

# IL GENIO QUOTIDIANO

**Alessandro Abbotto**  
Università di Milano-Bicocca



**Edises, 2023**

# Geni chimici che hanno fatto la storia

- **Antoine-Laurent de Lavoisier** (1743-1794). La nascita dell'idrogeno
- **Amedeo Avogadro** (1776-1856). La nascita della molecola
- **Jöns Jacob Berzelius** (1779-1848). H<sub>2</sub>O
- **Louis Pasteur** (1822-1895). Le pinzette e la nascita della chimica tridimensionale
- **Stanislao Cannizzaro** (1826-1910). ACCA-DUE-O
- **Friedrich August Kekulé von Stradonitz** (1829-1896). Il serpente
- **Alfred Nobel** (1833-1896). Il testamento
- **Jacobus Henricus van 't Hoff** (1852-1911), Il primo Nobel e la struttura del metano nello spazio
- **Giacomo Ciamician** (1857-1922). L'energia solare a New York
- **Fritz Haber** (1868-1934). Il patriota
- **Clara Immerwahr** (1870-1915). La pistola
- **Katharine Blodgett** (1898-1979). Le molecole sull'acqua
- **Hideki Shirakawa** (1936-vivente). La plastica elettrica: una scoperta "fortuita"

# Cos'è la Chimica

L'osservazione impersonale della natura inanimata, la deduzione logica, il freddo congetturare numerico sono a volte percepiti come la vera natura della chimica.

Una storia della chimica ben diversa, nella quale si muovono uomini e donne animati da passioni forti e ambizioni.

Solo temperamenti emozionali possono motivare le enormi energie che sono necessarie per superare l'inerzia intellettuale e rompere uno schema, come ogni scoperta richiede.

La loro opera ci appare in tutta la sua grandezza intellettuale: **non più solo teorie, formule, equazioni, ma sfide vinte dall'intelletto umano.**

La profonda **qualità etica della Chimica**, che risiede in quei valori che al chimico appartengono in alto grado: il non fermarsi alle apparenze, lo sguardo critico sul mondo, l'amore per la verità, la passione per il far bene le cose.

Gianluca Farinola  
Presidente della Società Chimica Italiana

## Dove nasce la Chimica

**Sin dalle scuole primarie e secondarie**, e poi all'**Università**, le studentesse e gli studenti di tutto il mondo leggono sui libri di testo nomi d'illustri scienziati e scienziate che, nei decenni o nei secoli scorsi, hanno plasmato la scienza, la stessa scienza che ora stanno appunto studiando.

Eppure, quasi mai, questi stessi studenti si soffermano un attimo ad approfondire non solo la storia ma anche il quotidiano di questi scienziati.

E meno ancora si domandano in quali circostanze, nell'ambito di quali ricerche o anche cornici storiche, le loro teorie più famose sono nate.

## Sfidare il sistema delle conoscenze consolidate

Tutti, però, sono stati uniti soprattutto nel coraggio di osare e di sfidare il sistema consolidato delle conoscenze dell'epoca in cui si trovavano a vivere per andare oltre, verso nuovi orizzonti.

Sono stati capaci di proporre soluzioni e nuove teorie che, in molti casi, erano talmente innovative da essere rigettate o accolte con scetticismo dalla comunità scientifica contemporanea.

## Quali criteri di selezione

- Attirato la mia attenzione e curiosità
- La molecola
- H<sub>2</sub>O (anzi HO, HO<sup>2</sup> o H<sup>2</sup>O), idrogeno, benzene
- La chimica nello spazio tridimensionale
- L'era dei Nobel
- Chimica e sostenibilità
- Le donne nella Chimica che per prime hanno raggiunto significativi traguardi tra eccezionali difficoltà
- Il coraggio di osare e di sfidare il sistema consolidato delle conoscenze dell'epoca per andare oltre

## Giulio Natta (1903-1979)

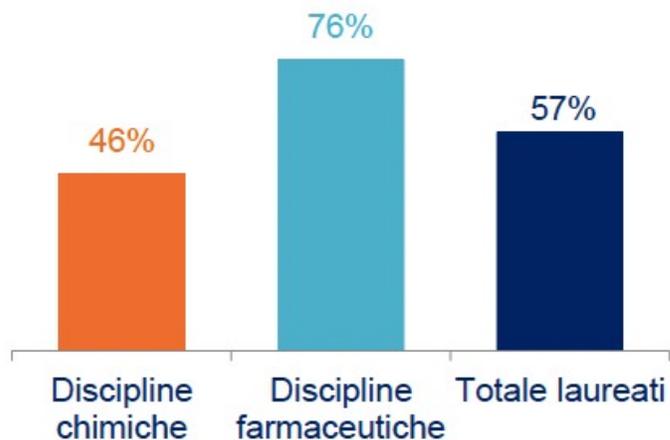
- Premio Nobel per la Chimica nel 1963 (insieme a Karl Ziegler): per le loro scoperte nel campo della chimica e tecnologia dei polimeri superiori
- 333 «famiglie» di brevetti
- oltre 4.000 brevetti depositati e concessi in tutto il mondo tra il 1927 e il 1974
- Dedicati convegni, workshop, mostre, archivi fisici e digitali, e anche sezioni permanenti d'importanti musei
- La Chimica & L'Industria, organo ufficiale della Società Chimica Italiana



# Donne nella Chimica

Negli ultimi 5 anni le donne tra i quadri e i dirigenti sono aumentate del 16%

Quota di donne tra i laureati per disciplina (%)

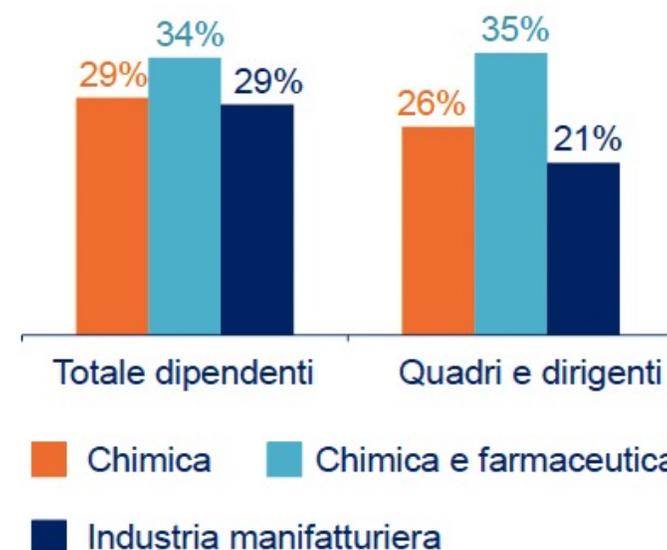


Note:

- le lauree in discipline chimiche comprendono chimica, chimica industriale, ingegneria chimica, ingegneria dei materiali e biotecnologie
- le lauree in discipline farmaceutiche comprendono farmacia, farmacia industriale, biotecnologie mediche, veterinarie e farmaceutiche, scienze e tecnologie farmaceutiche

Fonte: Miur, anno 2020

Presenza femminile per qualifica (%)



Fonte: INPS; anno 2020

## Donne nella Chimica

Nonostante ora in Italia circa la metà dei laureati in discipline chimiche sia di genere femminile, non è sempre stato così. Fino agli inizi del Novecento la chimica, come molte altre scienze, era appannaggio dei soli uomini.

Alla fine dell'Ottocento, ad esempio in Germania, alle donne **non era consentito iscriversi all'Università**

Anzi, non era neanche possibile frequentare il Ginnasio e prendere il diploma per **accedere all'Università**.

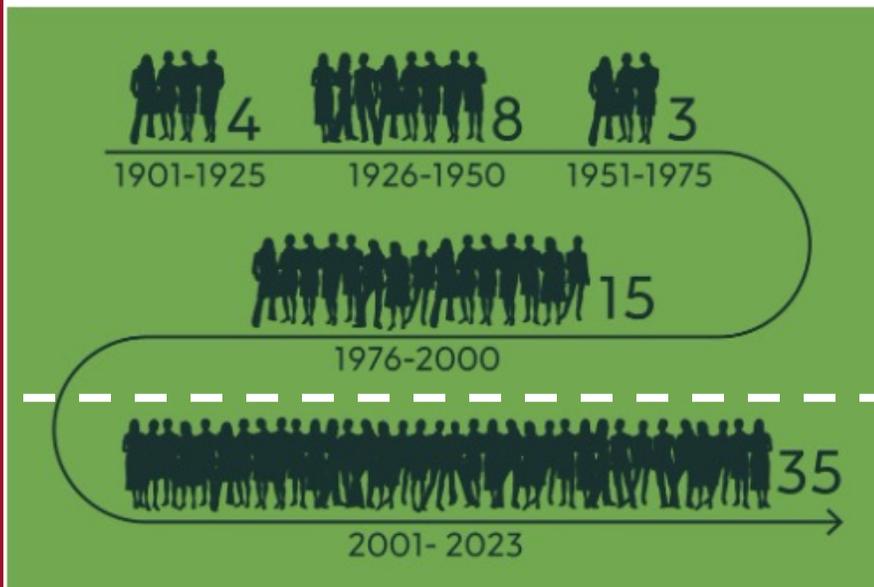
Per le donne era possibile solo studiare per diventare prima delle brave mogli e poi delle brave madri, per crescere figli forti e patriottici.

# Donne nella Chimica

THE  
NOBEL  
PRIZE



Women who changed the world © Nobel Media. Ill. Niklas Elmehed



- **Nobel per la chimica:** dal 1901 a oggi sono stati assegnati 114 Premi per la Chimica per un totale di **189 laureati Nobel, di cui solo 8 donne (< 5%)**
- **Periodo 1901-2008: 3 donne** (di cui 2, 1911 e 1935, appartenenti alla famiglia Curie, madre e figlia); **2009- 2022: 5 donne.**
- Tutti i Premi Nobel. **Periodo 2001-2023: più donne (35)** - che nell'intero secolo precedente.

## Donne nella Chimica

- **Clara Immerwahr (1870-1915)**: prima donna ad aver acquisito il titolo di dottore di ricerca in Chimica in Germania, all'inizio del XX secolo.
- **Katharine Blodgett (1898-1979)**: prima donna a essere assunta (1918), come scienziata in uno dei più importanti colossi industriali (General Electric) e prima donna a conseguire il dottorato in Fisica a Cambridge (1926).
- **Bertha von Suttner (1843-1914)**: primo Nobel per la Pace conferito a una donna (1905), secondo in assoluto dopo Marie Skłodowska-Curie, primo del suo paese (Austria)
- **Anna Sundström (1785-1871)**: governante e poi prima assistente di Jacob Berzelius, prima donna chimica in Svezia

## Antoine-Laurent de Lavoisier (1743-1794)

### *La nascita dell'idrogeno*

Antoine Lavoisier, *Traité élémentaire de chimie, présenté dans un ordre nouveau et d'après les découvertes modernes* », Paris, **1789**.

“Voglio che le mie scoperte moderne siano note a tutti, non solo a quelli del mio rango, ma a tutti, nobili, clero, commercianti”.



