

La **Química**: Ayer y Hoy

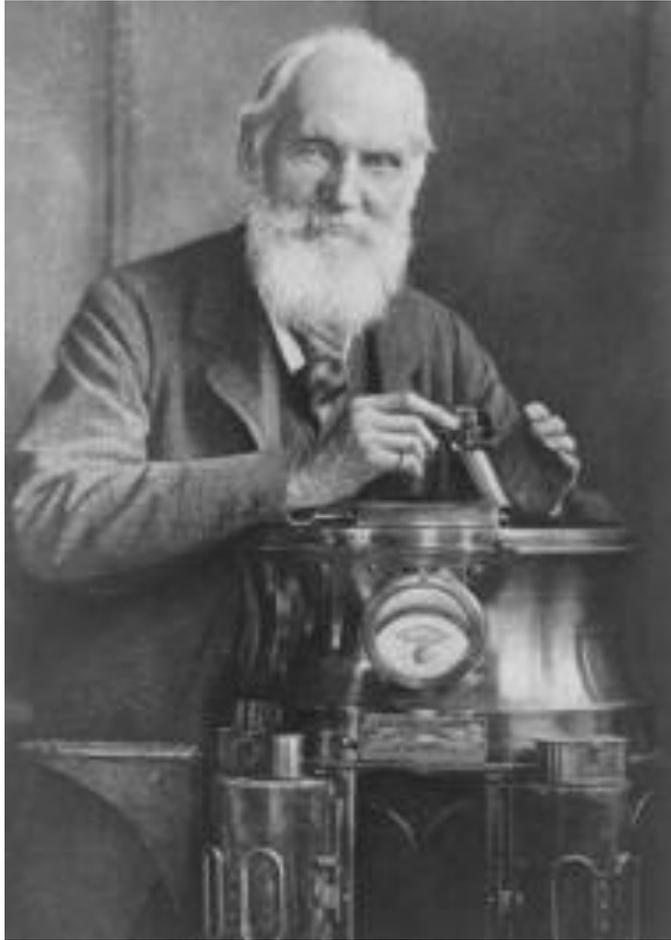
Curso de Formación General
Primavera 2013

Modulo III

La Química en el Mundo Contemporaneo

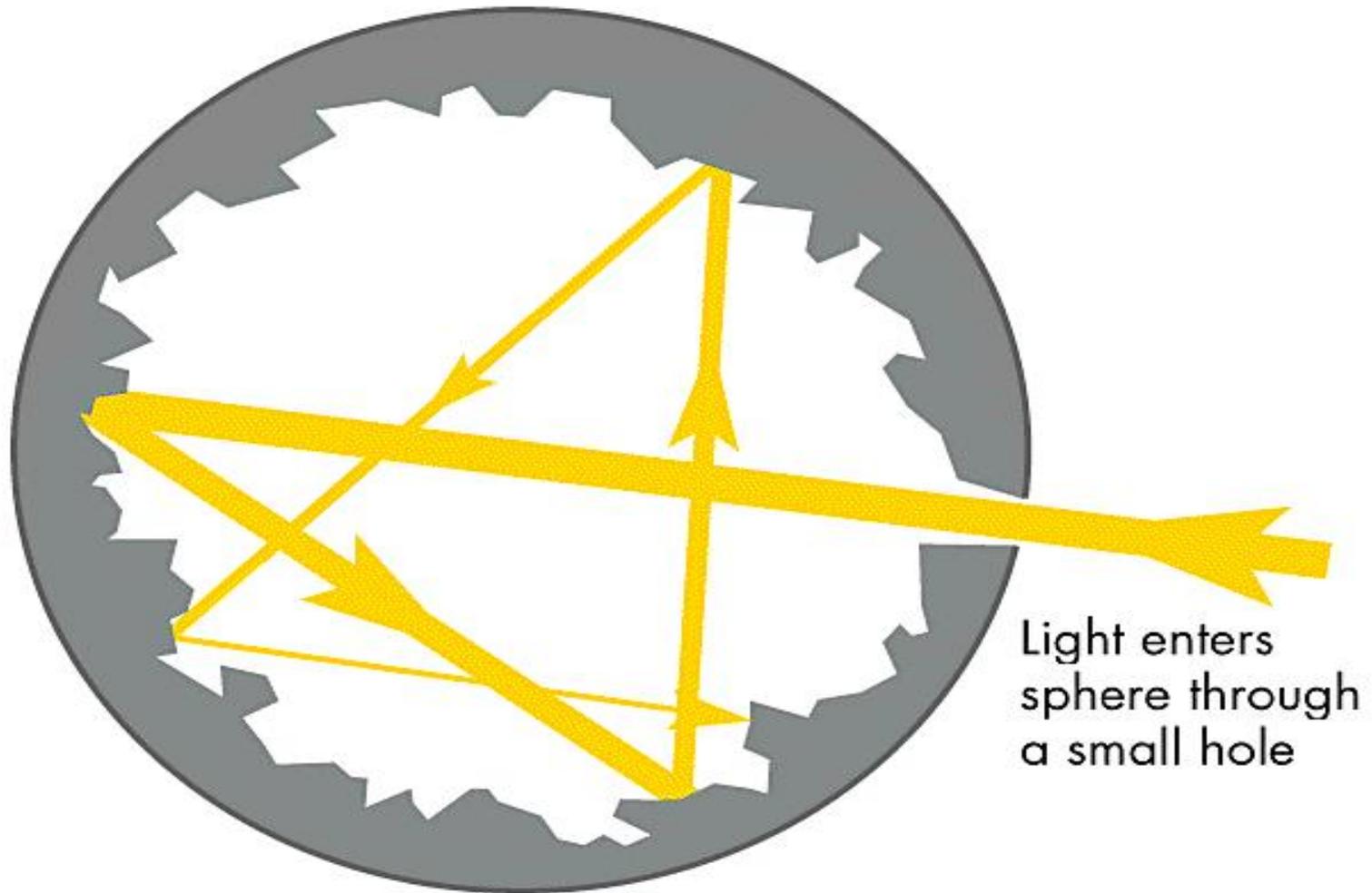
I. Del nacimiento del cuanto de Planck a la Mecánica Cuántica

William Thomson; Lord Kelvin (1824 – 1907)



En una conferencia que da el 27 de abril de 1900 señala que quedan sólo un par de nubecitas en el cielo de la física.

