

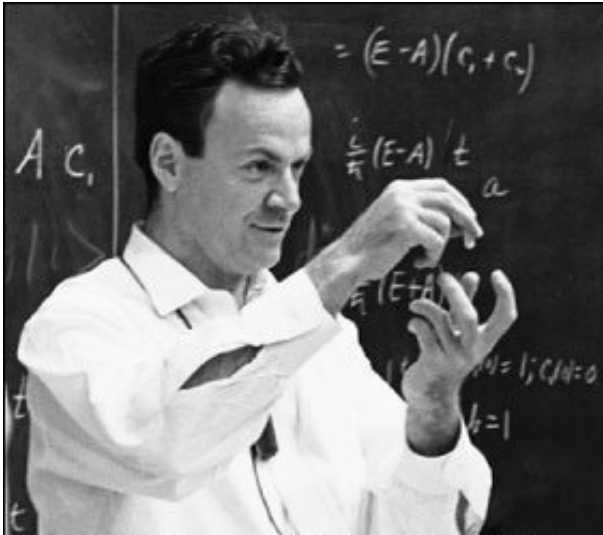
Átomos, Luz, y Poesía

Rafael Benguria
Instituto de Física, PUC
Lunes 9 de Septiembre de 2013

“Física para las Tardes de Invierno”

Centro de Extensión

Pontificia Universidad Católica de Chile



Richard Feynman (1918-1988)

RF: *Si, en algún cataclismo, todo el conocimiento científico fuera a ser destruido y solamente una frase pudiera ser pasada a la generación siguiente de creaturas, ¿qué frase contendría la mayor información en el menor número de palabras?*

RF: *Creo que sería la hipótesis atómica, esto es, que: “Todas las cosas están hechas de pequeñas partículas atómicas que se mueven unas en torno a las otras en movimiento perpetuo, atrayéndose cuando están a cortas distancias, pero repeliéndose cuando se las trata de juntar.”*

RF: *En esa frase, Ud. ve, hay una cantidad enorme de información sobre el mundo, si sólo un poco de imaginación y razonamiento son aplicados*

Niels Bohr (1855-1962)

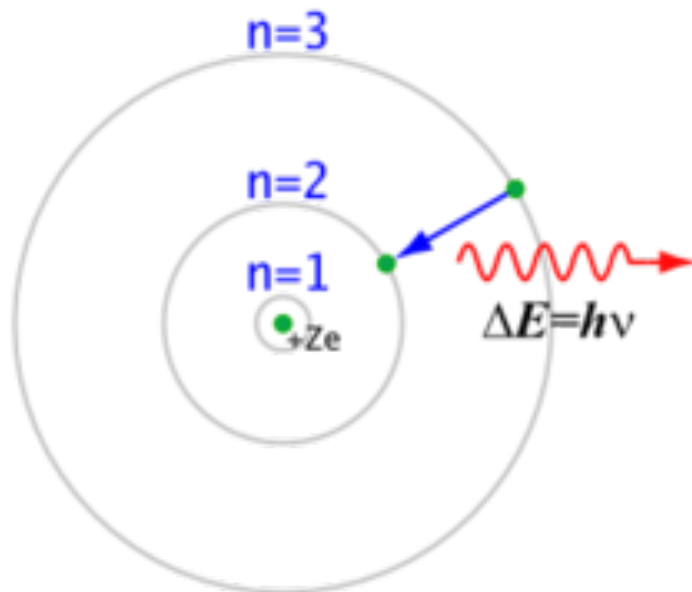
On the Constitution of Atoms and Molecules

Niels Bohr

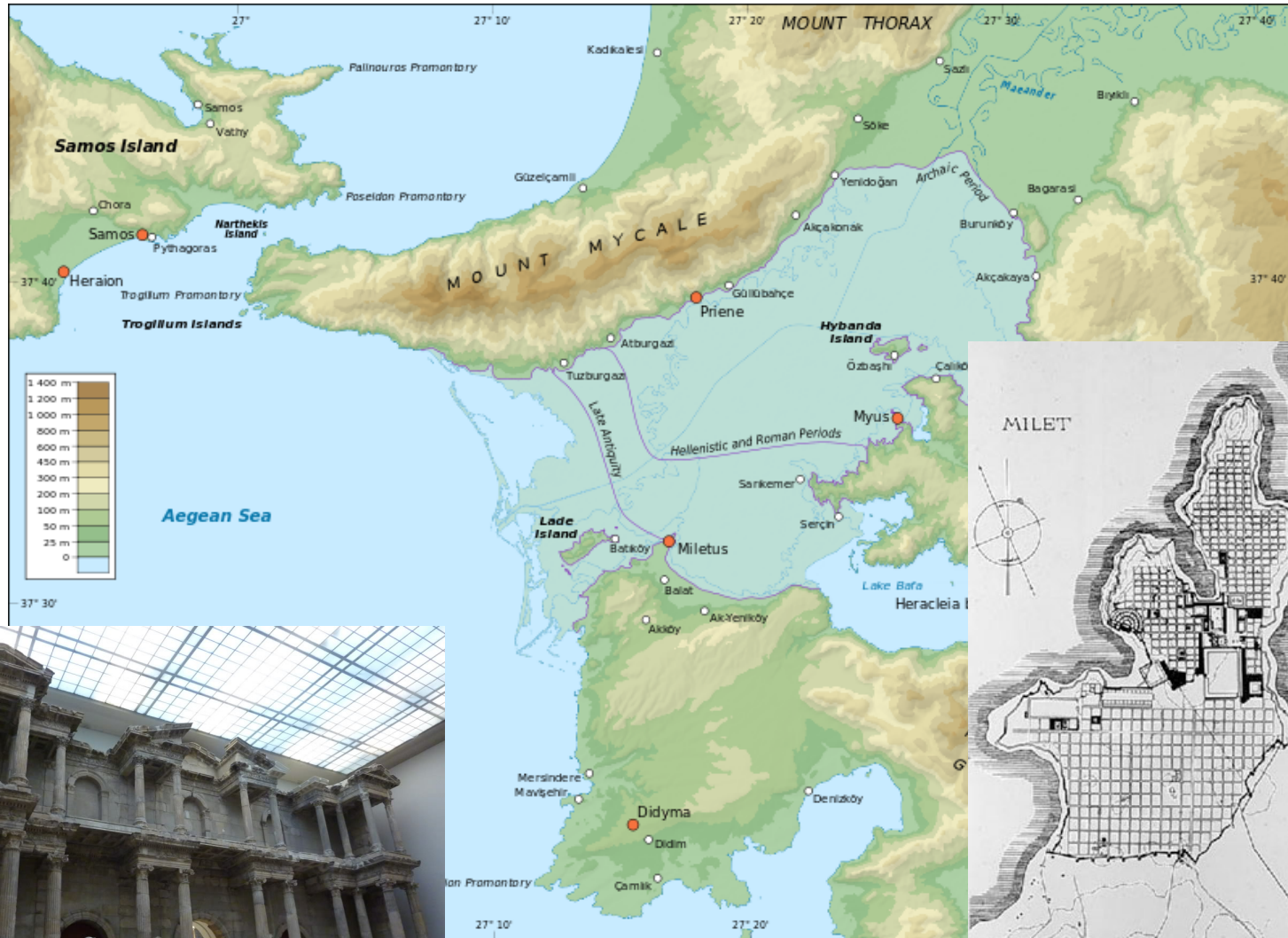
Philosophical Magazine

Series 6, Volume 26

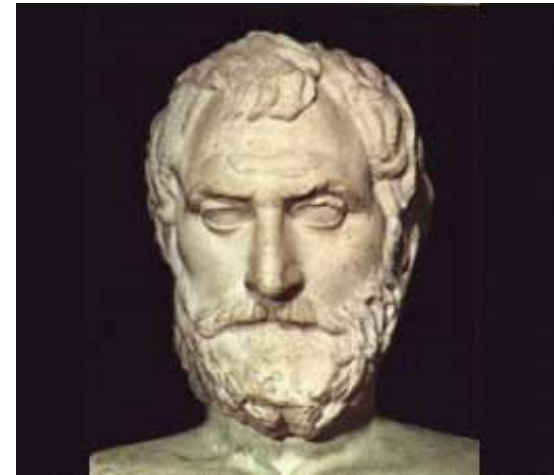
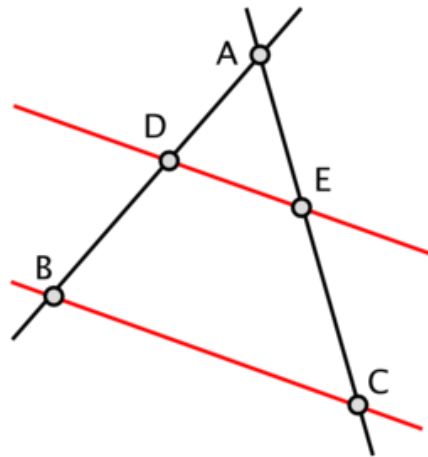
July 1913, p. 1-25



Esta historia empieza en la ciudad Jónica de Mileto en el siglo VI, AC



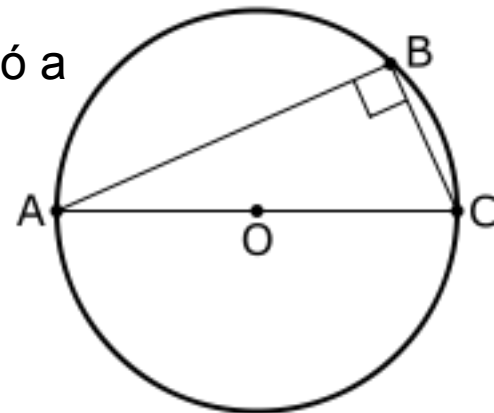
El origen de los físicos:



Tales de Mileto (624-545, AC)

Fundador de la Escuela de Mileto, que luego incluyó a Anaximandro, Anaximenes, Pitágoras, etc.

Aristóteles, más tarde les dio el nombre de “**Physiologi**”, palabra que más tarde devino en “**Filósofos Naturales**” y finalmente, en el siglo XIX, “**Físicos**”.



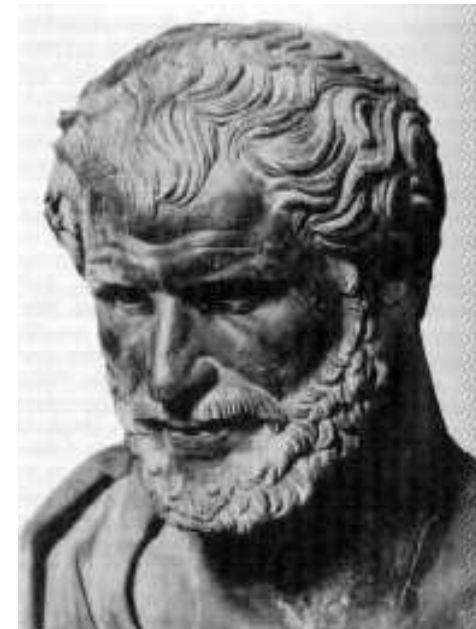


Democritus de Abdera
460-370 AC

El pequeño orden del mundo.

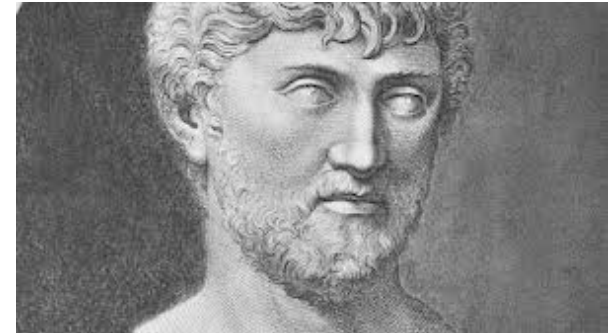


Hendrick ter Brugghen,
"Democritus Laughing" (1629)



**De Rerum Naturam (“Sobre la Naturaleza de las Cosas”)
Tito Lucrecio (99-55, AC).**

And since the pupil of the eye receives
Within itself one kind of blow, when said
To feel a white hue, then another kind,
When feeling a black or any other hue,
And since it matters nothing with what hue
The things thou touchest be perchance endowed,
But rather with what sort of shape equipped,
'Tis thine to know the atoms need not colour,
But render forth sensations, as of touch,
That vary with their varied forms.