Ritratto di Antoine-Laurent Lavoisier e di Marie-Anne Pierrette Paulze (Jacques Louis David, 1788; Metropolitan Museum of Art di New York)

TRAITÉ  
ÉLÉMENTAIRE  
DE CHIMIE,  
PRÉSENTÉ DANS UN ORDRE NOUVEAU  
ET D'APRÈS LES DÉCOUVERTES MODERNES,  
PAR M. LAVOISIER.

*Nouvelle édition, à laquelle on a joint la Nomenclature Ancienne & Moderne, pour servir à l'intelligence des Auteurs; différens Mémoires de MM. Fourcroy & Morveau, & le Rapport de MM. Baumé, Cadet, Darcet & Sage, sur la nécessité de réformer & de perfectionner la Nomenclature Chimique.*

Avec Figures & Tableaux.

TOME PREMIER.

A PARIS,  
Chez CUCHET, Libraire, rue & hôtel Serpente.

M. DCC. LXXXIX.

*C'est par une expérience de ce genre que nous avons reconnu, M. Meusnier et moi, qu'il fallait **85 parties, en poids, d'oxygène, et 15 parties, également en poids, d'hydrogène, pour composer 100 parties d'eau***

*(Antoine Lavoisier, Traité élémentaire de chimie, 1789)*

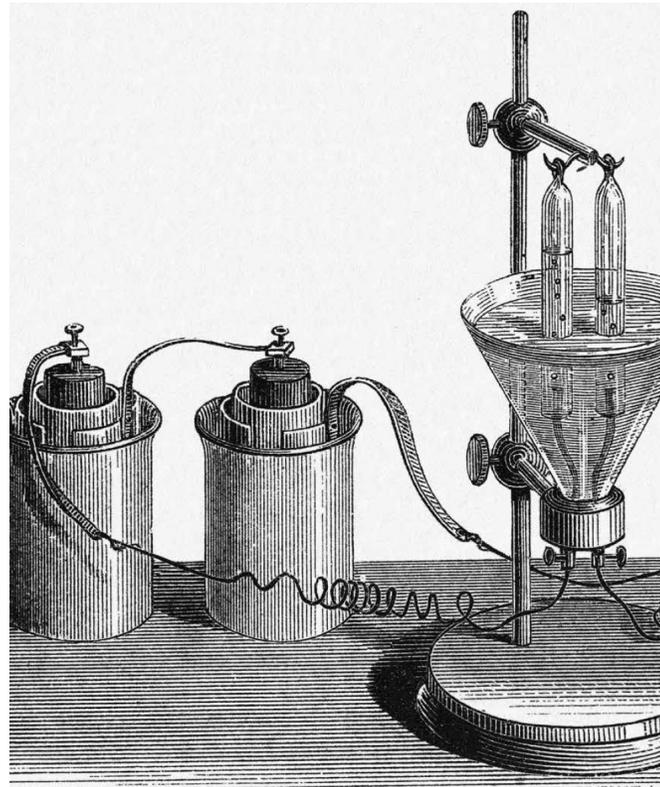
## HYDROGENIUM

From two Greek words:

Υδωρ = water

γεινομαι = to engender

**A. Lavoisier 1783**



«Et qu'est-ce qu'on brûlera à la place du charbon?  
— L'eau... Oui, mes amis, je crois que l'eau sera  
un jour employée comme combustible, que  
l'**hydrogène** et l'oxygène, qui la constituent,  
utilisés isolément ou simultanément, fourniront une  
source de chaleur et de lumière. **L'eau est le  
charbon de l'avenir.**

**Jules Verne, *L'Île mystérieuse*, 1874**

«*Era proprio **idrogeno**, dunque: lo  
stesso che brucia nel sole e nelle  
stelle, e dalla cui condensazione si  
formano in eterno silenzio gli  
universi*»

**Primo Levi, *Il Sistema Periodico*,  
1975**

# Amedeo Avogadro (1776-1856)

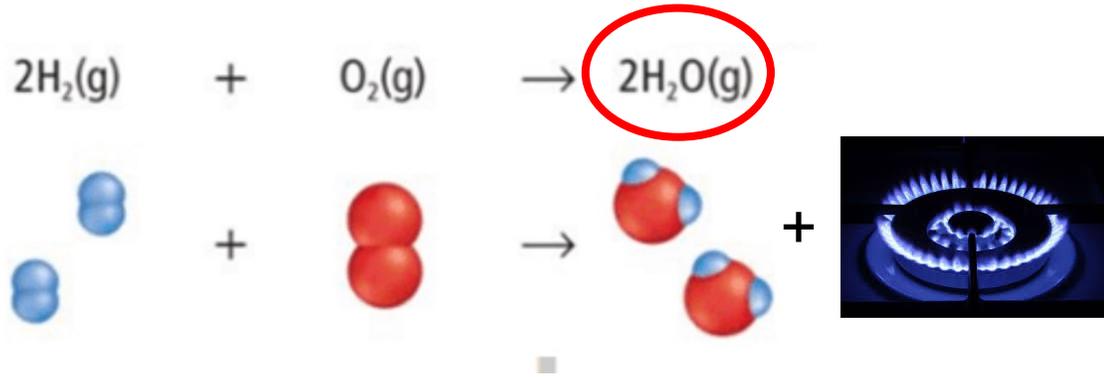
## *La nascita della molecola*

A. Avogadro, "Essai d'une manière de déterminer les masses relatives des molécules élémentaires des corps, et les proportions selon lesquelles elles entrent dans ces combinaisons", *Journal de Physique, de Chimie, d'Histoire naturelle e des Arts*, Parigi, vol. 73, pp. 58-76, **1811 (35 anni)**



# Using hydrogen: only water as a byproduct

**INTERNAL COMBUSTION ENGINE**

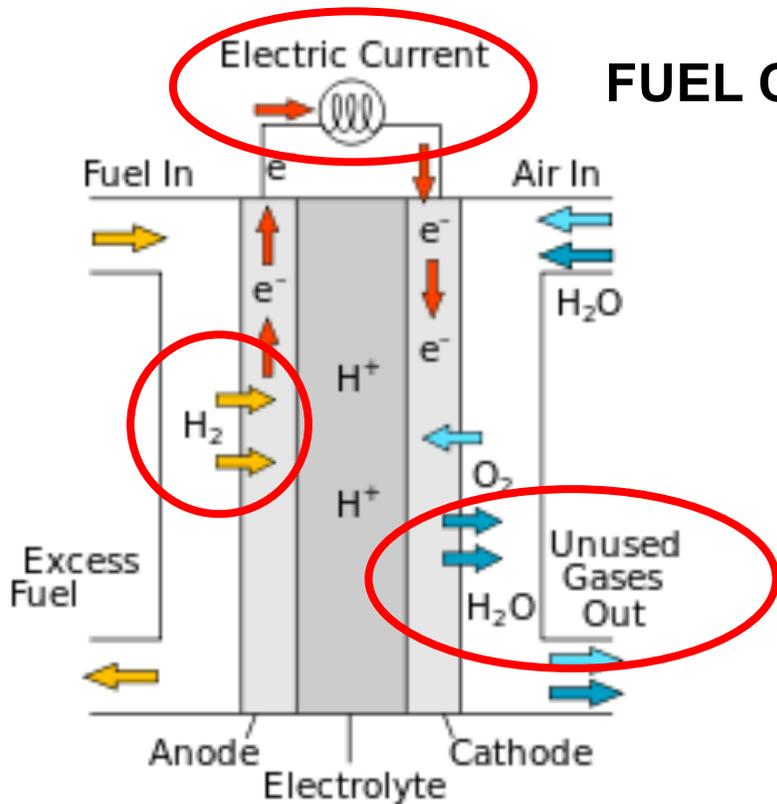


**Amedeo Avogadro, 1811**

*Journal de Physique, de Chimie, d'Histoire naturelle e des Arts*



**FUEL CELL**



# Jöns Jacob Berzelius (1779-1848)

$H^2O$

Dr. Berzelius, "On the Cause of Chemical Proportions, and on some Circumstances relating to them, with a short and easy Method of expressing them", *Annals of Philosophy or Magazine of Chemistry, Mineralogy, Mechanics, Natural History, Agriculture, and the Arts*, Vol. II, **1813** e Vol. III, **1814 (34 anni)**

In this book only:

- 8 + 7 "papers"
- cited 115 + 98 times by other authors
- estimated H index > 1000?

III. *On the Chemical Signs, and the Method of employing them to express Chemical Proportions.*

WHEN we endeavour to express chemical proportions, we find the necessity of chemical signs. Chemistry has always possessed them, though hitherto they have been of very little utility. They owed their origin, no doubt, to the mysterious relation supposed by the alchymists to exist between the metals and the planets, and to the desire which they had of expressing themselves in a manner incomprehensible to the public. The fellow-labourers in the anti-

$2 S \overset{3}{O} + So \overset{2}{O} + 20 H \overset{2}{O}$ .—Crystallized sulphate of soda.

$2 S \overset{3}{O} + Zn \overset{2}{O} + 10 H \overset{2}{O}$ .—Hydrous sulphate of zinc.

$S \overset{3}{O} + H \overset{6}{N} O + 2 H \overset{2}{O}$ .—Hydrous sulphate of ammonia.

$2 S \overset{3}{O} + Cu \overset{2}{O} + 4 H \overset{6}{N} O + 2 H \overset{2}{O}$ .—Hydrous ammonio-sulphate of copper.



## Jöns Jacob Berzelius (1779-1848)

«Inizierò con una breve spiegazione della teoria corpuscolare, come la intendo io. Userò la parola **atomi** a significare i corpuscoli, o le parti più piccole di cui i corpi sono composti. Suppongo che tutti gli atomi abbiano forma sferica e siano meccanicamente indivisibili»

«Sembra altresì necessario che quando un atomo del corpo A si combina con uno o più atomi del corpo B, per formare un nuovo “**atomo composto**”, l’atomo di A tocca ciascuno degli atomi di B. Quindi un atomo composto è formato dalla giustapposizione di diversi atomi elementari!»

«Quindi possiamo dividere gli atomi **in due classi: 1. Atomi elementari; 2. Atomi composti**»

«Quando ci sforziamo di esprimere proporzioni chimiche, sentiamo la necessità di segni chimici»

## Jöns Jacob Berzelius (1779-1848)

chemical sign, the *initial letter of the Latin name of each elementary substance*: but as several have the same initial letter, I shall distinguish them in the following manner:—1. In the class which

the class of metals, I shall distinguish those that have the same initials with another metal, or a metalloid, by writing the first two letters of the word. 3. If the first two letters be common to two metals, I shall, in that case, add to the initial letter the first consonant which they have not in common: for example, S = sulphur, Si = silicium, St = stibium (antimony), Sn = stannum (tin), C = carbonicum, Co = cobaltum (cobalt), Cu = cuprum (copper), O = oxygen, Os = osmium, &c.

volume of metal; therefore its sign is  $\text{Cu} + \text{O}$ . The *oxidum cupricum* (peroxide of copper) is composed of 1 volume of metal and 2 volumes of oxygen; therefore its sign is  $\text{Cu} + 2 \text{O}$ . In like manner, the sign for sulphuric acid is  $\text{S} + 3 \text{O}$ ; for carbonic acid,  $\text{C} + 2 \text{O}$ ; for water,  $2 \text{H} + \text{O}$ , &c.