Radiación de Cuerpo Negro



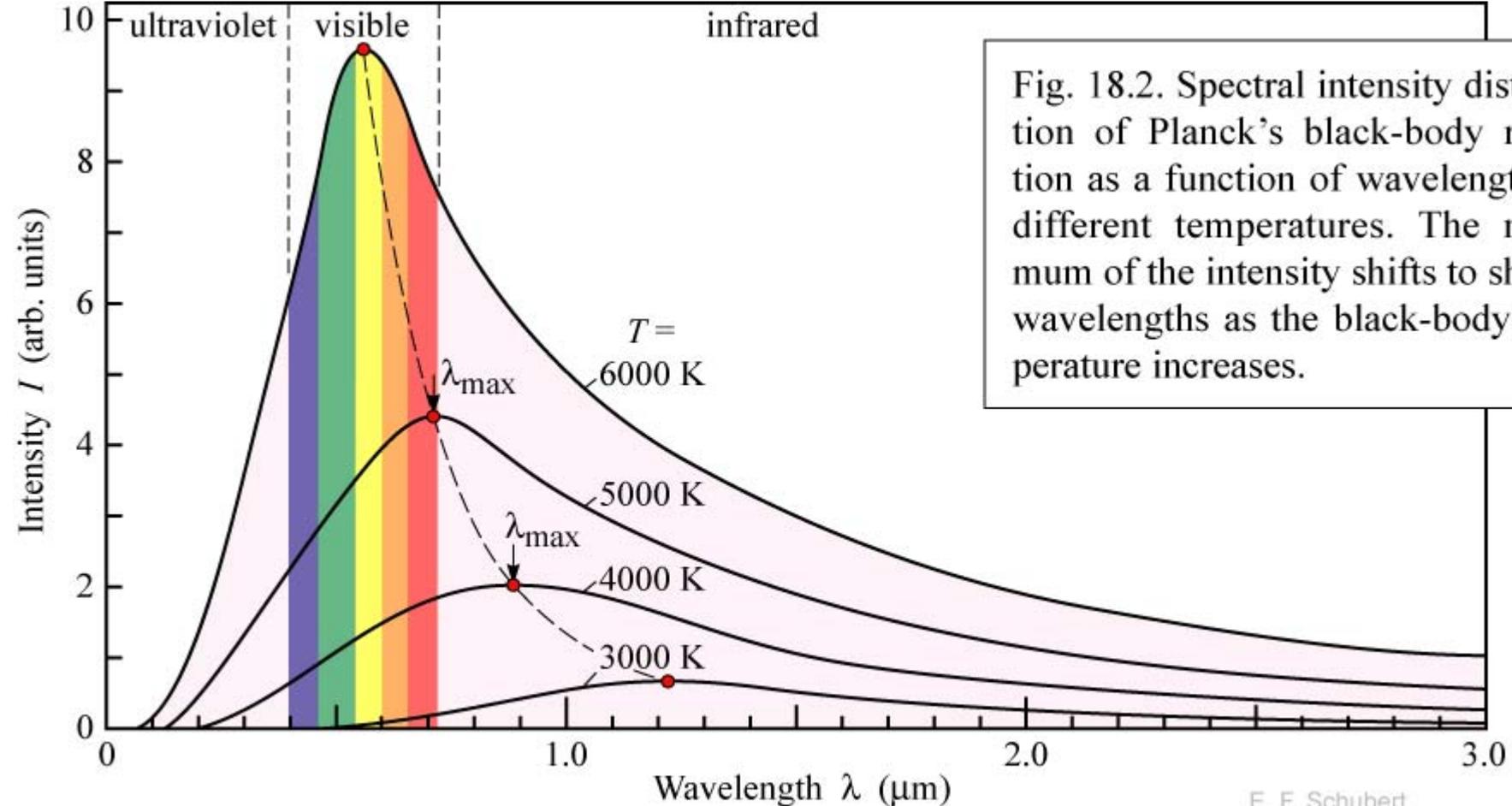


Fig. 18.2. Spectral intensity distribution of Planck's black-body radiation as a function of wavelength for different temperatures. The maximum of the intensity shifts to shorter wavelengths as the black-body temperature increases.

Max Planck (1858-1947)



Se formó en las universidades de Munich y Berlín e impartió clases en los dos centros. Su gran aporte a la ciencia fue sentar los cimientos de la denominada [física cuántica](#). Planck formuló el siguiente enunciado con relación a este tema: "la energía de oscilación electromagnética que emana de un manantial calorífico no es continua, sino que está dividida en porciones elementales, en cuantos.

Sólo aceptando esta hipótesis se puede comprender la distribución de energías en el espectro". Gracias a este descubrimiento sentó las bases de la física moderna. En 1918 fue premiado con el Premio Nobel de Física. Un año después de su muerte se creó el Instituto Max Planck en su honor.

Ecuación de Planck

$$B_{\lambda} = \frac{2hc^2}{\lambda^5} \frac{1}{e^{\frac{hc}{\lambda kT}} - 1}$$

B_{λ} = Magnitud de la radiación por longitud de onda

λ = Longitud de onda

h = Constante de Planck

c = Velocidad de la luz

k = Constante de Boltzmann

Philipp Lenard (1862 – 1947)

Experimentos de Lenard sobre le efecto fotoeléctrico.

- 1. Sólo se emiten electrones cuando la frecuencia de la luz incidente es mayor que una frecuencia umbral. Por debajo de esta frecuencia no hay emisión de electrones por grande que sea la intensidad de la luz. El valor de la frecuencia umbral difiere para los distintos metales y cae en la región UV en la mayoría de los casos.**
- 2. Los electrones emitidos tienen mayor energía cinética a medida que aumenta la frecuencia de la luz incidente. Para los electrones con energía cinética máxima se observa una dependencia lineal con la frecuencia.**



Albert Einstein (1879-1955)



Físico alemán –suizo-
americano

Creador de la teoría de
la relatividad.

Tuvo un papel
fundamental en el
desarrollo de la teoría
cuántica-

Premio nobel de física
en 1921

PROPOSICIÓN DE EINSTEIN(1905)

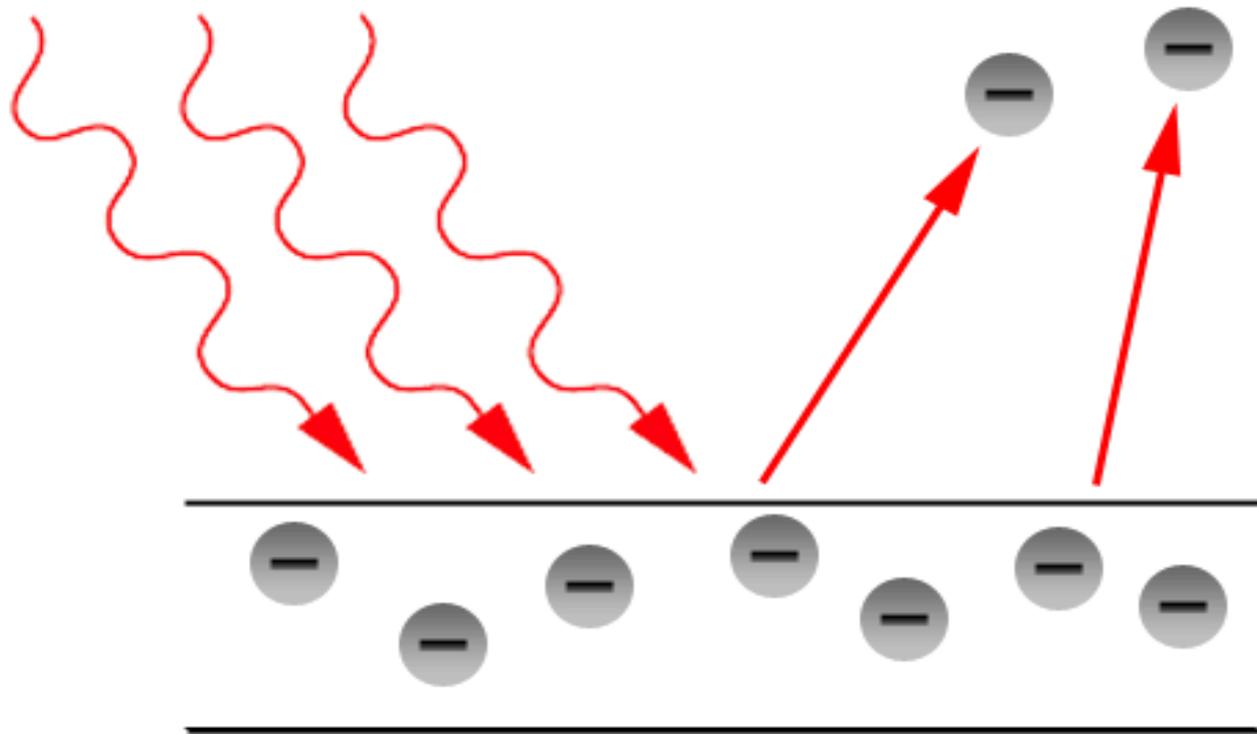
- Einstein sugirió que la luz (radiación electromagnética), consiste en discretas unidades de energía:

$$E = h\nu$$

(Expresión de Planck)

- Un electrón puede de esta manera absorber un cuanto (hoy llamado fotón). No hay situación intermedia. Si la energía de la unidad de luz no es suficiente, el electrón no escapa del metal.