“Formas de los Atomos y sus Combinaciones”, Libro II, “De Rerum Naturam”.



El Aire

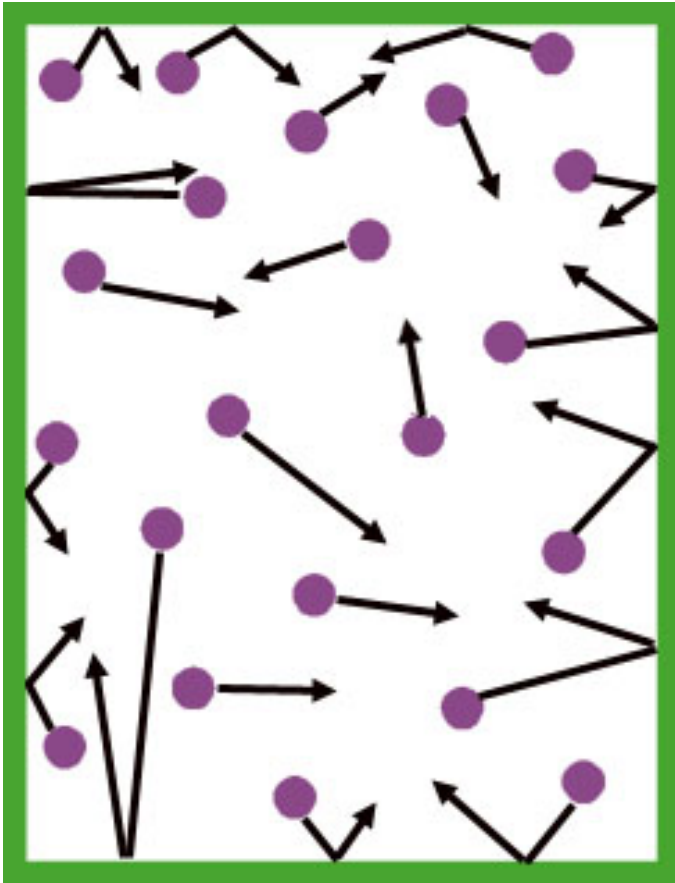
Esto que pasa y que se queda,
esto es el Aire, esto es el Aire,
y sin boca que tú le veas
te toma y besa, padre amante.
Ay!, le rompemos sin romperle;
herido vuela sin quejarse,
y parece que a todos lleva
y a todos deja, por buenos, El Aire...

“Ternura”,

Gabriela Mistral, 1924.

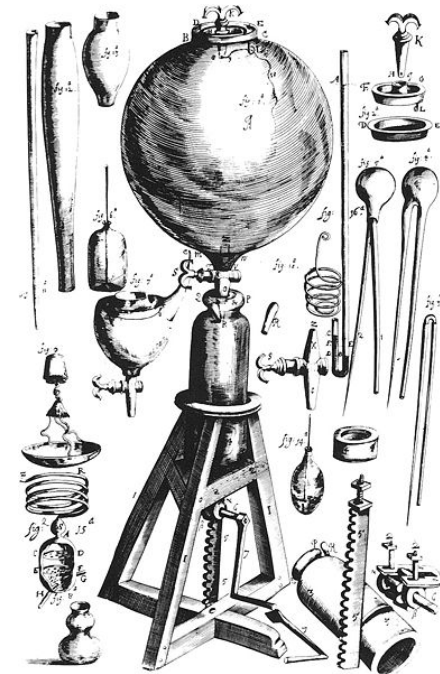
Esperimento de los Hemisferios de Magdeburg, Otto von Gericke (8 de Mayo de 1654)





Ley de Boyle-Mariotte (1662)

$$P V = \text{constante}$$





Uso por primera vez la idea de átomos para deducir la ley de Boyle para los gases ideales (1737).

Daniel Bernoulli (1700-1782).

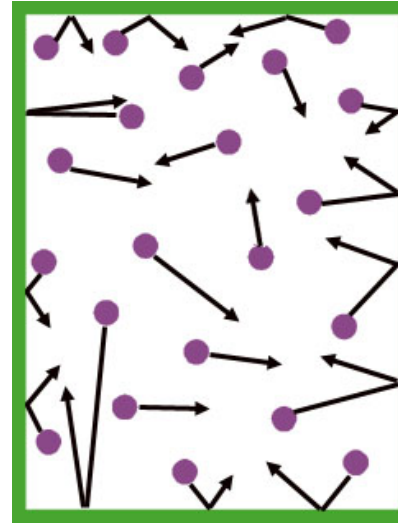


Basilea, Suiza.

Teoría Cinética de Gases.



James Clerk Maxwell (1831-1879)



Ludwig Boltzmann (1844-1906)



Josef Stefan (1835-1893)

(37)
The MOUSE's PETITION,*

Found in the TRAP where he had been confin'd
all Night.

Parcere subje&ctis, & debellare superbos.

VIRGIL.

O H! hear a penfive captive's prayer,
For liberty that fighs ;
And never let thine heart be shut
Against the prifoner's cries.

For here forlorn and fad I fit,
Within the wiry grate ;

* To Doctor PRIESTLEY:

F 2

And



“La plegaria del ratón”, de Anna
Barbould (1743-1825)



El descubrimiento del Oxígeno:

Joseph Priestley (1733-1804)

Carl Scheele (1742-1786)

Bowood Mansion (UK)





Jan Ingenhousz (1730–1799)

Botánico holandés.

Descubridor de la Fotosíntesis.

En 1785, describió el movimiento aleatorio de polvo de carbón en alcohol, descubriendo así lo que se conoce como Movimiento Browniano.

Experiments upon Vegetables, Discovering Their great Power of purifying the Common Air in the Sun-shine, and of Injuring it in the Shade and at Night. To Which is Joined, A new Method of examining the accurate Degree of Salubrity of the Atmosphere

London, 1779.



Les tomó solo un instante cortar su cabeza, y, en cien años puede que no se produzca otra como ésta ("Elogio", Lagrange, 1812).

Antoine Lavoisier y Marie-Anne Pierrette
Cuadro de Jacques Louis David, 1788.

Antoine Lavoisier 1743-1794.



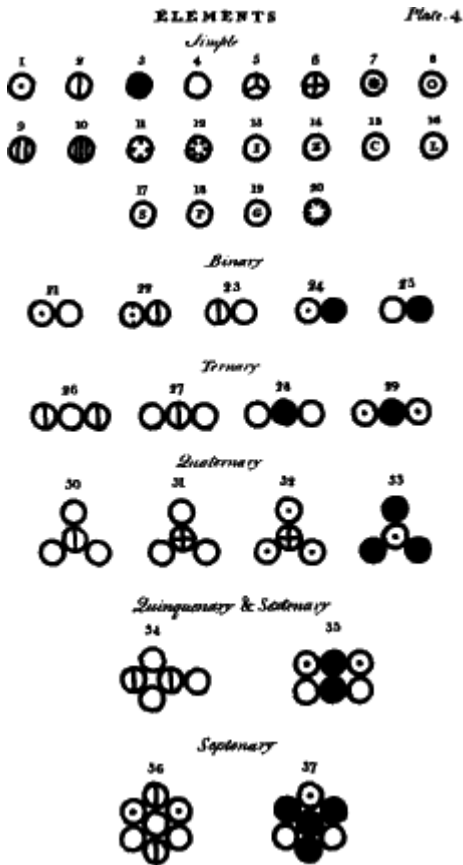
Identificó el oxígeno y el hidrógeno en el aire.

Estableció experimentalmente la Ley de Conservación de Masas.

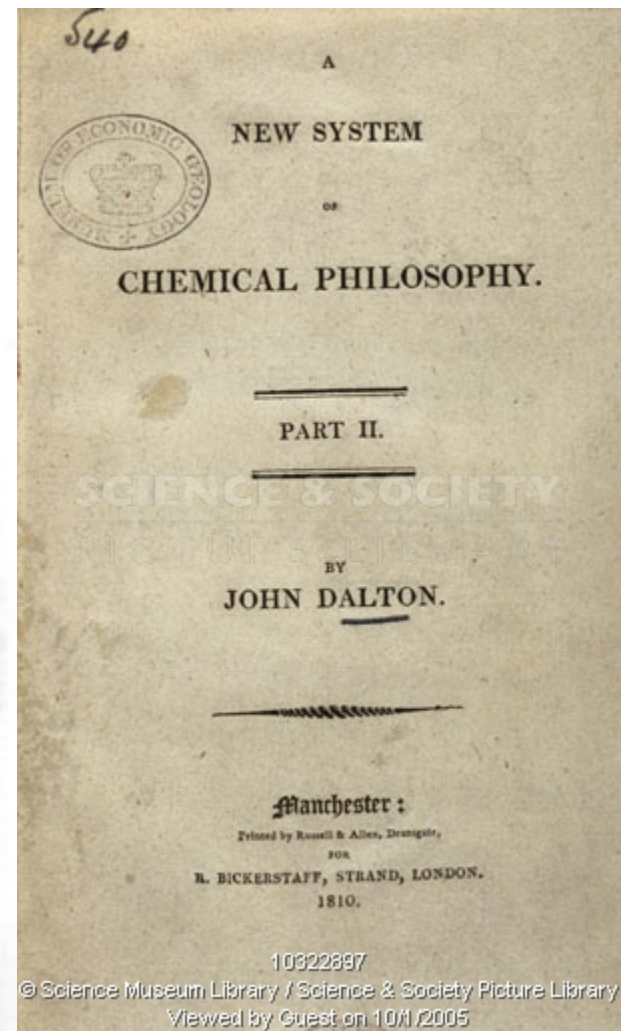
Introdujo la noción de Elemento Químico y la Nomenclatura Moderna (1787).



El Nacimiento de la Química Moderna:



John Dalton (1766-1844).





Las Leyes de Dalton:

- 1) Los elementos químicos están hechos de átomos.
- 2) Los átomos de un elemento tienen masas idénticas
- 3) Los átomos de elementos distintos tienen masas distintas.
- 4) Los átomos solo se combinan de acuerdo a cuocientes simples de números enteros tales como 1:1, 1:2, 2:3, etc.

ELEMENTS					
	Hydrogen	1		Strontian	46
	Azote	5		Barytes	68
	Carbon	5		Iron	50
	Oxygen	7		Zinc	56
	Phosphorus	9		Copper	56
	Sulphur	13		Lead	90
	Magnesia	20		Silver	190
	Lime	24		Gold	190
	Soda	28		Platina	190
	Potash	42		Mercury	167

Contando los átomos: El número de Avogadro (1811)



Vercelli, Italia

Plaza Cavour, Vercelli, Piemonte, Italia

Gian Battista Viotti International Competition





Amedeo Avogadro
Torino 8 agosto 1776 - 9 luglio 1856



Ensayo de un método para determinar las masas relativas de las moléculas elementales de los cuerpos y las proporciones según las cuales entran en estas combinaciones.

Publicado en “Annales de physique, de chimie et d'histoire naturelle”, **73** (1811), 58-76.

William Prout (1784-1850)



Pintura de H. Paget

La masa de cualquier elemento químico es un múltiplo entero de la masa del Hidrógeno.

El precursor del “Protón”.

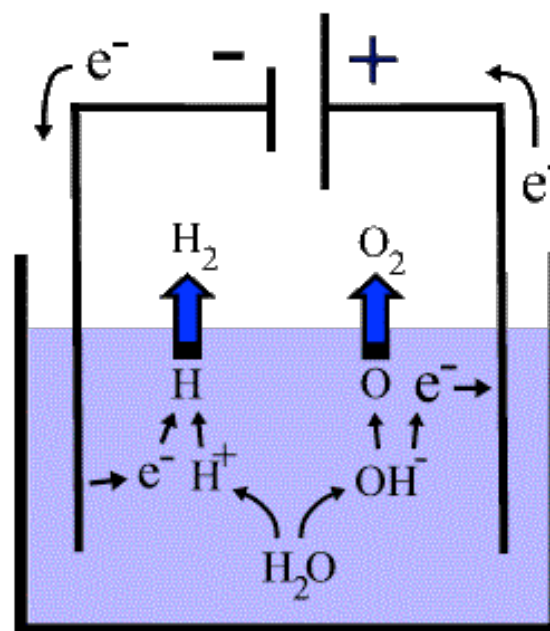
En 1827 propuso la clasificación de los alimentos en azúcares, lípidos y proteínas.