When we express a compound volume of the first order, we throw away the +, and place the number of volumes above the letter: for example,  $\text{Cu O} + \text{S O}^3 =$  sulphate of copper,  $\text{Cu O}^2 + 2 \text{S O}^3 =$  persulphate of copper. These formulas have this advan-

...S per *Sulphur*,

Si per *Silicium*,

C per *Carbonicum*,

Cu per *Cuprum*,

O per *Ossigeno*,

Po per *Potassium*,

So per *Sodium*,

Fe per *Ferro*,

M per *Radicale muriatico*..

ARTICLE III.

*Remarks on the Essay of Dr. Berzelius on the Cause of Chemical Proportions.* By John Dalton.

(Read before the Manchester Society, Dec. 24, 1813.)

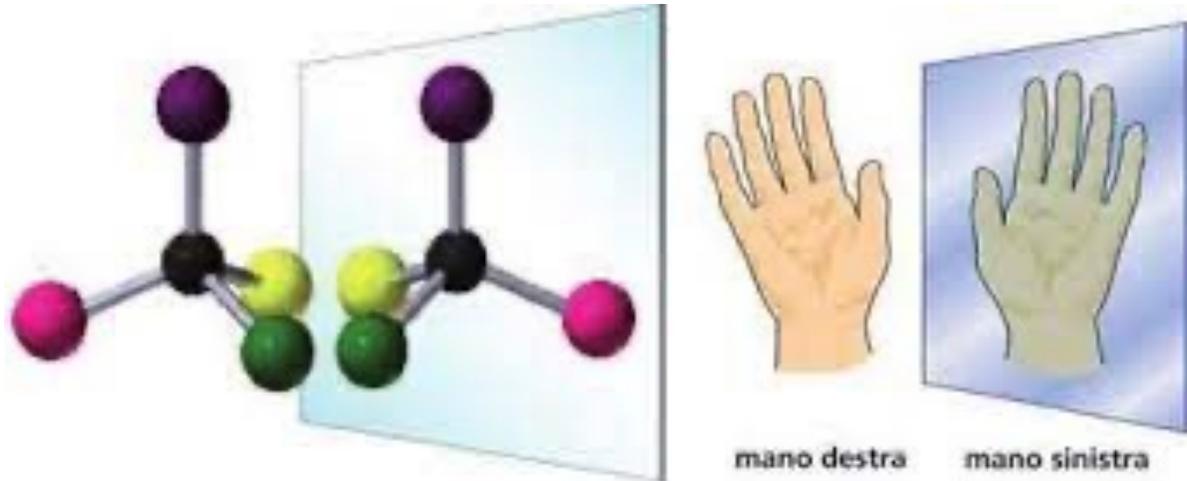
John Dalton (1766-1844)

Introduced the atomic theory into chemistry

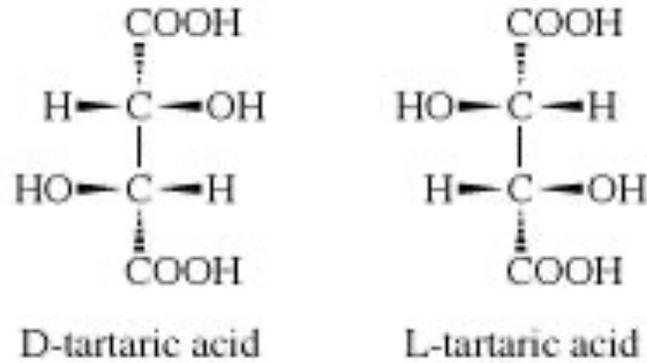
# Louis Pasteur (1822-1895)

## *Le pinzette e la nascita della chimica tridimensionale*

L. Pasteur, "Memoires sur la relation qui peut exister entre la forme cristalline et la composition chimique, et sur la cause de la polarization rotatoire", *Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des Sciences*, Vol. 26, pp. 535-538, **1848 (26 anni)**



## Louis Pasteur (1822-1895)



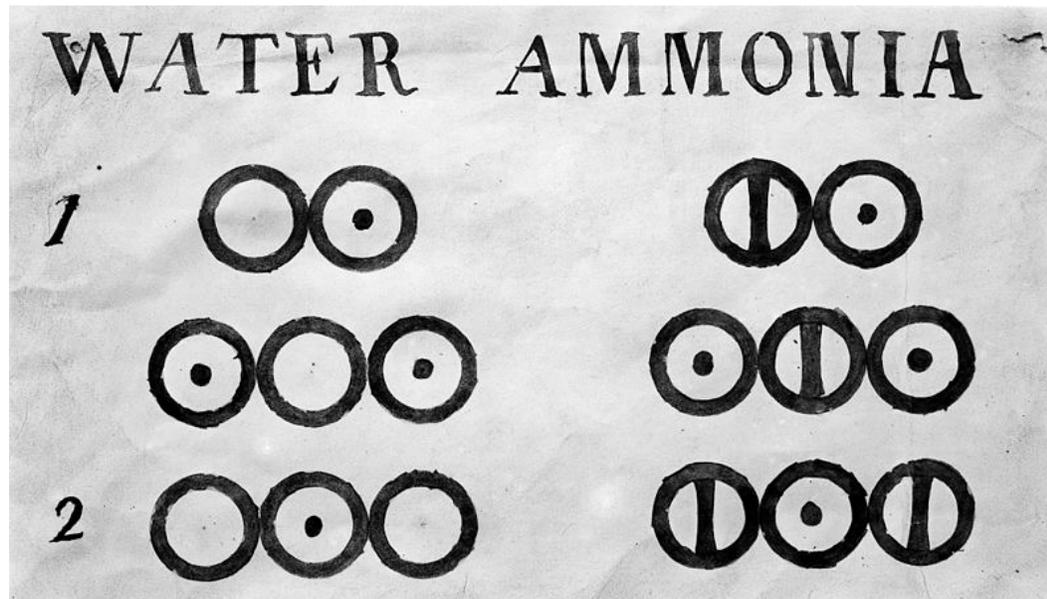
- Acido tartarico estratto dalle piante: destrogiro
- Acido paratartarico di Berzelius (preparato da Kestner, un chimico di Strasburgo): non ruota il piano della luce polarizzata

# Stanislao Cannizzaro (1826-1910)

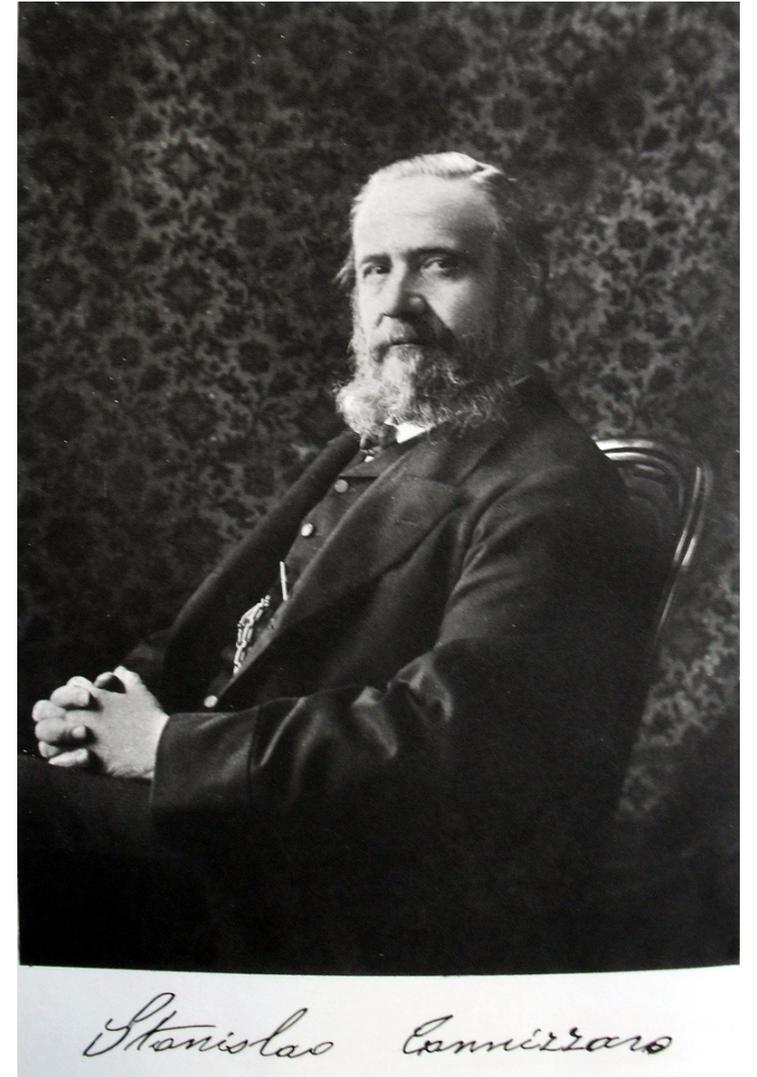
## ACCA-DUE-O

S. Cannizzaro, "Lettera del Prof. Stanislao Cannizzaro al Prof. S. De Luca; Sunto di un corso di filosofia chimica, fatto nella Reale Università di Genova", *Il Nuovo Cimento. Giornale di Fisica, di Chimica e Scienze Affini*, Anno IV, Tomo VII, pp. 321-366, Torino-Pisa; **Genova, 12 marzo 1858 (31 anni)**

Lo stato  
dell'arte



John Dalton (1766-1844): formula dell'acqua e dell'ammoniaca



# IL NUOVO CIMENTO

GIORNALE DI FISICA, DI CHIMICA  
E SCIENZE AFFINI

COMPILATO DA .

C. MATTEUCCI E R. PIRIA

COLLABORATORI

PER LA FISICA

G. B. DONATI a Firenze  
R. FELICI a Pisa  
G. GOVI a Firenze

PER LA CHIMICA

.....  
A. CANNIZZARO a Genova  
S. DE LUCA a Pisa

Fondata a Pisa nel **1855** da Carlo Matteucci (1811-1868) e Raffaele Piria (1814-1865, Univ. Torino) come continuazione della rivista "**Il Cimento**" fondata dagli stessi Matteucci e Piria nel **1844**

## GAZZETTA CHIMICA

ITALIANA

INDICE

FASCICOLO I e II

(pubblicato il 31 marzo)

	Pag.		Pag.
S. CANNIZZARO—Notizie storiche e considerazioni sull'applicazione della teoria atomica alla chimica e sui sistemi di formule esprimenti la composizione dei corpi. . . . .	1	E. KOPP — Notizie di chimica tecnologica . . . . .	76
S. CANNIZZARO—Azione dei due cloruri di cianogeno, cioè del gassoso e del solido sull'alcool benzoico. . . . .	33	A. COSSA—Notizie di chimica fisiologica ed agraria . . . . .	82
G. CAMPISI E D. AMATO—Azione del nitrato di urea sull'alcool benzoico. . . . .	39	G. STRUYER — Notizie di cristallografia . . . . .	84
S. CANNIZZARO — Sulla monobenzidrina . . . . .	41	SOMMARIO DI GIORNALI	
A. COSSA — Sulf idrozincite di Auriferzo . . . . .	43	<i>Annalen der Chemie und Pharmacie</i> , fasc. di gennaio . . . . .	92
U. SCHIFF—Sintesi della conina . . . . .	46	<i>Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft zu Berlin</i> , n. 1, 2, e 3. . . . .	96
D. AMATO — Sull'acido glicosofosforico . . . . .	56	<i>Zeitschrift für Chemie</i> , fasc. 1. . . . .	106
BUSSEN—Ricerche calorimetriche. . . . .	61	<i>Journal für praktische Chemie</i> , n. 1 e 2 . . . . .	110
BLASERNA—Sulla legge di Avogadro. . . . .	64	<i>Chemisches Centralblatt</i> , dal n. 1 al n. 8 . . . . .	114
F. MOHR — La dimostrazione matematica della legge di Avogadro. . . . .	69	<i>The Journal of the Chemical Society</i> , fasc. 1 . . . . .	125
F. MOHR—Sulla diversa conduttività dei gas per calore. . . . .	71	<i>Sedute della società chimica di Londra</i> di gennaio e febbraio . . . . .	128
D. MENDELEJEFF — Alcune osservazioni sulle esperienze di Andrews riguardo la compressibilità dell'acido carbonico . . . . .	72	<i>Società reale di Londra</i> ; comunicazioni riguardanti la chimica. . . . .	129
		Notizie varie . . . . .	131

PALERMO

TIPOGRAFIA DI MICHELE AMENTA

1871.