Efecto Fotoeléctrico



Ecuación Efecto Fotoeléctrico

$$E_c = h\nu - h\nu_0$$

donde

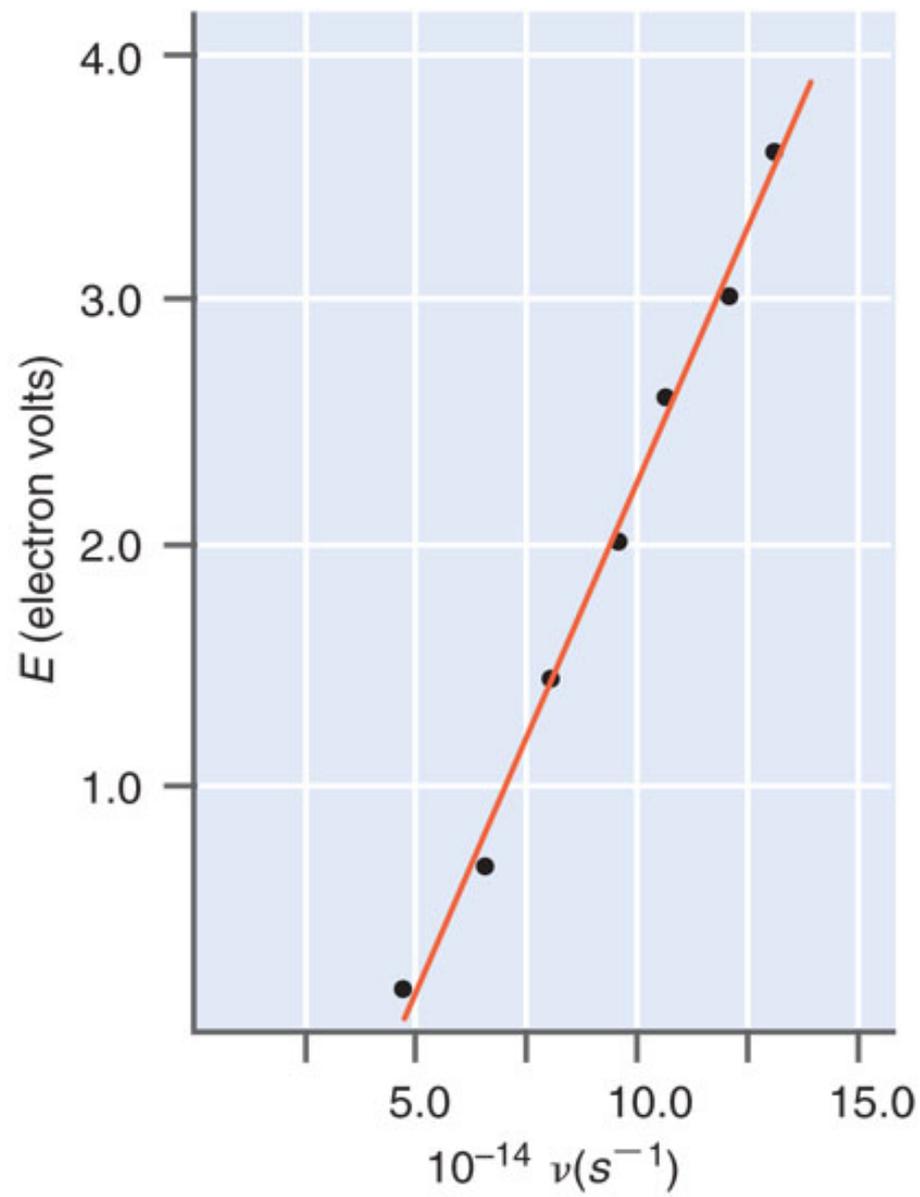
E_c = energía cinética de los fotoelectrones