Humphry Davy (1778-1829)

ELECTROLISIS:

Electrolysis: Splitting water with electricity to produce hydrogen and oxygen:





Michael Faraday
(1791-1867)

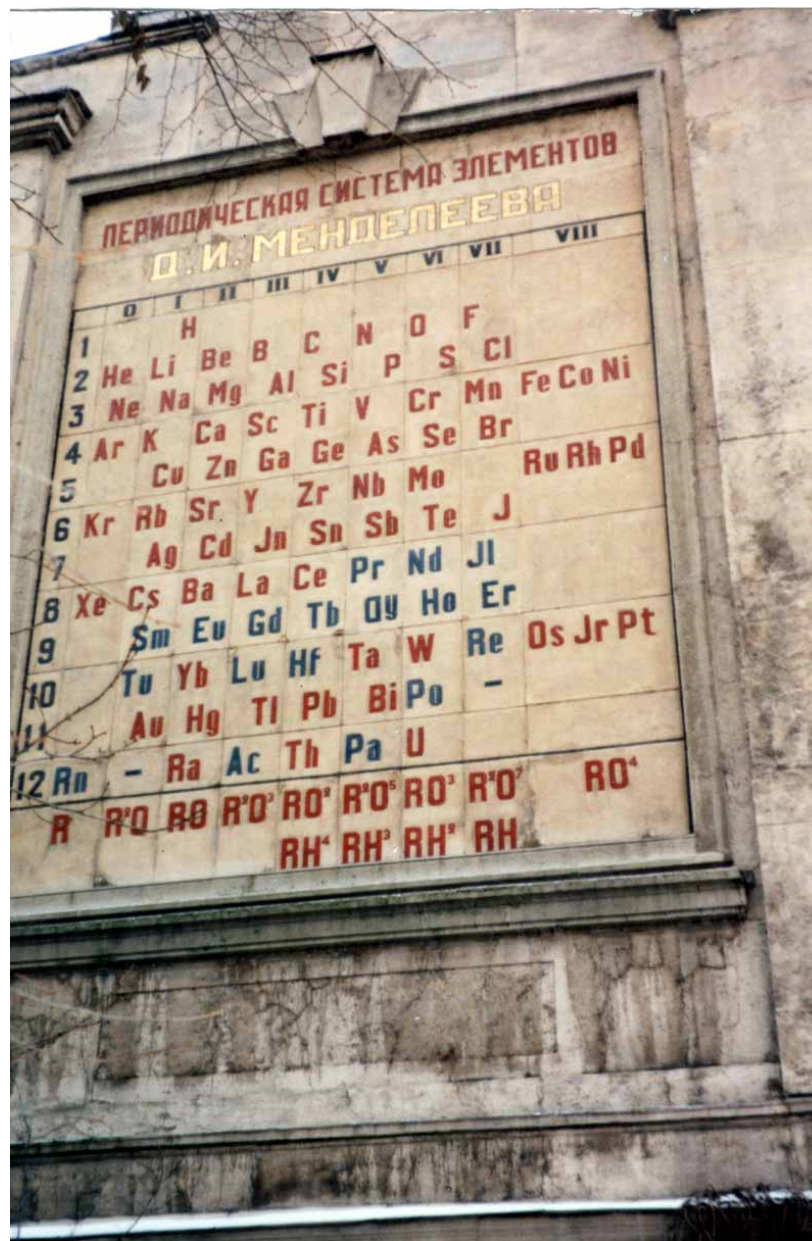


- (1) La cantidad de una sustancia depositada en cada electrodo en un experimento de electrólisis es directamente proporcional a la cantidad de electricidad que pasa por la celda electrolítica.
- (2) Las cantidades de elementos diferentes depositados por medio de una cantidad dada de electricidad están en razón de sus pesos químicos equivalentes.



Dmitri Mendeleev
Tobolsk, Siberia 1834
St. Petersburg, 1907

Creator de la Tabla Periódica
(6 de Marzo de 1869).





André-Marie Ampère
1775-1836

Fundador de la Electrodinámica.

Ideó las “corrientes de Ampère”
para explicar el magnetismo.

Maison de Poleymieux
(Casa de Ampère).





Karoly Vary (Carlsbad): República Checa

Johann Wolfgang Goethe (1749-1832)

A Legacy (1832)

No living atom comes at last to naught!
Active in each is still the eternal Thought:
Hold fast to Being if thou wouldst be blest.
Being is without end; for changeless laws
Bind that from which the All its glory draws
Of living treasures endlessly possessed.

Unto the wise of old this truth was known,
Such wisdom knit their noble souls in one;
Then hold thou still the lore of ancient
days!
To that high power thou ow'st it, son of
man,
By whose decree the earth its circuit ran
And all the planets went their various ways.
Then inward turn at once thy searching
eyes;



Sobre el tamaño de una molécula de aire:

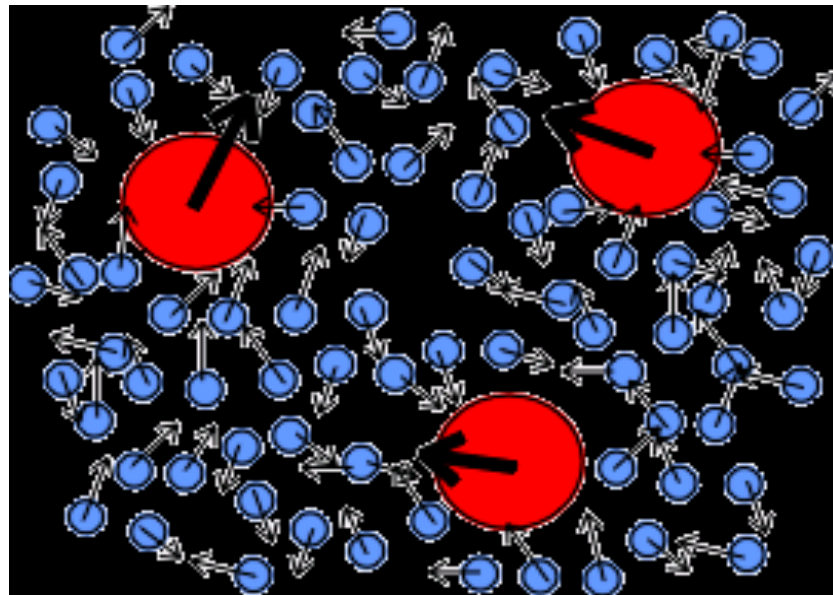


[Loschmidt, J.](#) (1865). "[Zur Grösse der Luftmoleküle](#)".
*Sitzungsberichte der kaiserlichen Akademie der
Wissenschaften Wien* **52** (2): 395–413..

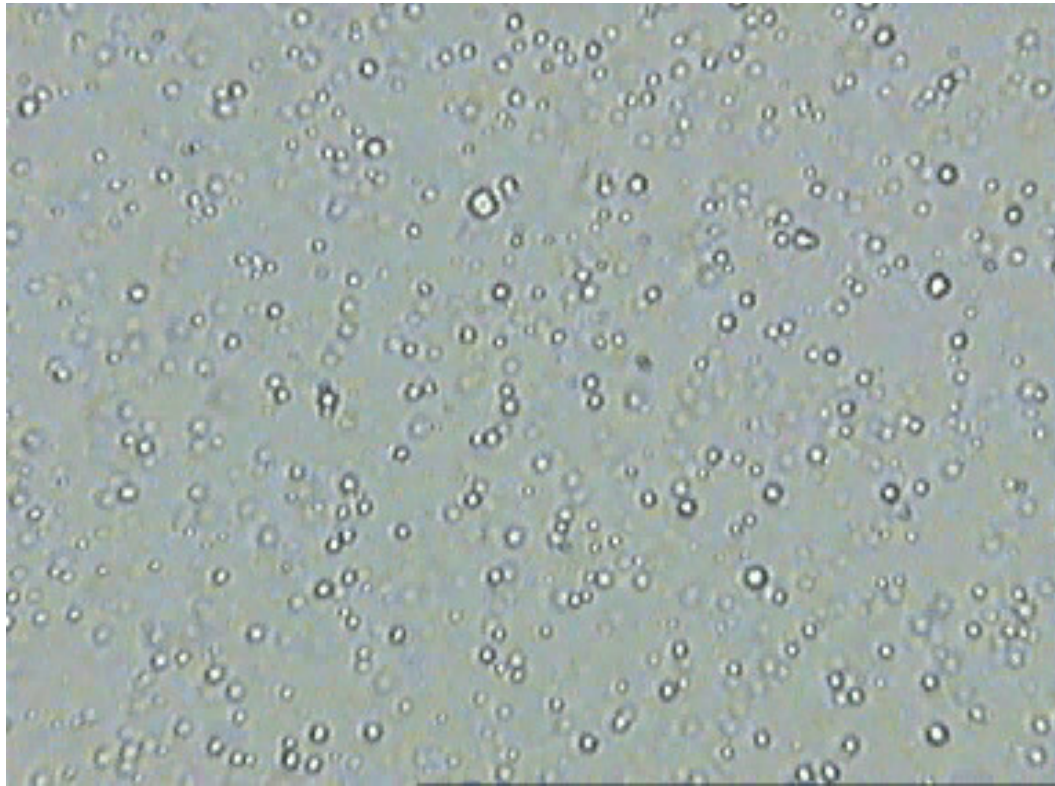
Johann Josef Loschmidt (1821-1895)



Movimiento Browniano (1827).



Robert Brown (Botánico escocés: 1773-1858).



Movimiento Browniano: Vista en el microscopio de Moléculas de grasa sobre leche.

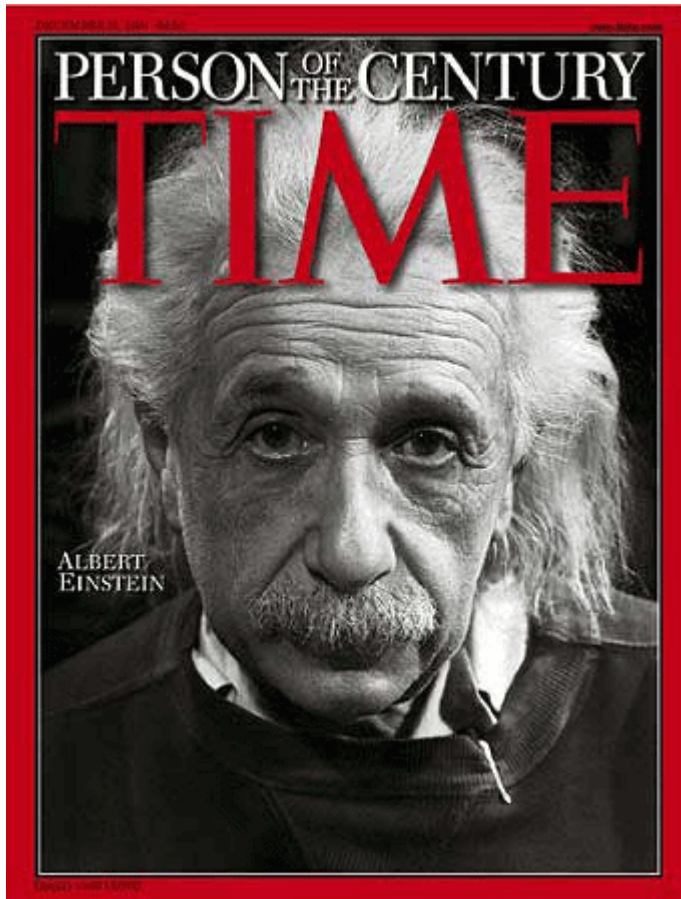


Jan Ingenhousz



Robert Brown

En 1905, escribió su tesis de doctorado (ETH, Zurich):
“Una nueva determinación de las dimensiones moleculares”
Buchdruckerei K.J. Wyss, Bern, 1905 (30 de Abril, 1905).

