ipotesi ed esperimenti mentali creativi.

Con tale convinzione abbiamo iniziato la nostra ricerca educativa sulle relazioni tra "*materia ed informazione*", ponendo attenzione alla definizione di "Atomo" proposta da *Epicuro di Samo*, al fine di sviluppare una traccia delle ipotesi che possono essere utili a capire la difficoltà concettuale di delineare una concezione logica delle relazioni tra "*energia/materia ed informazione*" dalla quale dedurre una maggiore integrazione tra chimica e biologia.

La Concezione di Epicuro dell'Atomo come: minimo sensibile.

Una riflessione sulla concezione dell'atomo proposta da Epicuro di Samo è a nostro avviso molto interessante anche al fine di capire come le teorie scientifiche di stampo "meccanicista" abbiano evitato sistematicamente ogni assunto estraneo alla meccanica con una tecnica di omissione dei fondamenti logici della scienza, che di fatto ha la sua base metodologica in una educazione scientifica essenzialmente priva di impostazione storica e critica, quella che invero aiuterebbe gli studenti a pensare piuttosto che a ripetere pedissequamente la lezione impartita.

Il ragionamento di Epicuro volto ad affermare l'esistenza dell'atomo è generalmente poco conosciuto proprio perché modifica profondamente la più nota con-

cezione meccanicistica di Democrito dell'atomo inteso come limite di divisibilità della materia⁸.

In sintesi per Epicuro i sensi, sono dei rivelatori di dati e questi ultimi sono generati dalle due uniche realtà esistenti: la materia suddivisa in "atomi" e ciò che li contiene (il "vuoto").

Gli "atomi" ed il "vuoto", sono dunque le uniche vere essenze della natura, tutto il resto è mutevole combinazione di questi due fondamenti della realtà sensibile, che noi siamo capaci di rappresentare utilizzando sia delle modalità sensorie che di quelle cognitive, di cui siamo naturalmente dotati, per realizzare la elaborazione delle informazioni sensoriali.

I dati essenziali che sono relativi alle relazioni tra "atomi e vuoto" vengono quindi codificati ed elaborati tramite le due modalità di realizzare rappresentazioni del reale: quella percettiva che ci permette di sviluppare l'abilità di osservazione tangibile e visibile dei corpi e, quella cognitiva che possiede la capacità di definire con il ragionamento la rappresentazione mentale dell'invisibile e cioè di comprendere come i corpi siano composti di aggregati atomici nel vuoto.

La integrazione delle due modalità di conoscenza rende possibile all'uomo di uscire dall'ignoranza sul significato della informazione percepita come sensazione e capire la realtà.

Nell'ambito di una tale impostazione della teoria della conoscenza il ragionamento Epicureo in relazione all'esistenza degli atomi, può essere sintetizzato a partire dalla domanda: se la sensazione è sorgente primaria di conoscenza, allora come è possibile confermare come dato sensibile la esistenza degli atomi, introdotti da Leucippo e Democrito di Abdera in termini di deduzione razionale?

Epicuro ritiene che la giustificazione sperimentale della esistenza di particelle infinitesime della materia, concepite da Leucippo e la sua scuola, potesse essere attribuita alle differenze di qualità e di calore dei corpi; gli atomi infatti le cui aggregazioni formano i corpi macroscopici, nel loro eterno movimento, comunicano ai sensi i "minimi percettibili" della loro reale esistenza.

Epicuro affermando in tal modo una rispondenza tra i "minimi sensibili" e la concezione atomistica, non limita il suo ragionare all'assioma: «*Non si può concepire un numero infinito di parti di un corpo finito*», che aveva permesso agli Abderiti di mettere in evidenza la necessità logica della esistenza degli atomi; Leucippo e Democrito infatti, ritennero che la divisibilità all'infinito della materia non potesse essere concepibile proprio in quanto ogni quantità di sostanza, se divisa infinite volte, sarebbe svanita nel nulla.

Pur ammettendo valido quel tipo di ragionamento che conduce a decidere dell'esistenza dell'atomo come superamento del paradosso logico, Epicuro non lo considerò prioritario, in quanto, perseguendo la concezione che ogni forma di conoscenza umana fosse quella derivante dai sensi, considerò più precisamente l'atomo nella sua qualità fenomenica di "seme" originario della formazione della materia, necessaria essenza espressiva della realtà fisica, effettivamente rileva-

bile quale "minimo sensibile" dalla percezione delle cose. Tale "minimo sensibile" ci permette inoltre di distinguere l'atomo dal "campo" in cui è contenuto.

Gli atomi ed il vuoto (quest'ultimo va inteso come il "campo" in cui si trovano gli atomi), sono dunque le uniche vere essenze della natura, tutto il resto è mutevole combinazione di questi fondamenti della realtà sensibile, che noi siamo capaci di rappresentare sia con modalità sensorie che conoscitive.

È importante sottolineare che per Epicuro il "vuoto anziché rappresentare il "non-essere", individua il "campo" che contiene i "semi" che sono a fondamento della natura; pertanto il "vuoto Epicureo" non assume il significato di "nulla", essendo correlabile ad una esperienza sensoria; di conseguenza anch'esso è reale in quanto sensibile.

È importante ricordare che Epicuro derivò una tale impostazione cognitiva del suo maestro Neusifane di Teo, il quale dalla filosofia Democritea passò allo Scetticismo, criticando il razionalismo della fisica della conoscenza⁹.

Provenendo da tale scuola critica rispetto alle dimostrazioni che rimangono chiuse esclusivamente nella razionalità logica, Epicuro non insiste molto sul concetto, (designato dalla stessa parola Atomo da: Aprivativo e "tomo": tagliare) di entità indivisibile, ma predilige definire l'esistenza degli atomi in termini dello loro qualità fenomeniche.

Per Epicuro l'atomo è quindi un "seme generatore", fondamento cioè della generazione e distruzione di tutte le cose; egli descrive tale interpretazione con le seguenti parole nella sua lettera ad Erodoto,¹⁰:

«In primo luogo, nulla si genera da ciò che non è; tutto infatti nascerebbe da tutto senza bisogno di semi-generatori. E se ciò che scompare si dissolvesse in ciò che non è, tutte le cose sarebbero morte, non essendo ciò in cui esse si risolverebbero».

L'Atomo Epicureo proprio in quanto seme dell'oggetto sensibile ("Seminare-rum" verrà in seguito tradotto in latino), esiste non tanto come estensione oggettiva, poiché la stessa estensione della realtà è frutto di una informazione sensoria, che è l'unica realtà tangibile dalla quale la conoscenza umana non può prescindere; di tale realtà fenomenica l'atomo rappresenta il minimo di informazione distinguibile dai sensi.

Scrive ancora ad Erodoto: «Bisogna comprendere che il minimo della sensazione non è ne tale ne quale è ciò che ammette passaggi da parte a parte (cioè la "estensione del campo sensibile") né del tutto dissimile, bensì ha una comune natura con ciò che ammette passaggi da parte a parte in esso, ma non ha distinzione di parti. Quando però a causa della rassomiglianza dovuta alla comune natura, pensiamo di poter distinguere qualche parte in esso, una di quà e l'altra di là, ci imbatiamo in un minimo uguale al primo. Noi vediamo questi minimi in successione cominciando dal primo e nello stesso luogo, ne li vediamo toccare parte con parte, ma solo determinare, nella loro peculiare natura, la misura delle grandezze, un maggior numero di essi la misura di una grandezza maggiore, un minor numero la misura di una minore».

Chiaramente Epicuro sovrasta la impostazione "meccanicistica" Democritea.

Sappiamo infatti proprio da Galileo e Cartesio, che uno dei caratteri dominanti del "meccanicismo" è la riduzione della materia alla estensione spaziale ("res-extensa"); infatti la geometrizzazione dello spazio che ne consegue, permette di considerare ogni trasformazione come un cambiamento di stato e la materia come "inerte", in quanto il moto rettilineo uniforme non ha più bisogno di essere derivato da alcuna causa che comunichi il movimento¹¹.

Da tale impostazione di base il "meccanicismo", che ancora pervade la scienza contemporanea, è riuscito sostanzialmente a ridurre la fisica allo studio del moto della materia, guardando alla natura come espressione delle leggi che regolano il giuoco su un infinito tavolo da biliardo, proprio come Democrito ritenne fin dall'inizio della concezione atomistica.

Per Epicuro invece, l'atomo *non* è costituito da materia inerte, ma possiede un principio attivo che gli consente di agire per determinare l'*auto-organizzazione* della realtà come atto generativo.

Epicuro inoltre sottolinea che l'infondatezza della teora della divisibilità infinita, sostenuta da Aristotele, non è sufficientemente dimostrata sulla base della intrinseca incongruenza logica "del tutto che scompare nel nulla", ("ex nihilo... in nihilum, come veniva tradotto in latino), poiché la concezione Aristotelica in vero risulta contestabile sul piano dell'esperienza, se si possiede una teoria della conoscenza realistica, che coerentemente sia scettica nei riguardi delle idee innate.

La prova tangibile della esistenza dell'atomo infatti non può essere attribuita esclusivamente alla logica che lo definisce come estensione minima non ulteriormente divisibile, in quanto, egli fa notare, anche quest'ultima forma infinitesima, proprio a rigor di logica, possiederebbe parti diverse distinguibili.

Nella sua impostazione interpretativa Epicuro fa comprendere come il ragionare degli Abderiti, abbia lasciato scoperto il "tallone di Achille" per la successiva critica Aristotelica; infatti il ragionare di Democrito rende del tutto arbitrario il limite effettivo della indivisibilità della materia; così di conseguenza nessuno ha poi potuto impedire che il pensiero corresse all'infinito accettando per valida l'ipotesi della possibilità di riduzione della materia ad elementi puntiformi.

Proprio in quanto per Epicuro la realtà conoscibile è frutto di immagini interiori, che le attività percettive ed il pensiero realizzano sulla base dei dati sensibili, l'atomo non può essere soltanto considerato come un "principio intellegibile"; infatti solo il ricorso all'esperienza sensibile, può condurre la mente a capire la ragione dell'arbitrarietà fondamentale che compare nella concezione atomistica della struttura della materia dedotta dal ragionamento Democriteo.

Per Epicuro tale carenza di completezza del ragionamento sulla esistenza degli atomi è conseguenza del fatto che Democrito utilizza soltanto nel sistema razionale per proporre la concezione atomistica; sono invece a suo avviso proprio le sensazioni che valorizzano e giustificano l'assunto Democriteo e conducono la ragione a poter sostenere compiutamente che la realtà atomica è a fondamento della materia.

Epicuro sottolinea infatti che la reale dimensione degli atomi non è determinabile, in quanto la prova della loro esistenza viene a dipendere direttamente dal fatto che ciò che è percettibile deve possedere un minimo di estensione; tale minimo è il risultato della operazione di misura della realtà che realizziamo con i sensi; infatti quando due punti contigui divengono percettivamente indistinguibili riceviamo da essi la medesima informazione sensoriale.

Quanto sopra definisce l'atomo come "minimo sensibile, in quanto descrive sensorialmente l'unità atomica, la quale risulta indivisibile proprio in quanto è indistinguibile.

Una tale "indeterminazione" concepita in relazione alla misura delle particelle è stata considerata, in recenti riflessioni epistemologiche, come una conseguenza concettualmente inevitabile in ogni caso in cui venga posto il problema della misura dell'atomo e ciò induce a riflettere sulla lungimiranza della impostazione Epicurea in proposito della sua concezione della struttura atomica della materia¹².

Possiamo quindi dire che l'"Atomo-germe" Epicureo rappresenta un ampliamento significativo dello schema giustificativo da cui viene derivato l'"Atomo-forma" di Democrito, proprio in quanto la definizione di quest'ultimo lasciando aperto il problema di quale fosse il limite della successione di divisione per il quale la materia si supponeva indivisibile, non definiva compiutamente il ragionamento postulativo che egli aveva correttamente iniziato.

Inoltre sempre a correzione e precisazione della concezione Atomistica, contrariamente a Democrito il quale riteneva che gli atomi fossero infinitamente vari per forma, Epicuro dice che, essendo molteplici le sensazioni qualitativamente distinguibili, certamente esse sono la prova che esistono in natura differenti atomi, indubbiamente numerosi, ma non infiniti in numero.

Quindi per Epicuro anche la diversità delle dimensioni atomiche dei vari atomi è correlata in modo proporzionale alle differenti sensazioni, le quali essendo le uniche entità realmente indivisibili, ci permettono di riconoscere le diversità sostanziali degli atomi come entità interne separate per luogo.

Da questa breve analisi del pensiero Epicureo si osserva come il modello concettuale dell'atomo venga a dipendere interamente dalla accettabilità che il ragionamento assume nella mente quando viene a confronto della realtà sensibile, l'unica che di fatto si presenta all'uomo come dato da elaborare percettivamente e rappresentare mentalmente.

Ricordando la distinzione Cartesiana tra "Res-Cogitans e Res-Extensa", constatiamo anche come un'altra barriera concettuale del meccanicismo, che vede la realtà oggettiva come nettamente separabile dalla osservazione e comprensione del soggetto, venga nettamente superata in Epicuro fin dall'origine della sua descrizione dei fondamenti strutturali della materia.

L'Atomo-germe e l'Atomo-forma dunque non coincidono; spesso Democrito usava il termine "Idea" per designare l'atomo, proprio in quanto la sua forma

può essere concepita unicamente nell'intelletto come rappresentazione mentale¹³; per Epicuro l'atomo è reale, in quanto centro dell'informazione sensibile oltre la quale non si riceve alcun'altra percezione distinguibile: un "minimo sensibile", come era solito indicare, che oggi forse definiremo: «un "bit di informazione"».

La concezione Epicurea dell'atomo come "germe" della madre terra e cioè principio dotato di attività generatrice di forme è stata considerata fortemente in contrasto con motivi religiosi che basano la fede sulla separazione tra spirito e materia; non è un caso che quindi anche Dante Alighieri pose nell'Inferno sia Democrito che Epicuro, riservando però a quest'ultimo la peggiore delle malebolge, (INF., Eretici, X, 13-15).

«Democrito, -colui che il mondo a caso pone-» (INF., Limbo, IV, 136), considerò infatti che le forme degli aggregati atomici fossero conseguenza del moto eterno e casuale degli atomi; però accettando il caso a fondamento dell'ordine delle cose, Democrito lasciò spazio al fato e quindi possibilità di espressione alla fede, mentre Epicuro attribuendo agli atomi un principio attivo, escluse completamente l'azione ordinatrice di un Dio esterno alla natura delle cose, di conseguenza è stato tacciato in ogni epoca come autore del più miserabile materialismo.

Epicuro, già ai suoi tempi, comprese bene di aver ribaltato la concezione della realtà atomica, presa in considerazione dalla filosofia Greca dei suoi tempi, tramite una teoria cognitiva più coerente alle modalità umane di conoscenza; non volle però modificare il nome "Atomo", né la parola "Vuoto" proprio in quanto considerò che fosse importante l'ampliamento dei significati delle parole e non le distinzioni nominali; disse ad Erodoto a questo proposito:

«Per prima cosa, o Erodoto, bisogna aver chiaro ciò che sottostà alle parole, per potere riferendoci ad esso, giudicare delle opinioni e di ciò che è oggetto ad indagine o che presenta difficoltà, e perché tutto per noi non sia confuso, proponendo all'infinito delle dimostrazioni, e perché non si possedano altro che delle vuote parole...», dice inoltre quasi alla fine dell'epistola, *«...non si devono cambiare i modi di esprimersi come se altri fossero migliori, ma bisogna usare quelli che già esistono in proposito...»*, e conclude, *«Eccoti dunque Erodoto condensati i principi fondamentali di tutta la scienza della natura»*.

Conclusioni

Certamente al giorno d'oggi, epoca in cui scopriamo che nuove galassie stanno nascendo dall'attività di condensazione dell'idrogeno, ... che dobbiamo capire meglio cosa significhino le attività di catalisi e le affinità chimiche per cercar di spiegare i processi di "auto-organizzazione" della materia, ... che stiamo imparando a manipolare l'informazione chimica delle molecole costitutive della vita ecc..., ecc..., la rilettura del pensiero di Epicuro provoca una profonda riflessione co-

gnitiva sui limiti della impostazione "meccanicistica" che ancora pervade le concezioni scientifiche contemporanee, tradizionalmente insegnate nelle scuole in maniera del tutto priva di un approccio critico, tendente a favorire la elaborazione di un pensiero creativo nella scienza moderna.

Riletture di Epicuro nelle varie epoche sono ben note, e sono state indubbiamente importanti: ricordiamo che in particolare un fervente sostenitore delle idee Epicuree fu Pierre Gassendi le cui concezioni filosofiche, come viene recentemente sottolineato da vari autori, hanno avuto una forte influenza nello sviluppo del pensiero scientifico moderno ed in particolare nella pubblicazione "The Skeptical Chemist" di Robert Boyle sulla natura dei fenomeni chimici.^{14,15}

Oggi giorno la rilettura di ciò che rimane e può essere attribuito al pensiero Epicureo in proposito della concezione atomistica, ci fa capire che la sua impostazione non solo non può certamente essere archiviata come prima di interesse, ma invero appare fertile come spunto di discussione proprio allo stato attuale della scienza, in cui si inizia a capire la necessità di realizzare una profonda revisione delle concezioni finora consolidate.

È importante infatti notare brevemente, come assumendo la concezione di Epicuro dell'Atomo-seme, e, collocandola in un contesto interpretativo più ampio di quello meccanicistico, vi sia la possibilità di sviluppare una teoria generale delle relazioni tra "materia ed informazione" nella quale la capacità di generazione elaborazione e trasmissione di codici di informazione, che normalmente viene attribuita unicamente al sistema DNA//RNA/Proteine, verrebbe generalizzata, così da considerare la informazione genetica come un caso particolare, estremamente evoluto, di una proprietà generale della materia.

Una tale ampliamento concettuale condurrebbe in sostanza ad interpretare le trasformazioni chimiche non più soltanto in termini di cambiamenti tra stati di equilibrio, poiché ad ogni operazione di trasformazione materiale degli aggregati atomici verrebbe concettualmente associata una variazione di informazione, che si genera come attività di decodificazione/codificazione, durante la modificazione strutturale che si verifica nel processo di transizione da una forma molecolare ad un'altra.

In effetti Epicuro, domandandosi quale fosse il "meccanismo" con cui la materia possa ricevere forma e trasmettere tale forma come informazione ai nostri sensi, rispose che, per superare le troppe semplici metafore a cui anche allora si ricorreva per affrontare questa questione, non vi era altra logica possibile che non quella di attribuire una elementare attività di codificazione e scambio dell'informazione alle stesse particelle fondamentali di cui la materia è costituita.

Tornando al problema delle relazioni che sussistono tra "materia, energia ed informazione", in seguito ai precedenti accenni sull'ampia dimensione predittiva, che potrebbe essere sviluppata a partire dalle profonde intuizioni di Epicuro, in un momento storico in cui si rendono necessari radicali mutamenti nel tipo di ipotesi sulle quali si fonda la scienza "meccanicista", ci rendiamo invero conto

di quanto sia educativamente importante la discussione accentrata sui fondamenti della scienza, proprio in quanto normalmente li consideriamo facilmente acquisiti e senza alcuna necessità di ulteriore sviluppo.