$$E_c = (\frac{1}{2}mv_2)$$

h = constante de Planck

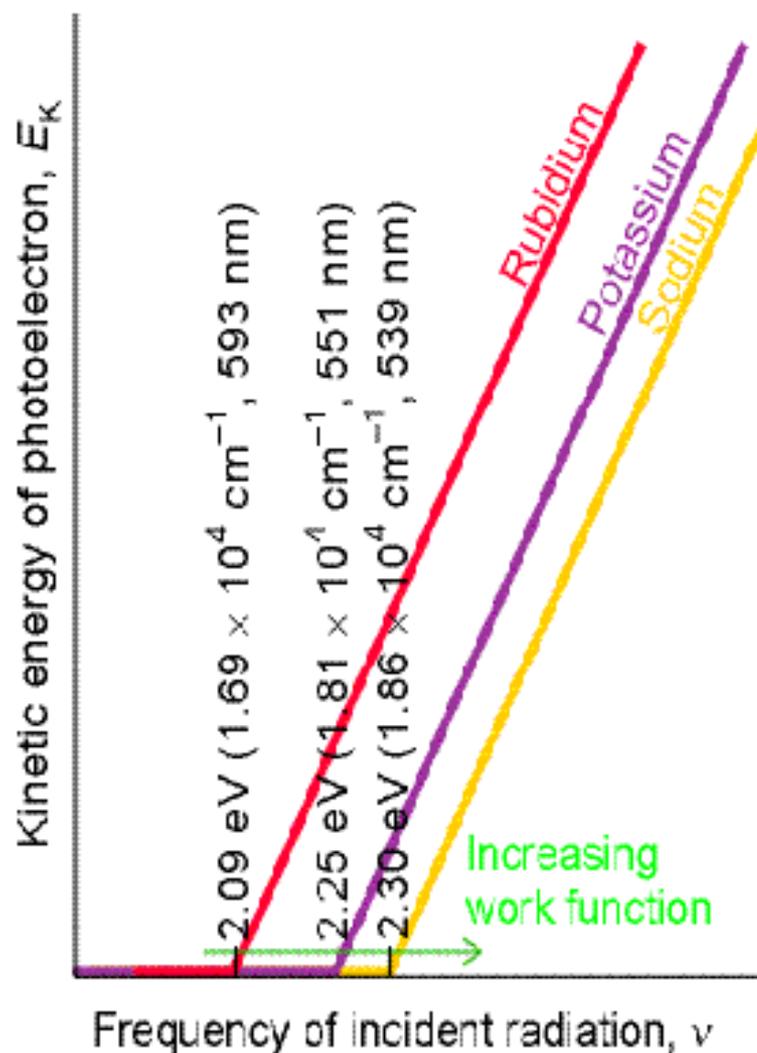
ν = frecuencia de la radiación

ν_0 = frecuencia umbral



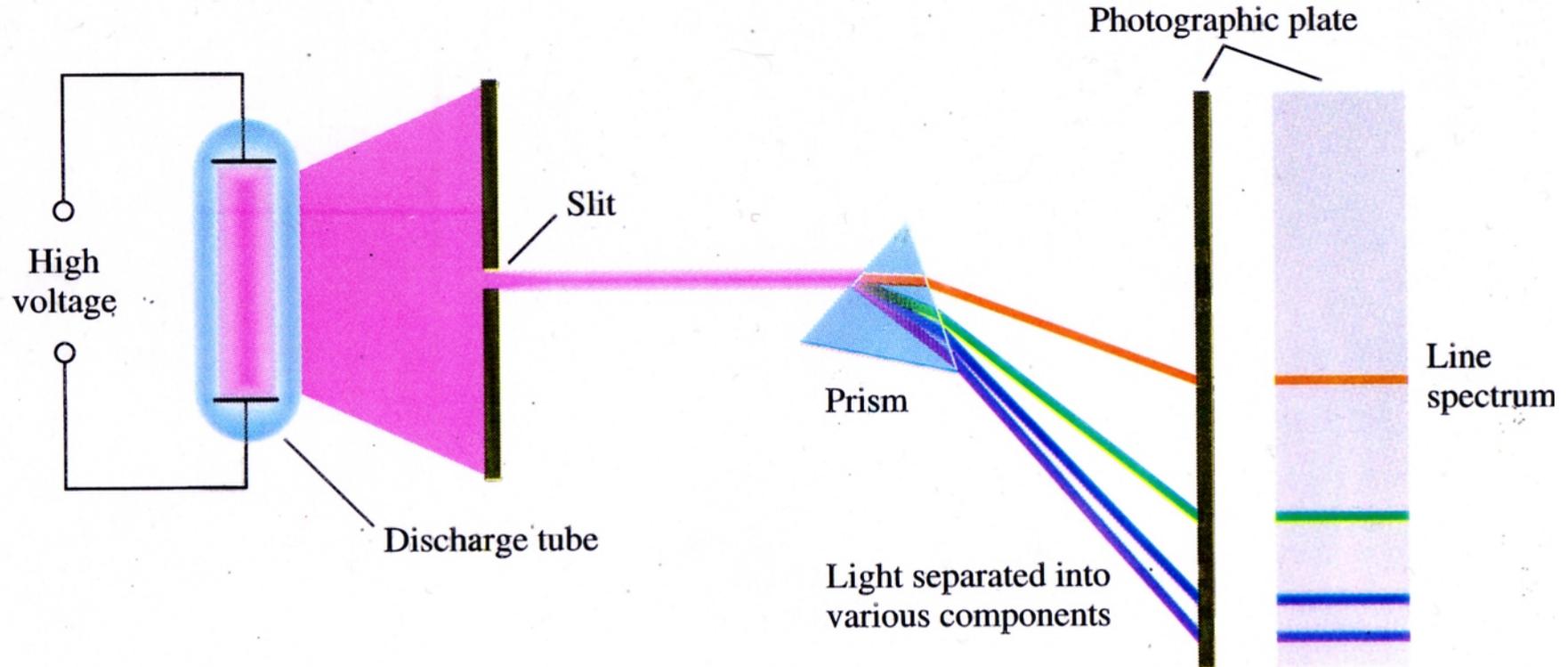
The Photoelectric Effect Explained

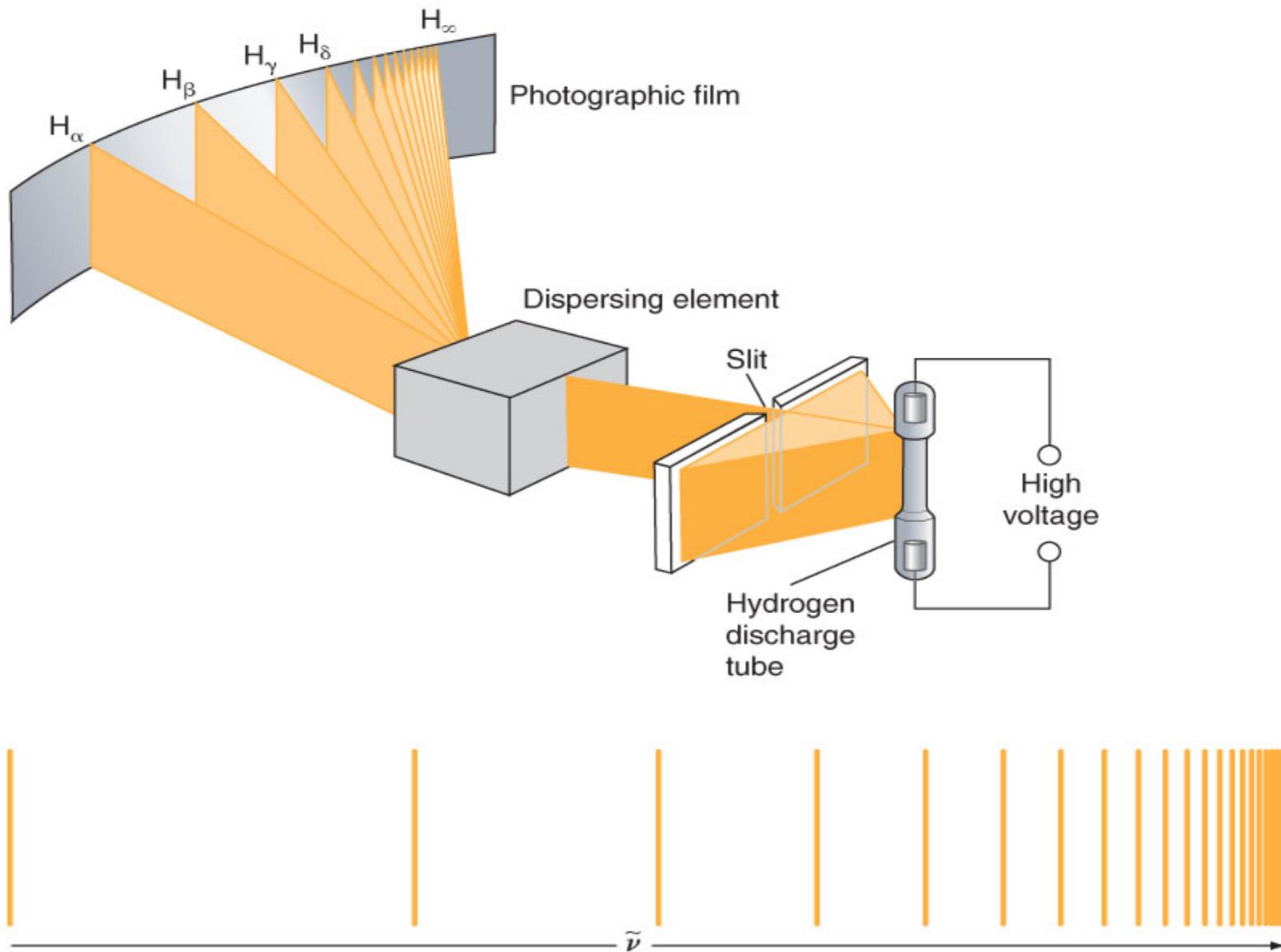
- The plot at right illustrates the linear increase of electron kinetic energy with frequency above the threshold.
- Taking light to be particles (photons),
- $\frac{1}{2}m_e v^2 = h\nu - \Phi$
 - › $\Phi =$ work function of the metal



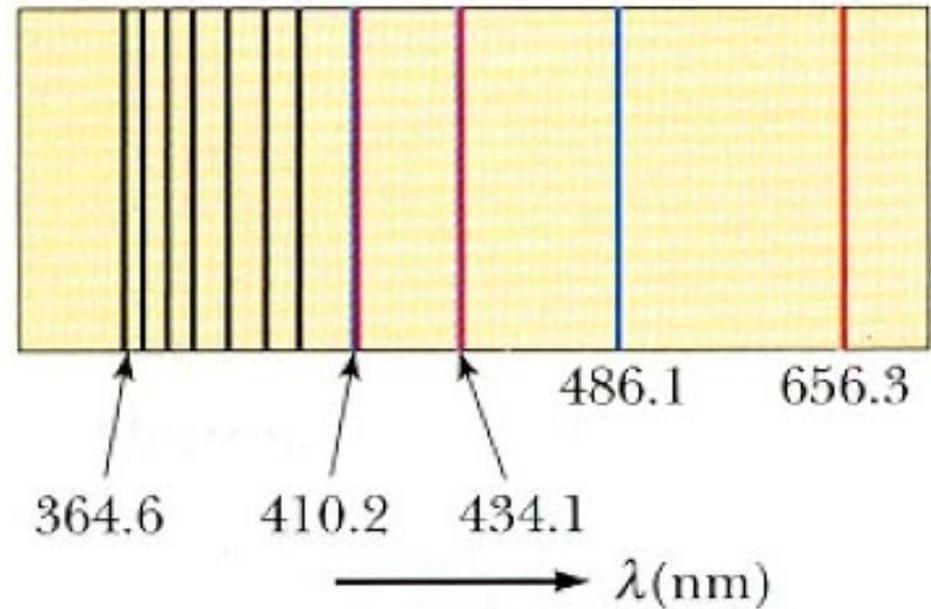
Espectros Atómicos

Copyright © 1994 by McGraw-Hill, Inc. All rights reserved.





Espectro átomo de Hidrógeno (Serie de Balmer)



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

Ecuación de Rydberg
Serie de Balmer

Ecuación de Rydberg
para todas las series

$$\frac{1}{\lambda} = R_{\text{H}} \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right)$$

Series del átomo de Hidrógeno

NOMBRE SERIE	INTERVALO DE λ	n_1	n_2	Año
Lyman	UV	1	2, 3, 4....	1906
Balmer	UV y visible	2	3, 4, 5....	1885
Paschen	IR	3	4, 5, 6....	1908
Bracken	IR	4	5, 6, 7....	1922
Pfund	IR	5	6, 7, 8....	1924

Niels Bohr (1885-1962)



- Niels Bohr, físico danés, 1885 – 1962.
- Creó el primer modelo cuántico del átomo de hidrógeno.
- Tuvo una extraordinaria influencia en la creación de la mecánica cuántica.
- También fue pionero en física nuclear.
- Ocupa un sitio de honor junto con Einstein, Newton y Galileo como uno de los más grandes físicos de la historia.

POSTULADOS DE BOHR

1. Un átomo puede tener sólo determinadas energías E_1, E_2, \dots . Estos estados de energía se llaman estados estacionarios.
2. Cuando un átomo se encuentra en uno de estos estados estacionarios, no emite ni absorbe radiación electromagnética. Sin embargo, cuando un átomo experimenta una transición desde un estado estacionario de más alta energía (E_2) a otro de más baja energía (E_1), emite un cuanto de radiación, cuya energía $h\nu$ es igual a la diferencia de energía entre los dos estados E_2 y E_1 . Se tiene:

$$h\nu = E_2 - E_1 \quad \text{o bien} \quad \nu = \frac{E_2 - E_1}{h}$$

La frecuencia de la radiación emitida es ν .

Del mismo modo, un átomo puede experimentar una transición desde un estado de energía más bajo E_1 a otro de energía alto E_2 , mediante la absorción de un fotón.