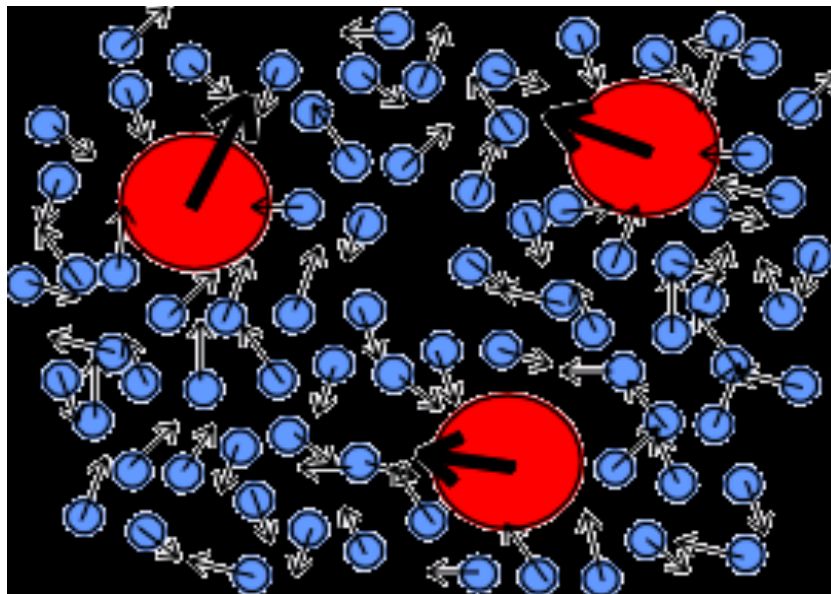


En su tesis de doctorado usó propiedades conocidas de una solución de azúcar (e.g., viscosidad) para determinar el tamaño de las moléculas de azúcar.

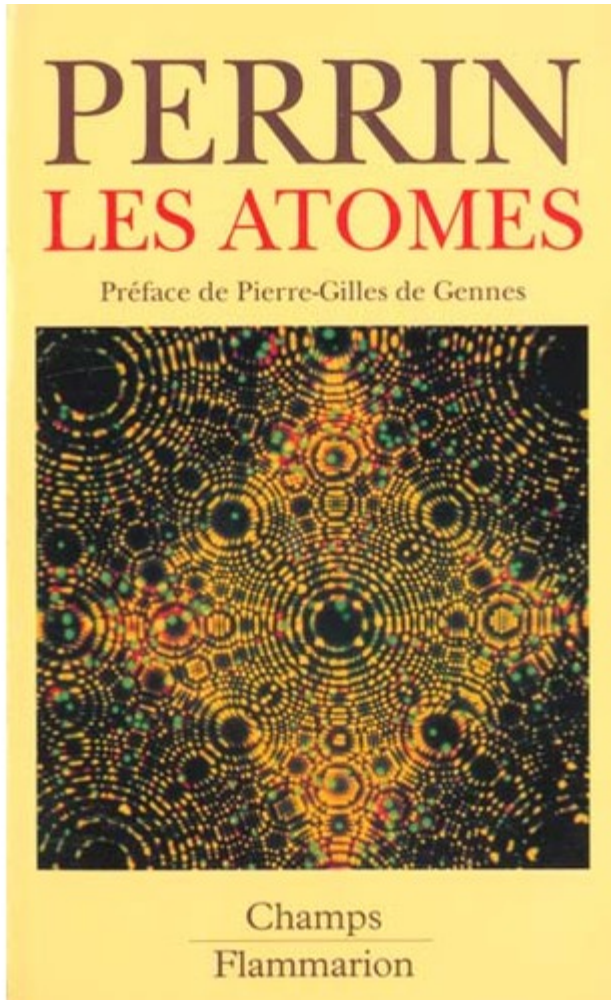
Annalen der Physik, 19(1906),
pp. 289-305.

En 1905 también publicó la explicación del Movimiento Browniano

"On the motion of small particles suspended in liquids at rest required by the molecular-kinetic theory of heat."
Annalen der Physik, 17(1905), pp. 549-560.



Über die von der molekularkinetischen Theorie der Wärme geforderte Bewegung von in ruhenden Flüssigkeiten suspendierten Teilchen." Ann. Phys. 17, 549, 1905.



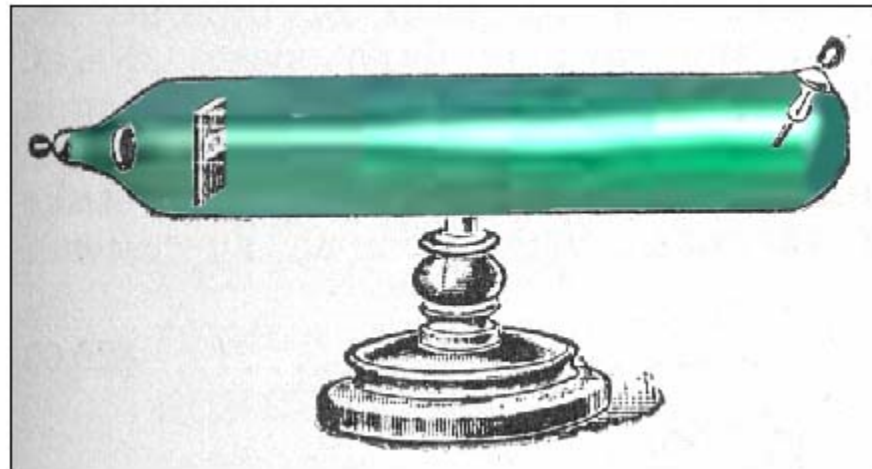
Jean Perrin calculó en 1908 el número de Avogadro; en 1913 publicó uno de los libros científicos mas populares: Les Atomes. Obtuvo el Premio Nobel de Física en 1926.

El descubrimiento del electrón (1897):

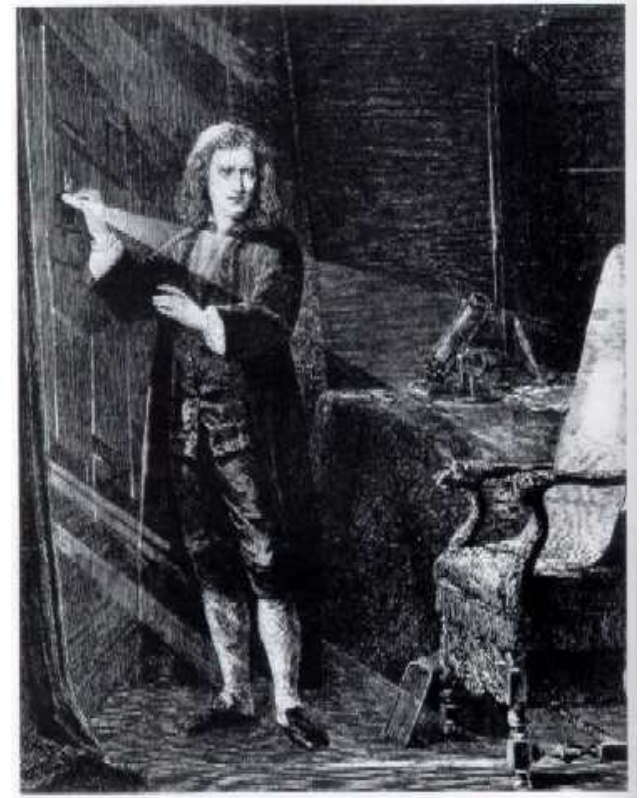
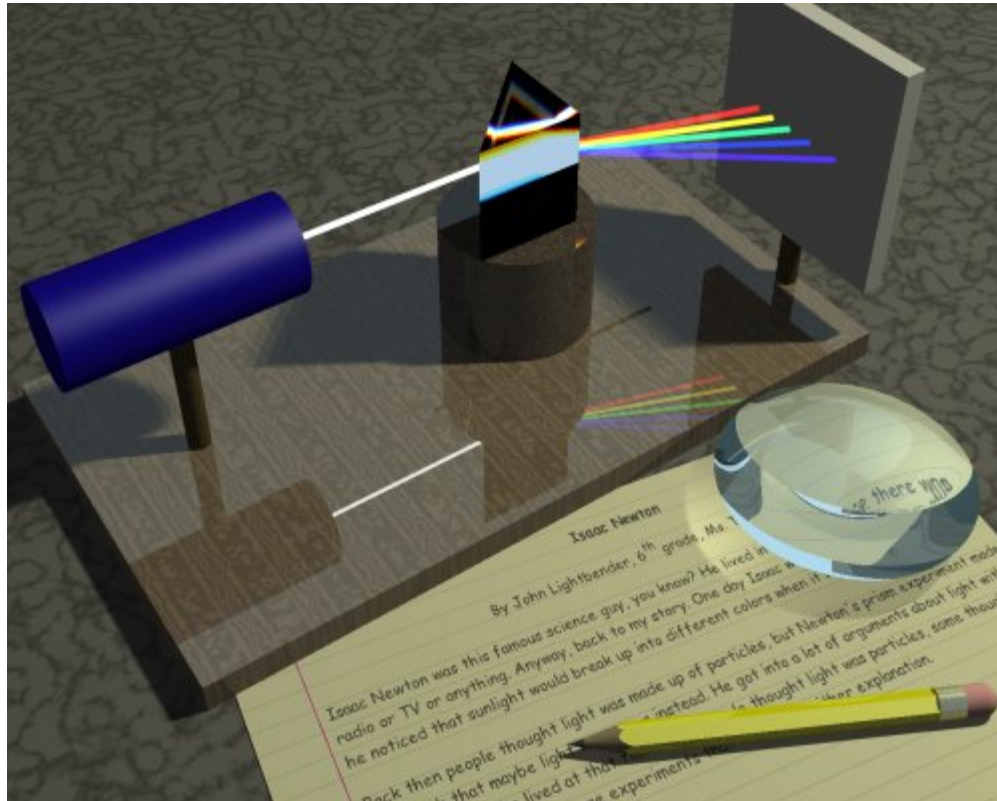
"Could anything at first sight seem more impractical than a body which is so small that its mass is an insignificant fraction of the mass of an atom of hydrogen? --which itself is so small that a crowd of these atoms equal in number to the population of the whole world would be too small to have been detected by any means then known to science."



J.J. Thomson



4. Espectroscopía



Isaac Newton (1642-1727)

Distintas posturas sobre la naturaleza de la luz:

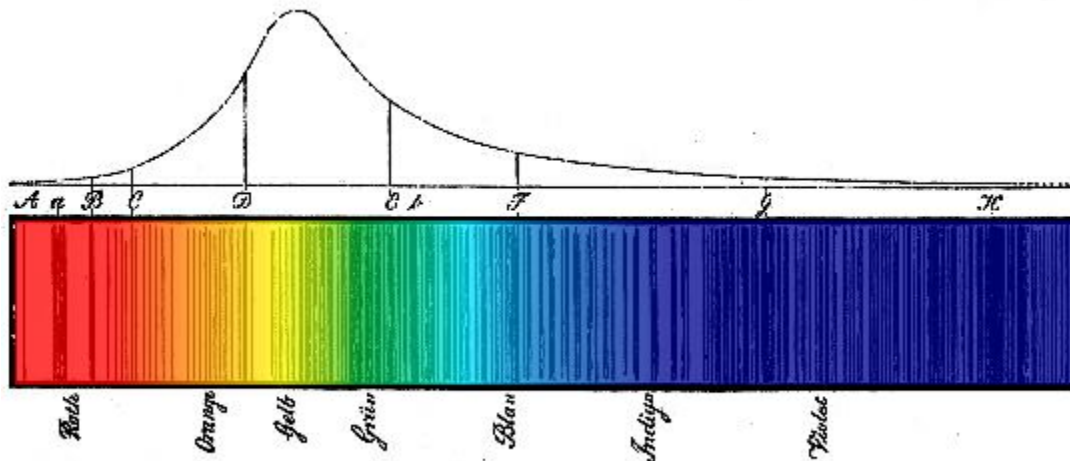
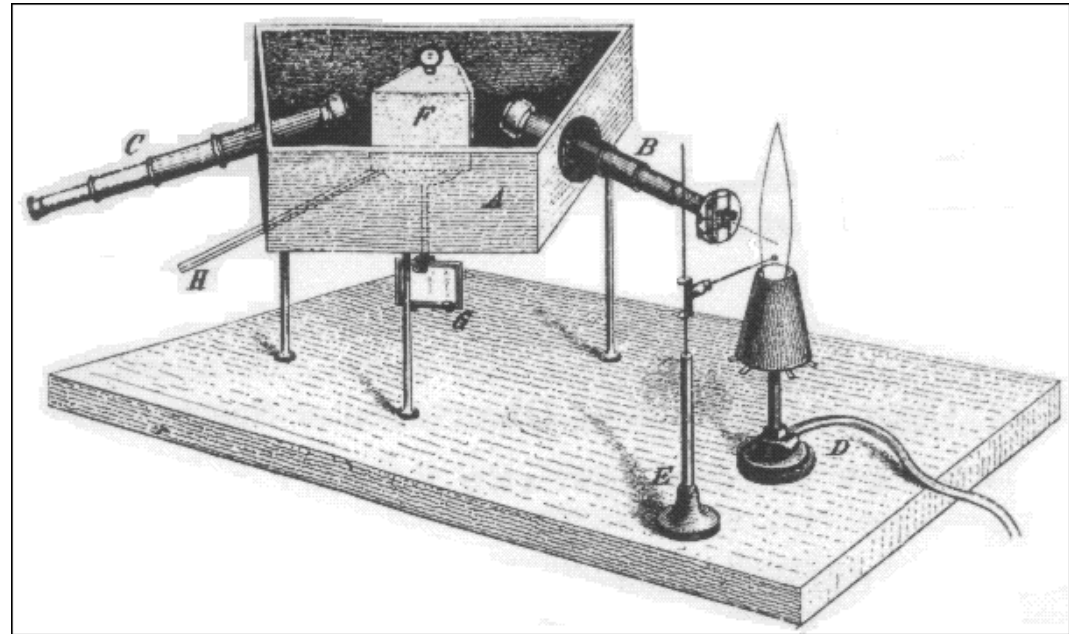