L'impegno della nostra ricerca educativa sarà pertanto quello di approfondire l'analisi delle difficoltà di comprensione delle relazioni tra "*materia, energia ed informazione*", prodigandoci ancora nella indagine storico-epistemica di tali fondamenti concettuali, nel tentativo di dare un contributo cognitivo allo sviluppo dell'integrazione concettuale tra le discipline di chimica, e biologia.

Bibliografia

- 1) P. Manzelli- "Energia/Materia ed Informazione: riflessioni sullo sviluppo concettuale della Chimica", in: *Civiltà Cibernetica-Rep. S. Marino*, 1/IX, 9-17, (1989); vedi anche *Atti del II Convegno Naz. di Storia e Fondamenti della Chimica -Roma 16-18-Sett. 1987* in: *Memorie Scienze Fisiche e Naturali, Acc. Naz. dei "XL" -Roma-*, Sez. V, XII, Parte II, 327-339, (1988)
- 2) J. Monod «Il Caso e la Necessità», *Mondadori -Milano-* (1970)
- 3) Max Delbrück, *Angew. Chem. Int. Ed.*, 11, (1), 1-6, (1972)
- 4) C. E. Shannon, W. Weaver, -Trad. It. di P. Cappelli -*La teoria Matematica delle Comunicazioni*, Etas Compass-Milano, (1971)
- 5) Leon Brillouin, "Science and Information Theory", Academic Press, N. Y. (1962)
- 6) M. Tribus, E. C. McIrvine, "Energy and Information", *Scientific American*, 224, (3), 179-184, (1971)
- 7) Abdus Salam, in: *Ducan and Weston-Smith, «The Enciclopedia of Ignorance»*, Pergamon Press, Oxford, pp. 155-157, (1977)
- 8) A. Alberti, «Sensazione e realtà in Epicuro e Gassendi» - *Studi dell'Acc. Tosc. La Colombaria*, N° XCV, L. S. Olschki Ed. FI, (1988)
- 9) Voce: "Neusifane" - in: *Grande Antologia Filosofica-Marzorati-Ed. MI*, (1968)
- 10) «EPICURUS»- *Opere: traduzioni di G. Arrigetti*, Einaudi TO, (1972)
- 11) A. Koyre, "Studi Galileiani", pp. 330-31, Einaudi -TO- (1976)
- 12) *Aggiornamento Bibliografico-"Fisica Epicurea"-in: Grande Antologia Filosofica, Marzorati Ed. MI*, (1984)
- 13) V. E. Alfieri, "Atomos idea", *Le Monnier F*, (1953)
- 14) M. Messeri, "Causa e Spiegazione: la fisica di Pierre Gassendi", *F. Angeli, Ed. MI*, (1985)
- 15) Lynn Sumida Joy, "Gassendi the Atomist", *Cambridge Univ. Press. N. Y.* (1987)

Carlo Fiorentini
ITG Brunelleschi, Empoli

La necessità, sul piano educativo, del rapporto tra psicologia dell'apprendimento e storia della chimica

Riassunto

La tesi fondamentale di questa comunicazione è che le competenze specialistiche e quelle psicopedagogiche non siano, da sole, sufficienti per operare la riforma del curriculum, in particolare delle discipline scientifiche, e che sia conseguentemente indispensabile la mediazione fornita da competenze storico-epistemologiche.

Questa tesi si basa sia su una ricognizione dei contributi più significativi della psicologia dell'apprendimento di questo secolo, che sulla constatazione del fallimento dei progetti riformatori dell'insegnamento scientifico, portati avanti in Italia negli ultimi decenni, progetti riconducibili essenzialmente ai due filoni del movimento attivistico-sperimentalista e della teoria della programmazione, di matrice comportamentista.

Nel nostro paese continua a persistere una separazione netta, una incomunicabilità di fondo tra competenze di tipo specialistico (in particolare di tipo chimico) e competenze di tipo psicopedagogico. Le maggiori responsabilità di questa situazione vengono generalmente individuate nella chiusura specialistica del mondo universitario, nella sua incomprensione: 1) del differente ruolo che le discipline hanno nelle scuole preuniversitarie ed all'Università; 2) della necessità, in aggiunta a quelle specialistiche, di solide competenze psicopedagogiche nella formazione dei docenti.

Ora, pur accettando le considerazioni precedenti, sarebbe necessario ricercarne le cause, e questa ricerca porterebbe probabilmente alla individuazione di alcuni caratteri strutturali limitanti della formazione scientifica, quali la riduzione utilitaristica e tecnicistica della scienza ed un atteggiamento, generalmente implicito, di tipo positivistic. Costituzionalmente, la maggior parte dei chimici percepisce le argomentazioni psicopedagogiche come chiacchiere vuote, nutre un pregiudizio nei confronti dell'apporto delle competenze psicopedagogiche in riferimento all'insegnamento scientifico. Le considerazioni che saranno effettuate in questa comunicazione permettono di avanzare un'ipotesi aggiuntiva, e cioè che i pregiudizi degli specialisti disciplinari non soltanto non siano stati incrinati ma,

eventualmente, rafforzati a causa dei profondi limiti dei contributi apportati, negli ultimi trent'anni, dall'ambito psicopedagogico all'insegnamento scientifico in Italia.

La tesi fondamentale di questa comunicazione è che le competenze specialistiche e quelle psicopedagogiche non siano, da sole, sufficienti per operare la riforma del curriculum, in particolare delle discipline scientifiche, e che *sia conseguentemente indispensabile la mediazione fornita da competenze storico-epistemologiche*. La mediazione storico-epistemologica può effettivamente mettere in comunicazione due mondi altrimenti irrelati, le discipline e le esigenze pedagogiche; può effettivamente rendere possibile l'individuazione, per ciascuna disciplina, dei principi basilari, dei metodi caratteristici, dei prerequisiti, non arbitrari o semplicemente linguistici, dei diversi concetti, della gerarchia concettuale, adeguati sul piano pedagogico. Tre tipi di competenze sarebbero quindi indispensabili per la ridefinizione del curriculum: disciplinari, storico-epistemologiche e psicopedagogiche.

competenze storico-epistemologiche

competenze disciplinari

competenze psicopedagogiche

Questa tesi ha origine: 1) innanzitutto da una ricognizione dei contributi più significativi della psicologia dell'apprendimento di questo secolo, interessati principalmente a cogliere le caratteristiche e la fasi della genesi e dello sviluppo del pensiero; 2) in secondo luogo, dalla constatazione del fallimento dei progetti riformatori dell'insegnamento scientifico, portati avanti in Italia negli ultimi decenni, progetti riconducibili essenzialmente ai due filoni del movimento attivistico-sperimentalista e della teoria della programmazione, di matrice comportamentista; 3) ed infine dalla ricerca delle cause del fallimento di questi progetti.

Quale psicologia dell'apprendimento?

Esiste, a nostro parere, una radicale discontinuità tra i rilevanti contributi forniti, in questo secolo, dalla psicologia dell'apprendimento (è sufficiente, per esempio, ricordare Dewey, la psicologia della Gestalt, Vygotsky, Piaget) ed i progetti, di ispirazione psicopedagogica, portati avanti nella realtà educativa dagli insegnamenti più attivi, dai sindacati, dalle associazioni professionali e dalla burocrazia ministeriale. Si potrebbe osservare che ovviamente esiste sempre uno scarto tra la teoria e la pratica; ma nel nostro caso la differenza è tale che ci porta ad affermare che i progetti cosiddetti riformatori abbiano, nella maggioranza dei casi, rappresentato la negazione dei principi fondamentali (degli assiomi dell'insegna-

mento) acquisiti dalla grande ricerca psicologica sull'apprendimento.

Uno di questi principi, sviluppato con approfondimenti ed accentuazioni diverse dai maggiori psicologi, è rappresentato, a nostro parere, dalla separazione netta, *dalla radicale distinzione tra la struttura specialistica e la struttura educativa delle discipline*. «È assurdo supporre che il principiante possa cominciare là dove l'esperto si ferma... In realtà, ciò che è strettamente logico dal punto di vista della materia trattata rappresenta le conclusioni di una mente esperta ed educata¹». I concetti fondamentali dell'organizzazione specialistica delle discipline, per la loro complessità, se non li si vuole ridurre ad informazioni nozionistiche, prive di valore formativo, possono soltanto rappresentare il punto di arrivo del processo formativo, nel corso della scuola secondaria o all'università.

Ora, a nostro parere, il motivo fondamentale del fallimento dei progetti riformatori è di essere rimasti, in un caso inconsapevolmente e nell'altro coscientemente, all'interno della struttura specialistica della discipline.

I gravi limiti della teoria della programmazione

La critica principale che può essere mossa a molti teorici della programmazione è di aver cambiato le carte in tavola; infatti, mentre il punto di partenza della loro riflessione sembrava essere una critica radicale dei contenuti e metodi dell'insegnamento tradizionale di tipo nozionistico, e, conseguentemente, l'esigenza di una ridefinizione profonda del curriculum sulla base di chiari obiettivi educativi, il prodotto del loro lavoro, l'individuazione delle diverse tassonomie e l'indicazione della operazionalizzazione degli obiettivi, indirizza l'attenzione dell'insegnante essenzialmente sull'ultimo aspetto dell'attività educativa, sulla valutazione. In pratica, due sono le conseguenze gravi di questa impostazione: 1) viene assunto il sapere tradizionalmente presente nella scuola nell'insieme adeguato; viene indicata soltanto la necessità, per garantire un migliore apprendimento, di una riorganizzazione, di una razionalizzazione dell'attività educativa; le carenze dell'insegnamento sono individuate essenzialmente nella mancanza di competenze da parte degli insegnanti delle tecniche della didattica e della valutazione; in riferimento ai contenuti delle discipline viene soltanto indicata l'esigenza di un ammodernamento; 2) vengono indirizzate verso un solo aspetto, la valutazione, che non può che essere affrontato contestualmente alla ridefinizione del curriculum da chi è realmente interessato alla riqualificazione culturale della scuola, le energie intellettuali e materiali della parte più attiva degli insegnanti. *Il nodo che rimane irrisolto è quello della ridefinizione del curriculum*, è quello dell'individuazione di criteri generali e specifici che permettano l'utilizzo delle discipline per il raggiungimento di fondamentali e chiari obiettivi educativi. Il nodo che è tuttora irrisolto è quello dei contenuti. *Viene in questo modo effettuata un'operazione di riverniciatura superficiale dell'esistente e nella sostanza di conservazione.*

Qualcuno potrebbe osservare che anche in questo caso, come ogniqualvolta si passa dalla teoria alla pratica, si sarebbe realizzata una distorsione di un progetto pedagogico molto più articolato e fecondo. La nostra opinione è, al contrario, che i profondi limiti della pratica della programmazione educativa siano in sintonia con l'inconsistenza della teoria stessa. Per documentare questo giudizio entriamo minimamente nel merito della proposta di Bloom, indubbiamente il padre della programmazione².

Al centro della concezione bloomiana sta l'individuazione di una tassonomia degli obiettivi educativi, nonostante che, per ammissione dello stesso Bloom, la tassonomia indicata non abbia nessuna solida base; la tassonomia è soltanto un'ipotesi di lavoro. Vediamo che cosa afferma Bloom: "Mentre uno schema di classificazione può avere molti elementi arbitrari, uno schema di tassonomia non può. Una tassonomia deve essere costruita in modo che l'ordine dei termini corrisponda a qualche ordine "reale" tra i fenomeni rappresentati dai termini.... Per ordinare i fenomeni a noi serve un metodo che rilevi relazioni significative tra i fenomeni. Questo è il problema fondamentale di una tassonomia: ordinare i fenomeni in modo da rilevare alcune delle loro essenziali proprietà, così come le relazioni fra essi. I collaboratori del gruppo impegnato nell'elaborazione della tassonomia hanno speso non poco tempo nel cercare una teoria psicologica che potesse fornire una solida base per l'ordinamento delle categorie. Abbiamo passato in rassegna teorie della personalità, dell'apprendimento, senza peraltro trovarne una che dal nostro punto di vista rendesse conto della varietà di comportamenti presentati negli obiettivi educativi che tentavamo di classificare»³

Sembrirebbe addirittura che le basi della tassonomia (e di molti progetti reali di programmazione) siano rintracciabili nella esigenza di uniformità nei criteri di valutazione! Afferma, a questo proposito, Pellerey, uno dei maggiori teorici italiani della programmazione: «L'idea di sviluppare ulteriormente i suggerimenti di R. Tyler, giungendo a una elencazione dei possibili obiettivi educativi che la scuola dovrebbe raggiungere nacque negli Stati Uniti in occasione del convegno annuale dell'Associazione Psicologia Americana tenutosi a Boston nel 1948. A questo convegno partecipavano Ralph Tyler, oltre ad alcuni che avevano già con lui collaborato: Benjamin S. Bloom e Lee Cronbach. Il motivo che spinse alla redazione di una classificazione degli obiettivi educativi era collegato con la difficoltà di comunicazione che spesso veniva riscontrata negli scambi tra gli psicologi impegnati in problemi di valutazione scolastica. Era necessario, se si voleva giungere a criteri e strumenti di valutazione validi e affidabili, avere un quadro di riferimento, riguardante i curricoli scolastici progettati e realizzati dalle singole scuole, più chiaro e, più specificatamente, sapere che cosa essi cercavano di ottenere come risultato degli sforzi educativi e didattici messi in atto. In pratica si trattava di costruire una griglia che consentisse di suddividere le prove d'esame, spesso costituite in quella nazione da prove oggettive o tests, secondo una classificazione comunemente accettata dagli esaminatori»⁴.

L'identificazione di conoscenza e informazione

La prima classe della tassonomia di Bloom è quella della conoscenza, costituendo la separazione della conoscenza dagli altri aspetti (comprensione, analisi, sintesi, ecc.) il senso della tassonomia. «Questo tipo di obiettivo accentua soprattutto i processi psicologici della memoria»⁵. In questa prima classe sono compresi sia la “conoscenza di elementi specifici” che “la conoscenza dei mezzi e dei modi di trattare contenuti specifici” e la “conoscenza di universali e di astrazioni in un determinato campo”⁶. Secondo la concezione di Bloom, sia conoscenze semplici che conoscenze molto più complesse, quali la conoscenza di principi, generalizzazioni e teorie, sono tutte comprese nella prima classe e debbono quindi tradursi in obiettivi specifici del processo di apprendimento a prescindere dalla comprensione, dall'analisi, dalla sintesi, competenze queste che potranno essere sviluppate solo successivamente. Ritengo che sia di per se evidente quanto tutto ciò sia assurdo, in particolare, in relazione alle discipline scientifiche.

Bloom in riferimento a questa ipostatizzazione della conoscenza come semplice memoria (come acquisizione di informazioni) afferma: «L'enfasi sulla conoscenza come qualcosa che tutto sommato è poco più che memoria la distingue da altre concezioni in cui sono incluse anche “la comprensione”, l'intuizione o qualcosa definito come “capire effettivamente” o “vera conoscenza”. In queste ultime concezioni si assume però implicitamente che la conoscenza abbia ben poco valore, se non può essere utilizzata in nuove situazioni e in forme differenti da quelle in cui era stata originariamente incontrata. Che si accetti o no quest'ultima posizione, è sufficiente notare che la conoscenza in se stessa è uno degli obiettivi educativi più comuni».⁷

In altre parole la corrispondenza tra la tassonomia e un “qualche ordine reale tra i fenomeni”, la cosiddetta scientificità della teoria, così tanto sbandierata dai molti epigoni nostrani di Bloom, sarebbe fondata sul fatto che “la conoscenza in se stessa (di tipo mnemonico) è uno degli obiettivi educativi più comuni” “presenti nella scolarizzazione americana”⁸.

L'assunto fondamentale della tassonomia, la concezione della conoscenza come semplice memoria fondata sulla pratica di insegnamento corrente e non su nessuna teoria psicologica, diventa in pratica una nuova concezione teorica del processo di apprendimento antitetica alla teoria di Dewey e degli altri grandi psicologi nominati precedentemente. Volendo riassumere in poche righe la concezione di Dewey, questa consiste proprio nel contrapporre la conoscenza intesa come comprensione del significato al nozionismo, all'acquisizione di informazioni, che sono da Dewey assimilati all'acquisizione di pre-giudizi. (Su questo importante concetto deweyano ritorneremo tra poco). Il principio costitutivo della tassonomia, la separazione della conoscenza dalla comprensione e la connessa identificazione della conoscenza con la conoscenza meccanica rappresenta la riproposizione, sicuramente più efficace negli aspetti addestrativi, dell'insegnamento nozionistico tradizionale.

La connessione esistente, nonostante le apparenze, tra attivismo ed organizzazione specialistica delle discipline

Una delle caratteristiche salienti del movimento attivistico, che ha considerato proprio Dewey uno dei punti di riferimento più significativi, non è stata forse la contrapposizione al nozionismo formalistico e specialistico? La giusta critica dei guasti educativi del nozionismo specialistico non è stata sufficiente; il movimento attivistico, da una parte è rimasto nell'orizzonte educativo dello specialismo, accentuandone un aspetto, quello pratico, e, dall'altra, è caduto completamente nell'errore che Dewey aveva già evidenziato in riferimento al movimento riformatore della scuola americana agli inizi del secolo, quando affermava: «Tuttavia la reazione educativa effettuata dalle scuole sperimentali contro questa imposizione arbitraria di materiale indigeribile è stata piuttosto una reazione all'estremo opposto. Si è introdotto nelle scuole una varietà notevole di esperienze e di attività con materiali, ma non ci si è curato di assicurare per mezzo delle attività in questione *il solo risultato veramente rilevante dal punto di vista educativo*, e atto a differenziarle da un piacevole passatempo — *la realizzazione, cioè, di una ben definita intellettualizzazione delle esperienze*»⁹.

Il fatto che sia data importanza alle osservazioni sperimentali non può che essere apprezzato; il limite risiede nel considerarle, in generale, come osservazioni primitive, possibili a prescindere da quadri teorici; *il limite risiede in una concezione positivista della scienza* ed in un connesso atteggiamento positivistico nei confronti dei fatti; e questi limiti sono *riconducibili* nella maggioranza dei casi, più che a concezioni di impianto positivista esplicitamente condivise, *alla loro dipendenza nei confronti dell'organizzazione specialistica delle discipline scientifiche*. Infatti, nella strutturazione attuale delle discipline, quanti sono i fatti, di cui ci si preoccupa di fornire la spiegazione (per la chimica, generalmente, facendo riferimento alle proprietà degli atomi e delle molecole), che vengono presentati come primitivi, come autoevidenti, ma che in realtà non lo sono! Molti di questi fatti non sono stati acquisiti con banali osservazioni, ma sono stati il risultato di geniali scoperte avvenute all'interno di specifici quadri teorici.

In riferimento alla chimica, molti fatti considerati autoevidenti nella sua organizzazione attuale sono di questo tipo. Ritengo che sia, a questo punto, necessario fare un esempio. Nella generalità delle proposte, sia nozionistiche che sperimentaliste, sia in quelle rivolte alla scuola superiore che alla scuola dell'obbligo (vedi per es. i cosiddetti rivoluzionari nuovi programmi della scuola elementare), l'argomento «*stati della materia*» è trattato omogeneamente, come non esistessero discontinuità logiche e psicologiche, in particolare tra lo stato gassoso e gli altri due. Molteplici prove di ingresso effettuate nel corso degli anni con studenti del primo anno della scuola superiore hanno evidenziato la totale assenza di comprensione delle caratteristiche più elementari che permettono di definire il terzo stato di aggregazione della materia, lo stato gassoso. Risulta già molto

difficile al bambino della scuola elementare (in particolare del primo ciclo) cogliere, andando oltre le apparenze percettive, la conservazione della quantità di acqua durante esperienze di travasamento; figuriamoci, conseguentemente, quale rappresentazione possa acquisire di quello stato della materia che normalmente non si può né vedere né toccare.