Co-fondatore (insieme a Emanuele Paternò) e primo direttore Palermo, 1871 (44 anni)

Nel **dicembre 1997**, ossia nel 127° anno dalla fondazione, in seguito a un accordo delle Società chimiche di Belgio, Francia, Germania, Paesi Bassi e Italia, gli organi nazionali delle società chimiche (rispettivamente, "Bulletin des Sociétés Chimiques Belges", "Bulletin de la Société chimique de France", "Chemische Berichte/Recueil", "Justus Liebig's Annalen der Chemie" e "Gazzetta Chimica Italiana") hanno cessato le pubblicazioni e si sono fuse per dare origine a due riviste europee di chimica:

**European Journal of Organic Chemistry**

**European Journal of Inorganic Chemistry**

## Stanislao Cannizzaro (1826-1910): la molecola

LETTERA DEL PROF. STANISLAO CANNIZZARO AL PROF.  
*S. DE LUCA*; SUNTO DI UN CORSO DI FILOSOFIA CHIMICA, FATTO  
NELLA R. UNIVERSITA' DI GENOVA.

Io credo che i progressi della scienza, fatti in questi ultimi anni, abbiano confermato l'**ipotesi di Avogadro**, di Ampère e di Dumas sulla simile costituzione dei corpi allo stato aeriforme, cioè che **volumi eguali di essi**, sieno semplici, sieno composti, contengono l'egual numero di molecole; **non, però l' egual numero di atomi, potendo le molecole dei vari corpi o quelle dello stesso corpo nei vari suoi stati, contenere un vario numero di atomi**, sia della medesima natura, sia di natura diversa.

Secondo il **principio di Avogadro (1811)** volumi uguali di gas diversi, nelle stesse condizioni di pressione e temperatura, **contengono lo stesso numero di molecole**

Tutti continuavano a fare una enorme confusione **tra molecole e atomi**. Anche sulla stessa formula dell'acqua. Per molti era ancora **HO**, come aveva postulato il grande **Dalton**, ormai quasi un secolo prima.

Solo nel **1860 Cannizzaro** riuscì a far accettare la distinzione tra il concetto di atomo e quello di molecola che Avogadro aveva proposto nel 1811.

## Stanislao Cannizzaro (1826-1910): mettere ordine nelle teorie chimiche

**Per condurre i miei allievi al medesimo convincimento che io ho, gli ho voluta porre sulla medesima strada per la quale io ci son giunto, cioè per l'esame storico delle teorie chimiche.**

**Incominciai dunque nella prima lezione a dimostrare come dall'esame delle proprietà fisiche dei corpi aeriformi e dalla legge di Gay-Lussac, sui rapporti di volume tra i componenti ed i composti, scaturì quasi spontanea l'ipotesi sopra ricordata, che fu la prima volta annunciata d'Avogadro e poco dopo d'Ampère. Analizzando il pensiero di questi due**

Nelle sue lezioni agli studenti, il cui contenuto aveva descritto nel trattato, ripercorreva le precedenti teorie della chimica moderna, da **Lavoisier** a **Gay-Lussac**, a **Proust**, a **Berzelius** e, infine, ad **Avogadro**

«... bastava distinguere gli atomi dalle molecole per conciliar tutti i risultati sperimentali...»

# Stanislao Cannizzaro (1826-1910). Step 1. I pesi molecolari (riferiti a 0.5 H<sub>2</sub>: peso = 1)

**Step 1.** Determinazione (per la prima volta con accuratezza e precisione) dei **pesi molecolari** («*prima anche che se ne conosca la composizione*») comparando le densità dei rispettivi gas

Incomincio nella quinta lezione ad applicare l'ipotesi di Avogadro e di Ampère per determinare i pesi delle molecole, prima anche che se ne conoscesse la composizione.

Stando alla ipotesi sopra citata, i pesi delle molecole sono proporzionali alle densità dei corpi nello stato aeriforme. Volendo che le densità dei vapori esprimano i pesi delle molecole, giova riferirle tutte alla densità di un gas semplice presa per unità, piuttosto che al peso di un miscuglio di due gas, come è l'aria.

NOMI DEI CORPI	DENSITA' ossia pesi di un volume, fatto = 1 quello di un volume d'idrogeno, ossia pesi delle molecole comparati al peso di una intera molecola d'idrogeno considerata come unità.	DENSITA' riferite a quella dell'idrogeno = 2, ossia pesi delle molecole comparati al peso della mezza molecola d'idrogeno preso per unità.
Idrogeno . . . . .	1	2
Ossigeno ordinario . . .	16	32
Ossigeno elettrizzato . .	64	128
Solfo sotto 1000° . . . .	96	192
(1) Solfo sopra 1000 . .	32	64
Cloro . . . . .	35,5	71
Bromo . . . . .	80	160
Arsenico . . . . .	150	300
Mercurio . . . . .	100	200
Acqua . . . . .	9	18
Acido cloridrico . . . . .	18,25	36,50 (*)
Acido acetico. . . . .	30	60

(1) Questa determinazione è stata fatta da Bineau, ma credo richieda una conferma.

## Stanislao Cannizzaro (1826-1910). Step 2. La composizione delle molecole.

**Step 2.** Determinazione (per la prima volta con accuratezza e precisione) della **composizione della molecola** dall'analisi elementare e dal peso molecolare

Si viene in seguito all'esame della composizione di queste molecole. Se il corpo è indecomponibile, siamo costretti ad ammettere che la sua molecola è tutta fatta dal peso di una medesima qualità di materia. Se il corpo è composto, se ne fa l'analisi elementare, ossia si scoprono i rapporti costanti tra' pesi componenti; quindi si divide il peso della molecola in parti proporzionali ai numeri esprimenti i pesi relativi dei componenti, e così si hanno le quantità di loro contenute nella molecola del composto, riferite alla medesima unità alla quale sono riferiti i pesi di tutte le molecole.

NOME DEL CORPO	PESO	PESI
	di un volume, ossia peso della molecola riferito al peso della mezza molecola di idrogeno = 1.	componenti un volume, ossia pesi componenti la molecola, tutti riferiti al peso della mezza molecola d' idrogeno = 1.
Idrogeno . . . . .	2	2 d' idrogeno.
Ossigeno ordinario . .	32	32 d'ossigeno.
Ossigeno elettrizzato .	128	128 d'ossigeno.
Solfo sotto 1000° . . .	192	192 di solfo.
Solfo sopra 1000° (?) .	64	64 di solfo.
Fosforo . . . . .	124	124 di fosforo.
Cloro . . . . .	71	71 di cloro
Bromo . . . . .	160	160 di bromo.
Iodo . . . . .	254	254 d'iodo.
Azoto . . . . .	28	28 d'azoto.
Arsenico . . . . .	300	300 d'arsenico.
Mercurio . . . . .	200	200 di mercurio.
Acido cloridrico. . . .	36,5	35,5 di cloro 1 d'idrogeno.
Acido bromidrico . . .	81	80 bromo 1 .
Acido iodidrico . . . .	128	127 d'iodo 1 .
Acqua . . . . .	18	16 d'ossigeno 2 .

«Acqua: 16 di ossigeno e 2 d'idrogeno... Acca-due-o, H<sub>2</sub>O!»

## Stanislao Cannizzaro (1826-1910). Step 3. La legge degli atomi.

**Step 3.** Definizione chiara, precisa e definitiva dei concetti di **atomi e molecole**:  
la legge degli atomi

Una volta che si è reso familiare ai giovani il valore dei numeri come sono disposti nel quadro precedente, è facile condurli a scoprire la legge che risulta dalla loro comparazione. Comparate, dico loro, **le varie quantità dello stesso elemento**, contenute sia nella molecola del corpo libero, **sia in quelle di tutti i diversi suoi composti**, e non vi potrà sfuggire la seguente legge: **le varie quantità dello stesso elemento contenute in diverse molecole son tutte multiple intere di una medesima quantità**, la quale, entrando sempre intera, deve a ragione chiamarsi **atomo**.

**Stanislao Cannizzaro (1826-1910). Step 4. Dai volumi dei gas alle molecole.**

**Step 4.** Superamento definitivo del concetto di reazione «tra volumi di gas»: l'era della molecola.

quando anche altre prove mancassero? Per ciò io preferisco sostituire nell'espressione della legge la parola molecola a quella di volume. Ciò mi riesce vantaggioso per l'insegna-

rii elementi, si possa esprimere con formule la composizione sia delle loro molecole, sia di quelle dei loro composti; e mi fermo alquanto a rendere ai miei allievi familiare la traduzione di volume gassoso in molecola, il primo esprimendo direttamente il fatto e la seconda interpretandolo. Sopra

## Stanislao Cannizzaro (1826-1910). Step 5. Le formule delle molecole.

### Step 5. Dalla legge degli atomi alle formule delle molecole

NOMI DEI COMPOSTI DI CARBONIO	PESI	PESI	FORMULE, facendo
	delle mole- cole riferiti all'atomo d' idrogeno	del componenti le molecole riferiti al peso dell' atomo d' idrogeno preso per uni- tà.	H=1;C=12 O=16;S=32
Ossido di carbonio	28	12 Carbonio 16 Ossigeno	CO
Acido carbonico . .	44	12 " 32 "	CO <sup>2</sup>
Solfuro di carbonio	76	12 " 64 Solfo	CS <sup>2</sup>
Gas delle paludi . .	16	12 " 4 Idrogeno	CH <sup>4</sup>
Eterene . . . . .	28	24 " 4 "	C <sup>2</sup> H <sup>4</sup>
Propilene . . . . .	42	36 " 6 "	C <sup>3</sup> H <sup>6</sup>
Etere . . . . .	74	48 " 10 Idrog. 16 Ossig.	C <sup>4</sup> H <sup>10</sup> O
ec. ec.		ec. ec.	