Christian Huygens
(1629-1695)



Isaac Newton
(1642-1727)

A principios del
Siglo XIX,
Wollaston y
Fraunhofer
Observaron el
Espectro de gases
Incandescentes.



Zu Fraunhofer's Abh. Deutschl. 1814-15.



Hydrogen



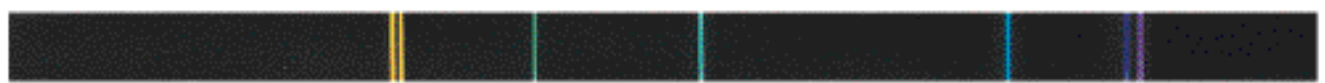
Sodium



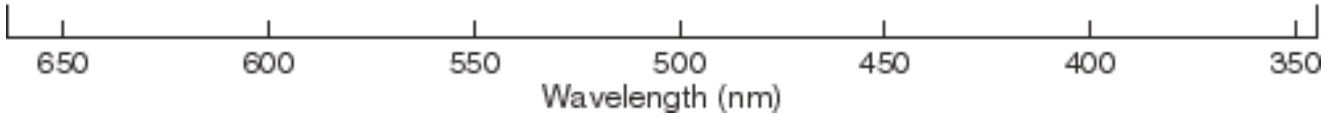
Helium



Neon



Mercury





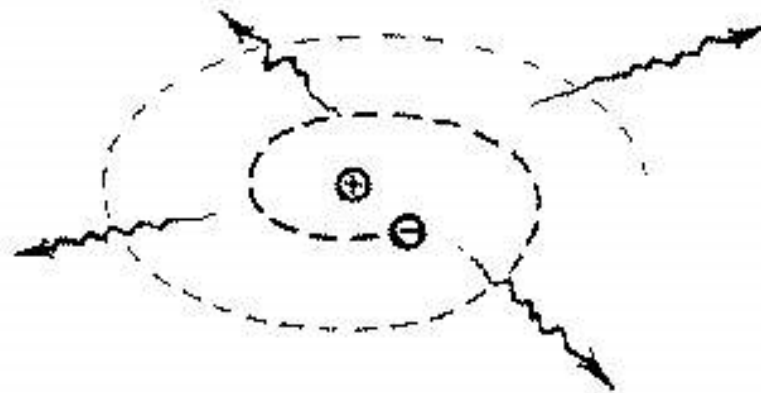
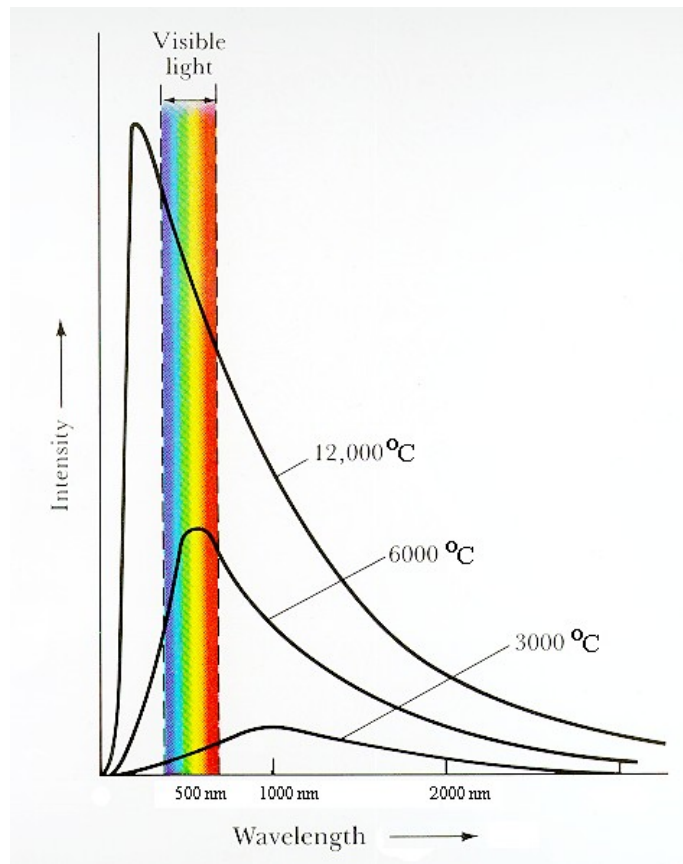
**William Fox Talbot
(1800-1877)**



1826:
Cada
elemento tiene
su propio
espectro.

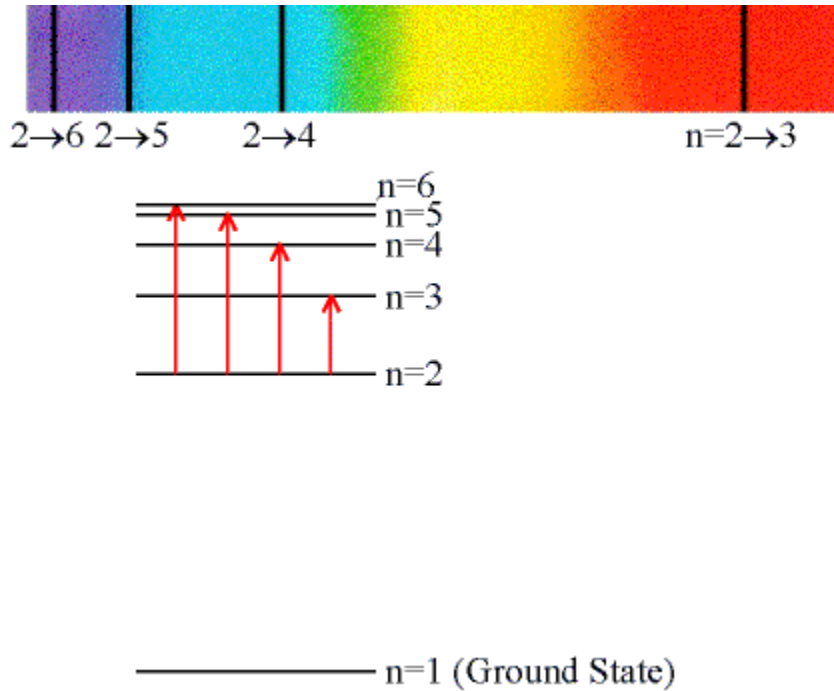


El nacimiento de la Mecánica Cuántica:





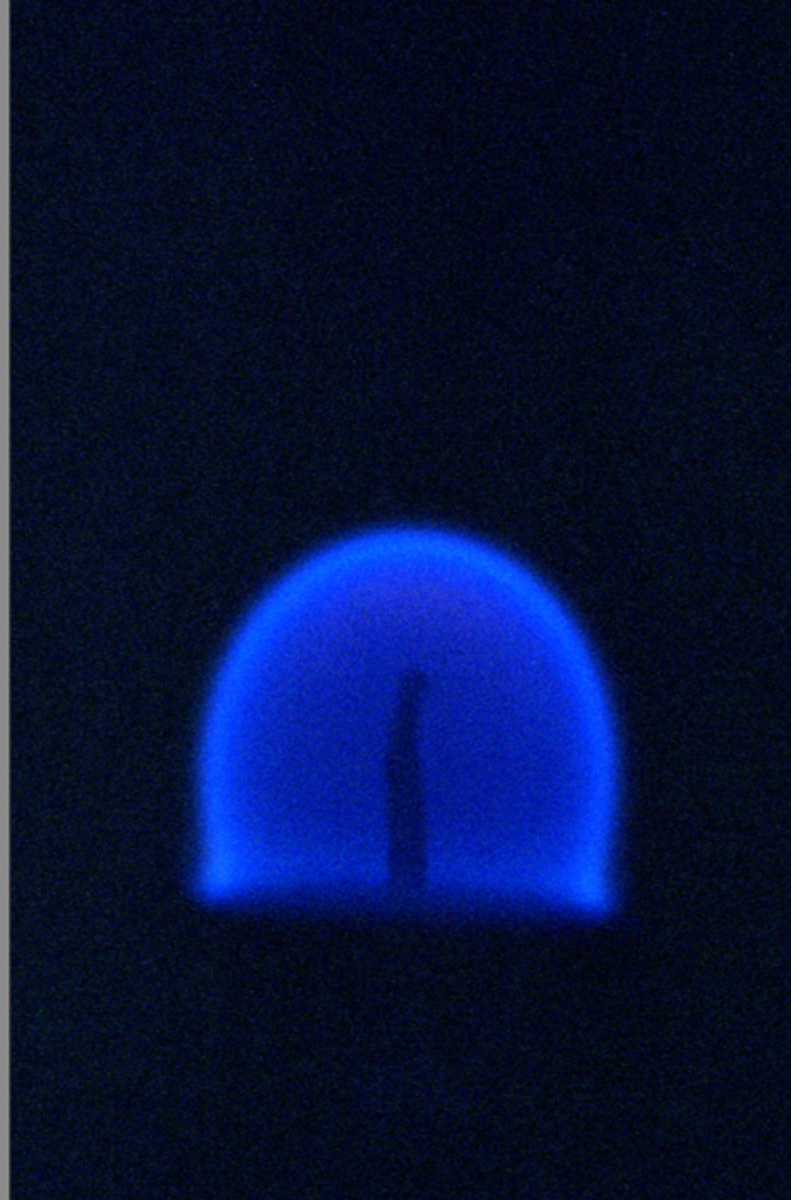
Johann Balmer (1825-1898)



$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2} \right)$$

$$n = 3, 4, \dots$$

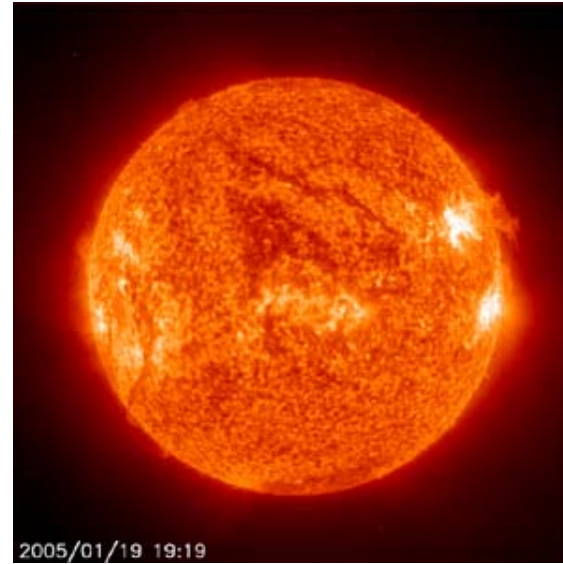
$$R = 1.097 \times 10^7 \text{ m}^{-1}$$