Alla luce delle considerazioni precedenti, è determinante, a nostro parere, il contributo che può essere fornito dall'analisi storico-epistemologica dei concetti scientifici per l'individuazione di progetti educativi effettivamente alla portata delle strutture cognitive dello studente nelle varie fasi del processo educativo.

La distinzione deweyana tra conoscenza ed informazione

Oggi molti termini scientifici, quali la parola *gas*, fanno ormai parte del linguaggio comune, ma ciò non significa che la maggior parte degli adulti (ed a maggior ragione degli studenti) abbiano idee precise del loro significato. «*Vi è la tendenza ad ammettere che, ovunque vi sia una definita parola o forma linguistica, vi sia anche un'idea definita*; mentre in realtà, sia gli adulti che i fanciulli possono adoperare formule verbalmente precise, avendo solo la più vaga e confusa idea di ciò che esse significano. È più proficua la genuina ignoranza perché è facilmente accompagnata da umiltà, curiosità ed apertura mentale; mentre l'abilità a ripetere frasi fatte, termini convenzionali, proposizioni familiari, crea la presunzione del sapere e spalma la mente di una vernice impenetrabile alle nuove idee»¹⁰. Gli attivisti, rispetto ad alcuni nodi fondamentali (quali quello appena indicato, per esempio) hanno dimenticato completamente l'insegnamento di Dewey e sono ricaduti negli stessi errori dell'impostazione nozionistica.

La contrapposizione tra conoscenza e informazione (conoscenza meccanica o semplicemente linguistica), che costituisce uno dei caposaldi della teoria deweyana, è efficacemente rappresentata dalla sua concezione del pre-giudizio. In tempi più recenti alcuni psicologi dell'apprendimento hanno sottolineato l'importanza dell'analisi dei "pregiudizi", intesi come rappresentazioni prescientifiche o comunque erronee della realtà, presenti negli studenti. Senza volere negare l'utilità di questo tipo di indagini, rimane tuttavia *basilare*, in relazione alle problematiche dell'apprendimento, il concetto di Dewey di "pre-giudizio". È Dewey che parla: «Non vi è niente nel mero fatto del pensiero, in quanto identico alla credenza, che possa rilevare se quest'ultima è ben fondata o no. Poniamo che due diverse persone dicano. "Io penso che il mondo è sferico". Una di esse, se messa alla prova, può non essere capace di dare che poche o addirittura nessuna spiegazione del perché pensa come pensa. La sua è un'idea presa dagli altri ed accettata perché è una idea generalmente corrente, non perché l'individuo ha esaminato la questione o perché la sua mente ha avuto una parte attiva nel raggiungere e concepire quella credenza. "Pensieri" del genere affiorano inconsciamente. Ci si imbatte in essi e non si sa come. Da oscure sorgenti e per vie sconosciute essi si insinuano nella mente e diventano senza che ce ne accorgiamo parte del nostro

equipaggiamento mentale. Ne sono responsabili la tradizione, l'istruzione, l'imitazione, ognuna delle quali cose o dipende da una qualche autorevole fonte o fa appello ad un nostro personale vantaggio, o coincide con qualche forte nostra passione. *Pensieri siffatti sono pregiudizi; cioè giudizi prematuri, non conclusioni raggiunte come risultato di una personale attività mentale quali l'osservare, il raccogliere ed esaminare i dati.* Anche quando accade che tali giudizi siano corretti, la correttezza è una faccenda accidentale, almeno per quello che concerne la persona che li accoglie»¹¹.

L'ipotesi fondamentale dell'epistemologia genetica

«L'ipotesi fondamentale dell'epistemologia genetica è che vi è un parallelismo tra il progresso conseguito nella logica e nella organizzazione razionale della conoscenza e i corrispondenti processi psicologici formativi... Nulla potrebbe essere più accessibile allo studio che l'ontogenesi di queste nozioni».¹²

Ora se indubbiamente non è possibile ricostruire «la storia del pensiero umano nell'uomo preistorico»¹³, è invece possibile ricostruire, seppure in modo problematico, lo sviluppo delle conoscenze scientifiche, in particolare negli ultimi cinque secoli. L'ipotesi fondamentale dell'epistemologia genetica è stata da Piaget approfondita essenzialmente dal punto di vista dell'ontogenesi, in quanto il suo oggetto di studio era principalmente la formazione e lo sviluppo delle conoscenze-abilità logico-matematiche fondamentali. Ma se l'oggetto di studio è lo sviluppo delle conoscenze scientifiche necessarie per la formazione del cittadino nella scuola preuniversitaria, l'ipotesi fondamentale dell'epistemologia genetica può probabilmente essere utilizzata in modo più proficuo nel senso opposto, e cioè *la storia della scienza potrebbe essere uno strumento essenziale per individuare la struttura educativa delle diverse discipline.*

Ritornando all'esempio dei gas, la storia della scienza permette di cogliere un parallelismo tra le difficoltà psicologiche dello studente e le immani difficoltà incontrate dall'umanità nel raggiungimento di una prima rappresentazione adeguata dello stato gassoso. Soltanto intorno alla metà del Seicento furono acquisite delle conoscenze sull'aria, quando furono scoperte e definite matematicamente alcune sue proprietà significative; le ipotesi e le esperienze di Torricelli portarono finalmente ad affermare che anche l'aria aveva un peso. Fu poi soltanto agli inizi del Settecento che divenne possibile, grazie alle ipotesi ed alle esperienze di Hales, affermare che l'aria risultava chimicamente attiva. Infine solo nella seconda metà del Settecento si arrivò al concetto di stato gassoso, all'idea dell'esistenza di molte sostanze simili fisicamente all'aria (fluidi elastici) ma con proprietà chimiche diverse e caratteristiche di ciascuna di esse. Ogni passaggio di questo processo, protrattosi nell'arco di più di un secolo, si realizzò, da una parte, sulla base di esperienze e delle conoscenze accumulate precedentemente, e dall'altra, grazie alle ipotesi geniali di alcuni scienziati che furono in grado, andando oltre le apparenze, di far vedere nuovi fatti, di scoprire nuovi mondi.

Bibliografia e note

1) J. Dewey, *Come pensiamo*, Firenze, La Nuova Italia, 1961, pag. 153-154.

2) Ammettendo la correttezza di questo nostro giudizio, dovrebbe sorgere un sentimento di stupore di fronte al fatto che negli ultimi 15 anni la maggior parte dei cosiddetti innovatori si siano rifatti, trasformandolo in un credo pedagogico, ad uno dei contributi psicologici meno significativi di questo secolo. Basandoci sulle considerazioni che tra poco svilupperemo sulla teoria di Bloom, potrebbero essere avanzate due ipotesi: 1) che una parte dei cosiddetti innovatori abbia consapevolmente concepito un progetto di conservazione; 2) che l'altra parte, probabilmente la maggioranza, non abbia fatto che seguire l'ultima moda pedagogica importata dall'America.

3) B. S. Bloom, *Tassonomia degli obiettivi educativi*, Teramo, Giunti e Lisciani, 1983, pag. 28-29.

4) M. Pellerey, *Progettazione didattica*, Torino, SEI, 1983, pag. 100-101.

5) B. S. Bloom, *opera cit.*, pag. 39.

6) B. S. Bloom, *op. cit.*, parte seconda, cap. primo.

7) B. S. Bloom, *op. cit.*, pag. 40.

8) B. S. Bloom, *op. cit.*, pag. 40.

9) J. Dewey, *op. cit.*, pag. 236-237.

10) J. Dewey, *op. cit.*, pag. 333.

11) J. Dewey, *op. cit.*, pag. 65-66.

12) J. Piaget, *Conferenze sulla epistemologia genetica*, Roma, Armando, 1972, pag. 24-25.

“Evoluzione storica dei metodi per il trattamento delle acque di vegetazione dei frantoi oleari”

Riassunto

I processi proposti per il trattamento delle acque di vegetazione, provenienti dalla lavorazione delle olive, vengono osservati nel loro sviluppo storico e suddivisi secondo il tipo di tecnologia impiegata. L'esame delle caratteristiche dei vari impianti di depurazione induce a rivolgere l'attenzione verso le tecnologie dolci, dove ad una complessità delle apparecchiature si sotituisce la complessità dei cicli biogeochimici naturali, opportunamente compresi ed utilizzati.

Summary

The proposed processes for the treatment of waste water from olive processing are observed in their historical development and classified according to the technology used. The examination of the characteristics of their different procedures of depuration leads us to move our attention toward sweet technologies, where the complexity of the machineries is substituted by the complexity of natural biogeochemical cycles, which are accordingly to be understood and used.

Premessa

Il presente lavoro trae origine dall'interesse personale per le applicazioni delle tecniche depurative delle A.V. (acque di vegetazione provenienti dalla lavorazione delle olive), quale membro del gruppo di ricerca dell'associazione scientifica IRSCA che si è fatto carico del problema dello smaltimento dei reflui oleari, in quanto legato al proprio territorio e pertanto, rispondente alle proprie motivazioni ideali, statuarie, di autogestione locale delle tematiche scientifiche e tecnologiche.

L'attualità del problema è legata all'assenza sul mercato di impianti di trattamento soddisfacenti e comunque economicamente compatibili con l'industria

* L'IRSCA è un'associazione scientifica sorta nel 1982 dall'esigenza di alcuni ricercatori di impegnarsi in tematiche di fondamentale importanza legate al territorio e all'ambiente in cui essi operano e vivono.

olearia. Il frantoiano, che comprende con difficoltà l'urgenza di depurare le A.V., tenuto conto che l'estrazione dell'olio è un'attività millenaria, si chiede come mai il consistente bagaglio tecnologico della nostra epoca non è sufficiente a proporre soluzioni adeguate. Quanto segue cerca di rispondere a questo interrogativo.

Problematiche legate alle A.V.

Le superfici agrarie destinate all'olivicoltura e il quantitativo di olive utilizzato per l'oleificazione in Italia e in particolare nella parte meridionale e insulare (fig. 1), in confronto anche alla produzione mondiale (fig. 2), rendono evidente l'importanza da attribuire a questo settore dell'economia nazionale e impongono di rimuovere ogni ostacolo posto al suo sviluppo, primo tra tutti lo smaltimento adeguato dei reflui prodotti.

Esaminiamo brevemente le problematiche relative alle acque di vegetazione.

1 - La lavorazione delle olive è stagionale, in quanto impegna circa cento giorni nel periodo invernale, e viene effettuata con due cicli operativi, uno a pressa discontinua, di tipo tradizionale, ed un altro a centrifuga diretta della pasta delle olive. I volumi di acque reflue prodotti dai due tipi di impianti sono molto diversi: vanno da circa il 50% in peso delle olive molite, nel primo caso, al 200% nel secondo caso.

2 - Il carico inquinante è estremamente vario. Su questo incidono: le caratteristiche delle zone di coltivazione dell'ulivo, la varietà delle olive e il loro stato di maturazione e conservazione, i cicli operativi. È stato verificato che le A.V., provenienti da impianti tradizionali, presentano una concentrazione maggiore di sostanze organiche e sali minerali, non imputabile completamente ai diversi stati di diluizione.

3 - La capacità inquinante delle A.V. è enorme. È stato calcolato che il carico organico, ottenuto dalla lavorazione di 100 Kg di olive è mediamente di 36 Kg di BOD5 e, pertanto, corrisponde ad un reflujo urbano giornaliero di circa 650 persone.

4 - Il numero elevato di frantoi oleari e la loro dislocazione, spesso nei centri urbani, rende ancora più complessa la messa a punto degli impianti di depurazione dei reflui. Oggi in Italia sono attivi 8962 oleifici e questo è un valore contenuto se si tiene conto che venti anni addietro erano 12000 e nel 1948 assommavano a 29713.

Un ultimo aspetto da considerare è che tra i numerosi paesi del bacino del Mediterraneo, ambito territoriale interessato dalla coltivazione dell'olivo, solo l'Italia e la Spagna, fino a pochi anni fa, hanno compiuto specifiche ricerche scientifiche sul tema.

SUPERFICIE, PRODUZIONE ED UTILIZZAZIONE DELLE OLIVE NELL'ANNO 1984

PROVINCIE REGIONI	SUPERF. IN PRODUZIONE (ha)	PRODUZIONE - Q.LI			UTILIZZAZIONE OLIVE RACCOLTE PRODUZIONE OLIO (Q.LI)			
		ha (a)	Totale	Raccolta	Consumo diretto	Oleificate	Resa in olio (b)	Olio di pressione prodotto
Foggia	53.475	25,0	1.221.100	1.126.200	129.600	996.600	18,0	189.200
Bari	159.262	19,9	3.163.700	3.079.700	12.000	3.067.700	20,1	615.200
Taranto	35.673	25,8	925.900	907.400	6.400	901.000	18,6	167.800
Brindisi	57.764	42,3	2.443.700	2.370.400	17.900	2.352.500	17,5	412.700
Lecce	80.502	18,8	1.519.300	1.443.300	24.000	1.419.300	17,9	254.800
PUGLIA	386.676	24,0	9.273.700	8.927.000	169.900	8.737.100	18,8	1.639.500
Potenza	19.425	15,8	307.100	303.300	7.500	295.800	18,3	54.200
Matera	17.990	23,9	430.900	418.000	9.500	408.500	22,4	91.500
BASILICATA	37.415	19,7	738.000	721.300	17.000	704.300	20,7	145.700
Cosenza	54.389	13,8	740.900	464.400	400	464.000	16,4	85.400
Catanzaro	67.050	4,0	267.600	195.000	13.000	182.000	20,2	36.800
Reggio C.	58.038	4,0	209.900	168.000	—	168.000	18,0	30.700
CALABRIA	179.475	6,8	1.228.400	827.400	13.400	814.000	18,8	152.900
Trapani	18.936	23,4	462.300	444.800	103.600	341.200	23,5	80.100
Palermo	28.156	16,8	467.900	467.400	24.300	443.100	20,8	92.100
Messina	35.121	4,0	140.000	140.000	1.000	139.000	20,9	29.100
Agrigento	23.056	5,0	115.300	111.700	10.700	101.000	22,0	22.200
Caltanissetta	7.500	3,2	23.900	23.900	1.600	22.300	21,7	4.900
Enna	17.080	4,5	76.500	73.300	22.000	51.300	18,1	9.300
Catania	13.404	19,7	263.800	258.000	8.000	248.000	18,8	46.700
Ragusa	17.500	9,0	157.000	157.000	18.000	139.000	21,6	30.000
Siracusa	16.989	21,2	359.500	347.000	12.500	334.500	19,7	63.800
SICILIA	177.742	11,5	2.066.200	2.021.100	201.700	1.819.400	20,7	378.200
Sassari	12.468	11,2	140.200	37.400	800	36.600	15,3	5.600
Nuoro	10.237	5,3	54.700	30.100	2.000	28.100	16,9	4.700
Oristano	3.877	7,1	27.600	2.800	200	2.600	18,0	500
Cagliari	9.951	4,9	49.100	49.100	19.000	30.100	18,0	5.400
SARDEGNA	36.543	7,4	271.600	119.400	22.000	97.400	16,6	16.200
ITALIA	1.242.704	15,9	19.739.000	18.475.000	502.000	17.973.000	19,0	3.420.000

FONTE: ISTAT

PRODUZIONE MONDIALE DI OLIO DI OLIVA DI PRESSIONE
DAL 1970/71 AL 1985/86

	ANNO	OLIO OLIVA (Tm.)	MEDIA	INDICE
1° QUADRIENNIO	1970/71	1.424.100		
	1971/72	1.551.000	1.445.225	100
	1972/73	1.400.300		
	1973/74	1.405.500		
2° QUADRIENNIO	1974/75	1.393.400		
	1975/76	1.588.500	1.479.525	102
	1976/77	1.345.400		
	1977/78	1.590.800		
3° QUADRIENNIO	1978/79	1.576.000		
	1979/80	1.437.100	1.533.025	106
	1980/81	1.779.600		
	1981/82	1.339.400		
4° QUADRIENNIO	1982/83	1.823.900		
	1983/84	1.596.200	1.641.475	114
	1984/85	1.621.300		
	1985/86	1.524.500		

Dati COI - Elaborazione UNAPROL.

Composizione analitica delle A.V.

In letteratura esiste una considerevole mole di dati, notevolmente dispersi. In fig. 3 sono riportati i risultati di un'indagine, sufficientemente attendibile, effettuata nel 1982.

I vari parametri sono stati esaminati prelevando le A. V.: — dalle uscite delle centrifughe e dalle vasche di accumulo (dove vi è un inizio di fermentazione), per gli impianti discontinui; — dalle uscite delle centrifughe, per gli impianti continui.

Dalle tabelle possiamo rilevare come il pH assume un valore medio di 5,4 ad esclusione dei campioni b dove tende a 5 con punte minime di 4,6. Per questi ultimi notiamo inoltre una notevole diminuzione della quantità di zuccheri riduttori (rispetto ad a), nonché dell'estratto etereo (rispetto ad a, c) segno di una avviata fermentazione e di un recupero dell'olio affiorato. Le domande di ossigeno, chimico (COD) e biochimico (BOD5) sono enormemente alte, raggiungendo valori medi di 208 g/l e 90 g/l, nei campioni a, e di 49 g/l e 29 g/l, nei campioni c. La constatazione che il BOD5 è il 40 % del COD sottolinea una ridotta biodegradabilità. La quantità di solidi sospesi e totali rendono le A. V. torbide e soggette a notevoli depositi. La composizione dei sali inorganici, la cui quantità oscilla tra 1% e 2%, evidenzia che lo ione potassio è presente in quantità elevatissime, a volte superando i 10 g/l, mentre l'azoto e il fosforo presentano valori bassi, con rapporto C/N elevato e rapporto BOD5/N/P non equilibrato, indicando una difficoltà ai comuni trattamenti biologici.