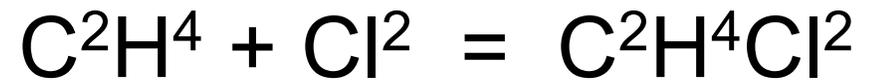
Il gas delle paludi (oggi noto come gas naturale e alla base del fabbisogno energetico dei paesi occidentali):



Stanislao Cannizzaro (1826-1910). Step 6. Le reazioni espresse in forma moderna.

**Step 6.** Dalle formule delle molecole alle reazioni.

COMBINAZIONE DIRETTA					
dei radicali metallici monoatomici coi corpi alogeni			dei radicali metallici biatomici coi corpi alogeni		
( <sup>1</sup> ) H <sup>a</sup>	+	Cl <sup>a</sup>	=	2HCl	
1 molec. d' idrogeno		1 molecola di cloro		2 molecole di acido cloridrico	
K <sup>a</sup>	+	Cl <sup>a</sup>	=	2KCl	
1 molecola di potassio		1 molecola di cloro		2 molecole di cloruro di potassio	
( <sup>2</sup> ) (CH <sup>a</sup> ) <sup>a</sup>	+	Cl <sup>a</sup>	=	2CH <sup>a</sup> Cl	
1 molecola di metile		1 molecola di cloro		2 molecole di cloruro di metile	
Hg	+	Cl <sup>a</sup>	=	HgCl <sup>a</sup>	
1 molecola di mercurio		1 molecola di cloro		1 molec. di deutoclor. di mercurio	
Zn	+	Cl <sup>a</sup>	=	ZnCl <sup>a</sup>	
1 molecola di zinco		1 molecola di cloro		1 molecola di cloruro di zinco	
C <sup>a</sup> H <sup>a</sup>	+	Cl <sup>a</sup>	=	C <sup>a</sup> H <sup>a</sup> Cl <sup>a</sup>	
1 molecola di eterene		1 molecola di cloro		1 molecola di cloruro di eterene	



eterene

cloruro di eterene

*(addizione elettrofila di cloro  
all'etilene)*

## Avogadro e Cannizzaro

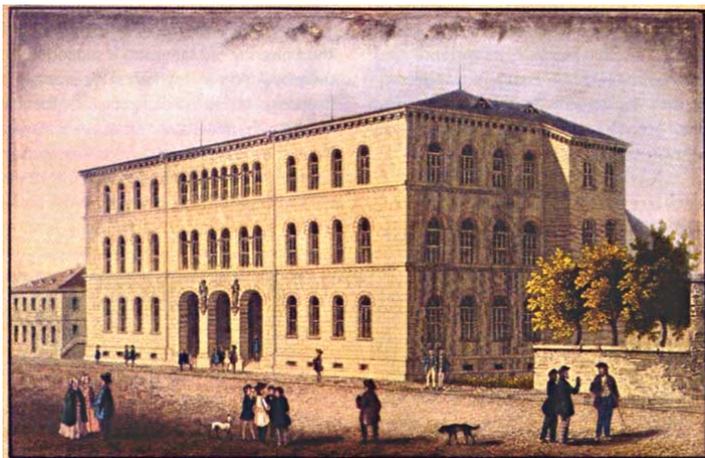
- Senza le loro intuizioni geniali la Chimica non si sarebbe sviluppata come poi è successo
- I concetti, espressi in modo chiaro e definitivo, di atomi, molecole e pesi molecolari, ha permesso lo sviluppo inarrestabile della Chimica
- **Amedeo Avogadro e Stanislao Cannizzaro: due Premi Nobel per la Chimica (italiani) *ante litteram***

THE  
NOBEL  
PRIZE



THE  
NOBEL  
PRIZE

## Il primo congresso di Chimica: Karlsruhe (Camera di Stato), 1860



Baeyer, Mendelyeev, Meyer, Beilstein, Bunsen, Erlenmeyer, Friedel, Fresenius, Schiff, Wislicenus...

- Organizzato da
  - Friedrich August Kekulé von Stradonitz (1829–1896) (Gand, Bonn)
  - Carl Weltzien (1813–1870) (Karlsruhe)
  - Charles Adolphe Wurtz (1817–1884) (Parigi)
- Lettera di invito: Parigi, 15 giugno 1860:

«Caro distinto collega, il grande sviluppo che ha avuto luogo in chimica negli ultimi anni e le differenze nelle opinioni teoriche emerse, rendono opportuno e utile un Congresso, il cui obiettivo è la discussione di alcune importanti questioni dal punto di vista del futuro progresso della scienza»
- Germania (55), Francia (21), UK (16), Russia (7), Austria (6), Svizzera (6), Svezia, Belgio, Portogallo, Spagna, Messico
- 2 italiani invitati: Cannizzaro (Genova), Raffaele Piria (Torino; acido salicilico e salicina)
- 3 presenti: Cannizzaro, Piria, Angelo Pavesi (Pavia)

## **Account of the Sessions of the International Congress of Chemists in Karlsruhe, on 3, 4, and 5 September 1860**

originally published in Richard Anschütz, *August Kekulé*, 2 vols. (Berlin: Verlag Chemie, 1929)

English translation by John Greenberg and William Clark published in Mary Jo Nye, *The Question of the Atom* (Los Angeles: Tomash, 1984)]

«Paris, 15 June 1860

Dear Distinguished Colleague,

The great development that has taken place in chemistry in recent years, and the differences in theoretical opinions that have emerged, make a Congress, whose goal is the **discussion of some important questions as seen from the standpoint of the future progress of the science**, both timely and useful.

The undersigned invite to this meeting **all chemists authorized by their work or position to express an opinion in a scientific discussion...»**

«..Our colleague, Mr. Weltzien, Professor at the Polytechnic School in this city, wishes to take on the duties of General Commissioner. In this capacity, he will be in charge of registering prospective members for the Congress and will open the assembly at nine o'clock in the morning on the day indicated.

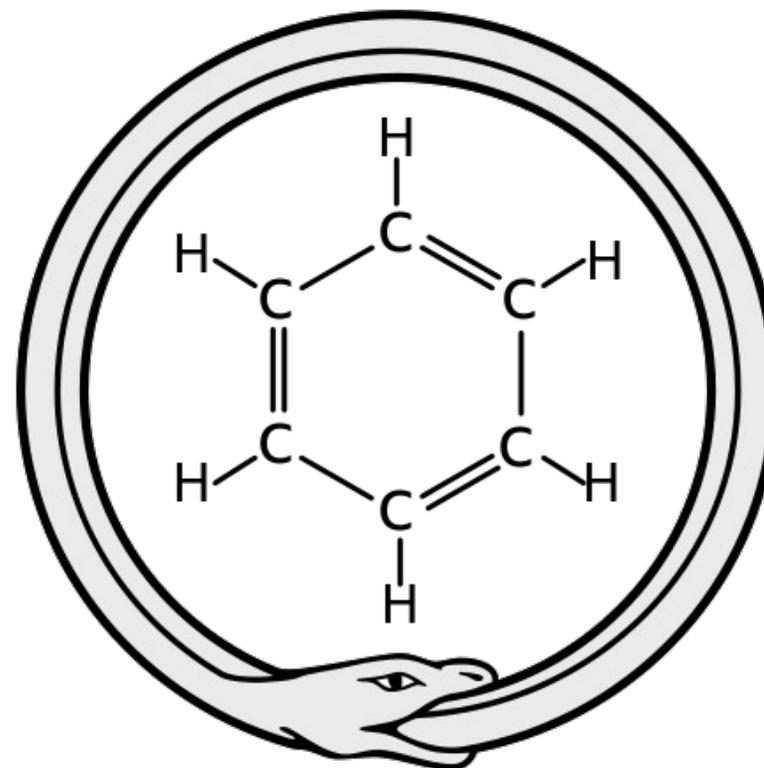
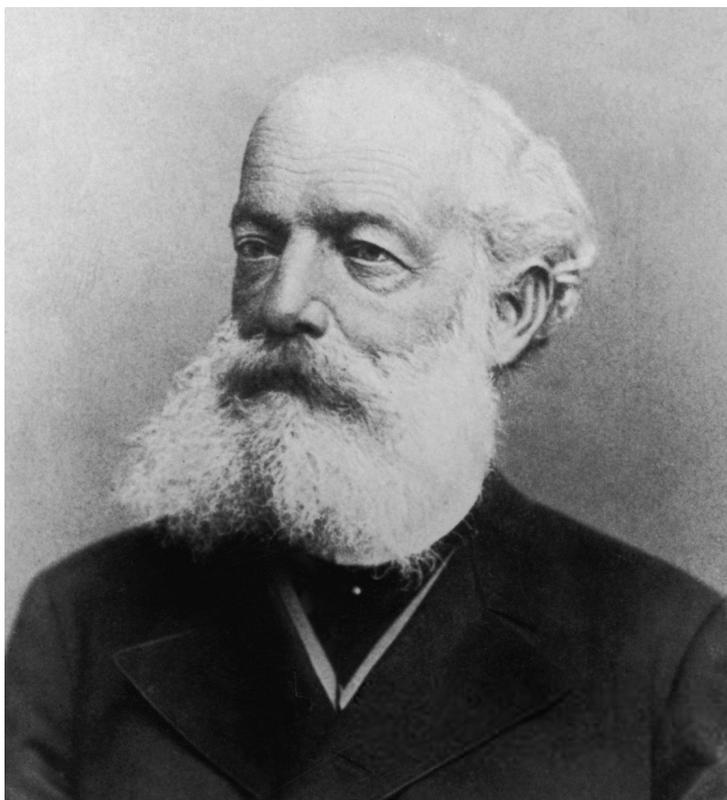
**In conclusion, and with the aim of avoiding any unfortunate omissions, the undersigned request that the individuals to whom this circular will be sent please communicate it to their scientist friends who are duly authorized to attend the planned conference.**

*Nota Bene:* You can sign up for the conference either directly with Mr. Weltzien, Polytechnic School, Karlsruhe, or with Mr. A. Kekulé, Professor of Chemistry at the University of Ghent, who will pass it on to Mr. Weltzien.»

# Friedrich August Kekulé von Stradonitz (1829-1896)

## *Il serpente* (1862, 33 anni)

A. Kekulé, Discorso alla celebrazione organizzata dalla Società Chimica Tedesca (Deutschen Chemischen Gesellschaft) in suo onore al municipio di Berlino, *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft*, Vol. 23, Fascicolo 1, pp. 1305-1306, 1890 (DOI: <https://doi.org/10.1002/cber.189002301204>).



A NUMBER of structural formulae have been proposed for benzene, but none of them is free from very serious objections.