Gustav R. Kirchhoff
(1824-1887)

Radiación de Cuerpo Negro 1859
 $E=J(f,T)$

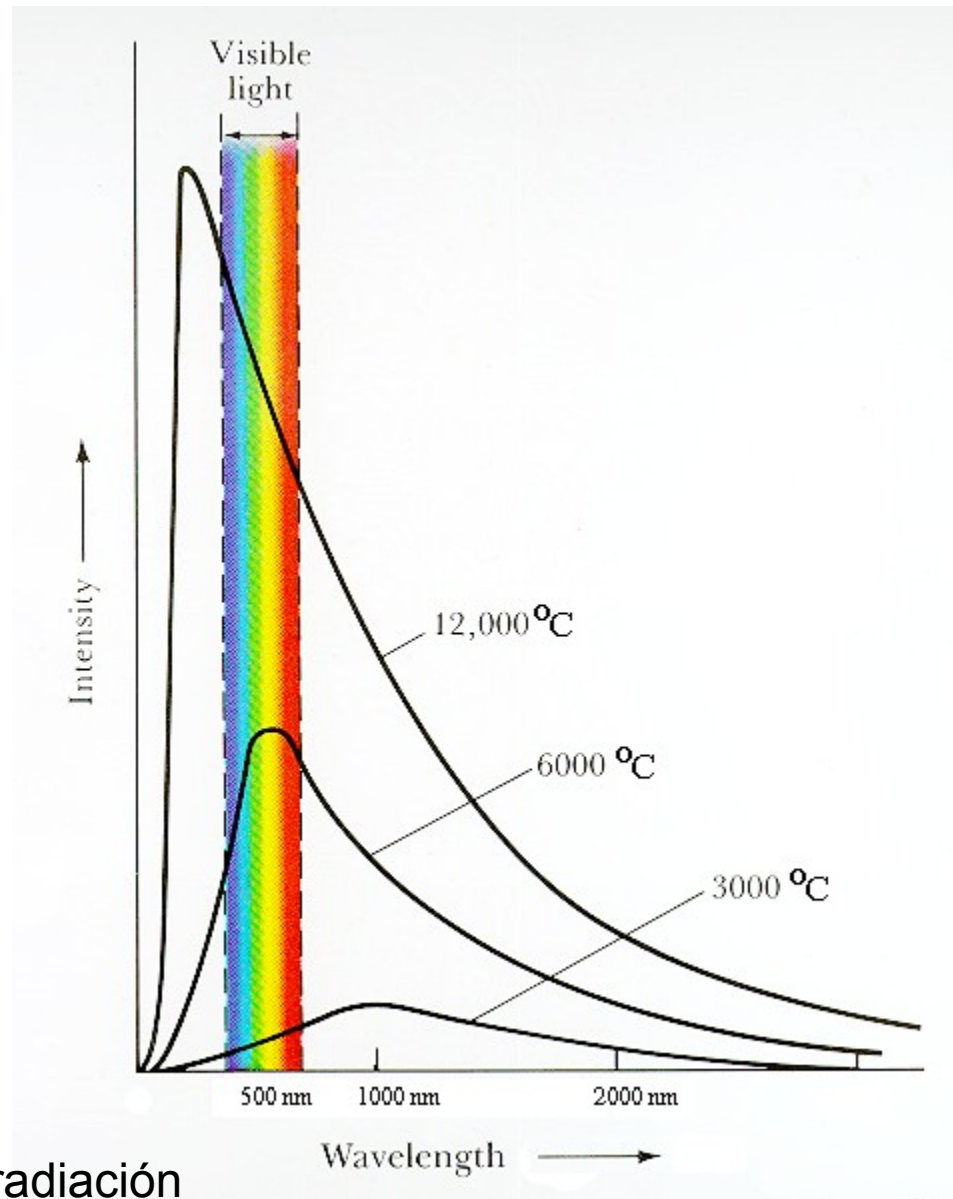


Albertus University (1544).



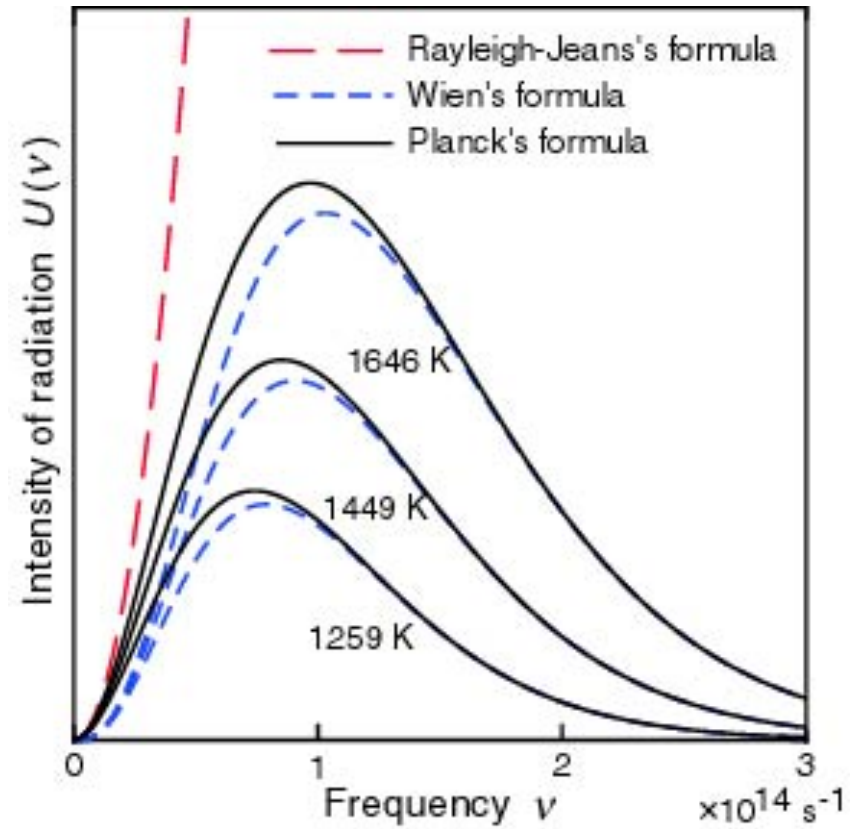
Wilhelm Wien
(1864-1928)

Obtuvo el Premio Nobel de Física en 1911, por su ley de radiación del cuerpo negro.



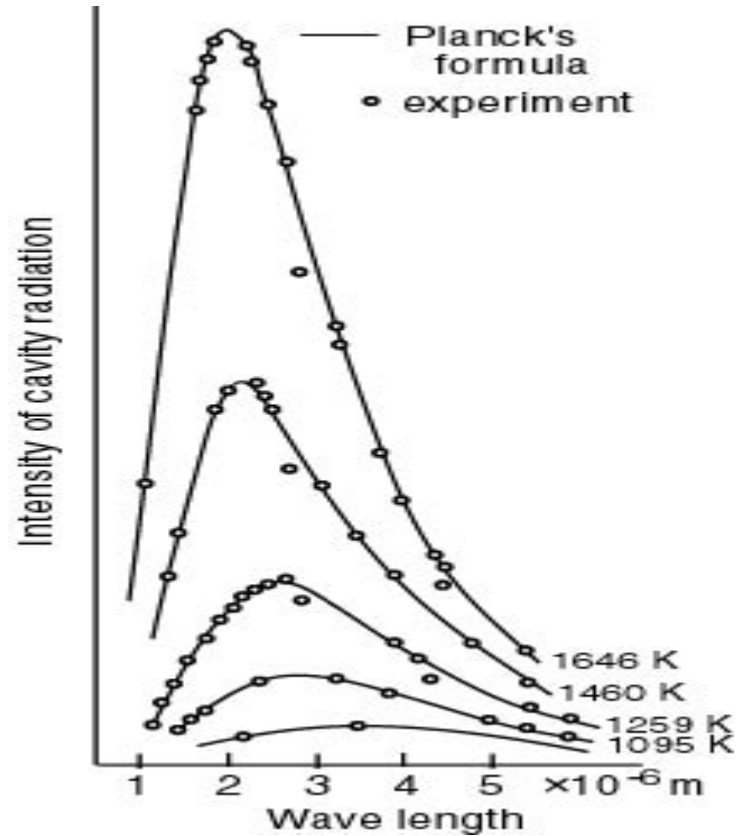


Lord Rayleigh.

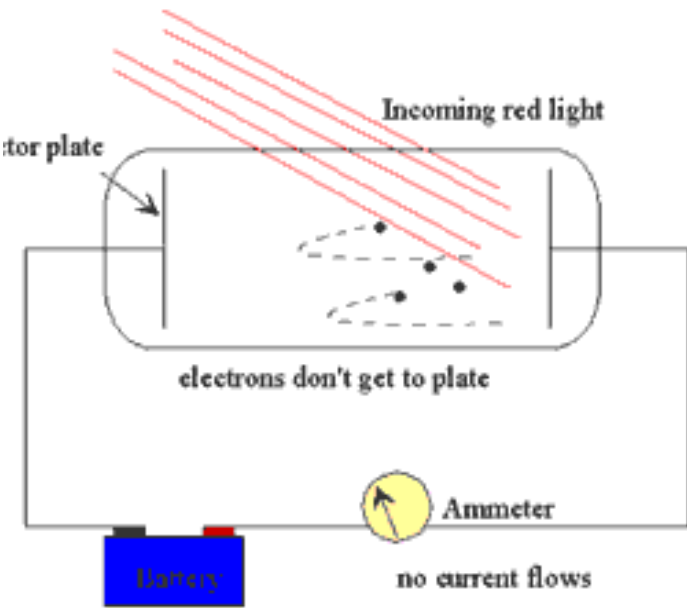
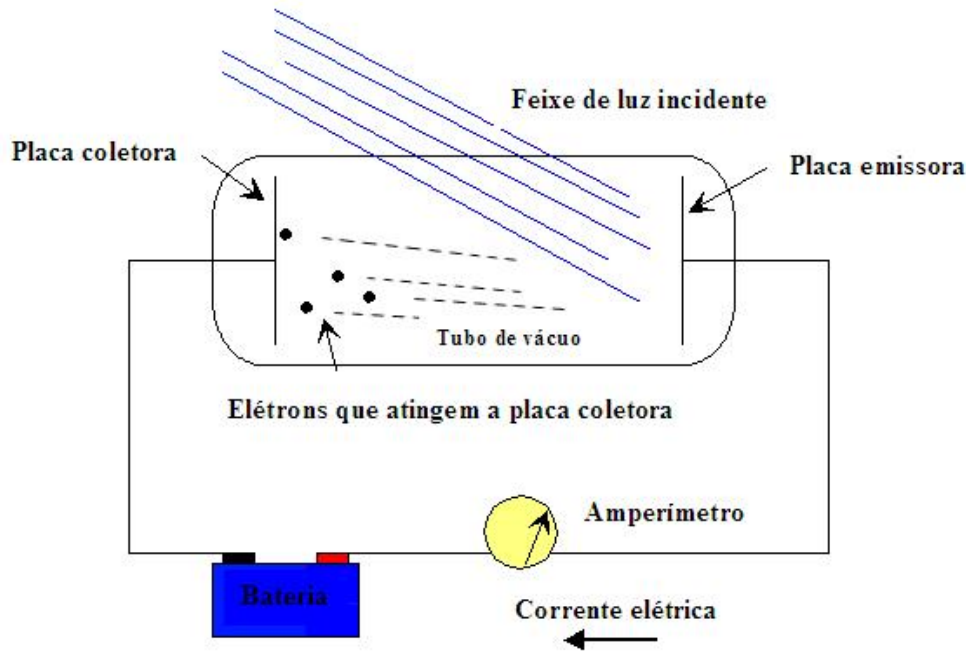


1900: Ley de Rayleigh Jeans para el cuerpo negro.
Experimentos de Rubens, Kurlbaum y Pringsheim.