In fig. 4 è riportata la composizione media del refluo. Dal punto di vista qualitativo, tra gli zuccheri sono stati individuati: saccarosio, glucosio, arabinosio, xilosio, mannosio; tra le sostanze azotate: arginina, alanina, asparagina, glutammina, leucina, isoleucina, lisina, cisteina, prolina, ecc; tra gli acidi organici: acido acetico, lattico, glicerico, malico, malonico, fumarico, ossalico e ovviamente diversi acidi grassi; tra i polialcoli la metilpentite; tra le sostanze polifenoliche in generale: acido caffeico, protocatechico, gallico, p-cumarico, vanillico, 4 idrossifenilacetico; tra i glucosidi: oleuropeina, cianidina, quercetina, derivati dell'acido caffeico e del tirosolo. Ricordiamo che il pigmento bruno delle acque è di natura catecolmelaninica e si forma ad opera dell'enzima fenolossidasi sugli ortodifenoli, durante la molitura delle olive. Dalla idrolisi del pigmento sono state identificate sostanze antisettiche, come la pirocatechina e gli acidi protocatechico e salicilico, che si sommano ad altre già presenti nelle A. V. allo stato libero. Attraverso numerose esperienze è stata infatti accertata una tossicità delle A. V. per la microflora e per i vegetali. Con l'impiego del bioassaggio-test di germinazione del *lepidum savitum*-si è evidenziato un effetto inibente sulla germinazione dei semi fino a diluizione dell'1% del refluo.

campioni		pH	Ca (meq/l)	Mg (meq/l)	Na (meq/l)	K (meq/l)	Cl ⁻ (meq/l)	SO ₄ ⁼ (meq/l)	Richiesta NaOH (meq/l)	P totale (meq/l)	N totale (meq/l)	Salinità totale (meq/l)
Valori minimi		5,07	5,0	11,2	1,1	118,5	20,0	3,9	31,5	4,5	19,2	157,9
Valori massimi	tipo (a)	5,78	26,9	76,2	23,2	445,0	104,0	12,9	115,0	27,0	161,0	531,5
Valori medi tot.		5,42	17,7	38,6	5,83	296,0	60,0	7,8	65,5	14,6	66,0	373,0
Valori minimi		4,65	10,0	13,7	6,3	38,5	25,0	2,8	37,8	2,9	12,0	68,5
Valori massimi	tipo (b)	5,35	27,5	56,3	14,0	242,3	40,0	7,1	103,3	10,0	62,0	339,0
Valori medi tot.		5,09	18,5	29,8	7,4	139,3	32,6	5,0	66,45	5,7	33,2	197,0
Valori minimi		5,26	6,5	5,0	2,0	26,9	26,2	2,7	16,6	2,0	10,5	42,7
Valori massimi	tipo (c)	5,82	14,4	16,2	6,5	147,0	47,5	4,6	54,1	6,2	59,2	175,2
Valori medi tot.		5,46	11,7	8,9	3,8	70,3	37,2	3,6	33,7	3,2	29,6	94,7

Campioni		COD (g/l O ₂)	TC (g/l C)	BOD ₅ (g/l O ₂)	Solidi totali (g/l)	Solidi volatili (g/l)	Solidi totali (g/l)	Estrazione etere (g/l)	Zuccheri riducibili (g/l)	Rapporto BOD ₅ :N:P
Valori minimi		54,1	22,2	19,2	41,2	33,8	2,49	0,057	3,0	
Valori massimi	tipo (a)	318,2	127,5	134,8	252,8	195,4	69,1	39,5	56,8	
Valori medi tot.		206,0	81,0	90,2	165,0	129,5	23,0	6,8	20,4	100:1,02:0,5
Valori minimi		36,6	14,8	15,0	24,1	20,5	6,66	0,046	1,6	
Valori massimi	tipo (b)	143,1	67,0	65,0	115,4	87,4	14,4	0,758	9,5	
Valori medi tot.		98,5	34,4	48,4	68,6	59,1	10,9	0,33	5,0	100:0,96:0,36
Valori minimi		26,9	12,0	17,0	18,7	16,6	0,69	0,103	1,4	
Valori massimi	tipo (c)	79,1	32,0	41,2	75,2	67,8	25,8	8,25	3,5	
Valori medi tot.		49,5	21,9	28,7	44,6	38,5	9,6	3,55	2,5	100:1,2:0,3

Fig. 3 - Caratteristiche analitiche delle A.V.

a - campioni prelevati alle uscite delle centrifughe di impianti discontinui;

b - campioni prelevati dalle vasche di accumulo di impianti discontinui;

c - campioni prelevati alle uscite delle centrifughe di impianti continui.

acqua	83%
zuccheri totali	2-8%
azotati	1,2-2,4%
acidi organici	0,1-1,5%
polialcoli	1-1,5%
pectine-tannini	1,0-1,5%
grassi	0,03-1%
glucosidi	tracce
K_2O	0,87%
CO_2	0,37%
P_2O_5	0,25%
Na_2O	0,12%
CaO	0,10%
SO_3	0,04%
Cl_2	0,03%
FeO	0,01%
MgO	0,007%
SiO_2	0,005%

Fig. 4 - Composizione medie delle A.V.

Scelte tecnologiche

La soluzione di problemi pratici come la depurazione della A. V. a costi accettabili, dipende dalle scelte tecnologiche operate.

In questi anni si è andato sviluppando un importante dibattito culturale sul modello di sviluppo più adatto alla nostra società. Al centro del dibattito si trova il concetto di tecnologia appropriata, legato all'ambiente in cui occorre utilizzarla, agli individui che devono usufruirne e alle relative strutture sociali e produttive, di cui dispongono. Volendo schematizzare, le scelte tecnologiche possono essere fatte nei due campi delle tecnologie dure e dolci, le cui caratteristiche salienti sono riportate in fig. 5. Per le prime si evidenziano le seguenti peculiarità: uso di apparecchi e strumenti complessi, gestione specialistica con impiego limitato di manodopera e consumo di risorse non rinnovabili; per le seconde: uso di apparecchi e strumenti relativamente semplici, gestione compatibile con le capacità dei fruitori della tecnologia, rispetto degli ecosistemi.

Lo studio dell'evoluzione storica dei metodi per il trattamento delle A. V., è stato affrontato sulla base delle tecnologie impiegate.

Una visione d'insieme dei vari processi di depurazione studiati, in funzione dei tempi in cui sono stati proposti, è riportata in fig. 6. Dal grafico emerge chiaramente che intorno agli anni 1975-76, che hanno visto venire alla luce la legge 319 (legge Merli) per la tutela delle acque dall'inquinamento, è stato realizzato il maggior numero di ricerche. Inoltre, i sistemi di trattamento suggeriti, tranne due eccezioni da assegnare all'altro campo, possono includersi per la maggior parte tra le tecnologie dure e per la restante tra le tecnologie intermedie. Penso che ciò sia dovuto fondamentalmente alla tacita accettazione della norma:

«Problemi complessi richiedono tecnologie complesse (dure)».

Di seguito vengono esaminati i diversi processi, suddivisi per classi di tecnologie (dure, intermedie e dolci), alla luce delle varie realizzazioni, delle caratteristiche impiantistiche e delle problematiche che comportano.

Processi utilizzanti tecnologie dure

— *Processi a membrana* —

* *Realizzazioni particolari*: dopo una lunga fase di studio, oggi si trovano sul mercato diversi impianti.

* *Caratteristiche impiantistiche*: l'impianto tipo presenta diversi stadi; esso prevede l'allontanamento di sostanze gelificanti (pectine e protidi), l'ultrafiltrazione e l'osmosi inversa con separazione, rispettivamente, di proteine e carboidrati ad alto peso molecolare e di vitamine, aminoacidi, zuccheri semplici e parte dei sali. I costi di investimento e di gestione sono elevati e viene richiesto del personale specializzato.

Tecnologie dure

- Contenuto scientifico elevato.
- Uso di apparecchi e strumenti complessi.
- Uso di fonti energetiche indifferenziate e consumo, in genere elevato, di risorse non rinnovabili.
- Impatto ambientale in genere ai limiti legali di accettabilità.
- Impiego di intensità bassa di manodopera e alta di capitali.
- Scarso interesse per la dimensione culturale e sociale degli utilizzatori delle tecnologie.

Tecnologie dolci

- Contenuto scientifico spesso elevato.
 - Uso di apparecchi e strumenti relativamente semplici.
 - Uso di fonti energetiche non esauribili ed economizzazione di risorse non rinnovabili.
 - Sistemi di produzione articolati in armonia con i cicli naturali e tendenti a limitare al minimo l'emissione di inquinanti e a riciclare i rifiuti.
 - Impiego di intensità alta di manodopera e bassa di capitali.
 - Elevato interesse per la dimensione culturale e sociale degli utilizzatori delle tecnologie.
-

Fig. 5

* *Problematiche*: l'abbattimento del carico inquinante è normalmente del 92% ma può raggiungere il 98%. Le membrane non sono sufficientemente permeabili, si intasano con rapidità, hanno una resistenza limitata e richiedono l'uso di antisettici per prevenire la crescita di microrganismi.

— *Processi ad evaporazione* —

* *Realizzazioni particolari*: gli impianti in commercio sono numerosi, di un certo interesse risultano quelli Savag (Bernardini), Peralisi, Vaccarino, Vitagliano, Biodistil, Consult Imp., Fiat Engineering.

* *Caratteristiche impiantistiche*: gli impianti presentano caratteristiche tecniche diverse; in genere è previsto un trattamento per i vapori condensati. I costi di investimento e di gestione sono alti ed è richiesto del personale specializzato per la conduzione.

* *Problematiche*: occorre smaltire sia il concentrato che il condensato.

— *Processi ad incenerimento* —

* *Realizzazioni particolari*: nel 1975 è stato costruito un impianto a Tavernelle, nel 1982 ne è entrato in funzione un'altro a Massafra. L'Alfa Laval ha elaborato una sua proposta in merito.

* *Caratteristiche impiantistiche*: le A.V. vengono nebulizzate e immesse in

ELENCAZIONE STORICA DEI METODI PER IL TRATTAMENTO DELLE ACQUE DI VEGETAZIONE

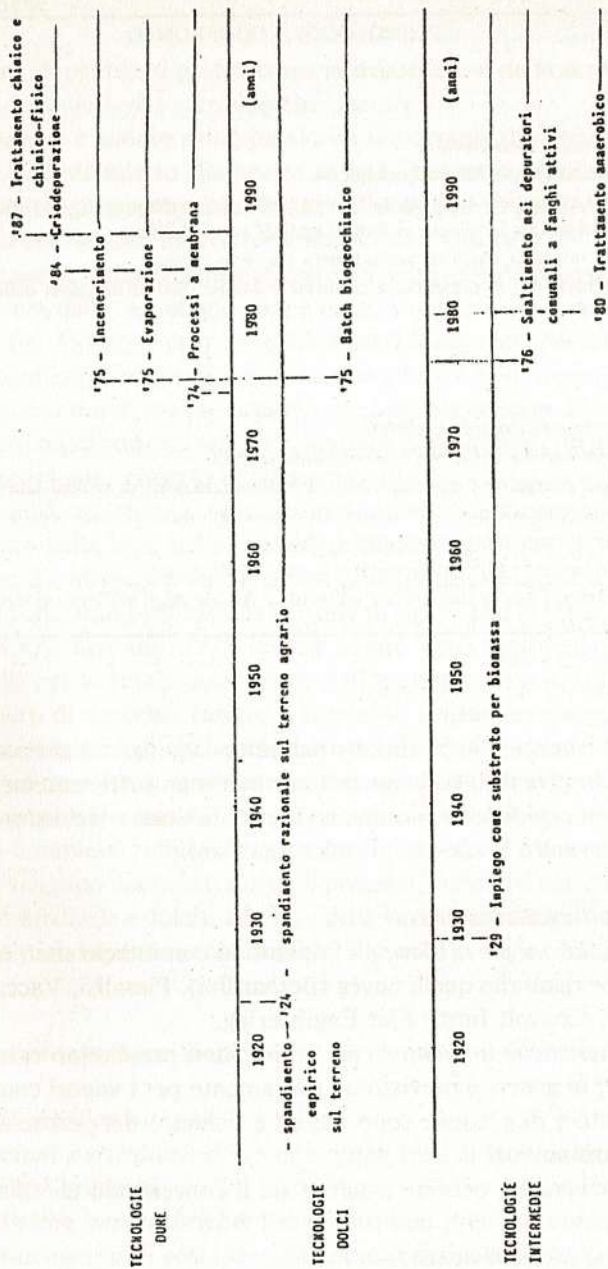


Fig. 6

un forno dove le goccioline evaporano e i residui bruciano a circa 800° C. I costi relativi al consumo di energia sono elevati.

* *Problematiche*: la manutenzione è complessa e frequente, occorre trovare un impiego per il residuo della combustione.

— *Criodepurazione*.—

* *Realizzazioni particolari*: l'Agip Giza ha realizzato, nel 1984, un impianto a Bracciano.

* *Caratteristiche impiantistiche*: l'impianto è complesso, funziona ad energia elettrica e richiede personale qualificato. I costi sono elevati.

* *Problematiche*: il refluo residuo occorre trattarlo ulteriormente.

— *Processi a trattamento chimico e chimico-fisico* —

* *Realizzazioni particolari*: sono stati realizzati diversi impianti di studio (ad Ascea nel 1985, Spello e Corato nel 1987). Si è anche sfruttata la tecnica della polarizzazione magnetica.

* *Caratteristiche impiantistiche*: gli impianti presentano caratteristiche diverse. Quello di Spello prevede la diluizione delle A. V., l'ossidazione e precipitazione, la neutralizzazione con acido solforico e l'impiego del carbone attivo. I costi di investimento e gestione sono alti e viene richiesto del personale specializzato.

* *Problematiche*: l'impatto ambientale è elevato.

Processi utilizzanti tecnologie intermedie

— *Processi che impiegano le A. V. come substrato per biomassa* —

* *realizzazioni particolari*: sono stati concessi diversi brevetti per la produzione di alcool (Francia 1929, Italia 1970, Spagna 1979). Interessante è l'impianto spagnolo per la produzione del lievito alimentare *Torulopsis utilis*.

* *Caratteristiche impiantistiche*: gli impianti sono complessi e comportano costi di investimento e di gestione relativamente alti oltre a richiedere del personale specializzato per la gestione.

* *Problematiche*: alle A. V. occorre aggiungere dei nutrienti; l'abbattimento del carico inquinante è dell'80% circa per cui occorre sottoporre le acque residue ad ulteriori trattamenti; necessità sviluppare un mercato per il lievito prodotto.

* *Varie*: oltre all'impiego di diversi lieviti (la Tecneco, in Italia, ha utilizzato la *Rhodotorula glutinis* nel 1975), si è tentato l'allevamento di funghi eduli e di giacinto d'acqua e l'azione di SNKD (83 ceppi batterici selezionati). Alcuni ricercatori hanno proposto l'uso della *Candida utilis* e *tropicalis*, per abbattere, rispettivamente, gli zuccheri e i fenoli.

— *Smaltimento nei depuratori comunali a fanghi attivi* —

* *Realizzazioni particolari*: gli impianti utilizzati sono quelli di Bitondo (1978) e di Roma Nord (1983-85). Dal 1986 è in corso un'esperienza curata dall'EAAP (Acquedotto Pugliese) ad Andria, Bitondo, S. Severo.

* *Caratteristiche impiantistiche*: le A. V. vengono immesse tal quali o pretrattate (correzione di pH e flocculazione).

* *Problematiche*: per consentire un buon funzionamento dell'impianto le acque dell'oleificio devono essere diluite eccessivamente (secondo alcuni autori il rapporto di diluizione deve essere 1:60). Il refluo è stagionale.

— *Processi anaerobici* —

* *Realizzazioni particolari*: l'impianto più interessante è forse quello operante a Palo del Colle.

* *Caratteristiche impiantistiche*: gli impianti presentano diverse strutture alcune delle quali molto complesse (vedi reattori a letto fluidificato proposti dal CNR-IRSA). I tempi di ritenzione sono circa 20 giorni, a 40°C, e da un litro di A.V. si ottengono circa 20 litri di gas. I costi di investimento e di gestione sono elevati. Per la conduzione è richiesto del personale specializzato.

* *Problematiche*: l'abbattimento del carico inquinante e dell'80% per cui le acque residue necessitano di ulteriori trattamenti. Il biogas non copre tutti i consumi energetici.

Processi utilizzanti tecnologie dolci

— *Spandimento empirico sul terreno* —

* *Realizzazioni particolari*: dalle informazioni acquisite risulta che, in passato, si è utilizzato tale metodo in Spagna e in provincia di Foggia.

* *Caratteristiche impiantistiche*: in genere le A.V. erano versate fresche, in canalette preparate sul terreno privo di vegetazione.

* *Problematiche*: l'impatto sull'ecosistema non è valutabile. Permangono tutte le difficoltà discusse in seguito per lo spandimento razionale.

— *Spandimento razionale sul terreno agrario (fertirrigazione)* —

* *Realizzazioni particolari*: vi sono diversi impianti pilota funzionanti in Spagna e in Italia dove il primo sembra sia stato realizzato a Valenziano nel 1981 su di un oliveto.

* *Caratteristiche impiantistiche*: il refluo è utilizzato tal quale o neutralizzato, nelle quantità di 30 mc/ha/anno (se proveniente da impianti discontinui). Le spese da sostenere riguardo il trasporto e lo spandimento delle A.V. che per altro presentano, nel tempo, un effetto fertilizzante.

* *Problematiche*: il metodo richiede superfici estese di terreno e comporta

difficoltà di spandimento e rischi di ristagno. Secondo alcuni autori possono generarsi degli squilibri tra i gruppi dei microrganismi del terreno.

— *Batch biogeochimico* —

* *Realizzazioni particolari*: sono stati utilizzati degli impianti di studio a Motola, attualmente è in costruzione un impianto pilota in provincia di Bari.

* *Caratteristiche impiantistiche*: l'impianto è costituito da una vasca, impermeabilizzata con manti di polietilene, contenente opportuno terreno agrario sul quale vengono versate le A.V. tal quali nel rapporto volumetrico medio di 1/0,5. È prevista una copertura della vasca durante il periodo piovoso e la coltivazione del terreno nel periodo estivo. Le spese di impianto sono contenute, quelle di gestione sono quasi nulle. L'impianto può essere condotto dal frantoiano.

* *Problematiche*: richiede delle superfici di terreno disponibili.

Conclusioni

Tralasciando la valutazione delle tecnologie dure utilizzate per le A.V., su cui esiste un'ampia documentazione, per altro commentata, passiamo direttamente a quella relativa alle tecnologie dolci.

Per una corretta lettura dei dati a disposizione è necessario soffermarsi sugli effetti perturbanti del refluo a livello dei cicli biogeochimici. Lo studio dei vari parametri legati ai processi degradativi nel terreno consente di evidenziare come operano i cicli locali del carbonio e del potassio. La fig. 7 riporta una visione d'insieme dei vari fenomeni osservati.

Le A.V. versate sul terreno agrario (attivo dal punto di vista biologico) subiscono effetti riconducibili a tempi brevi e a tempi piuttosto lunghi. I processi veloci sono di natura chimica e chimico-fisica, se si esclude la filtrazione meccanica di particelle grossolane, quelli lenti sono legati essenzialmente a processi biochimici.

— Effetti in tempi brevi —

* *Adsorbimento di alcune molecole organiche*: la diminuzione di fitotossicità del refluo, dopo semplice contatto con il terreno, lascia supporre l'allontanamento dalla fase liquida di sostanze tossiche.

* *Insolubilizzazione di alcuni composti*.

* *Scambio ionico*: lo ione potassio viene scambiato in parte con i cationi fissati sui colloidi del terreno. Ciò non incide sulla concentrazione salina, restando invariato il numero di equivalenti in soluzione.

* *Effetto tampone di pH*: l'azione tampone è legata agli equilibri $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{CO}_3/\text{HCO}_3^-/\text{CO}_3^{2-}$.