**Clause  
Structure**



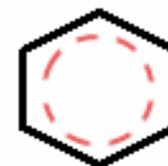
**Dewar  
Structure**



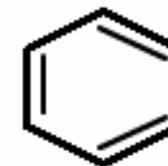
**Ladenburg  
Structure**



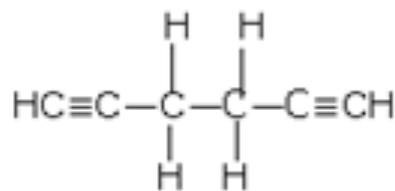
**Armstrong  
Structure**



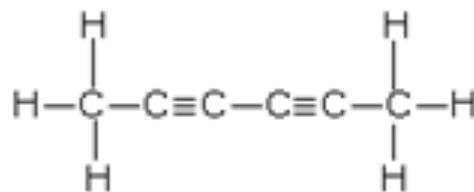
**Thiele  
Structure**



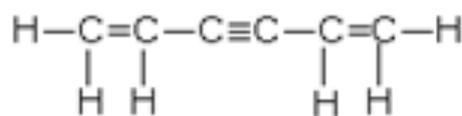
**Kekule  
Structure**



(i)



(ii)



(iii)

Rinaldo Cervellati, La struttura del benzene fra chimica classica e chimica quantistica, Blog La Chimica e la Società (2017)

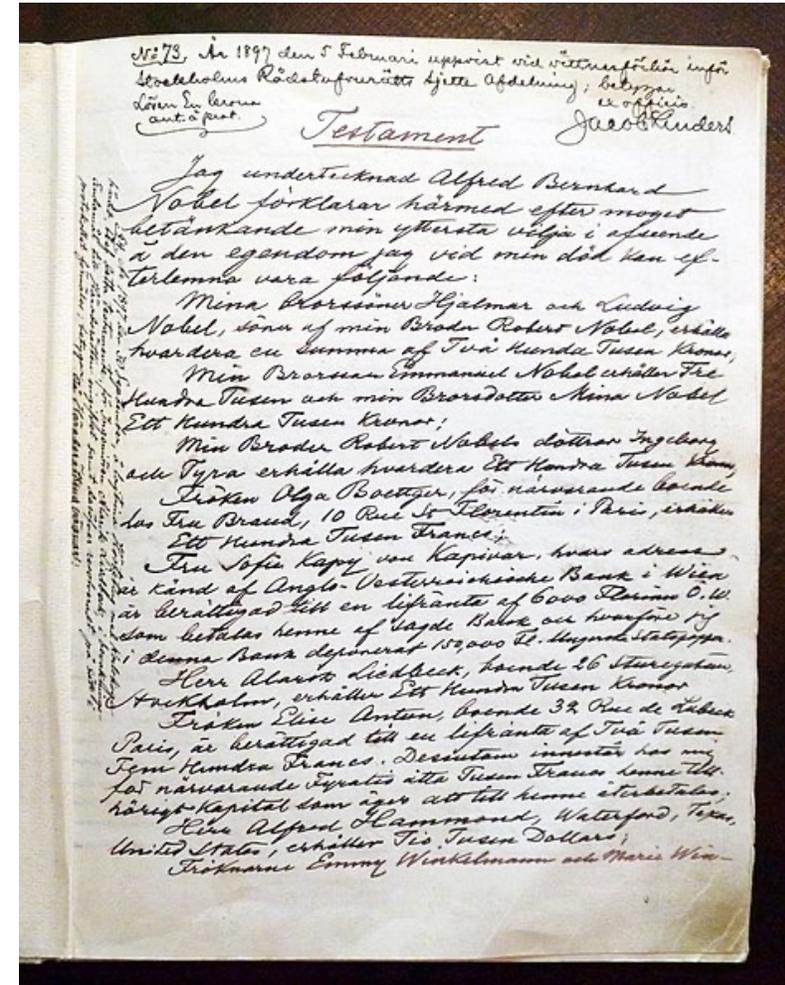
# Alfred Nobel (1833-1896)

## Il testamento

Testamento di Alfred Bernhard Nobel, **27 novembre 1895**, Circolo svedese-norvegese, Parigi.



Riuscì a domare la terribile nitroglicerina con la farina fossile (kieselguhr): dal greco antico δύναμις, *dunamis*, potenza, forza - dinamite



# The era of the Nobel Prizes

THE  
NOBEL  
PRIZE

Nobel Prizes & Laureates

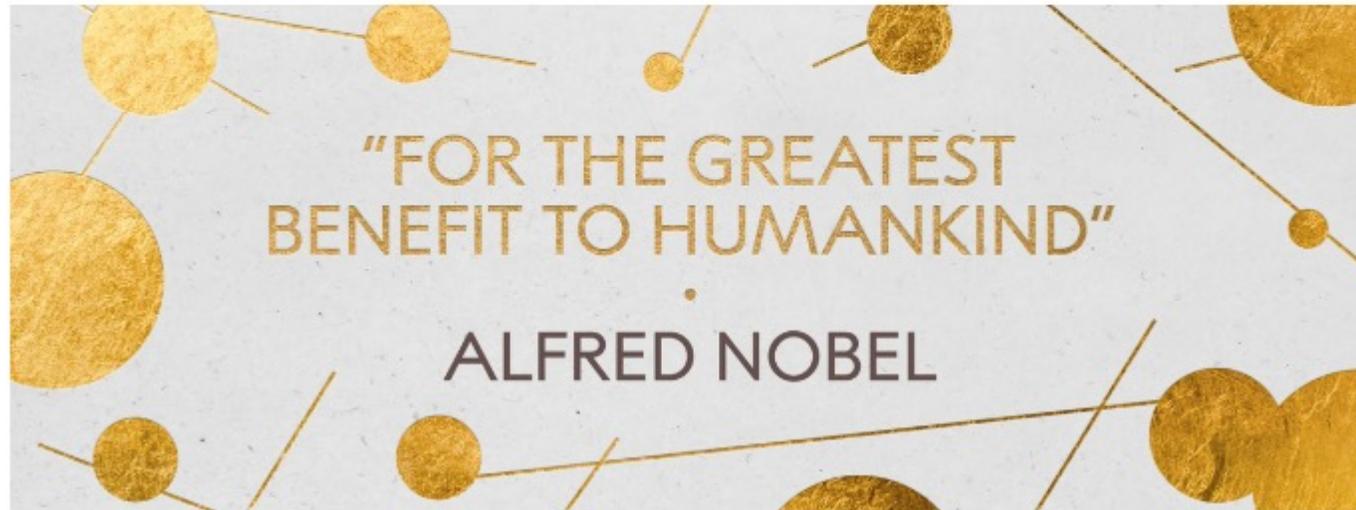
Nomination

Alfred Nobel

News & insights

Events

Educational



<https://www.nobelprize.org/>

# The Nobel Peace Prize 1905



Photo from the Nobel  
Foundation archive.

**Baroness Bertha  
Sophie Felicita von  
Suttner, née Countess  
Kinsky von Chinic und  
Tettau**

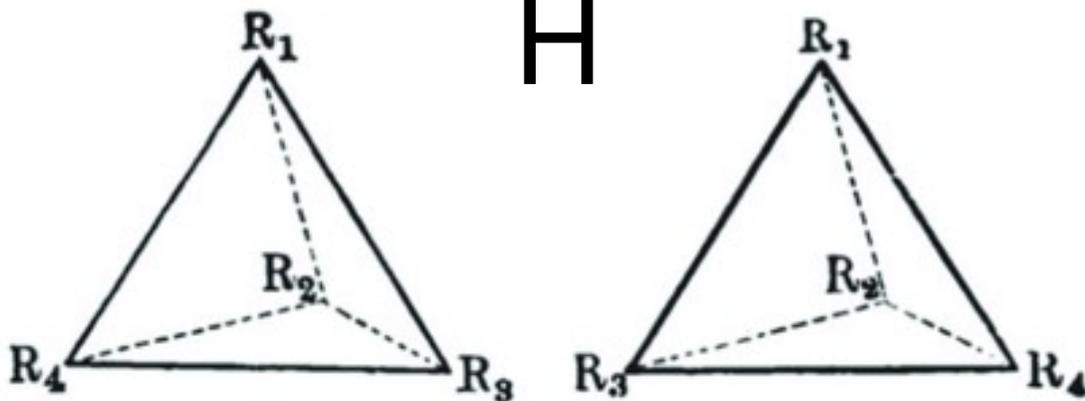
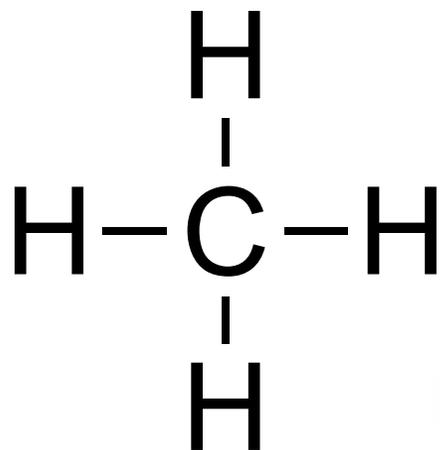
Prize share: 1/1

- primo Nobel per la Pace conferito a una donna (1905)
- secondo in assoluto dopo Marie Skłodowska-Curie
- primo del suo paese (Austria)

# Jacobus Henricus van 't Hoff (1852-1911)

*Il primo Nobel e la struttura del metano nello spazio*

J. H. van 't Hoff, *La Chimie dans l'Espace*, pp. 1-43 e tavole allegate, Rotterdam, **1875 (23 anni)**



## The Nobel Prize in Chemistry 1901



Photo from the Nobel Foundation archive.

Jacobus Henricus van 't Hoff

Prize share: 1/1

The Nobel Prize in Chemistry 1901 was awarded to Jacobus Henricus van 't Hoff "in recognition of the extraordinary services he has rendered by the discovery of the laws of chemical dynamics and osmotic pressure in solutions"

## Giacomo Ciamician (1857-1922)

### *L'energia solare a New York*

G. Ciamician "The photochemistry of the future", Conferenza plenaria all'International Congress of Applied Chemistry, New York, 11 settembre 1912, *Science*, Vol. 36, Fascicolo 926, pp. 385-394, 1912 (DOI: <https://doi.org/10.1126/science.36.926.385>).



*G. Ciamician*

## Giacomo Ciamician (1857-1922)

### *THE PHOTOCHEMISTRY OF THE FUTURE*<sup>1</sup>

MODERN civilization is the daughter of coal, for this offers to mankind the solar energy in its most concentrated form; that is, in a form in which it has been accumulated in a long series of centuries. Modern man uses it with increasing eagerness and thoughtless prodigality for the conquest of the world and, like the mythical gold of the Rhine, coal is to-day the greatest source of energy and wealth.

The earth still holds enormous quantities of it, but coal is not inexhaustible. The

Modern civilization is the daughter of coal...

...[coal] like the mythical gold of the Rhine...

...but coal is not inexhaustible..

G. Ciamician "The photochemistry of the future", Plenary lecture at International Congress of Applied Chemistry, New York, 11 settembre 1912, *Science*, **1912**, 36, 385-394

## Giacomo Ciamician (1857-1922)

for other circumstances, we see that the solar energy that reaches a small tropical country—say of the size of Latium—is equal annually to the energy produced by the entire amount of coal mined in the world! The desert of Sahara with its six million square kilometers receives daily solar energy equivalent to six billion tons of coal!

This enormous quantity of energy that the earth receives from the sun, in comparison with which the part which has been stored up by the plants in the geological periods is almost negligible, is largely wasted. It is utilized in waterfalls (white

Solar energy

free, clean and largely available everywhere

«...this enormous quantity of energy that the earth receives from the sun...»