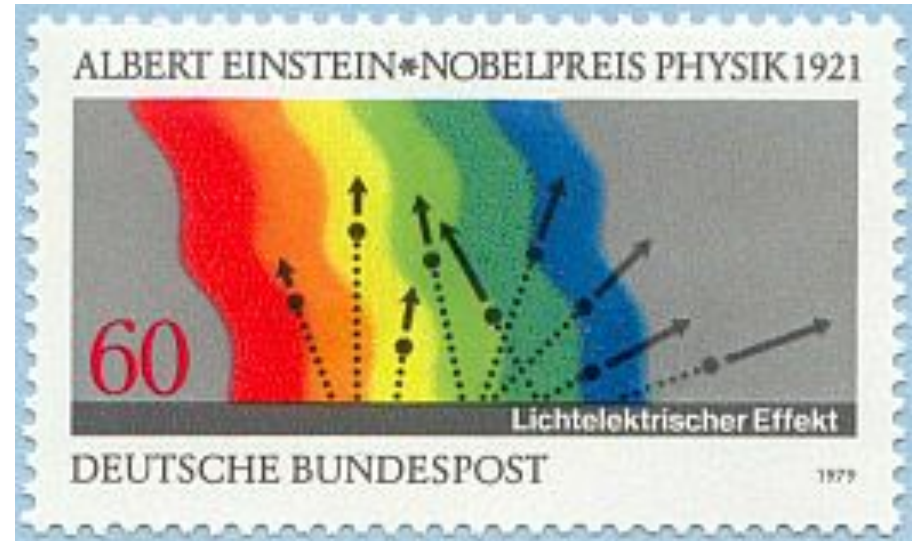
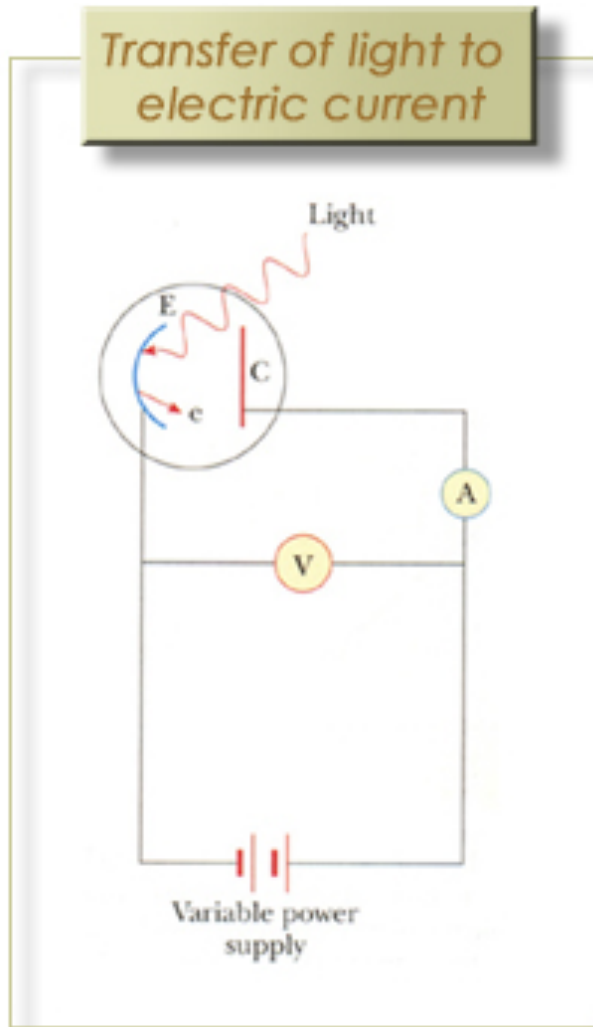
Max Planck (1858-1947)



Max Planck: descubrió la fórmula para la radiación del cuerpo negro e introdujo la constante de Planck, que dio nacimiento a la Mecánica Cuántica.



Heinrich Hertz
 Descubrió, en 1886, el
 Efecto fotoeléctrico.



Einstein recibió el Premio Nobel
De Física por explicar el
Efecto foto eléctrico.

$$E = h \nu$$

El Efecto Fotoeléctrico (1905).

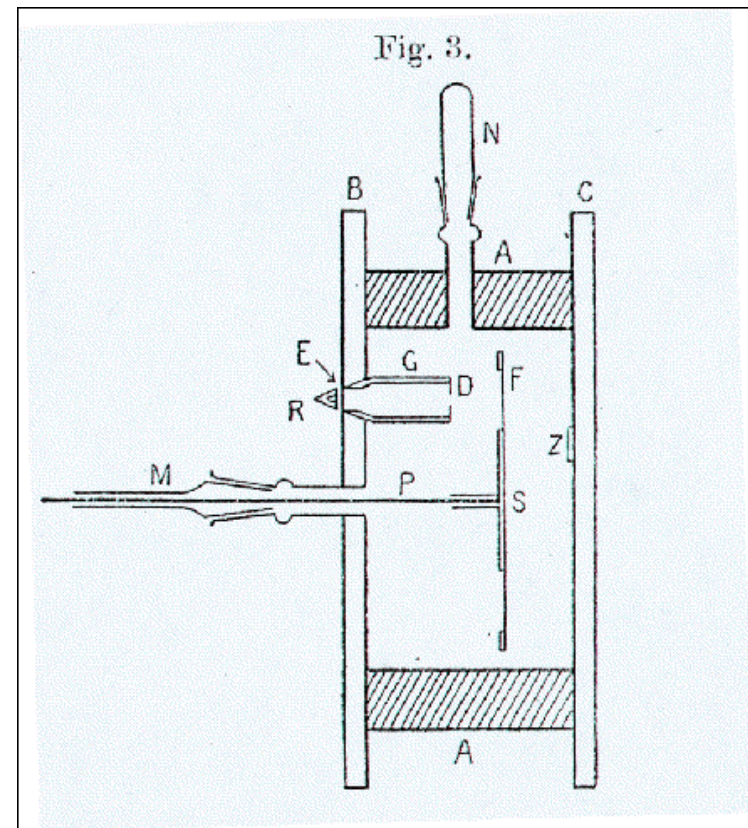
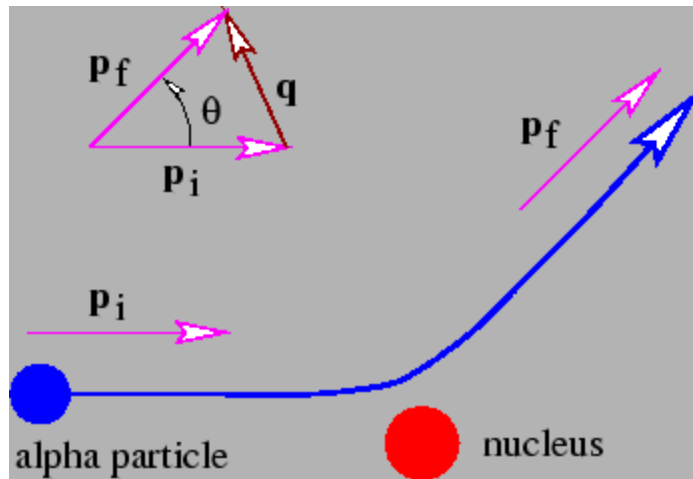
LXI. The Laws of Deflexion of a Particles through Large Angles¹

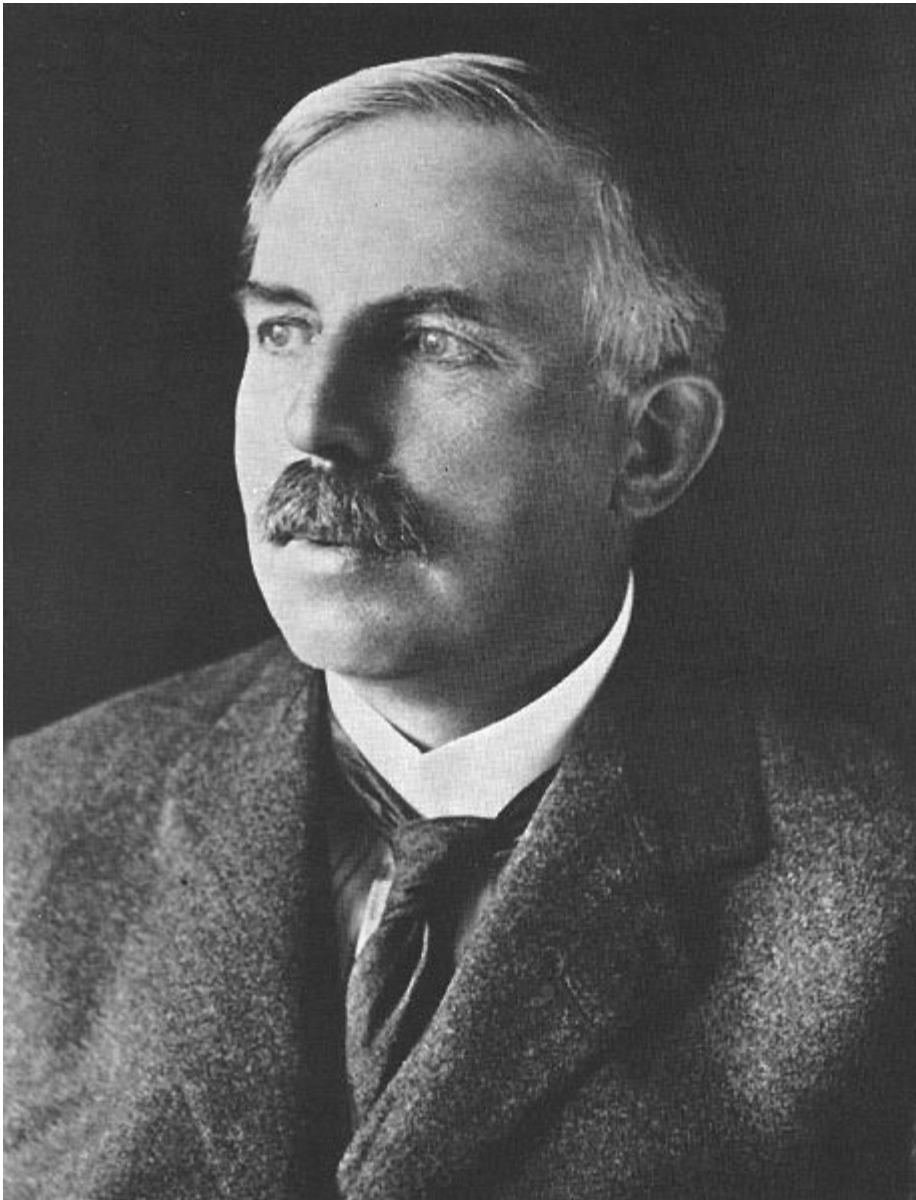
By Dr. H. GEIGER and E. MARSDEN

Philosophical Magazine

Series 6, Volume 25, Number 148

April 1913

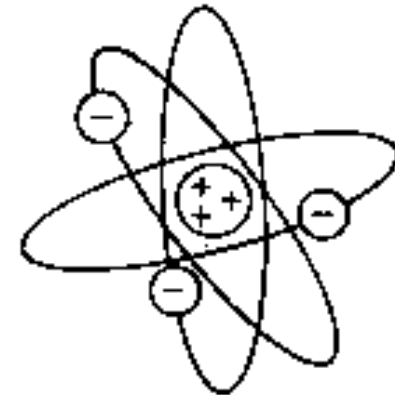


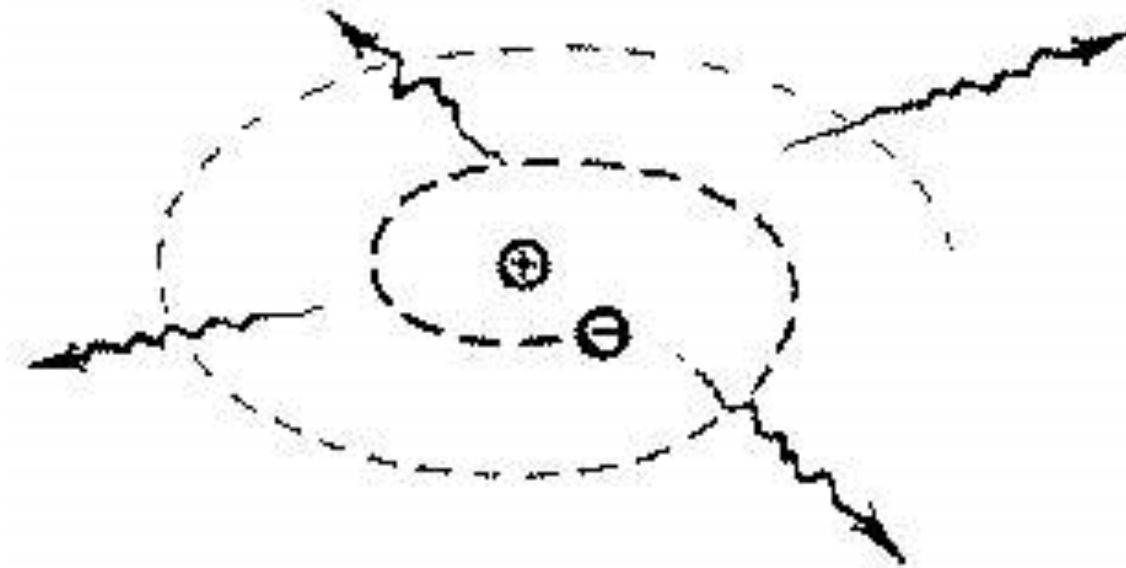


Ernest Rutherford
(1871-1937)

Premio Nobel, 1908.