— Effetti in tempi lunghi —

EFFETTI PERTURBANTI DELLE A.V. SUI CICLI BIOGEOCHIMICI

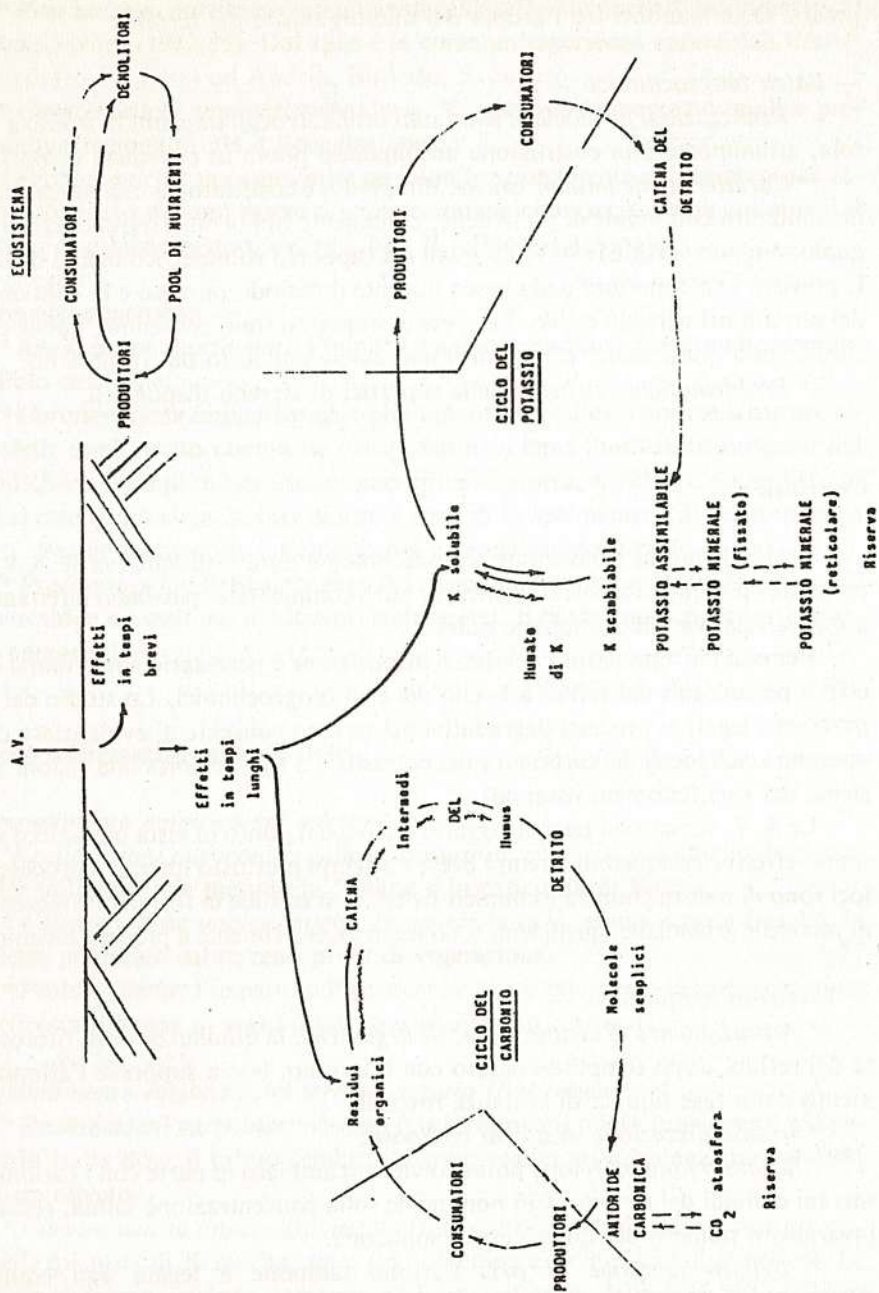


Fig. 7

* *Degradazione di sostanze organiche*: le reazioni più importanti riguardano la formazione di intermedi, l'ossidazione di acidi semplici e di parte degli intermedi a CO₂, la formazione di ammoniaca da proteine ed amminoacidi e la successiva ossidazione.

* *Elaborazione di polifenoli*: questi composti, in parte inibenti l'attività biologica, dopo una prima degradazione, vengono inglobati i complessi macromolecolari insolubili.

* *Formazione di humus*: l'elaborazione degli intermedi citati porta a conclusione la prima fase del processo di umificazione (formazione di strutture macromolecolari poco solubili e relativamente stabili). I colloidi organici generati, riescono ad adsorbire una considerevole quantità di ioni positivi, presenti nella soluzione circolante, comportando una notevole riduzione della salinità e quindi dei problemi ad essa connessi. L'humato di potassio formatosi, importante anello di congiunzione tra i due cicli in esame e oggetto di futuri approfondimenti, induce una lieve alcalinizzazione del terreno per effetto di idrolisi.

Pertanto, dopo un periodo variabile, che non supera i 120 giorni, la perturbazione causata dalle A. V. è terminata grazie a processi naturali concatenati mirabilmente e più efficienti di quelli artificiali messi in opera dall'uomo.

Ciò induce alla conclusione che la norma citata andrebbe rivista in:

«Problemi complessi richiedono tecnologie dolci», dove ad una complessità delle apparecchiature si va a sostituire la complessità dei cicli biogeochimici naturali, opportunamente compresi ed utilizzati.

Bibliografia essenziale

- 1) UNAPROL: Atti IX Assemblea Ordinaria (1986).
- 2) Balice V., Boari G., Cera O., Abbaticchio P.: Indagine analitica sulle acque di vegetazione. Nota 1. Inquinamento, n. 7/8, pag. 49-53 (1982).
- 3) Carola C., Arpino A., Lanzani A.: Lo smaltimento delle A. V. provenienti dagli impianti di estrazione dell'olio dalle olive e studio della loro possibile utilizzazione. La Rivista Italiana delle Sostanze Grasse, n. 10, pag. 335-340 (1975).
- 4) Sachs I.: L'ecosviluppo, una scelta non rinviabile. Politica Internazionale-Ed. Nuova Italia, n. 1 (1983).
- 5) Sanna M.: Antinquinamento nelle industrie alimentari. Edizioni AEB Brescia (1982).
- 6) Ranalli A.: Il problema dei reflui di frantoio. Aspetti tecnici e normativi. Informatore Agrario, n. 16, pag. 29-52 (1989).
- 7) Potenz D., Righetti E., Bellettieri A., Girardi F., Antonacci P., Caliano L. A., Pergolese G.: Evoluzione della fitotossicità in un terreno trattato con acque reflue di frantoi oleari. Nota 2. Inquinamento, n. 5, pag. 49-55 (1985).

*Irene Falomo - Giovanni Semerano**

Treviso - Padova

Ricordo di Giuseppe Fracasso

Summary

An expounding of the activity in education, research and management at the University of Padua and at the Industry at Terni of Dr. Giuseppe Fracasso, a valuable collaborator of Prof. Arturo Miolati, leader of the Padua Chemistry in the years 1937-1977.

La ricerca storica relativa all'influenza esercitata sulla chimica italiana dallo scienziato al quale è dedicata questa Comunità Culturale non sarebbe completa se non si ricordassero anche i nomi di coloro che in significativa misura hanno collaborato con Lui.

Limitandoci al periodo trascorso a Padova dal Prof. Arturo Miolati, che è poi quello che meglio conosciamo, uno di noi (G. S.) ha già provveduto a ricordare l'opera del Dr. Emilio Viterbi¹, del Prof. Luigi Amati² e sua personale^{3,4}.

Ben degna di menzione è anche però la collaborazione data al comune Maestro dal dr. Giuseppe Fracasso che ci ha di poco preceduti all'Istituto di chimica generale dell'Università di Padova nel periodo in cui esso fu diretto dal Miolati.

Notevole è stata l'opera del Fracasso; non così fortunati i risultati accademici personali da Lui conseguiti rispetto a quelli di L. Amati e G. Semerano.

Ed è per questo che noi riteniamo un dovere morale il ricordarlo alle nuove generazioni, sia pure così in ritardo, ma grazie alle informazioni acquisite da uno di noi (I. F.), anche lei allieva del Miolati.

Giuseppe Fracasso nacque a Chiampo (Vicenza) il 13 Novembre 1897 e si è spento a Treviso il 16 aprile 1975. Si era laureato in chimica a Padova nel 1924, col massimo di voti, e si era diplomato e abilitato in farmacia nel 1939.

Assunto subito come assistente personale e coadiutore del Prof. Miolati, rimase con Lui fino al 1929. In questo periodo vinse un concorso ad assistente effettivo ed ebbe successivamente l'incarico di aiuto.

La sua collaborazione con il Miolati ha interessato sia l'insegnamento (uno di noi (G. S.) Lo ricorda come assistente alle Esercitazioni di Analisi Chimica Quantitativa (1928) sia le ricerche industriali svolte dal Miolati per conto della Soc. Casale Ammonia di Roma-Lugano, Società con Sede in Svizzera e con impianti per la produzione di ammoniaca sintetica ed altri prodotti in molte parti del mondo,

* Comunità culturale Arturo Miolati.

assieme alla consociata S.I.R.I. (Società Italiana Ricerche Industriali) di Terni.

Nel periodo della sua permanenza a Padova, il Fracasso collaborò con l'Istituto di Igiene dell'Università per l'analisi di acque naturali, minerali o meno, di Recoaro, Acquedotto dell'Istria, ecc. e vinse un concorso per vice-direttore del Laboratorio di Igiene di Venezia.

L'attività di ricerca più importante ha interessato però prima l'Industria dell'ammoniaca sintetica e poi quella dell'alcool metilico sintetico; gli studi si conclusero a Terni nel 1927 con la messa in funzione di un impianto sperimentale, seguito poi da uno industriale.

Richiesto dallo stabilimento di Terni della S.I.R.I. alla fine del 1929, vi rimase fino all'inizio del 1944, epoca in cui, a causa di ripetuti bombardamenti aerei, lo stabilimento non fu più in grado di funzionare. Come capo reparto dei laboratori studi e ricerche, vi collaborò ai problemi che interessavano l'industria di sintesi ad alta pressione dell'ammoniaca e del metanolo, alla produzione di gas (idrogeno, ossido di carbonio, loro miscele), di derivati del metanolo e dell'ammoniaca, di alcoli superiori di sintesi, di perfezionamento dei catalizzatori per le sintesi, a ricerche e studi su materiali per la costruzione di impianti chimici e ad altri problemi minori.

In particolare, negli ultimi anni, si interessò del problema dei carburanti di sintesi che, iniziato col metanolo e con gli alcoli superiori, fu eccessivamente esteso ad altre fonti di materie prime, come le acetileniche. In questo campo la S.I.R.I. e l'Ammonia si interessarono diffusamente anche per incarico di Enti statali.

È noto che dall'acetilene si ottiene, per pirogenazione, una vasta serie di idrocarburi, aromatici in prevalenza. Gli studi eseguiti attraverso difficoltà non lievi raggiunsero i vari scopi prefissi:

I. (di base per l'industria) rese elevate;

II. utilizzazione del prodotto come carburante e poi come supercarburante per aviazione;

III. utilizzazione di parte dei prodotti come materia prima per l'Industria chimica organica (benzene, toluene, naftalene, ecc.).

Successivamente, siccome ad una soluzione tecnica del problema non era prevedibile una soluzione economica, dato il minor costo dei prodotti ottenuti dalla distillazione del carbon fossile o della benzina, furono dati al dott. Fracasso i mezzi per proseguire gli studi con lo scopo di ricavare idrocarburi di maggior pregio.

Dopo circa 80 anni dagli studi iniziati del Berthelot nel 1865 sulla pirogenazione dell'acetilene, il concetto che tale reazione poteva essere accolta tra le lavorazioni industriali trovava una conferma e meritava di essere investigata a fondo il più possibile. Proseguiti gli studi, furono superati sperimentalmente vari problemi tecnici: quello di poter lavorare a pressione, quello dei materiali di costruzione, quello rivelatosi molto promettente di poter lavorare a temperature più basse: la qualità del grezzo veniva in tal modo modificata con formazione di frazioni molto interessanti contenenti idrocarburi poco noti e di difficile ottenimento per altra via.

Questi studi, che avrebbero richiesto di essere condotti con tranquillità, furono invece investiti dalle offese aeree, tanto che non fu possibile ottenere i risultati delle analisi di alcune frazioni più interessanti per le quali si era assicurata la collaborazione del Prof. J. Gonteau dell'Università di Gottinga, forse l'unico specialista in grado di rispondere esaurientemente con mezzi ottici ai quesiti sollevati.

Il dott. Fracasso si è anche occupato della sintesi dell'urea richiesta alla S.I.R.I. dalla società Vetro-Coke di Porto Marghera. Anche in questo caso furono eseguiti gli studi preparatori ad alta pressione per ricercare le condizioni di optimum di sintesi e di prove sui materiali, lato molto delicato di questa preparazione. I bombardamenti di Terni hanno impedito che questi studi, superata la fase di laboratorio, passassero alla fase semi-industriale.

Per la crisi dell'industria conseguente agli ultimi tempi della guerra, il dott. Fracasso è passato quindi a dirigere una grossa Farmacia in provincia di Udine, pensando così di poter meglio esplicare le sue attività utilizzando la lunga esperienza di chimico acquisita in fabbrica.

Questa è in breve la storia della vita faticosa e tormentata del Dott. Giuseppe Fracasso che meritava di essere conosciuta e meditata da molti degli attuali accademici e ricercatori universitari che si accontentano invece di aver raggiunto la comoda e facile vita di dipendente statale in attesa della pensione.

Bibliografia

- 1) G. Semerano, *Ricordo del prof. dr. Emilio Viterbi* - Commemorazione tenuta a Padova il 24.3.1966 in occasione della seduta della Sezione Veneta della Società Chimica Italiana.
- 2) G. Semerano, *Luigi Amati: un esempio e un insegnamento*. Lettura all'Assemblea Generale della Sezione Veneta della Società Chimica Italiana - Padova 12 giugno 1987.
- 3) A. Breccia, *Città di Fermo. Aquila d'Oro Award to Profesor Giovanni Semerano. Internatio-
nal Symposium: New trends in Polarography and related techniques*. Fermo, 1-5 Settembre 1986.
- 4) G. Semerano, *Memorie di un chimico fisico analitico ottuagenario, II Convegno Naz. Storia
e Fondamenti della Chimica, Roma 16-19 Settembre 1987*, pp. 237-49.

Paolo Amat di San Filippo
Dipartimento di Ingegneria Chimica e Materiali
Università di Cagliari

Michele Giua

Michele Giua, della cui nascita quest'anno ricorre il centenario, può ben venir considerato lo Storico della Chimica più insigne che l'Italia abbia espresso nel secolo XX.

Nato a Castelsardo, in provincia di Sassari, il 26 aprile 1889, si laureò a Roma, in Chimica Pura, nel 1911. In quell'anno, laureando, ebbe l'onore di commemorare, a un anno dalla morte, a nome degli studenti, il prof. Stanislao Cannizzaro, di cui scoperse il busto inaugurato all'Università di Roma.

Appena laureato perfezionò, nel laboratorio di Emilio Fischer, a Berlino, la sua preparazione di Chimico Organico.

Fu Assistente, a Milano, nel Laboratorio di Incoraggiamento di Arti e Metieri, per un triennio, del prof. Ettore Molinari, e dopo, del prof. Emanuele Paternò, sia nel Laboratorio Chimico della Sanità Pubblica a Roma, che nell'Istituto Chimico dell'Università.

Conseguita, nel 1916, la Libera Docenza in Chimica Generale, fu Incaricato di Chimica generale presso la Facoltà di Scienze M. F. N. dell'Università di Sassari, dal 1917 al 1920.

Divenuto, in seguito, Assistente del prof. Felice Garelli, presso l'Istituto di Chimica Organica Industriale del Politecnico di Torino, fu colà Incaricato di Chimica Organica dal 1921 al 1933, esclusi due anni, nei quali fu Incaricato di Tecnologie Speciali. Svolsse successivamente dal 1926 al 1933, i Corsi di Chimica Generale, di Chimica Organica, di Aggressivi Chimici e di Esplosivi presso l'Accademia e Scuola di Applicazione di Artiglieria e Genio di Torino, e quello di Esplosivi di Guerra per la Scuola di Perfezionamento in Balistica e Costruzioni di Armi ed Artiglieria, annessa al Politecnico di Torino.

Nel 1933, per essersi rifiutato di iscriversi al P. N. F., dovette lasciare il posto di Assistente, e l'insegnamento, sia all'Università che all'Accademia ed alle Scuole Militari.

Nel 1922 si classificò al secondo posto nella terna dei vincitori nel Concorso per la Cattedra di Chimica Generale dell'Università di Perugia.

Socialista per tradizione familiare e militante del Partito fin dal 1904, aderì al movimento antifascista torinese "Giustizia e Libertà".

Arrestato, su delazione di Dino Segre, in arte "Pitigrilli", per cospirazione politica il 15/5/1935, fu condannato dal "Tribunale Speciale per la Difesa dello

Stato", il 28/2/1936, a quindici anni di reclusione. Scontò otto anni di carcere duro nei penitenziari di Castelfranco Emilia, Civitavecchia e San Gimignano.

Durante la sua detenzione moriva in Estremadura, in Spagna, combattendo come Capitano delle Brigate Internazionali, il figlio ventenne Renzo studente di Filologia alla Sorbona.

Nominato, nel 1945, dagli Alleati Presidente della Commissione di Epurazione, operò in quest'Ufficio con grande senso di Giustizia e di Umanità, alieno com'era da qualsiasi risentimento o senso di rivalsa.

Deputato alla Costituente fu Consultore Nazionale, e fu uno dei 75 che elaborarono la Carta Costituzionale.

Senatore del Partito Socialista, nella prima e nella seconda Legislatura, fu poi Consigliere Provinciale, a Torino, dello stesso Partito.

Incluso, nel 1948, nella terna dei vincitori del Concorso per la Cattedra di Chimica Applicata dell'Università di Genova, espletato nel 1936 per effetto della revisione del Concorso, giusta il D.L.L. 5/4/1945, n. 238, il 16/2/1949 fu nominato professore straordinario di Chimica Organica Industriale presso la Facoltà di Scienze M.F.N. dell'Università di Torino.

Conseguito l'Ordinariato il 20/3/1952, lasciò il ruolo per sopraggiunti limiti d'età, nell'Ottobre 1964. Morì a Torino il 25/3/1966.

Di vastissima e profonda cultura classica ed imperscrutabile padronanza della Chimica, pur con la parentesi di forzata inattività scientifica dovuta alla persecuzione politica subita, lasciò una rimarchevole produzione scientifica e didattica, comprendente articoli, libri, trattati, e dispense.

Il suo contributo alla divulgazione della Chimica data dai primi anni della sua attività. Già durante il suo lavoro presso il Laboratorio Chimico della Sanità Pubblica, avendo individuato nelle urine di un gran numero di giovani delle zone prossime al confine austriaco, soggetti al servizio di leva, che presentando chiari sintomi di Itterizia chiedevano il rinvio o l'esenzione dal servizio militare, l'Acido Picrammico, permise che si appurasse che tale sintomatologia patologica era dovuta, esclusivamente, alla ingestione, intenzionalmente fraudolenta, da parte di quei giovani, di pastiglie di Acido Picrico, che proprio a tal fine alcuni agenti austriaci avevano distribuito clandestinamente, in quelle zone di confine, per creare disturbo al nemico.

Nel 1913 tradusse, per la Hoepli, il "Trattato di Chimica Fisica" di H.C. Jones. Nel 1914, in collaborazione con la Moglie dottoressa Clara Lollini, anch'essa Chimico, pubblicò, per la Hoepli, il "Manuale delle acque minerali artificiali".