3. Las únicas órbita permitidas para el movimiento de un electrón son aquellas en que el momento angular es un múltiple entero de $h/2\pi$.

$$R_H = \frac{2\pi^2 \kappa^2 m e^4}{h^3 c}$$

$$R_H = 1,0973732 \times 10^7 \text{ m}^{-1}$$

$$E_n = - \left(\frac{1}{n^2} \right) \left(\frac{2\pi^2 \kappa^2 m Z^2 e^4}{h^2} \right)$$

donde n es un número cuántico. $n = 1, 2, 3, \dots$

CÁLCULO DE LA FRECUENCIA O LONGITUD DE ONDA DE LA RADIACIÓN ELECTROMAGNÉTICA EMITIDA O ABSORBIDA

- Se parte del segundo postulado: $h\nu = E_{n_2} - E_{n_1}$

- Se reemplazan E_{n_2} y E_{n_1} y la frecuencia ν por c/λ . Se obtiene:

$$\frac{1}{\lambda} = \frac{2\pi^2 k^2 m e^4}{ch^3} \cdot Z^2 \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right)$$

- Tomando $Z=1$ para el átomo de hidrógeno, Bohr contrastó este resultado teórico con la expresión experimental de Rydberg:

$$\frac{1}{\lambda} = R_H \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right)$$

Significados

E_{n1} , E_{n2} : energías de los niveles

ν : frecuencia

m : masa del electrón

e : carga del electrón

c : velocidad de la luz

h : constante de Planck

k : constante de ajuste de unidades

π : número pi

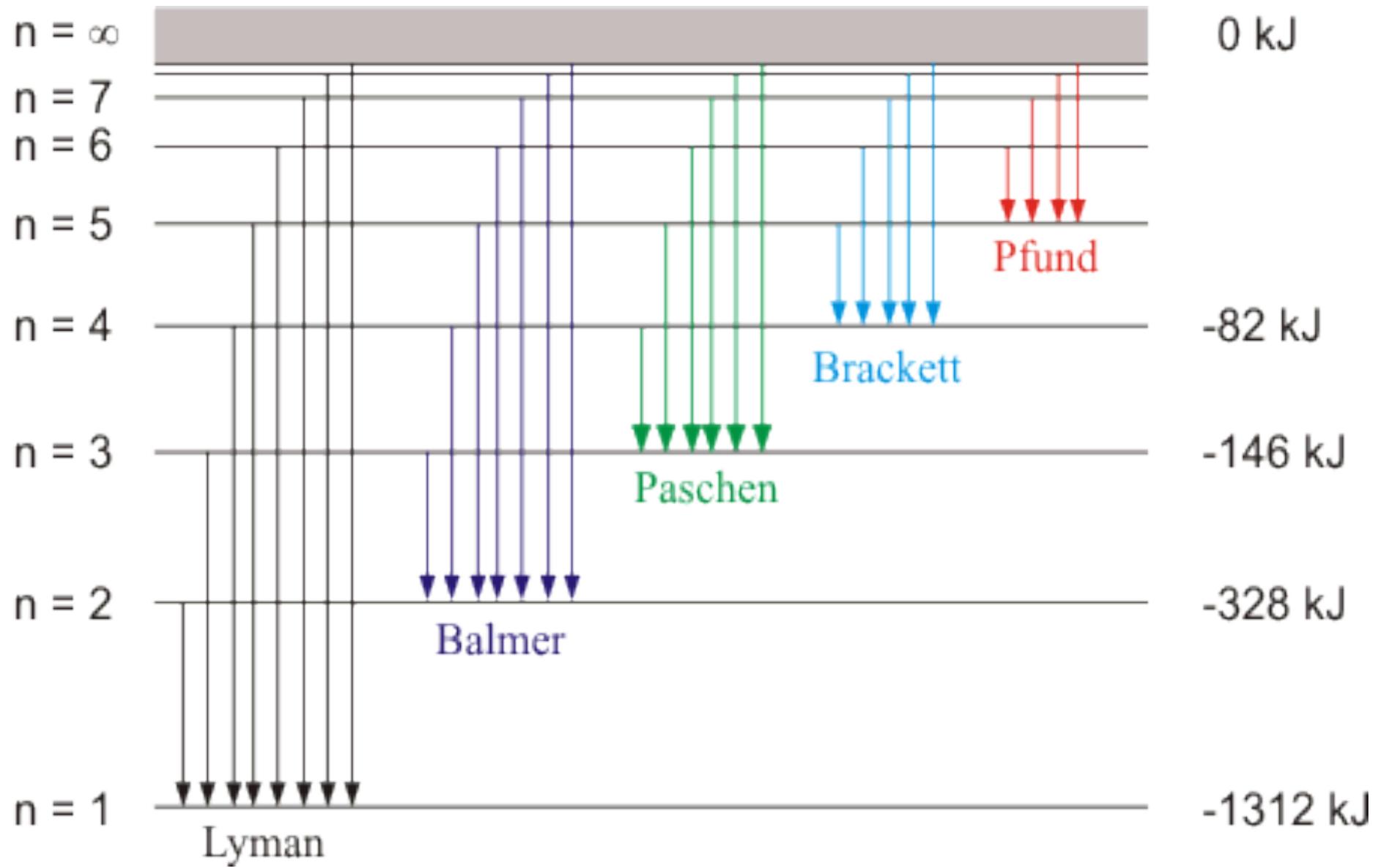
Z : número atómico

λ : longitud de onda

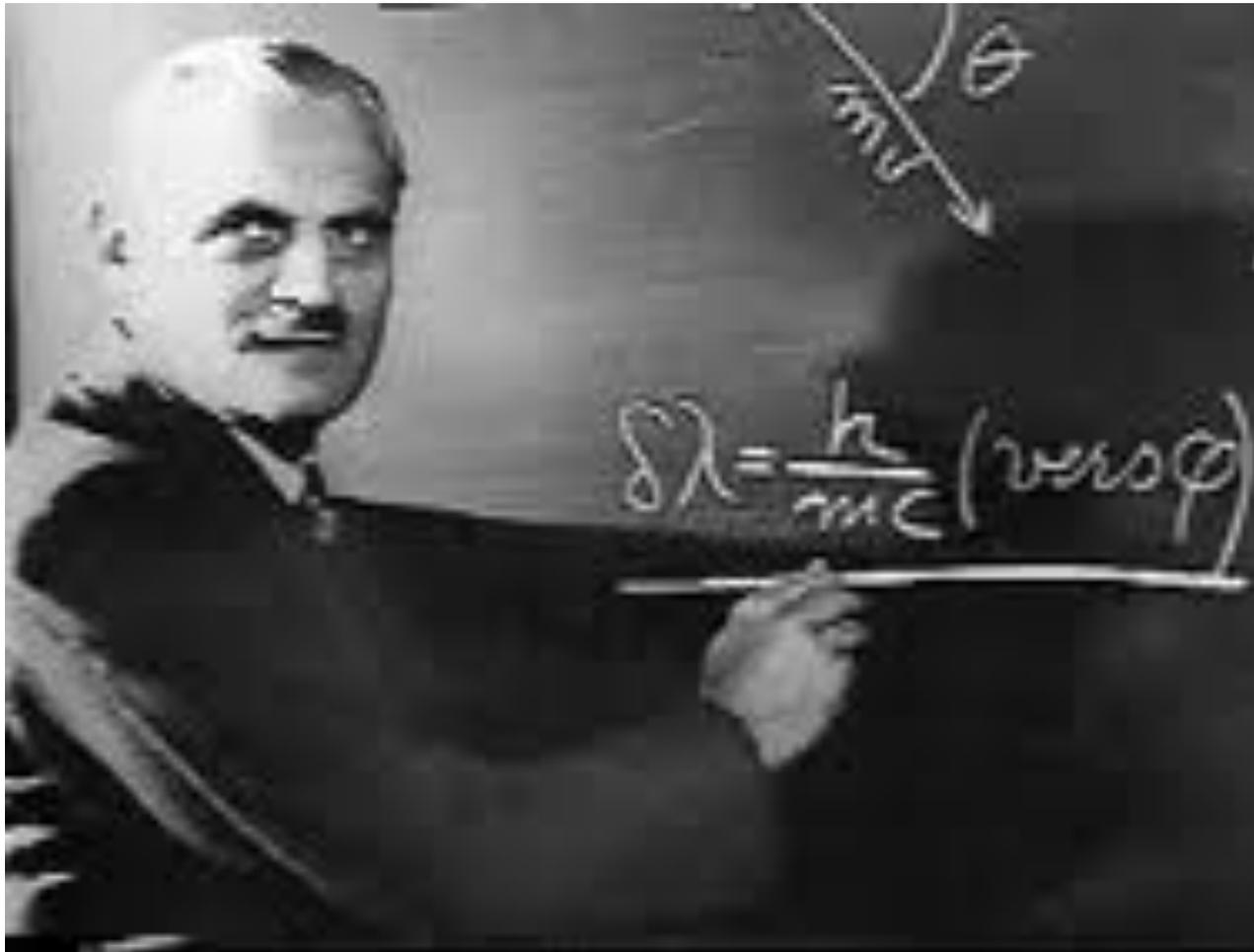
R_H : constante de Rydberg

n_1 n_2 : números cuánticos (1, 2, 3..)