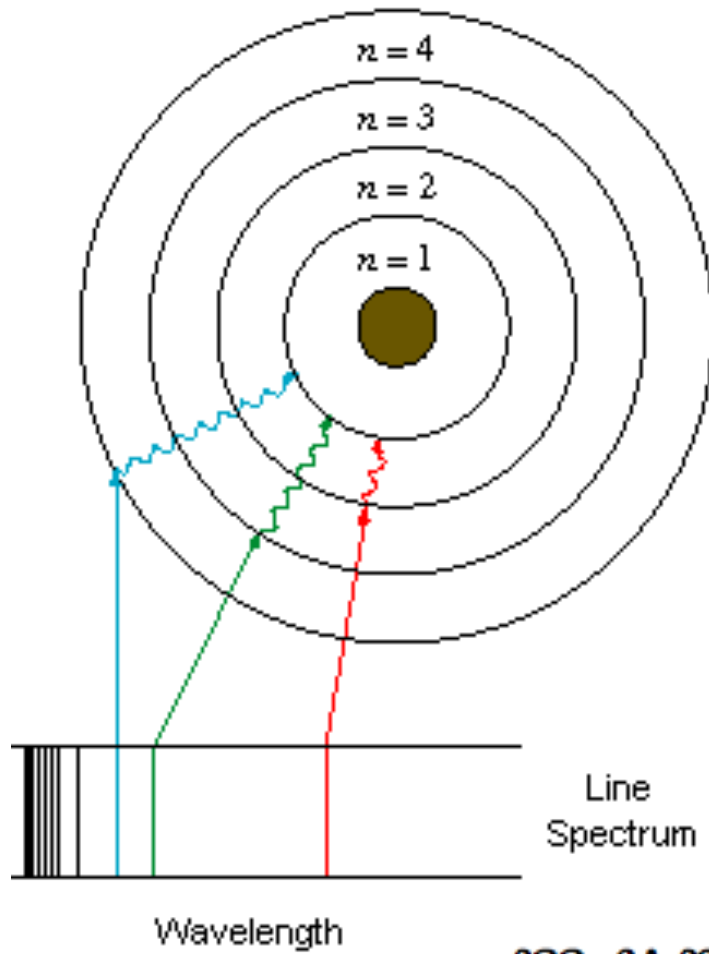
Modelo atómico, 1911.





El modelo atómico de Rutherford es inestable: el electrón en su órbita está acelerando y por lo tanto radia, perdiendo energía y colapsando al núcleo.

1913: El modelo atómico de Bohr.



Niels Bohr (1885-1962).

$$m v r = n \hbar$$

$$n = 1, 2, 3 \dots$$



Louis de Broglie (1892-1987).

1923

Descubrió la naturaleza ondulatoria de los electrones.

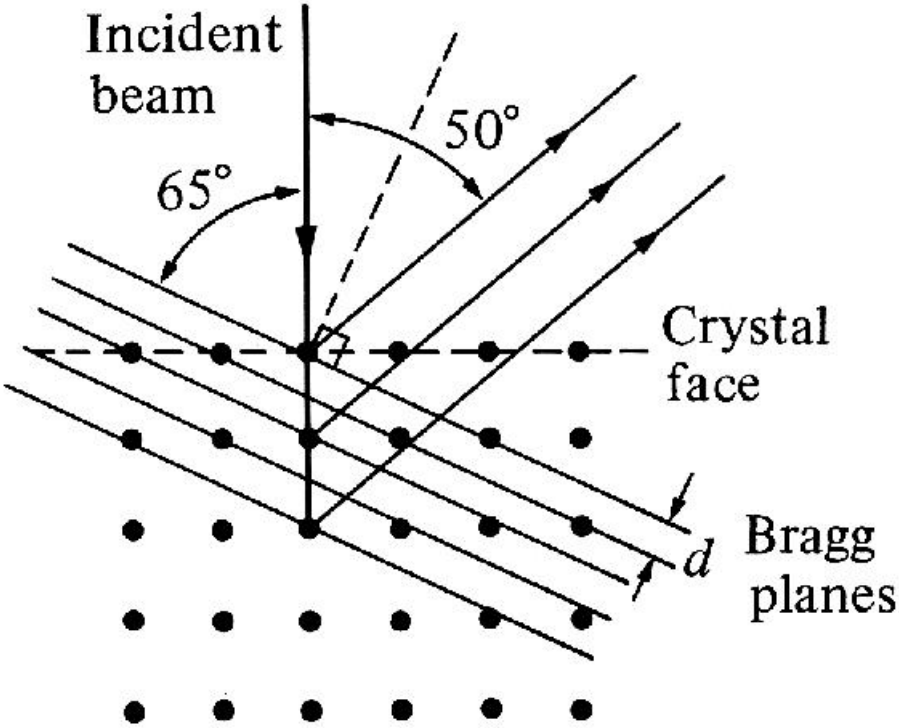
$$\lambda = h / (m v)$$

Dieppe, Normandía





Scanned at the American
Institute of Physics





Wolfgang Pauli
(1900-1958).

Periodic Table of the Elements

IA	IIA		III A - VIII A										VIIIA								
1 H 1.0079	4 Be 9.0122		5 B 10.81	6 C 12.011	7 N 14.007	8 O 15.999	9 F 18.998	10 Ne 20.179													
3 Li 6.941	12 Mg 24.305		13 Al 26.982	14 Si 28.086	15 P 30.974	16 S 32.06	17 Cl 35.453	18 Ar 39.948													
11 Na 22.990	20 Ca 40.08	21 Sc 44.956	22 Ti 47.90	23 V 50.941	24 Cr 51.996	25 Mn 54.938	26 Fe 55.847	27 Co 58.933	28 Ni 58.71	29 Cu 63.546	30 Zn 65.38	31 Ga 69.72	32 Ge 72.59	33 As 74.922	34 Se 78.96	35 Br 79.904	36 Kr 83.80				
19 K 39.098	38 Sr 87.62	39 Y 88.906	40 Zr 91.22	41 Nb 92.906	42 Mo 95.94	43 Tc (98)	44 Ru 101.07	45 Rh 102.91	46 Pd 106.4	47 Ag 107.87	48 Cd 112.41	49 In 114.82	50 Sn 118.69	51 Sb 121.75	52 Te 127.60	53 I 126.90	54 Xe 131.30				
37 Rb 85.468	56 Ba 137.33	57 La 138.91	72 Hf 178.49	73 Ta 180.95	74 W 183.85	75 Re 186.21	76 Os 190.2	77 Ir 192.22	78 Pt 195.09	79 Au 196.97	80 Hg 200.59	81 Tl 204.37	82 Pb 207.2	83 Bi 208.98	84 Po (209)	85 At (210)	86 Rn (222)				
55 Cs 132.91	88 Fr (223)	89 Ra (226)	103 Lr (260)	104* (261)	105* (262)	106* (263)	*Name Not Officially Assigned														
Lanthanide Series			57 La 138.91	58 Ce 140.12	59 Pr 140.91	60 Nd 144.24	61 Pm (145)	62 Sm 150.4	63 Eu 151.96	64 Gd 157.25	65 Tb 158.93	66 Dy 162.50	67 Ho 164.93	68 Er 167.26	69 Tm 168.93	70 Yb 173.04					
Actinide Series			89 Ac (227)	90 Th 232.04	91 Pa 231.04	92 U 238.03	93 Np 237.05	94 Pu (244)	95 Am (243)	96 Cm (247)	97 Bk (247)	98 Cf (251)	99 Es (254)	100 Fm (257)	101 Md (258)	102 No (259)					

El principio de exclusión de Pauli y su explicación de la tabla periódica de los elementos (1925).



Erwin Schrödinger

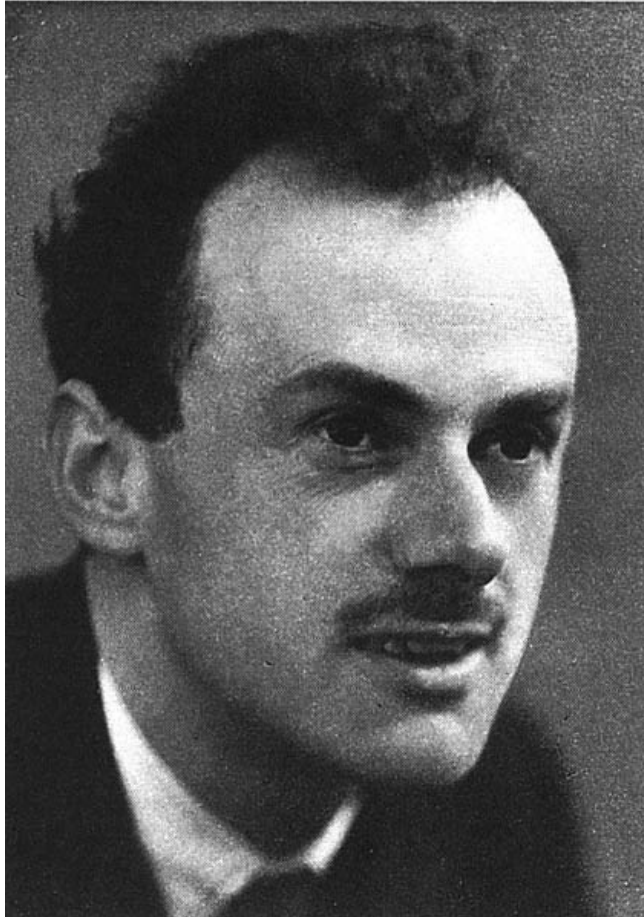
1926: Ecuación de onda para el electrón.



Werner Heisenberg

1925: Mecánica "Matricial".

1927: Principio de Incertidumbre.



Paul Dirac (1902-1984).

Introdujo la mecánica cuántica relativista:

Ecuación de Dirac (1928).

Predijo el positrón.

Justificó naturalmente el spin del electrón.



Consecuencias de la Mecánica Cuántica y
De la Teoría Especial de la Relatividad.

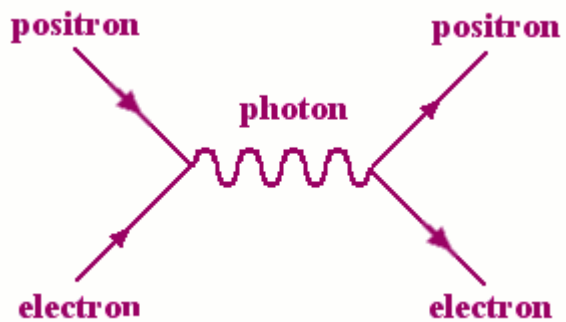
El color del oro.

La liquidez del Mercurio a temperatura ambiente.





Tomonaga



QED



Schwinger

Feynman



Un agradecimiento especial a
María Cristina Depassier,
quién organizó la serie de Charlas del Año de la Física
donde nació esta presentación,

y a

Sebastián Reyes
por organizar los ciclos de charlas de
“Física Para Las Tardes de Invierno”