Sempre in collaborazione con la Moglie, tradusse per la Hoepli, nel 1915, la "Storia della Chimica" di E. von Meyer.

Una sua monografia dal titolo "Sulle combinazioni chimiche fra metalli", che nel 1917 era stata premiata dal Reale Istituto per le Scienze e le Lettere, fu ristampata, in edizione inglese, a Londra nel 1918.

Nel 1919, per i tipi della Hoepli, pubblicò la "Chimica delle sostanze Esplosive".

Un suo studio sulla disidratazione dei Fuseloli fu premiato, nel 1924, nell'ambito di un Concorso Nazionale per un carburante di natura alcoolica.

Nel 1928, per i tipi della Rosemberg di Torino, pubblicò gli "Elementi di Chimica Organica".

Nel 1930, in collaborazione con la Moglie, pubblicò, per i tipi della Rosenberg e Sellier di Torino, il piccolo utilissimo, "Dizionario Tedesco-Italiano, per le Scienze chimiche ed affini".

Nel 1932-33, per i tipi della Rattero, sempre di Torino, pubblicò le "Lezioni di Esplosivi ed Aggressivi Chimici" in tre volumi.

Nei 1933-34, in collaborazione con la Moglie, per i tipi della UTET di Torino, pubblicò il "Dizionario di Chimica Generale e Industriale" in due volumi, che nel 1948-49 fu riedito, dalla stessa UTET, rielaborato, in tre volumi. L'elaborazione del "Dizionario" era stata preceduta dalla pubblicazione della "Nuova Enciclopedia di Chimica Scientifica, Tecnologica, e Industriale" di Icilio Guareschi, molte delle cui voci erano state scritte, appunto, dal Giua.

Nel 1946, dopo la forzata inattività, diede alle stampe, per i tipi della Chiantore di Torino, la "Storia delle Scienze ed Epistemologia", "La Chimica e la Vita Organica", e la "Storia della Chimica".

Nello stesso anno raccontò, nei "Ricordi di un ex detenuto politico", pubblicato dalla Chiantore, con animo socraticamente sereno e quasi distaccato, le persecuzioni subite e le sue esperienze carcerarie.

Pubblicò diverse monografie riguardanti la Storia ed i Fondamenti della Chimica, e precisamente:

- 1) - "Stanislao Cannizzaro" (1926)
- 2) - "Amedeo Avogadro" (1949)
- 3) - "I Chimici alla Cattedra di Chimica dell'Università di Torino" (1952)
- 4) - "Problemi metodologici nella Chimica" (1952)
- 5) - "Per una interpretazione dialettica della Storia delle Scienze Sperimentali in Italia dopo Galilei" (1954)
- 6) - "Vers la Matière Vivante?" (1956)
- 7) - "L'opera scientifica di Ascanio Sobrero" (1959)
- 8) - "Celebrazione della Legge degli Atomi di Stanislao Cannizzaro" (1961)
- 9) - "Cinquant'anni di fedeltà alla Chimica" (1961)
- 10) - "L'apport italien à l'étude des molécules et des macromolécules après Avogadro" (1963)

Nel 1955 la Libreria Torinese Levrotto e Bella pubblicò le sue dispense del "Corso di Chimica Organica Industriale: Esplosivi, Sostanze Coloranti, Materie Plastiche".

Nel 1956 pubblicò, per i tipi della Vallardi di Milano, "La Chimica nella Vita Sociale".

L'opera, però, più significativa di Michele Giua è però il "Trattato di Chimica Industriale", in 8 volumi, pubblicato dalla UTET di Torino negli anni

1957-63. Dopo la sua morte, negli anni 1972-77, il "Trattato" uscì, rielaborato a cura di alcuni suoi allievi, sotto la direzione di Umberto Colombo, in 10 volumi, per i tipi della USES di Firenze.

Nel 1963 Nicola Abbagnano, nella sua "Storia delle Scienze", al volume secondo, incluse la "Storia della Chimica" di Giua, già pubblicata nel 1946.

Nel 1930 Michele Giua fondò e iniziò a pubblicare una "Rivista di Chimica Scientifica e industriale", nella quale sarebbero stati trattati argomenti di Chimica in stretta connessione con la letteratura specialistica straniera, però la rivista non andò oltre il primo numero.

L'attività di ricerca di Michele Giua fu rivolta allo studio dei nitroderivati aromatici usabili come esplosivi, dei quali studiò la sintesi industriale, le caratteristiche e la stabilità. Gli specifici indirizzi di ricerca possono dedursi dai titoli delle note scientifiche pubblicate dal 1912 al 1934:

- 1) - Sopra alcuni derivati dell'acido benzoil-propionico (1912).
- 2) - Versuche in der C -Reihe: Darstellung von Aether-Laktonen und Butilen-Oxydcarbonsäureestern (1912).
- 3) - Sopra gli acidi α - e β -naftoilpropionici (1912).
- 4) - Un capomorto dell'industria degli alti esplosivi (1913-14).
- 5) - Ueber β -Naphtolylpropionsäure (1914).
- 6) - Löslichkeit einiger Nitroderivate des Toluols im festen Zustande (1914-15).
- 7) - Acidi trinitrobenzoici e dinitrotoluidine corrispondenti ai trinitrotolueni β - e γ - (1915)
- 8) - Acidi dinitrometossibenzoici e dinitroamminobenzoici (1915).
- 9) - Miscugli di esplosivi nitrati e nitrato del Toluene (1915)
- 10) - Die Industrie des Trinitrotoluols in Italien und deren Entwicklungsbedingungen (1915).
- 11) - Contributo alla conoscenza della reattività del gruppo nitrico nei composti aromatici (1915).
- 12) - Ricerche sopra i nitroderivati aromatici (1916).
- 13) - Composti non saturi in Chimica Organica, il comportamento del cinnamidenacetofenone (1916).
- 14) - Sulla formazione del fenil-metil-benzil-pirazolone (1,3,4,5) (1916).
- 15) - Miscugli di esplosivi nitrati II (1916).
- 16) - Azione del cloruro di ossalile sugli eteri dei naftoli (1917).
- 17) - Azione del Furfurolo sul cinnamidenacetone (1917).
- 18) - I giacimenti di sali potassici di Dallol (Eritrea) (1918).
- 19) - Ricerche sopra i nitroderivati aromatici. Sulla formazione dei nitro-idrazocomposti (1918).
- 20) - Osservazioni sul Guano della Sardegna (1919).
- 21) - Azione della Fenilidrazina sul trinitro-p-xilene e sugli eteri del trinitro-m-cresolo (1919).
- 22) - Sul comportamento del trinitroanisolo (1919).

- 23) - Sulla nitrurazione del Timolo (1919).
- 24) - Azione dell'Itrato di Idrazina sopra i nitrocomposti aromatici (1919).
- 25) - Composti non saturi in Chimica Organica. Sulla costituzione dell'etere succinilosuccinico (1920).
- 26) - Gli elementi del gruppo dell'ossigeno e i composti organo-alogeno-magnesiaci (1920).
- 27) - Sopra alcuni processi di sostituzione nell'anello benzenico (1921).
- 28) - Un nuovo bromo-trinitrobenzene (1921).
- 29) - Sopra i composti d'addizione del trinitroanisolo simmetrico e dell'etere metilico del trinitro-m-cresolo con alcune basi terziarie (1921).
- 30) - Analisi chimica delle Chedditi (1921-22).
- 31) - Condensazione del p-amminoacetofenone e dell'acetil-p-amminoacetofenone con le aldeidi aromatiche (1921).
- 32) - Sui nitroderivati aromatici (1921).
- 33) - Sull'ossidazione dei trinitroxiloli (1922).
- 34) - Sopra una nuova sostanza colorante rossa della Chinolina (1922).
- 35) - Azione di alcune base primarie sull'1, 3, 4, 6-bromotrinitrobenzene (1922).
- 36) - Azione di alcune idrazine e della Piridina sull'1, 3, 4, 6-bromotrinitrobenzene (1922).
- 37) - Azione dell'Idrossilammina sul γ -trinitroluene (1923).
- 38) - Azione della benzalmetilammina sopra alcuni nitroderivati aromatici (1923).
- 39) - Azione delle fenilendiammine sui trinitrotolueni β - e γ - (1923).
- 40) - Sopra un nuovo metodo di preparazione di alcuni solfuri aromatici (1923).
- 41) - Un nuovo metodo di preparazione di alcuni solfuri aromatici (1923).
- 42) - Sopra alcune nitroarilidrazine (1923).
- 43) - Sopra alcuni o-nitrocomposti (1923).
- 44) - Sul picrolonato talloso (1924).
- 45) - Azione del cloruro di ossalile sui naftoli (1924).
- 46) - Azione del cloruro di ossalile sopra alcune basi organiche (1924).
- 47) - Ueber die Konstitution des Benzols und die Substitutionsprozesse in dem Benzolkerne (1925).
- 48) - Azione della Cianammide sul cloruro di Picrile (1925).
- 49) - Un nuovo metodo di preparazione industriale del solfuro di Picrile (1925).
- 50) - Azione della Tiosemicarbazide sopra alcuni nitrocomposti aromatici (1925).
- 51) - Azossibenzene e nitroderivati aromatici (1925).
- 52) - Azossicomposti e nitroderivati aromatici (1925).
- 53) - Sulla polimerizzazione di alcuni derivati del cinnamilidenacetofenone (1925).
- 54) - L'influenza dei sostituenti sulla formazione e sulla stabilit  di alcuni composti ciclici (1925).
- 55) - Sulle polveri senza fumo contenenti Centralite (1925).
- 56) - Ueber Chloro-acetoverbindungen des Titans (1925).

- 57) - Sulla disidratazione pirogenica dei Fuseloli (1926).
- 58) - Ueber Halogenoacylatverbindungen des Titans (1927).
- 59) - Azione degli alcali sull' α -trinitrotoluene (TNT) (1927).
- 60) - Sulla tautomeria dell'etere etilico dell'acido α -etil, β , β -diacetilpropionico (1927).
- 61) - Sull'ossidazione di alcune idrazine terziarie (1928).
- 62) - Influenza dei sostituenti sulla stabilità di alcuni composti ciclici (1929).
- 63) - Ricerche sopra alcune reazioni di condensazione (1929).
- 64) - Sulla condensazione dell'aldeide formica con l'Uretano ordinario (1929).
- 65) - Ricerche sperimentali sopra alcuni componenti accessori delle polveri senza fumo (1930).
- 66) - Valenze principali e secondarie e processi di sostituzione (1931).
- 67) - Sui processi di sostituzione anormali nel nucleo benzenico (1931).
- 68) - Azione dell'amminoacetofenone e della Piperidina sopra alcuni nitroderivati aromatici (1932).
- 69) - Azione dei Nitroderivati aromatici sul Magnesilpirrolo e sul Magnesilindolo (1932).
- 70) - Sull'alterazione del monocloro- e del monobromo-acetone. Sulla resinificazione (1932).
- 71) - Sur les stabilisants et les gelatinisants dans les poudres sans fumée (1933).
- 72) - Sur l'analyse microscopique des substances explosives (1934).

Dopo la caduta del Fascismo e la fine della guerra, ritornato all'Università di Torino, come professore presso la Facoltà di Scienze, poté disporre di un laboratorio proprio, solo nel 1951, e nello scantinato dell'Istituto Chimico, in Viale Massimo d'Azeglio, al Valentino.

Da allora pubblicò i lavori seguenti:

- 73) - Sul dimero del γ -dimetilpirone (1951).
- 74) - Azione delle carbilammine sopra alcuni nitroderivati aromatici (1952).
- 75) - Sull'acido β -(5-acenaftoil)-propionico (1953).
- 76) - Ricerche sull'1,3 - dichinolil - (2) - propene (1953).
- 77) - Sull'azione solforante della Tiourea (1954).
- 78) - Sulla reazione di Balbiano applicata al dicitlopentadiene tecnico (1953).
- 79) - Sulla reazione di Piria applicata alla 1 - nitro -2- metilnaftalina (1953)
- 80) - Sui derivati perbromurati dell'Acenaftene e sulla ossidazione del 5,6 - bromonitroacenaftene (1954).
- 81) - Azione dell'Itrato di Idrazina sull'etere etilico dell'acido 2 -metil- 5 - tetrossibutil - furan - 3 - carbonico (1954).
- 82) - Azione della esametildiammina sui nitroderivati aromatici (1954).
- 83) - Clorocauciù e Plastificanti azotati (1956).
- 84) - Analisi e grandezza molecolare di alcune nitroacetilcellulose (1956).
- 85) - Sulla stabilità del 4,5 - benzocumarandione - 2,3 (1957).
- 86) - Sulla formazione di alcuni solfuri aromatici (1957).

- 87) - Sulla formazione di alcuni seleniuri organici (1959).
- 88) - Sul trinitrato della 2,4,6 - trinitrofenil - 1,3,5 - trietanoltrinitrammina (Nonile) (1959).
- 89) - Metilpentrile (1960).
- 90) - Dinitrato del 2,4,6 - trinitrofenil - 1,3 - dinitramminoetanolo (Eprile) (1960).
- 91) - Sui nitroacetilamidi (1960).
- 92) - Sintesi di cumarandioni col cloruro di etilossalile (1962).
- 93) - Irraggiamento U. V. dell'allilglutarimide e dell'allilpiroglutarimide (1964).
- 94) - Reattività degli atomi di alogeno nell'1,3 - dicloro - 4,6 - dinitrobenzene e 1,3 - dicloro - 2,4,6 - trinitrobenzene con ammine aromatiche (1964).

Sotto la sua supervisione, dai suoi Collaboratori furono pubblicate 21 note scientifiche.

Fu relatore, dal 1951 al 1964, di ben 225 Tesi di Laurea, delle quali 70 sperimentali, e di 160 sottotesi.

Per le sue ricerche sui nitroderivati, Michele Giua fu il più noto esperto di esplosivi d'Italia, e, fu prima del suo arresto, apprezzato consulente della Società Dinamiti Nobel. Ma la sua fama travalicò i confini nazionali: la Encyclopedia of Explosives and Related Items, edita in 10 volumi, negli anni '70 - '80 dall'Arsenale Militare americano di Picatinny, lo cita come il sommo esperto di esplosivi italiano.

Nel corso delle sue ricerche sui nitroderivati aromatici, osservò, verificò, ed utilizzò la particolare sostituibilità del gruppo alogeno, e dello stesso gruppo nitrico, in posizione adiacente ad altri gruppi nitrici dell'anello aromatico, realizzando quella sostituzione che, parecchi anni più tardi, alla luce dei chiariti effetti elettronici, induttivi e/o mesomeri, fu chiamata nucleofila aromatica.

La sua profonda conoscenza della Chimica Organica, ed in particolare quella Industriale, gli permetteva di svolgere un Corso che risultava di grande interesse per gli studenti. Di ogni processo industriale essi infatti avevano modo di conoscere il suo sviluppo storico, in stretta connessione con le acquisizioni scientifiche sperimentali, teoriche, e politico-economiche.

Nella sua Storia della Chimica individuò, nell'evoluzione di questa Scienza, cinque periodi fondamentali:

1) - Periodo prealchimistico - Questo, partendo dalle più lontane origini, si protrae sino al VI Secolo dell'Era Volgare, e comprende le tradizioni alchemiche egiziana, greca, e romana.

2) - Periodo Alchimistico - Questo, prendendo origine, appunto, dalle tradizioni greca e romana, attraverso l'Alchimia araba di Geber, Abu Mansur, del Secolo IV, arriva all'Alchimia occidentale di Ramon Lull, Alberto Magno, Ruggero Bacone, Tommaso d'Aquino, fino a Gerolamo Cardano, nel XVI Secolo.

3) - Periodo di Unificazione - Questo periodo, che si estende dal XVI al XVIII Secolo, può, a sua volta, venir suddiviso in alcuni sottoperiodi:

- a) Iatrochimico, del quale sono figure rappresentative Paracelso, van Helmont, Sala, e Libavio.
- b) Chimico Tecnologico, del quale sono figure rappresentative Biringuccio, Pallissy, Agricola, Neri, e Della Porta.
- c) Pneumatico, del quale sono figure rappresentative Boyle, Becher, Hooke, e Lemery.
- d) Flogistico, del quale sono figure rappresentative Stahl, Neumann, Marggraaf, Black, Meyer, Cavendish, Priestley, Bergmann, Scheele, Fontana, Hofmann, Rouelle, Lomonossov, Beccaria, Morozzo.
- e) Antiflogistico, nel quale rifugge Lavoisier, seguito da Klaproth, Vaquelin, e da coloro che potendo, non impedirono, se non facilitarono volontariamente, la condanna alla ghigliottina del grande Lavoisier: Berthollet, Fourcroy, Laplace, e Guyton de Morveau.

4) - Periodo delle Leggi Quantitative, che comprende i primi 60 anni del XIX Secolo. Sono figure rappresentative di questo periodo Richter, Proust, Dalton, Gay-Loussac, Avogadro, Mitscherlich, Dulong, Petit, Regnault, Berzelius, Prout, Gmelin, Faraday, Hess, e Cannizzaro. In questo periodo si incominciò a sviluppare, come Scienza, a sé, ed autonoma, la Chimica Organica, della quale furono figure rappresentative Dumas, Liebig, Bunsen, Wöhler, Kolbe, Curtius, Markownikow, von Meyer, Kekulé, e Wurtz.

5) - Periodo moderno - Questo periodo, partendo dalla seconda metà del Secolo XIX, si può dire che non sia ancora concluso. Dell'inizio di questo periodo sono figure rappresentative Meyer, Mendeleev, Ramsay, Baeyer, Pasteur, van t'Hoff, Thiele, Werner, Berthelot, Piria, Bertagnini, Perkin, Grignard, Fischer, Sabatier, Schiff, Sandmeyer, Willstätter, Sorbrero, Diels, Ciamician, Sainte-Claire Deville, Arrhenius, Ostwald, Jones, Gibbs, Tammann, Nernst, Zeemann, Rutherford, Sommerfeld, Moseley, Soddy, Becquerel, Sklodovska, e Curie.

Di ciascun Periodo Michele Giua, nel suo libro: "Storia della Chimica", approfondì e descrisse gli aspetti e le scoperte più significative, senza che ciò risultasse a scapito della descrizione e della interpretazione del processo evolutivo in tutta la sua globalità.

Oratore elegante e scrittore forbito, lasciò, in questo senso, ricordo della sua cultura e personalità, anche nel Parlamento nazionale. Meritevoli di rilettura e di meditazione sono, infatti, i suoi discorsi pronunciati al Senato della Repubblica durante il suo Mandato. Essi riguardavano importanti problemi nazionali, alcuni dei quali sono ancor oggi d'attualità:

- 1) - "Famiglia e Socialismo" (1947).
- 2) - "Il problema della Difesa militare" (1948).
- 3) - "La "Crisetta" ministeriale e il Socialismo" (1949).
- 4) - "Sulla ratifica del Patto Nord - Atlantico" (1949).
- 5) - "Sul Bilancio della Pubblica Istruzione" (1950).
- 6) - "Sulla politica industriale italiana - Siderurgica e Metano" (1950).