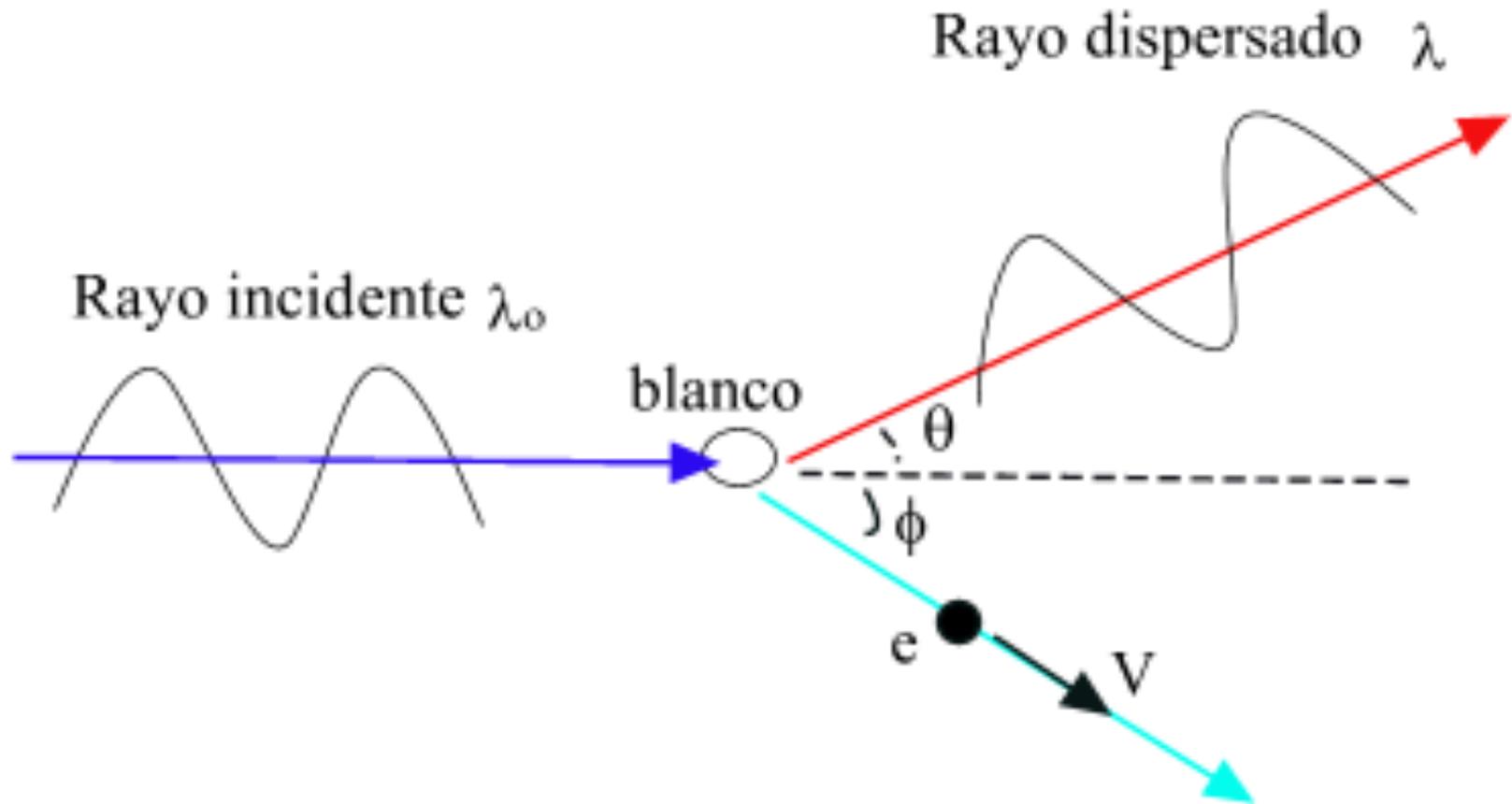




Arthur Compton (1892-1962)



Efecto Compton



Ecuación Efecto Compton

$$\Delta \lambda = \frac{h}{m_0 c} (1 - \cos \theta)$$

Príncipe Louis de Broglie (1892 – 1987)

- Premio Nobel de Física 1929

The de Broglie relation:

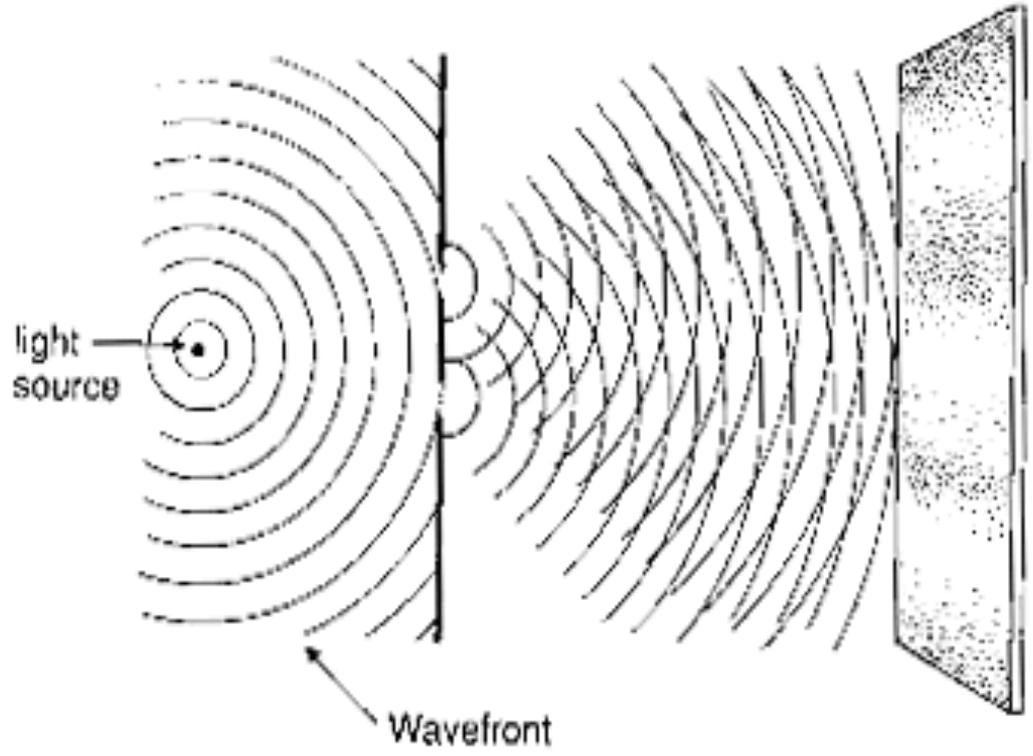
$$\lambda = \frac{h}{mv}$$

wavelength λ = $\frac{h}{mv}$ Planck's Constant
mass velocity

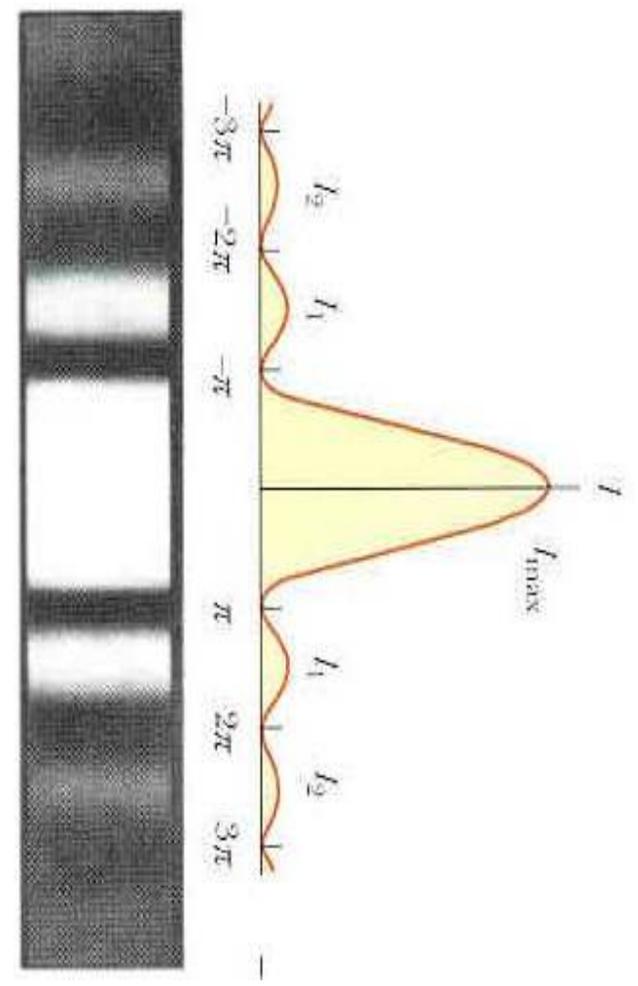
Every particle has wave nature as well, but it is only truly evident when a particle is very light, such as an electron ($m = 9.11 \times 10^{-28} \text{ g}$)