G. Ciamician "The photochemistry of the future", Plenary lecture at International Congress of Applied Chemistry, New York, 11 settembre 1912, *Science*, **1912**, 36, 385-394

## Giacomo Ciamician (1857-1922)

In this field a battle is raging between chemical industry and nature, a battle which does honor to human genius. Up to now the products prepared from coal tar have almost always been triumphant. I do not need to remind you of the various victories; but it is possible that these may prove to have been **Pyrrhic victories.** A

Products from coal

«...like Pyrrhic victories...»

## Giacomo Ciamician (1857-1922)

The infancy of photochemistry: carbon-based fuels from sun, water and CO<sub>2</sub>

by the plants themselves. By using suitable catalyzers, it should be possible to transform the mixture of water and carbon dioxide into oxygen and methane, or to cause other endo-energetic processes. The

G. Ciamician "The photochemistry of the future", Plenary lecture at International Congress of Applied Chemistry, New York, 11 settembre 1912, *Science*, **1912**, 36, 385-394

## Giacomo Ciamician (1857-1922)

hurry and mankind is. And if in a distant future the supply of coal becomes completely exhausted, civilization will not be checked by that, for life and civilization will continue as long as the sun shines! If our black and nervous civilization, based on coal, shall be followed by a quieter civilization based on the utilization of solar energy, that will not be harmful to progress and to human happiness.

The photochemistry of the future should not however be postponed to such distant times; I believe that industry will do well in using from this very day all the energies that nature puts at its disposal. So far, human civilization has made use almost exclusively of fossil solar energy. Would it not be advantageous to make better use of radiant energy?

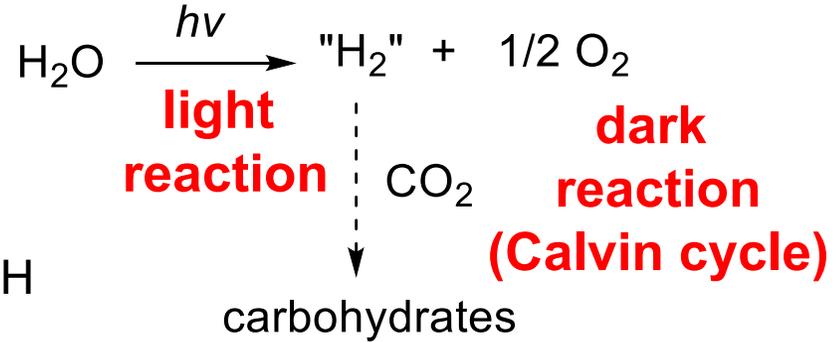
GIACOMO CIAMICIAN

When fossil fuels run out, life and civilization will continue as long as the sun shines!

G. Ciamician "The photochemistry of the future", Plenary lecture at International Congress of Applied Chemistry, New York, 11 settembre 1912, *Science*, **1912**, 36, 385-394

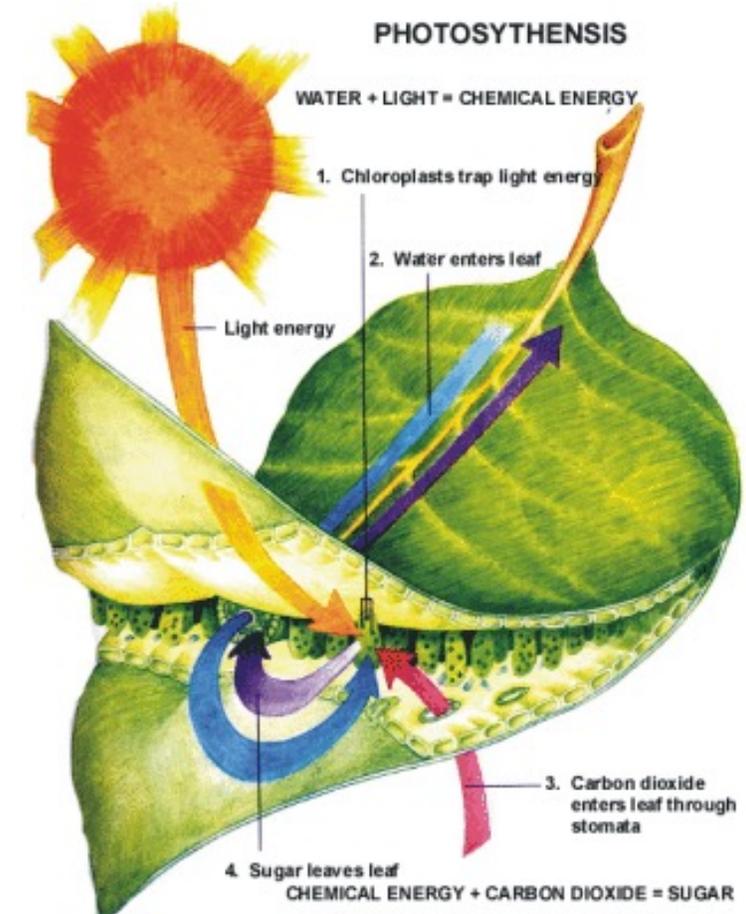
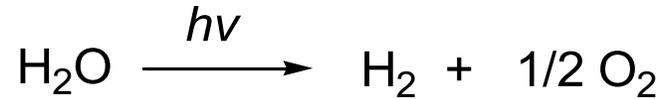
# SOLAR FUELS: TOWARDS ARTIFICIAL PHOTOSYNTHESIS

Natural  
Photosynthesis



"H<sub>2</sub>" = NADPH

Artificial  
Photosynthesis

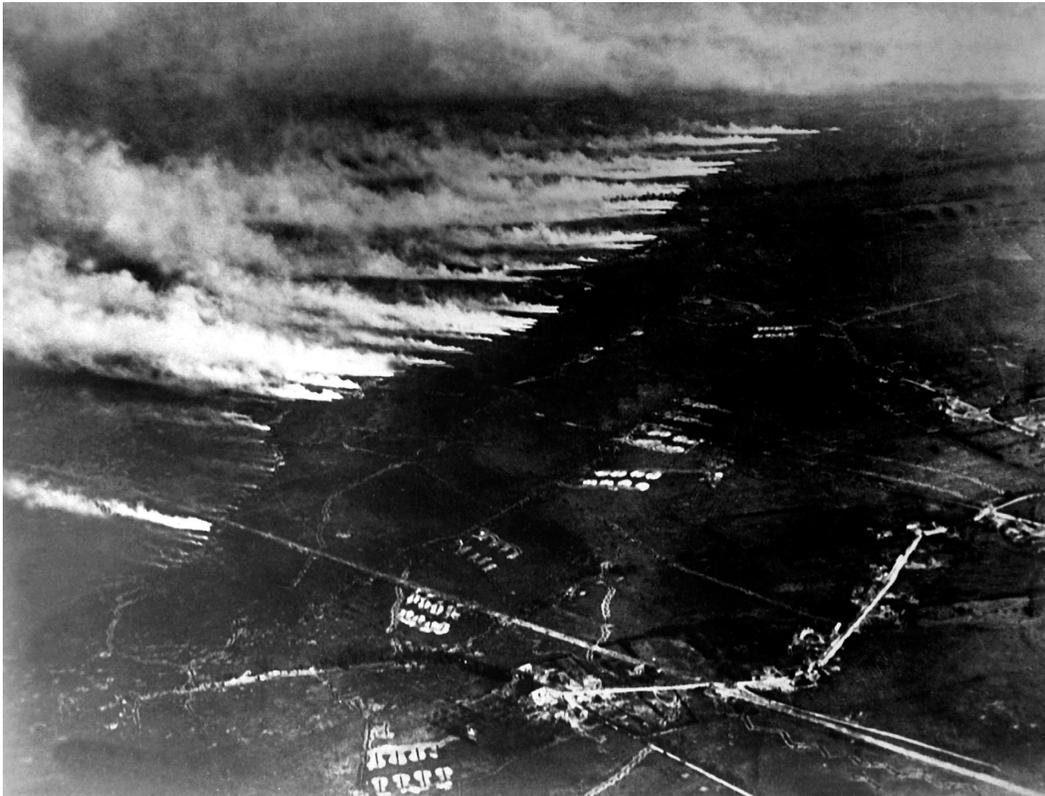


THE CHEMICAL CHALLENGE:  
efficiency of multi-electron  
multi-proton transformations

Giacomo Ciamician, Sept 11, 1912, New York City

## **Fritz Haber (1868-1934)** *Il patriota*

Premio Nobel per la Chimica 1918 “per la sintesi dell’ammoniaca dai suoi elementi”. Fritz Haber ha ricevuto il Premio Nobel un anno dopo, nel 1919, poiché nel 1918 nessuna candidatura soddisfaceva i criteri delineati nel testamento di Alfred Nobel. Secondo lo statuto della Fondazione Nobel, il Premio Nobel è stato quindi riservato fino all’anno successivo. Per questa ragione il Premio Nobel 1919 non è stato assegnato a nessuno.



# The Haber-Bosch process: the artificial nitrogen fixation (1910)

The Nobel Prize in Chemistry  
1918



Photo from the Nobel  
Foundation archive.

**Fritz Haber**

Prize share: 1/1

**Fritz Haber**  
1868-1934

The Nobel Prize in Chemistry 1931

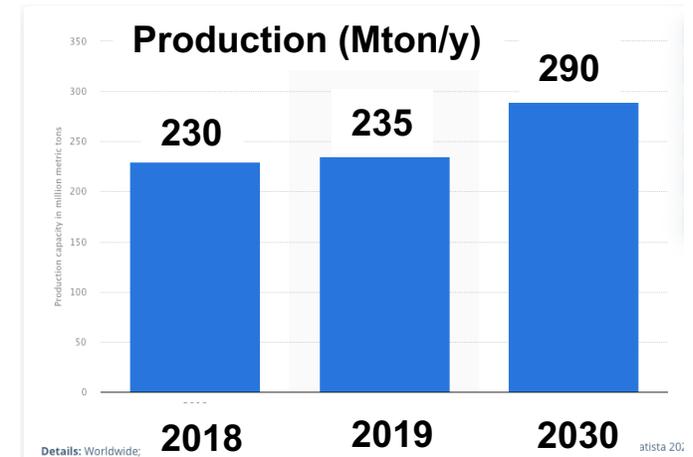
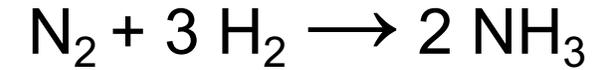


Photo from the Nobel  
Foundation archive.