- 7) - "Sulla mozione della Pace" (1951).
- 8) - "Osservazioni sull'industria e sul commercio estero" (1951).
- 9) - "Sui bilanci dell'industria e del commercio con l'estero nel 1952" (1952).
- 10) - "Il Piano Schumann e l'industria siderurgica e chimica italiana" (1952).
- 11) - "I problemi della scuola italiana" (1952).
- 12) - "Politica estera e il problema di Trieste" (1952).
- 13) - "Sulla legge elettorale" (1952).
- 14) - "Sull'Ente Nazionale Idrocarburi (ENI)" (1953).
- 15) - "Il problema italiano del petrolio" (1956).
- 16) - "Sul Bilancio della Pubblica Istruzione e sulla Libera Docenza" (1956).
- 17) - "Il laicismo della Scienza" (1957).
- 18) - "Sulla legislazione mineraria" (1957).
- 19) - "L'EURATOM e il problema dell'Energia Atomica in Italia" (1957).
- 20) - "Ancora sul Problema Universitario" (1958).

Di profonda cultura, supportata, fin nell'ultimo periodo della sua vita, da un quotidiano scrupoloso aggiornamento, era una preziosa fonte, per i suoi allievi, di idee e suggerimenti, dei quali, paternamente bonario, correggendo gli errori, castigava, con ironica saggezza, gli eventuali comportamenti immodesti.

Maestro di Scienza e di Vita, profondamente pervaso da un quasi religioso rispetto della Personalità Umana.

Giovanni Semerano

Padova

Luigi Amati: un esempio e un insegnamento

È stata definita la longevità come l'orrore di essere in un corpo umano le cui facoltà declinano, come una insonnia che si misura in decenni, la condanna ad una ripetizione di ricordi, alla nostalgia di cose che non si sono apprese; aggiungerei una condanna a vedere scomparire man mano le persone che ci sono care.

Sono oggi qui, vicino alla vecchia sede di Via Loredan dell'Istituto di Chimica dell'Università di Padova, da me frequentato dal lontano 1925, a ricordare l'amico di sempre, il prof. Luigi Amati, nell'anniversario di quello che sarebbe stato il suo 82.mo compleanno e la felice conclusione della sua iniziativa, il Premio prof. Arturo Miolati, da lui istituito in devota memoria del comune maestro, primo incaricato in Italia dell'insegnamento di Chimica Teorica (1925) e fondatore del locale Istituto di Chimica Fisica (1932).

La cattiva sorte non ha voluto che Amati fosse ancora tra noi ed io tenterò di chiarire per quali ragioni, in contrasto, mi auguro solo apparente, con la fedele compagna della sua vita, la sig.ra Ada Rota, mi accinga a ricordare l'opera di «Gigino», come molti di noi confidenzialmente lo chiamavamo, ma con il dovuto rispetto alla sua eccezionale riservatezza.

È comune consuetudine la commemorazione degli scomparsi; essa si effettua in molteplici forme; talvolta a breve distanza dalla morte, talaltra più tardi. Ne ho ascoltate purtroppo parecchie e ne ho dovuto fare alcune anch'io; vorrei ricordare quella soltanto del prof. Luigi Riccoboni (Ω 1972), allievo ed amico devoto di Luigi Amati e alla cui memoria l'Università di Padova dedica ogni anno un particolare ricordo.

È ovvia consuetudine che in tali commemorazioni si ricordino soltanto i meriti degli scomparsi e si sacrificino spesso i rapporti umani del loro tempo, così utili invece per una fedele ricostruzione storica della loro opera.

È in quest'ultima, più completa luce, che desidero ricordare l'opera di Luigi Amati.

In un ambiente tanto accademico, come quello odierno, sensibile ad una produzione numerica massiva di pubblicazioni scientifiche, potrà sorprendere che

Amati, in circa 50 anni, abbia pubblicato soltanto 10 lavori e in riviste di limitata diffusione internazionale.

Oggi, chi non può vantare una cinquantina almeno di pubblicazioni, magari in copiosa compagnia, viene classificato come uno scienziato appena affermato. Scarso peso viene dato ai brevetti, pur sapendo l'impegno e la serietà che essi richiedono e la loro importanza sociale. Mi permetto di proiettare un giudizio di Leonardo sugli inventori nei confronti dei cosiddetti scienziati:

È da esser giudicati, e non altrimenti stimati gli omini inventori e interpreti fra la natura e gli omini, a comparazione è recitatori e trombetti delle altrui opere quant'è dell'obbietto fuori dello specchio alla similitudine esso obbietto apparente nello specchio, che l'uno per se è qualche cosa e l'altro è niente.

Amati, ai 10 lavori su ricordati, aggiunge una serie di ben 26 brevetti, estesi ai maggiori paesi industrializzati, su 5 filoni diversi della tecnologia e sui quali avremo occasione di ritornare tra breve con maggiore dettaglio.

Scarse sono le notizie a mia disposizione sulla sua prima giovinezza. Nato e cresciuto a Venezia, dimostra ben presto una spiccata attitudine per la strumentazione fisico-tecnica. Da scarsi suoi accenni, abbiamo appreso delle sue trasmissioni radioelettriche con la lontana Nuova Zelanda ai tempi in cui ancora si discuteva sulla frequenza delle onde più adatta per tale genere di comunicazioni.

Lo si ritrova quindi a Padova, iscritto alla facoltà di Ingegneria, in un largo caseggiato periferico dell'Arcella, fornito di «trappole» di ogni genere e dalle quali saltava sempre fuori qualcosa di utile per gli amici.

Eccolo quindi a Roma, negli anni 1927-28-29, direttore tecnico di un'officina per costruzioni radioelettriche dove progettava e costruiva un'apparecchiatura a radiofrequenza su onde centimetriche di notevole potenza che poi ritroveremo a Padova presso l'Istituto Chimico dell'Università.

Ed è di quegli anni l'incontro decisivo per la sua vita, propiziato da suo zio, il sen. Cingolari, con il prof. Arturo Miolati che viene pregato di fare conseguire a «Gigino» un titolo accademico, oltre quello di scuola media.

Amati segue quindi Miolati a Padova, instaurando con lui un rapporto spirituale di reciproca comprensione ed affetto, dando così a molti di noi la fortuna di conoscerlo e di apprezzarlo per tutte le sue doti di scienziato e soprattutto umane.

Nonostante l'estrema difficoltà con la quale Luigi Amati si assoggettava agli esami normali di profitto (ricordo ancora i suoi tremiti e i suoi sudori), Arturo Miolati riusciva a fargli conseguire la laurea in Chimica col massimo dei voti nell'ottobre 1931.

Segue quindi la nomina al posto di assistente incaricato o supplente nel periodo 1931-39, dipendentemente in parte dall'unico posto di ruolo disponibile da me lasciato libero dal 1933 al 1935 per i miei soggiorni all'estero.

Nel 1932, con l'apparecchio generatore di onde elettromagnetiche ultracorte da lui costruito a Roma, svolge una serie di ricerche allo scopo di stabilire l'effett-

to di dette onde su sostanze chimiche definite (pubblicazione n. 1: vedi elenco da me curato ed ordinato; si spera completo!).

Dal 1934 al 1937 studia un sistema di proiezioni fotografiche e cinematografiche a colori mediante reticoli di diffrazione, dispositivo del tutto originale che ha richiesto tra l'altro lo studio di sistemi di controllo fotoelettrico per la migliore riproducibilità dei reticoli interferenziali sul materiale sensibile (Lavori n. 2, 4, 5, 6, 7, 8).

Nel 1935 realizza un particolare procedimento fotografico che dava la possibilità di mettere in evidenza e di decifrare scritture su «ostraka» completamente indecifrabili con altri sistemi (Atti del IV Congresso Internazionale di Papirologia) (Lavoro n. 3).

Nel 1937 Miolati lascia la cattedra con due anni di anticipo su quella consentita (70 anni) nonostante i nostri consigli e le nostre assicurazioni. Amati continua la collaborazione con l'Istituto di Chimica Fisica di Padova ricoprendo per 8 anni il posto di ruolo di assistente e quindi di aiuto. Vi ritorna nel 1955 come assistente volontario e dal 1° novembre 1956 al 31 ottobre 1970 come incaricato dell'insegnamento ufficiale di «Misure Elettriche».

Dal 1939 al 1943 ha ideato e sviluppato a livello industriale un sistema di produzione di magnesio metallico da dolomite per riduzione termica con ferroleghie a base di silicio: $2(\text{Mg O} \cdot \text{Ca O}) + \text{Si} \rightarrow 2 \text{Ca O} \cdot \text{Si O}_2 + 2 \text{Mg}$. Tale procedimento* ha reso possibile realizzare a Bolzano, durante la guerra, la produzione di magnesio e sue leghe per tutto il fabbisogno nazionale e viene attualmente impiegato, oltre che in Italia, anche in America ed in altre parti del mondo (brevetti in Argentina, Belgio, Brasile, Francia, Giappone, Grecia, Norvegia, Spagna, Svizzera, Stati Uniti, Ungheria). Il procedimento, che è citato in testi di chimica industriale (D. Meneghini - Chimica applicata ed Industriale - V. Edizione, Vol. I, pag. 205, Vallardi, Milano; E. Bertorelle - Elettrochimica pratica, pag. 280, 1962, Hoepli, Milano) ed anche dall'enciclopedia Treccani (appendice II. I-Z, pag. 242), ha richiesto la messa a punto di particolari sistemi di produzione di vuoto e di complessi dispositivi di termoregolazione elettrica delle storte di riduzione, nelle quali la temperatura deve essere mantenuta rigorosamente costante (Lavori n. 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 18). Il lavoro sul magnesio e le leghe ultraleggere valse ad Amati, nel 1941, la premiazione nel Concorso Nazionale delle Invenzioni, nella solenne celebrazione delle «Giornate della Tecnica» (4 maggio).

Per legittimo orgoglio nazionale e per la molteplicità di questioni teoriche e sperimentali di chimica e tecnologia implicate, il lavoro di Luigi Amati meriterebbe di essere portato a più vasta conoscenza dei nostri allievi. Voglio qui ricordare soltanto l'elevata purezza del magnesio che direttamente si ottiene.

Nel 1941, in piena guerra e mentre i nostri marinai venivano sacrificati nelle rade di Gibilterra e di Alessandria di Egitto, Amati ha studiato un sistema di guida automastico per siluri mediante un fascio di ultrasuoni prodotto nel siluro stes-

* Per un accenno alle ricerche congiunte Semerano-Amati per la produzione del magnesio, V. relazioni del Rettore C. Anti sull'attività dell'Università di Padova negli a.a. 1937-38 e 1938-39.

so. In questo procedimento di guida si trattava di produrre un intenso fascio ultrasonoro e di rivelare, con la massima precisione, gli echi di ritorno. Ciò ha richiesto particolari dispositivi di misura piezoelettrica dell'intensità degli echi di ritorno che hanno comportato anche l'impiego razionale di uno dei primi oscillografi a 6 equipaggi allora disponibili in Italia. Il sistema di guida interessava la marina militare ed i relativi brevetti, dato il vincolo militare, sono stati depositati solamente in Italia ed in forma molto succinta (Lavori n. 17 e 19).

Dal 1942 al 1944 ha studiato un sistema di produzione di materie plastiche a base di lignina in sostituzione delle resine fenoliche allora non disponibili a causa della guerra. Tale studio ha richiesto la messa a punto di un sistema di stampaggio a temperatura strettamente controllata essendo le resine ligniniche molto più sensibili alla temperatura di quelle fenoliche (Lavori n. 20, 21, 22 e relativi brevetti).

Ha svolto anche attività fisico-tecniche nel campo idraulico. Ha studiato e realizzato particolari tipi di pompe applicabili ai trattori agricoli di rendimento notevolmente superiore a quelle fino allora disponibili (anni 1948-53). Ha progettato e realizzato, inoltre, tipi di irrigatori per pioggia artificiale con caratteristiche più favorevoli di quelli allora in uso sia nei riguardi del rendimento che della qualità della pioggia prodotta (Lavori n. 23, 24, 25, 26, 27, 28).

Nel 1956, sempre a Padova, in occasione del primo conferimento dell'incarico ufficiale di Misure Elettriche che doveva poi tenere ininterrottamente fino al 1970, ha iniziato la costruzione di numerosi apparecchi didattici di misura elettrica e di altre apparecchiature elettrochimiche ad uso laboratorio. Alcune di queste apparecchiature, ad esempio potenziometri e ponti di Wheatstone, sono state apprezzate e richieste, per la loro originale applicazione alla didattica, anche da altre sedi universitarie che le hanno in seguito adottate (Bari, Bologna, Perugia, ecc.).

Per incarico del centro di Polarografia del C.N.R., ha ideato e costruito un modello di Polarografo che si è dimostrato versatile, pratico e dotato di elevata sensibilità e potere risolutivo, tanto da essere poi largamente impiegato. Del resto, la collaborazione con il Centro di Polarografia è stata sempre molto attiva sin dai tempi di istituzione del centro stesso (1947).

Ha collaborato, intensamente e per numerosi anni, con i chimici dell'Università e del C.N.R. di Padova ideando apparecchiature e dispositivi di controllo studiati di caso in caso per la risoluzione di particolari problemi: pirometri, dispositivi di termoregolazione a controllo elettronico, apparecchi a termistori per misure di temperatura al centesimo di grado, ecc.

Nello studio liquido-vapore, ha collaborato alla realizzazione di un dispositivo elettrico per la ricerca automatica della pressione di equilibrio che consente il rilevamento dell'intera lente di distillazione a temperatura rigorosamente costante (Lavoro n. 29) e alla costruzione di una colonna sperimentale di distillazione a corpi di riempimento*. Ha realizzato anche un dispositivo di comando fotoelet-

* A. Paratella, *Riv. Ind. Saccar. Ital.*, nov.-dic. 1959, 470-84.

trico applicabile al retigrafo di Rimsky che consente l'ottenimento di fotogrammi a cristallo oscillante e permette quindi di eseguire la centratura roentgenografica di monocristalli, anziché la sola centratura ottica generalmente insufficiente, date le dimensioni e le irregolarità dei cristalli disponibili (Lavoro n. 30).

Colorimetri a singola e doppia cellula, torbidimetri, albedometri ed altri apparecchi fotoelettrici ideati e costruiti nel periodo 1946-65, sono tuttora impiegati in molti zuccherifici italiani ed in alcuni laboratori di chimica.

Dal 1958 al 1975, ha collaborato anche con la Stazione Sperimentale del Vetro di Venezia alla realizzazione di particolari apparecchi per la misura della colorazione, della decolorazione e della riflessione del vetro e dei prodotti vetrosi. Tutti questi apparecchi, che funzionano con dispositivi di misura fotoelettrica, si sono dimostrati molto utili per controlli e determinazioni che anche le apparecchiature fotometriche più sensibili fino allora in uso non avrebbero potuto realizzare (Lavori n. 31, 32, 33, 34, 35).

Dal 1° marzo 1971, a seguito di specifico concorso universitario, Luigi Amati è stato nominato professore straordinario di «Misure Elettriche» presso la facoltà di Chimica Industriale dell'Università di Venezia. Dal 1° marzo 1974 al 31 ottobre 1977, vi rimase come ordinario di «Misure Elettriche» e professore fuori ruolo. Si fece quindi collocare in pensione anticipatamente, seguendo anche in questo le orme del suo maestro.

Nel 1971, la circostanza che la chiamata di Amati a Venezia seguisse di poche settimane l'entrata in attività della facoltà di Chimica Industriale ha indotto quest'ultima ad affidare alla sua esperienza nel campo idraulico ed elettrico molteplici problemi di primo impianto resi complessi dalla particolare situazione del territorio veneziano.

Nel luglio 1978, le autorità accademiche di Ca' Foscari, in una simpatica cerimonia, hanno ricordato i particolari meriti del prof. Amati nel campo della ricerca sia pura che applicata, le sue doti di docente e le sue affascinanti doti umane. Hanno ricordato inoltre le molte sue scoperte, in particolare nei settori della metallurgia del magnesio, della cinematografia a colori e delle tecniche di irrigazione. Hanno rammentato infine il suo impegno civile testimoniato dalla Comenda della Corona d'Italia (1946), dalla medaglia d'argento al valore militare (1955) e dalla croce al merito di guerra (1962) per il suo contributo nella guerra di liberazione.

Anche il preside della facoltà di Chimica Industriale, prof. Lucio Cattalini, al compimento del 1° decennio di attività della facoltà (1980), ha ricordato l'opera di Luigi Amati di razionale sistemazione della rete elettrica ed idraulica procurando con puntiglioso impegno financo gli sconti delle ditte fornitrici.

Si è tanto tuonato sulla istituzione in Venezia di una facoltà di Chimica Industriale. Nonostante la bonaria ma ironica critica di un «anonimo» quasi veneziano sulla edificante storia della nascita e crescita di un'università, vorrei qui osservare che senza la costanza del rettore Italo-Siciliano, l'indulgenza e l'affetto

dei veneziani, come scrive l'anonimo, e l'appoggio di Mario Valeri Manera, dell'allora ministro del tesoro on. Mario Ferrari Aggradi e del consigliere superiore prof. G.B. Bonino, la facoltà di Chimica Industriale di Venezia non sarebbe sorta e i proff. Croatto, Mangini e Silvestroni non sarebbero stati in grado di fare destinare una cattedra alle «Misure Elettriche» al prof. Luigi Amati, al quale non era stata certo facilitata la strada accademica che meritava nella sede in cui egli aveva tanto operato: quella di Padova.

Ne ha mai parlato con il fedele amico Riccoboni? Non credo; con me, no di certo perché Luigi Amati era persona di grande riservatezza e di grande generosità; anche troppo generoso, avrebbe detto il cardinale De Retz.

La sua generosità lo portava a trascurare le parole che Carlo Arnaudi ha pronunciato a Venezia nel 1965 al XIV Congresso Pugwash: «Ogni atto di ingiustizia è un atto di guerra». Basterebbe qui ricordare il trattamento ignobile che gli fu riservato dai soci dei brevetti sulla cinematografia a colori e contro il quale intervenne energicamente Arturo Miolati il quale esclamava: ma bisogna arrivare! Arrivare per una via qualunque, anche obliqua; ma arrivati, gli scrupoli e la delicatezza sono per gli ingenui (Roma, 27 giugno 1938).

Tutto il comportamento di Luigi Amati era in accordo con la massima di S. Freud:

Le bruit est pour le fat,
la plainte est pour le sot;
l'honnête homme trompé
s'en va et ne dit mot.

Tanto da indurre qualcuno a definirlo «eccessivamente timido», mentre egli era talvolta preoccupato che la sua stessa presenza fosse di difficoltà agli altri.

Sempre pronto però a mettere la sua sapienza a disposizione del prossimo; non a dire soltanto sì, salvo poi infischiarne, ma a farsi carico delle altrui difficoltà mettendosi a ricercare positive soluzioni.

Va altresì ricordata la sua fermezza allorché era convinto di una cosa e vedeva gli altri in pericolo di errare.

Voglio ricordare qui, sia perché frutto delle nostre discussioni delle ultime settimane e sia perché argomento di cocente attualità, il suo fermo atteggiamento contrario all'impiego termoelettrico dell'energia nucleare. Alla mia posizione di ovvia grande indecisione, mi ricordava quando dicevano gli anti-einsteiniani, ai primi anni della nostra conoscenza, allorché il comune amico, l'ing. Trancredi Fassini Camossi, ci imponeva lo studio notturno dei principi della relatività: «Lo sforzo che si deve fare per comprenderla pone nella condizione di non avere la forza per contestarla». Così, egli diceva, per l'energia nucleare, l'entusiasmo posto nell'apprendere i brillanti successi ci pone nella condizione di non sapere sufficientemente valutare i relativi rischi.