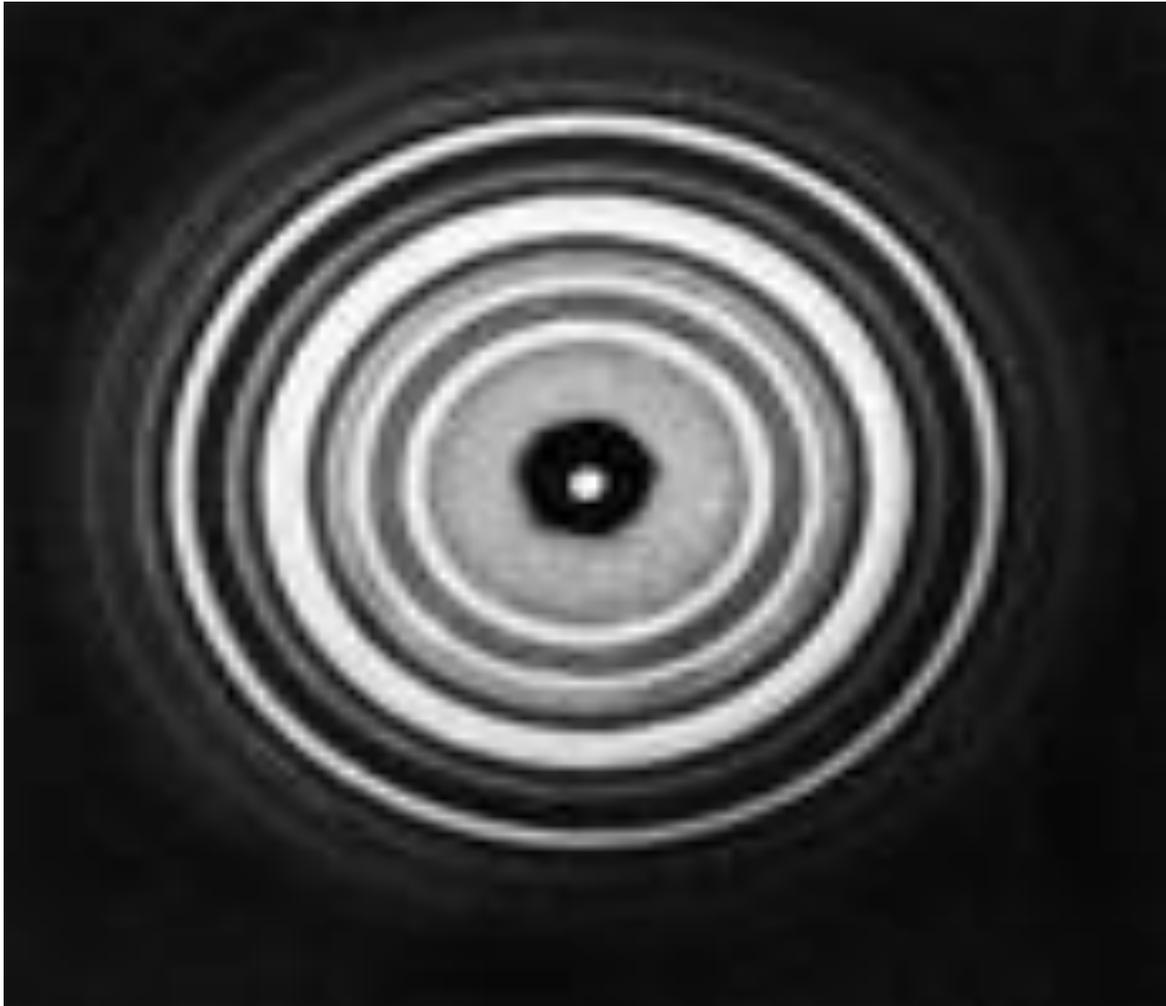
Difracción



Light interference in a double-slit apparatus.