**Carl Bosch**

Prize share: 1/2

**Carl Bosch**  
1874-1940



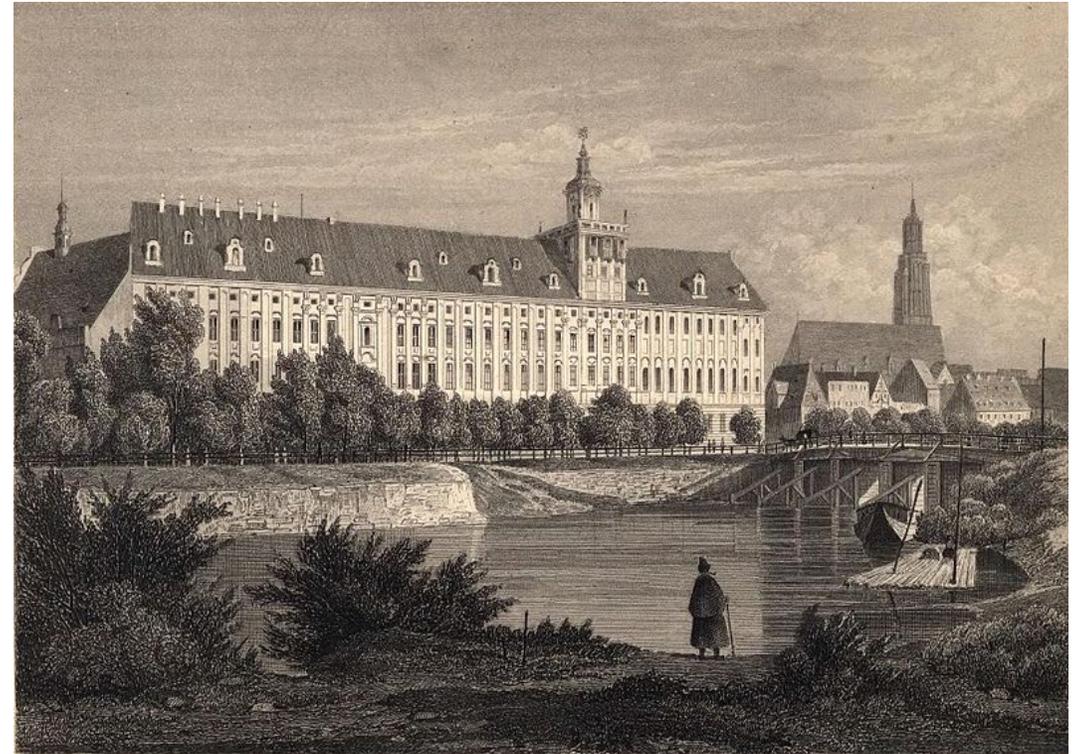
- Main component of nitrogen fertilizers
- High temperature (300-550 C)
- High pressure (150-250 atm)
- 2% of global energy consumption
- 2% of global greenhouse gas emissions (mainly due to H<sub>2</sub> reactant)

## Clara Immerwahr (1870-1915)

*La pistola*



prima donna ad aver acquisito il titolo di dottore di ricerca in Chimica in Germania, all'inizio del XX secolo, in un periodo in cui la Germania era il leader mondiale in questa disciplina



Università di Breslavia



To Doctor Irving Langmuir,<sup>Ri</sup>  
and his associate Doctor  
Katherine Blodgett, we  
express our sincere gratitude  
for their patient and untiring  
efforts in presenting their

Ri



The Nobel Science Series, American Institute of Motion Pictures, *Surface Chemistry - Thin Film Experiments with Dr Irving Langmuir and his associate Dr Katharine Blodgett*, 1939 (<https://www.youtube.com/watch?v=yn4fuWM007c>)

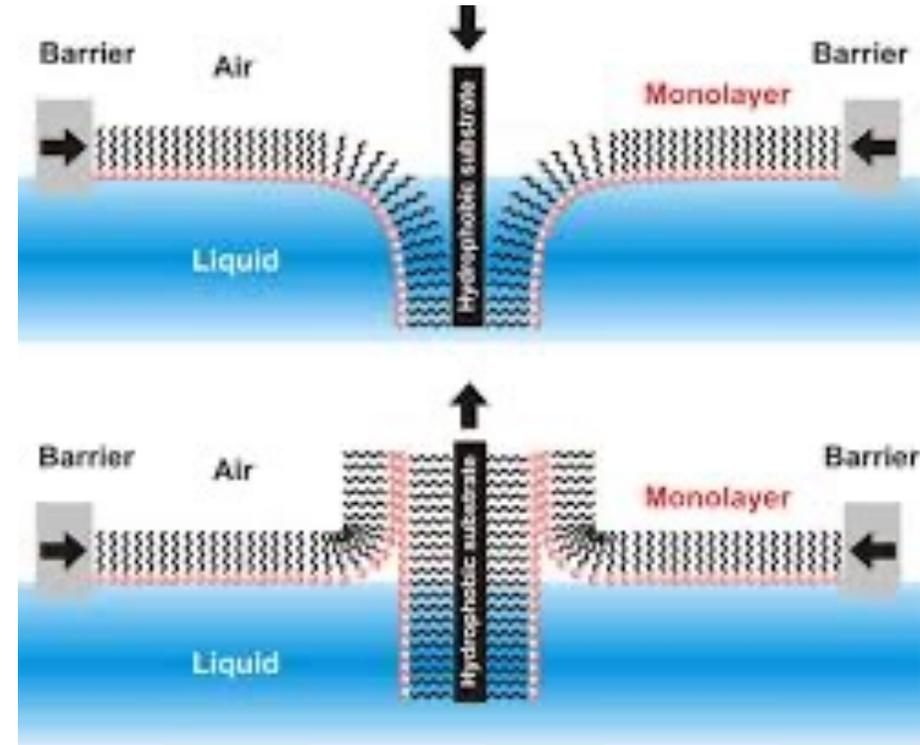
## Katharine Blodgett (1898-1979)

### *Le molecole sull'acqua*

Irving Langmuir, *Surface Chemistry*, Nobel Lecture, 14 dicembre **1932**.



prima donna a essere assunta, nel 1918, come scienziata in uno dei più importanti colossi industriali (General Electric) e prima donna a conseguire successivamente il dottorato in Fisica alla prestigiosa Università di Cambridge, nel 1926 (con Rutheford)



# The Nobel Prize in Chemistry 1932

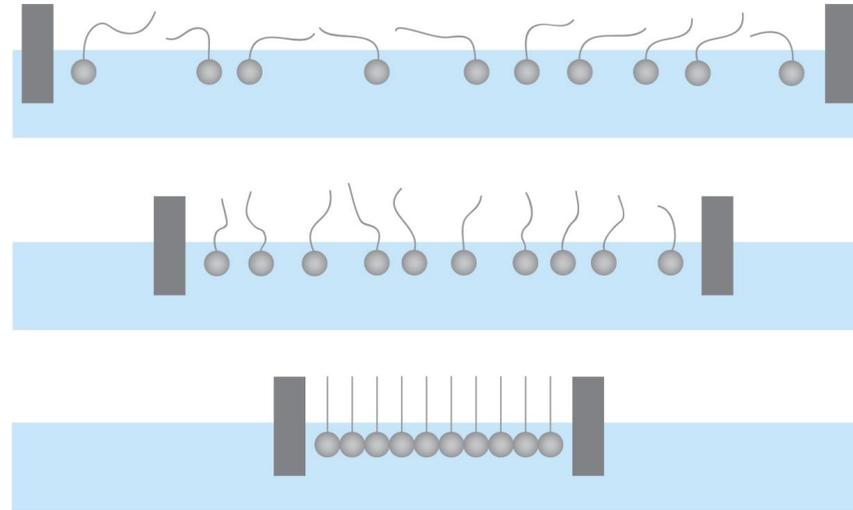


Photo from the Nobel  
Foundation archive.

Irving Langmuir

Prize share: 1/1

The Nobel Prize in Chemistry 1932 was awarded to Irving Langmuir "for his discoveries and investigations in surface chemistry"



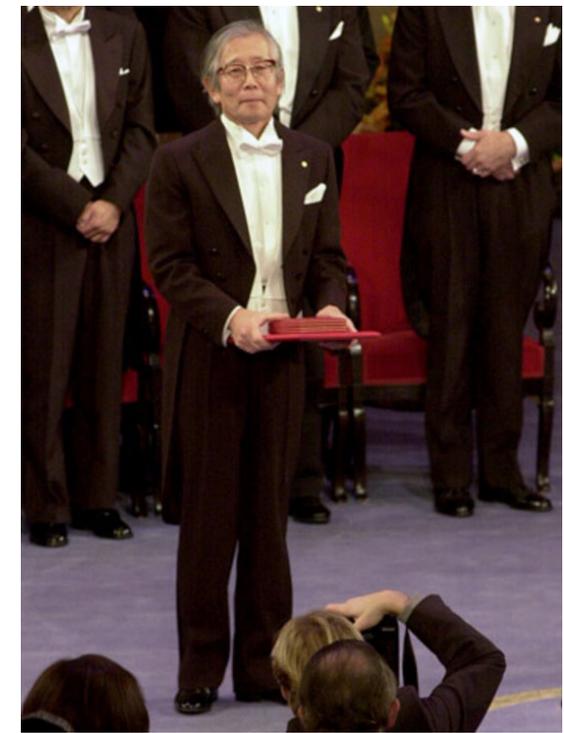
«A tenth of a millionth of an inch high...

...If we put this row of molecules one on top of the other it would take **ten million layers** to reach an inch of height»

## Hideki Shirakawa (1936-vivente)

### *La plastica elettrica: una scoperta "fortuita"*

H. Shirakawa, *The discovery of polyacetylene film - the dawning of an era of conducting polymers*, Nobel Lecture, Reviews of Modern Physics, Vol. 73, pp. 713-718, 2001 (DOI: <https://doi.org/10.1103/RevModPhys.73.713>).



Soon after I joined Ikeda's group, we succeeded in synthesizing polyacetylene directly in a form of thin film by a **fortuitous error** in 1967... we noticed that we used a concentration of the Ziegler-Natta catalyst **nearly a thousand times as large as that usually used**.

... I want to express my heartfelt thanks to Hyung Chick Pyun [Korean researcher], with whom I shared the **discovery of polyacetylene film by fortuitous error**

---

## The Nobel Prize in Chemistry 2000

---

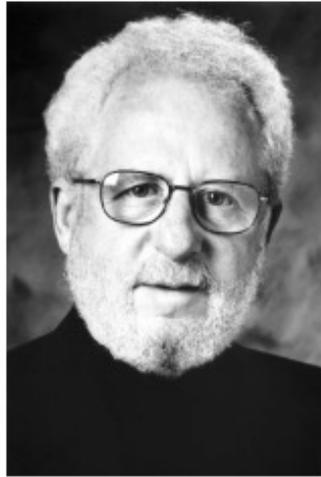


Photo from the Nobel  
Foundation archive.  
**Alan J. Heeger**  
Prize share: 1/3



Photo from the Nobel  
Foundation archive.  
**Alan G. MacDiarmid**  
Prize share: 1/3



Photo from the Nobel  
Foundation archive.  
**Hideki Shirakawa**  
Prize share: 1/3

---

The Nobel Prize in Chemistry 2000 was awarded jointly to Alan J. Heeger, Alan G. MacDiarmid and Hideki Shirakawa "for the discovery and development of conductive polymers"

# Conclusioni

Racconti di scienziate e scienziati immaginati nella loro vita quotidiana nell'inventare quello che oggi troviamo in tutti i libri scolastici e universitari

Alcune grandi scoperte e concetti sono nati da scintille di "ordinaria" genialità di appassionati scienziati, **spesso durante gli anni della loro gioventù**, che non si sono fermati davanti alla conoscenza ufficiale del loro periodo e che, ostinatamente, hanno creduto nel progresso della scienza.

Con la passione e l'intuizione, ma anche con il coraggio di chi, in maniera audace, preferisce esplorare nuovi orizzonti anziché adagiarsi su quanto è già noto. **Traguardi che poi saranno resi disponibili al servizio dell'intera umanità.**