Ricordando i celebri detti che avevamo tante volte assieme analizzato:
Bisogna riconoscere un errore come un errore e astenersi dal pretendere che non lo sia stato (Walter Lippman);
L'uomo, o signor, non dee giurar mai nulla / manda un nuovo parere a vuoto il primo (Antigone di Sofocle);
Quello che l'esperienza ed il tempo ci dimostra, si deve anteporre ad ogni discorso ancorché ne sembrasse assai fondato ();
mi guardava con riconoscenza allorché gli mostravo le fig. 108 e 109 dell'Atlante enciclopedico del T.C.I., vol. I - Italia, ediz. 1986, e gli ricordavo il parere espresso da Max Born:

To smash the litte atom
all mankind was intent.
Now every day
the atom may
return the compliment.

Si immaginano facilmente quali sarebbe stati i suoi commenti nell'apprendere che: dopo tante discussioni, non sempre educatamente condotte da parte di eminenti uomini di scienza, l'ultimo fascicolo del notiziario dell'E.N.E.A. (febbraio-marzo 1987) riporti con lodevole obiettività la «bozza per uno scenario energetico» di Gianni Mattioli e Massimo Scalia, presentata alla Conferenza Nazionale sull'Energia (Roma, febbraio 1987);
le industrie nucleari accusano drastiche riduzioni di ordini (dal rapporto dell'OCSE sullo scenario dei prossimi anni);
la centrale termoelettrica di Tavazzano, dalla fine dell'anno venturo, avrà i 2 gruppi da 320 MW alimentati a metano anziché ad olio combustibile;
Carlo Rubbia, laureato nobel 1985, ha dichiarato (maggio '87) che, se si dovesse votare, voterebbe decisamente contro il rischio del nucleare!
Sander Marc Rabin, del New York Eye and Ear Infirmary, ha richiamato l'attenzione sul fatto che le operazioni richieste per occuparsi delle persone colpite e dell'evacuazione di migliaia di abitanti dalla zona di Chernobyl hanno messo pesantemente in crisi le risorse mediche di una superpotenza.

Purtroppo gli interessanti colloqui con «Gigino» hanno avuto il tempo contato. Il suo stato di salute andava peggiorando; il pomeriggio di giovedì 18 dicembre, egli mi ha salutato con una stretta di mano sulla sua testa che non potrò mai dimenticare. Essa mi ha ricordato, i giorni seguenti, sino al fatale 26, i versi inediti che Diego Valeri ha dedicato a Venezia nella serena meditazione della morte: Non sapevo che era un addio / L'ho saputo ch'era un addio / L'ho saputo un attimo dopo ... era l'ultima volta. Voglio sperare che sia vero quello che Valeri ha detto poi con gli ultimi due versi: Ogni morte è solo parvenza / Così com'è parvenza ogni vita.

Qual'è l'esempio e l'insegnamento che Luigi Amati ci ha lasciato?

Innanzitutto la costanza nell'acquistare sapienza mediante un lavoro continuo, metodico ed intelligente, perché:

Il faut travailler, sinon part goût
au moins par désespoir, car,
tout bien verifié, travailler est
moin enneyeux que s'amuser (Baudelaire).

Questo lavoro metodico mette in grado di consigliare la scelta degli argomenti da coltivare tenendo conto che non basta acquistare sapienza ma bisogna pure saperla usare: «Chi ha più talento che virtù, è un uomo inferiore» (proverbio cinese).

Quale contrasto con il comportamento di molti di noi; viene in mente il pensiero del Moore, valevole specialmente per le prossime giornate politiche:

«Le api arrivando ai fiori cessano il loro ronzio.
Così, acquistato il seggio, i deputati diventano muti».

Applicato al nostro ambiente, quanti studiosi smettono di lavorare non appena raggiunta la sistemazione desiderata, ignorando il loro obbligo verso gli allievi di essere sempre più preparati, in un mondo in rapida trasformazione.

È uno sforzo continuo e un autocontrollo della propria vita quello che Amati ci addita. Di tutta la propria vita, perché «L'esperienza è ciò che rimane quando siamo troppo vecchi per battere nuove strade (J.M.). Però: «Non è mai troppo tardi!» / Sait-on jamais! / In questa terra, nulla è difficile - Per chi osa conquistare la vetta (Mao).

È solo questo sforzo, che è in grado di avvicinarci il più possibile allo stato di «persona» nel senso lopeziano del termine, dal significato lontanissimo da quello generico di «individuo» di essere umano qualsiasi, e molto vicino alla sua origine etimologica con cui l'essere fa sentire la sua voce e che rende l'individuo completo davanti al successo, all'amore, alla morte.

Luigi Amati non è stato vanitoso né ambizioso, non ha mirato al successo, perché non ne ha sentito il bisogno. Non ha cercato la lode e l'applauso, ha avuto la certezza di esistere senza alcuna approvazione esterna. Ha messo in pratica l'insegnamento del maestro:

«Alterius non sit qui suus esse potest» (Arturo Miolati).

Non è dipeso dall'oggetto d'amore, non è stato bisognoso d'amore. Non ha amato gli altri esclusivamente per il piacere o l'utile che essi gli promettevano, ha amato gli altri per sé stessi godendo della loro libertà e indipendenza. Grazie all'autonomia del suo carattere, è stato in grado di sostenere la prova più angosciata per chi ama: quello di essere abbandonato. Ne ha sofferto, ma non lacerato, sicuro che, dopo il dolore, egli si sarebbe ritrovato più ricco e più umano (ved. ad es. a pag. 396).

Non ha paventato la morte al modo di chi è totalmente attaccato al sè stesso particolare e che, nella sua pretesa di non sparire, è stato paragonato ad un'onda che, opponendosi al mare, volesse conservarsi e non sciogliersi mai. Egli non si è identificato con l'onda, ma col mare, in cui le onde eternamente si disfanno e rinascono.

La serenità degli ultimi mesi, che io ho potuto trascorrere con lui a ricordare il passato e analizzare lo stato presente della sua salute in una socratica pietosa e altruistica menzogna reciproca, lo dimostra ampiamente.

Signori!

Termino questa mia rievocazione facendo comparire sullo schermo una delle ultimi immagini del nostro caro scomparso. Essa dice tutto e richiamerà certamente alla loro mente altri ricordi a me sconosciuti e della cui conoscenza sarei molto grato per una completa stesura del testo di questa lettura, oltre all'elenco definitivo ed ordinato delle sue pubblicazioni.

Molto grato sarò loro, anche, se ci lasciassimo in silenzio, sotto il peso del vuoto che ci opprime.

Grazie!

Publicazioni scientifiche e brevetti del prof. dr. Luigi Amati

1) L. Amati, Ricerche intorno all'eventuale azione di onde elettro-magnetiche corte su sostanze chimiche definite. *Ann. Chim. Appl.* 22, 803-11, 1932.

2) C. Bocca e L. Amati, Metodo per ottenere immagini fotografiche a tenue rilievo.
Brevetto italiano n. 319.687, concesso il 17/7/1942 ed esteso a: Francia - Germania - Giappone - Inghilterra - Olanda - Stati Uniti.

3) A. Miolati, L. Amati, C. Bocca, Di un nuovo metodo applicato alla fotografia di Ostraka. *Atti IV Conv. Intern. Papirologia* (Firenze, aprile-maggio 1935, 77-83.

4) C. Bocca e L. Amati, Perfezionamenti ai metodi di stampa e di proiezione impiegati per ottenere proiezioni fotografiche e cinematografiche a colori.

Brevetto italiano n. 338.799, concesso il 31/3/1936 ed esteso a: Francia - Germania - Giappone - Inghilterra - Olanda - URSS e Stati Uniti.

5) C. Bocca e L. Amati, Metodo per ottenere proiezioni fotografiche o cinematografiche.
Brevetto italiano n. 340.309, concesso il 14/5/2936 ed esteso a: Francia - Germania - Giappone - Inghilterra - Olanda - URSS e Stati Uniti.

6) C. Bocca e L. Amati, Perfezionamento ai metodi impiegati per ottenere in proiezione immagini a colori.

Brevetto italiano n. 346.641, concesso in Italia il 27/2/1937 ed esteso a: Germania.

7) C. Bocca e L. Amati, Perfezionamento ai metodi impiegati per ottenere in proiezione immagini a colori.

Brevetto italiano n. 346.642, concesso il 27/2/1937 ed esteso a: Germania - Inghilterra e Stati Uniti.

8) F. Cingolani e L. Amati, Perfezionamenti ai metodi impiegati per ottenere proiezioni a colori e proiezioni stereoscopiche.

Brevetto italiano n. 347.165, concesso il 20/3/1937 ed esteso a: Francia e Germania.

9) L. Amati, Processo per la produzione di magnesio metallico o di altri metalli mediante riduzione termica.

Brevetto italiano n. 367.119, concesso il 16/1/1939 ed esteso con data di priorità italiana 31/10/38 ai seguenti stati: Francia n. 860.610 del 30/11/1940; Germania n. 722.449 del 28/5/1942; Giappone n. 141.733 del 13/11/1941; Norvegia n. 65189 del 24/8/1942; Svizzera n. 213.771 del 15/3/1941; Svezia n. 103.889 del 30/3/1941.

10) L. Amati, Perfezionamento ai sistemi di produzione del magnesio per riduzione termica.

Brevetto italiano n. 367.120 concesso in Italia il 16/1/1939.

11) L. Amati, Processo ed apparecchio per la produzione del magnesio mediante riduzione termica.

Brevetto italiano n. 375.751, concesso il 23/10/1939 ed esteso con data di priorità italiana 1/7/1939 ai seguenti stati: Argentina n. 52363 del 14/7/1943; Belgio n. 439.559 del 30/11/1940; Brasile n. 29.202 del 21/6/1941; Francia n. 865.041 del 10/11/1941; Giappone n. 151.086 del 16/3/1942; Grecia n. 9511 del 12/5/1941; Norvegia n. 65.037 del 13/7/1942; Spagna n. 149.873 del 21/5/1942; Svizzera n. 215.454 del 20/6/1941; Stati Uniti n. 2.258.374 del 1/8/1941.

12) Processo e forno per la produzione di magnesio metallico.

Brevetto italiano n. 383.286, concesso il 1/10/1940 ed esteso con data di priorità italiana 6/9/1939 ai seguenti stati: Argentina n. 54.420; Belgio n. 439.568 del 30/11/1940; Brasile n. 29299 del 19/7/1942; Francia n. 865.136 del 17/2/1941; Grecia n. 9525 del 31/4/1941; Svizzera n. 217.551 del 31/10/1941.

13) L. Amati, Processo e forno per la produzione di magnesio metallico.

Brevetto italiano n. 386.116, concesso il 1/10/1941 ed esteso con data di priorità italiana 13/6/1940 ai

seguenti stati: Svizzera n. 222475 del 15/7/1942; Ungheria n. 129.432 del 18/3/1942.

14) L. Amati, Recipiente atto a contenere la massa bricchettata impiegata nella fabbricazione del magnesio per via termica.

Modello di utilità depositato in Italia il 21/9/1940 con n. 295/111.

15) L. Amati, Massa bricchettata per la fabbricazione del magnesio per via termica.

Brevetto italiano n. 386.159, concesso il 12/4/1941.

16) L. Amati, Perfezionamento alla produzione del magnesio per via termica.

Brevetto italiano n. 389.592, concesso il 12/11/1941 ed esteso con data di priorità italiana 20/3/1941 si seguenti stati: Francia n. 879.048 del 10/11/1942; Spagna n. 156.064 del 21/1/1943; Ungheria n. 129.433 del 18/3/1942.

17) L. Amati, Sistema di guida automatica per siluri ed altri oggetti mobili verso un bersaglio od altra meta.

Brevetto depositato in Italia il 25/4/1941 e concesso il 21/9/1942 col n. definitivo 398.280.

18) L. Amati, Forno e batteria di forni per la produzione del magnesio metallico.

Modello di utilità depositato in Italia il 1/5/1941 con n. 55/192, esteso e concesso in Germania il 8/7/1942 con n. definitivo 1.526.827 e priorità italiana 1/5/1942. Il caso è stato esteso come brevetto con data di priorità italiana 1/5/1941 ai seguenti stati: Belgio n. 445.541 del 30/6/1942; Spagna n. 158.134 dell'11/3/1943; Ungheria n. 130.031 del 25/6/1942.

19) L. Amati, Sistema di guida automatica per siluri od altri oggetti mobili verso bersaglio od altra meta.

Brevetto depositato in Italia il 24/5/1941 e concesso il 30/1/1943 col n. definitivo 401.797.

20) L. Amati, Processo per la produzione di materie plastiche a base di lignina e prodotto relativo.

Brevetto depositato in Italia il 6/5/1942 e concesso il 19/9/1942 col n. definitivo 398.106.

21) L. Amati, Procedimento per la produzione di sostanze plastiche partendo da liscivi alcalini della cottura dei materiali cellulósici, e prodotto relativo.

Brevetto depositato in Italia il 6/5/1942 e concesso il 14/9/1942 col n. definitivo 398.107.

22) L. Amati, Procedimento per la produzione di masse plastiche a base di lignina e prodotto relativo.

Brevetto italiano concesso con n. definitivo 407.702 il 21/11/1944 ed esteso e concesso con priorità italiana del 17/6/1942, in Francia il 3/4/1944 col n. definitivo 895.563 ed in Spagna il 12/6/1943 col n. definitivo 161.891.

23) L. Amati, Metodo e dispositivo per irrigazione a pioggia artificiale.

Brevetto italiano n. 438.392, depositato il 12/1/1948 e concesso il 6/8/1948.

24) L. Amati, Apparecchio rotante per irrigazione a pioggia.

Brevetto italiano n. 437.388 depositato il 30/1/48 e concesso il 1/7/48.

25) L. Amati, Completivo al brevetto: metodo e dispositivo per l'irrigazione a pioggia artificiale n. 455.529 depositato il 14/6/49 e concesso il 2/3/50.

26) L. Amati, Perfezionamento negli apparecchi per l'irrigazione a pioggia per uso agricolo.

Brevetto italiano n. 457.163 depositato il 9/5/49 e concesso il 2/3/50.

Brevetto esteso in Germania il 16/4/53 con n. A 17.825.

27) L. Amati, Dispositivo per l'irrigazione a settori di terreni.

Brevetto italiano n. 482.516 depositato il 27/4/51 e concesso il 6/7/53.

28) L. Amati, Apparecchio per la produzione di pioggia artificiale e per fertirrigazione a pioggia.

Brevetto depositato in Brasile il 30/11/53 e concesso il 5/10/54 con il n. definitivo 51.608.

29) G. Tagliavini, L. Amati, L. Riccoboni, Equilibrio liquido vapore - II. Determinazione delle isoterme di equilibrio con ricerca automatica della pressione.

«La Ricerca Scientifica», 27, 3662-6, 1957.

30) C. Panattoni, E. Frasson, L. Amati, Applicazione al «Retigrafo di Rimsky» di un meccanismo che consente la centratura di monocristalli con metodo roentgenografico.

«La Ricerca Scientifica», 30, 1567-9, 1960.

31) G. Paoletti, L. Amati, Metodi di misura dell'assorbimento dei vetri per contenitori.
«Vetro e silicati», 24, 5-10, 1960.

32) G. Paoletti, L. Amati, Apparecchio per la misura della riflessione dei prodotti vetrosi.
«Vetro e silicati», 32, 5-10, 1962.

33) G. Paoletti, L. Amati, La misura della «non colorazione» del vetro.
«Vetro e silicati», 38, 5-9, 1963.

34) G. Paoletti, L. Amati, La misura della «non colorazione» del vetro (parte 2^a).
«Vetro e silicati», 39, 13-14, 1963.

35) G. Paoletti, L. Amati, Possibilità di misura e rappresentazione della efficacia decolorante di alcuni prodotti.

«Vetro e silicati», 59, 19-21, 1966.

36) L. Amati e G. Semerano, Un contributo alla storia della chimica. Le pubblicazioni scientifiche del Prof. Arturo Miolati. Rend. Accad. Naz. Scienze, detta dei XL. (V), IX (2), 53-62 (1985).

Stampato dalla litografia F.A.R.A.P.
San Giovanni in Persiceto - BO - Tel. 051/822165 - Fax 822165
Aprile 1991

F. Abbri, F. Crispini

Premessa

J.H. Brooke

Chemists in their Contexts: Some Recent Trends in Historiography

M. Pereira

Fermentum, medicina, quinta essentia nel Testantum attribuito a Raimondo Lullo

P. Carusi

«Il giardino allegorico di Bernard Palissy tra l'«Hypnerotomachia Poliphili» attribuita a Francesco Colonna e la «New Atlantis» di Francesco Bacone»

L. Bona Quaglia e S. Tira

Sulla sezione di scritti alchimistici greci di un manoscritto torinese del XVI secolo e sul suo lessico

E. Curi

Le analisi chimiche delle acque delle terme di Caldiero nel XV e XVI secolo

M. Beretta

Chimica e storia nel XVIII secolo

V. Giormani

Il laboratorio di chimica all'Università di Padova nel '700: un modello per Parma, Firenze e Torino

M. Miniati

La collezione di chimica del Museo di storia della scienza di Firenze

F. Abbri

«Chemistry turned upside down»: aspects of the Italian debate on Lavoisier's theory

P. Amat di San Filippo

La chimica in Sardegna, nel periodo Sabauda (1750-1848)

A. Di Meo

Visibile ed invisibile nella chimica

A. Bassani

La lenta legittimazione dell'analisi volumetrica: da Descroizilles (1806) a Ostwald (1894)

A. Lundgren

Berzelius, Dalton and chemical atoms

F. Decet

Un apparato per la dilatazione dell'aria: 1300-1800

L. Cerruti

Payment by Results: l'insegnamento della chimica nell'Inghilterra vittoriana e la figura di W.A. Tilden

F. Calascibetta

Il problema della composizione delle sostanze: il ruolo degli esperimenti e delle teorie

G. Levi

Vigilanza igienica sul latte a Torino 1890-1920

N. Nicolini

La cromatografia romantica di Runge

L. Paoloni

La struttura molecolare del benzene: origine steo-reo-chimica delle formule sbagliate

G. Marino

I chimici italiani e il regime fascista negli anni venti e trenta

P. Antoniotti

H. Eyring e i primi studi quantistici della reattività chimica

P. Amat di San Filippo

Alcune antiche ricette di inchiostro per scrivere

A. Drago

Le scelte fondamentali della chimica-fisica

A. Drago, O. Vitiello

L'origine dell'idea di ciclo in S. Carnot

G. Semerano

I 150 anni della Fotografia (1839-1989). Il contributo della Scuola del Prof. Arturo Miolati. «L'Imaging Science and Technology»

I. Iannaccone

Il fondamentale lavoro di Xu Shou (1818-1884) nella storia della chimica in Cina

P. Manzelli

Energia/Materia/Informazione

C. Fiorentini

La necessità, sul piano educativo, del rapporto tra psicologia dell'apprendimento e storia della chimica

D. Potenz

«Evoluzione storica dei metodi per il trattamento delle acque di vegetazione dei frantoi oleari»

I. Falomo, G. Semerano

Ricordo di Giuseppe Fracasso

P. Amat di San Filippo

Michele Giua

G. Semerano

Luigi Amati: un esempio e un insegnamento