Difracción de Rayos X



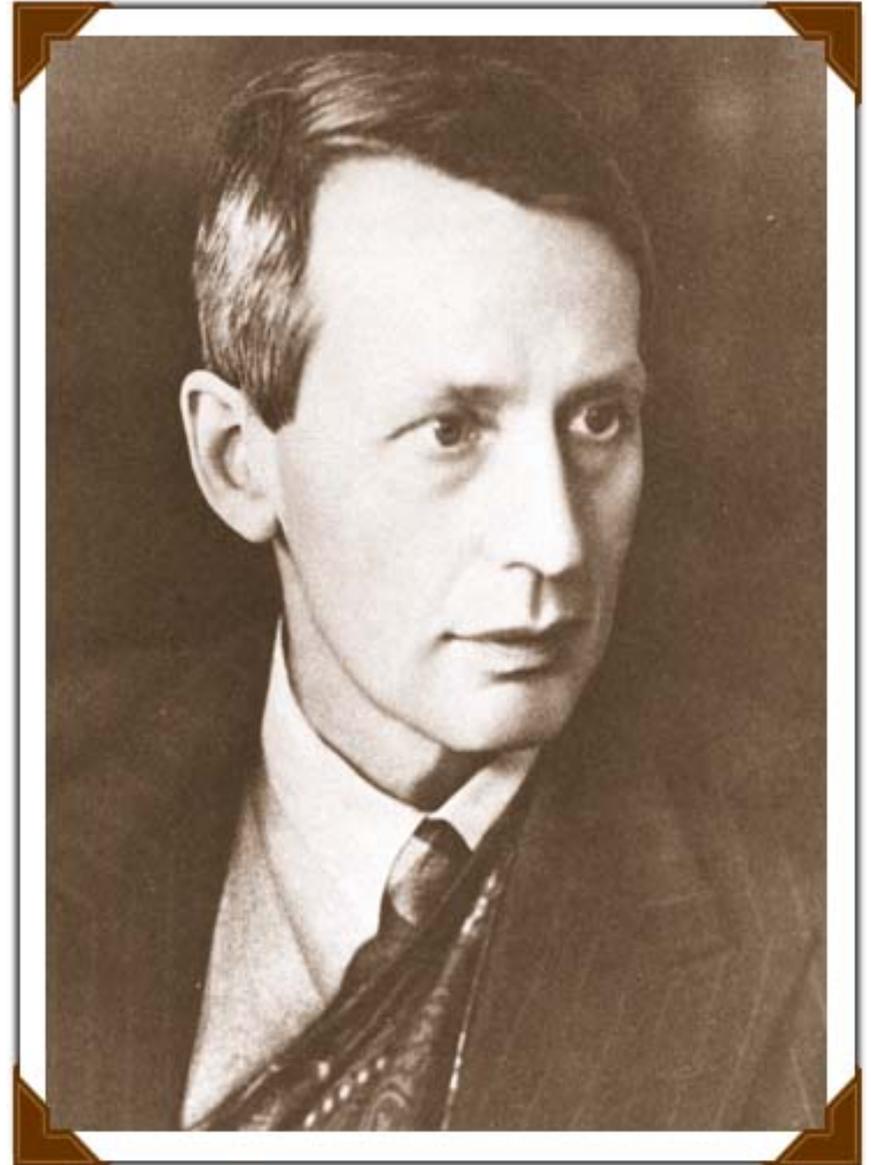
Davisson & Germer



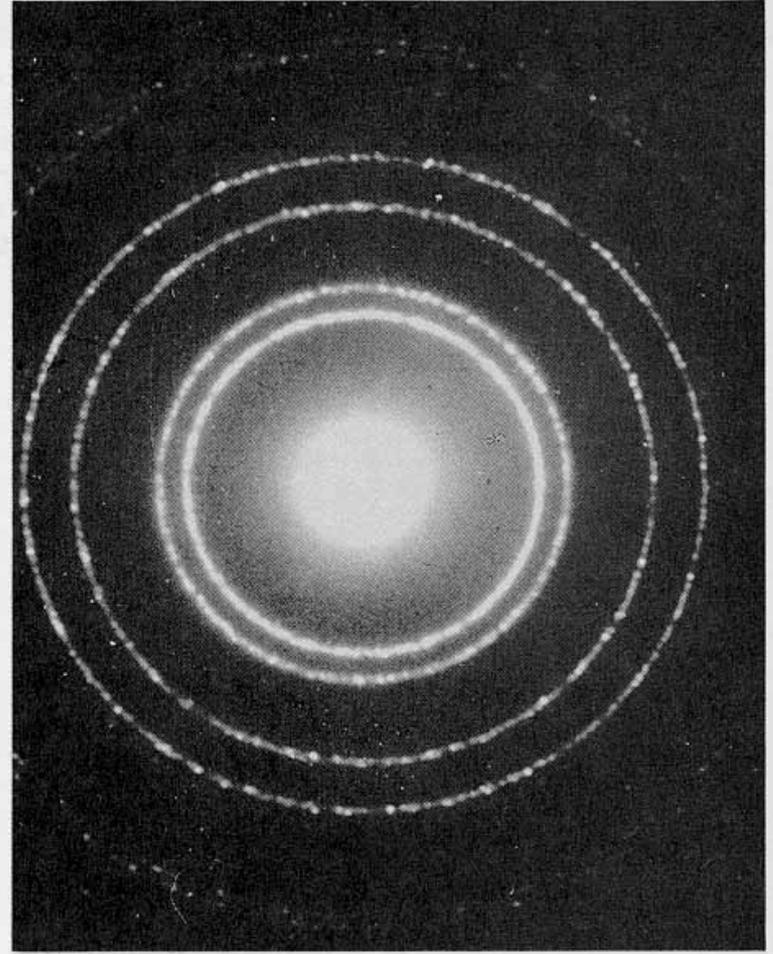
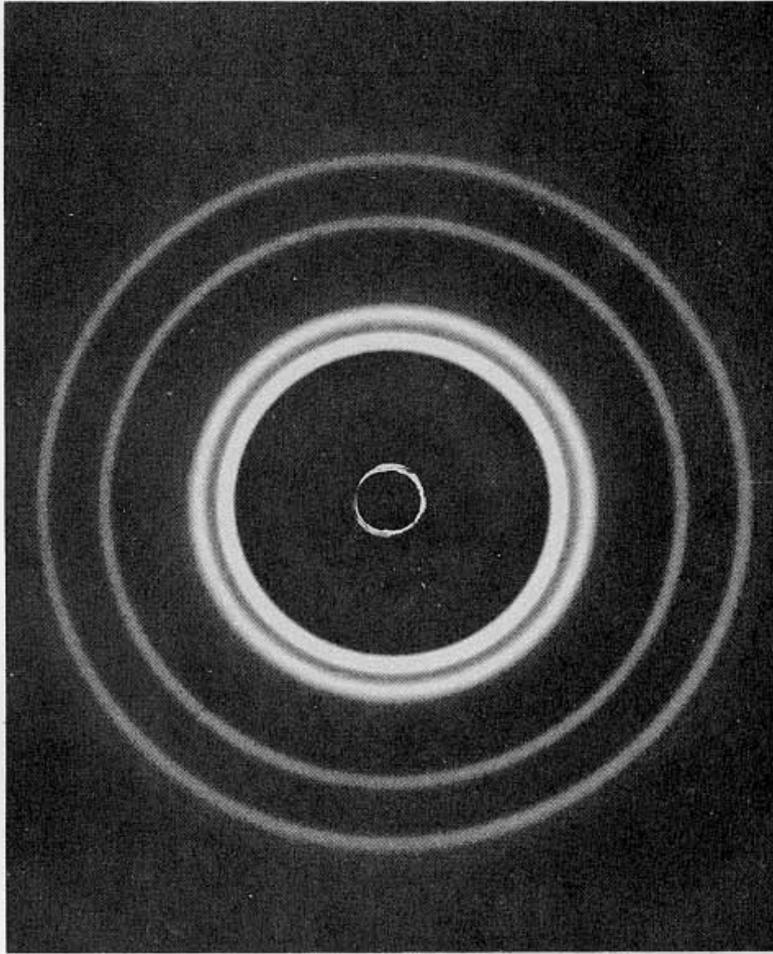
- Clinton Joseph Davisson (físico norteamericano, 1881 – 1958), logró junto con su ayudante Germer, la difracción de los electrones en 1927. Davisson compartió el Premio Nobel con G. Thomson en 1937 por este descubrimiento.

George Paget Thomson (1892-1975). Hijo de J.J.Thomson, el descubridor del electrón. Logró también en forma independiente la difracción de los electrones. G. Thomson compartió el Premio Nobel de Física con C.J. Davisson en 1937.

Mientras J.J. Thomson mostró que los electrones se comportaban como partículas, su hijo G. Thomson mostró que los electrones se comportaban como ondas.



The diffraction pattern on the left was made by a beam of x rays passing through thin aluminum foil. The diffraction pattern on the right was made by a beam of electrons passing through the same foil.



Erwin Schrödinger (1887-1961)



We now come to one of the most important equations in physics:

The Schrödinger Equation

$$\hat{H}\psi = E\psi$$

If we can solve this equation, we know everything about the system



Senses
Bureau
UCSD

Werner Heisenberg (1901 – 1976.)



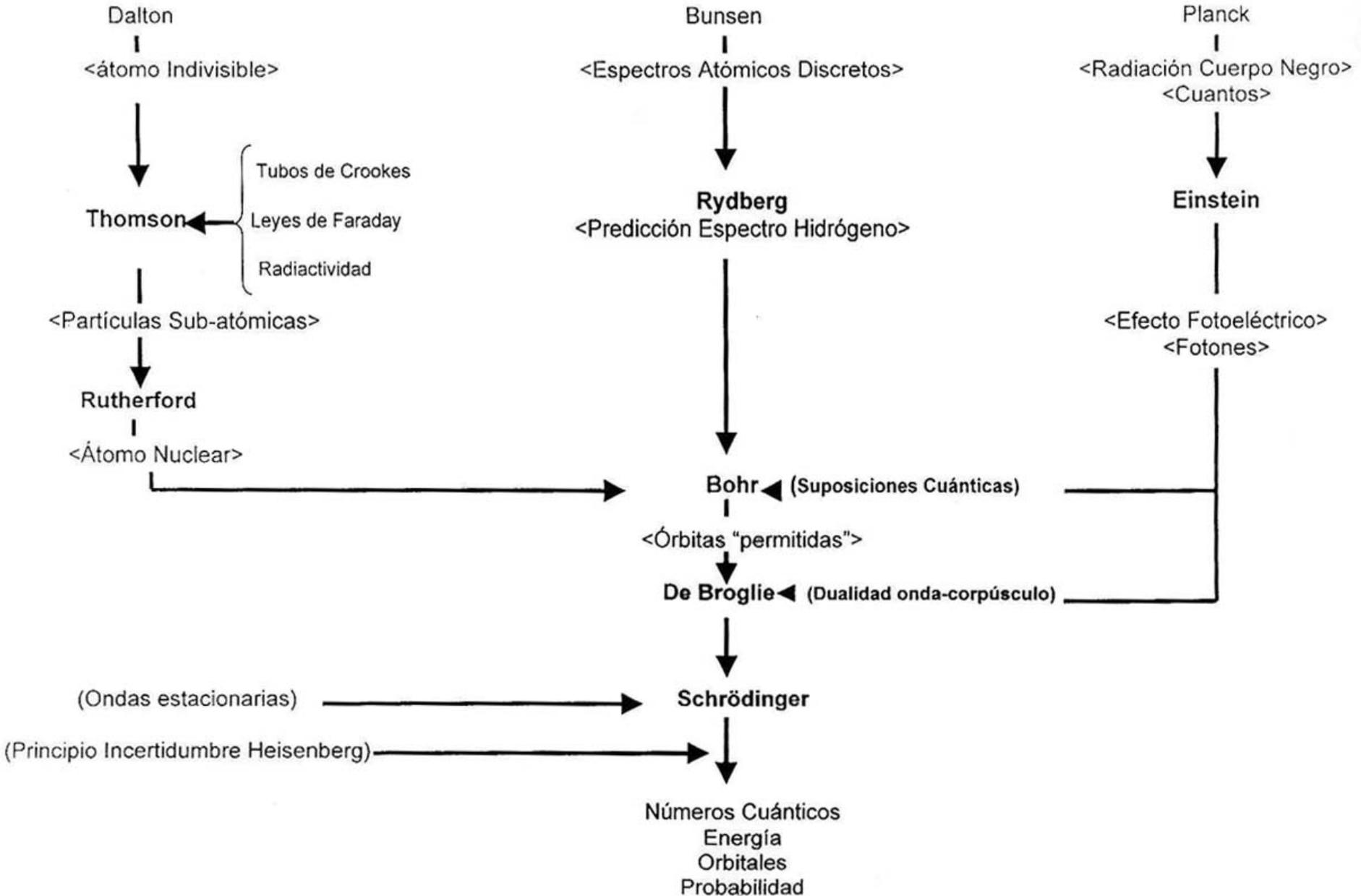
Principio de Incertidumbre
Heisenberg 1927

$$\Delta x \Delta p \geq \frac{h}{2}$$

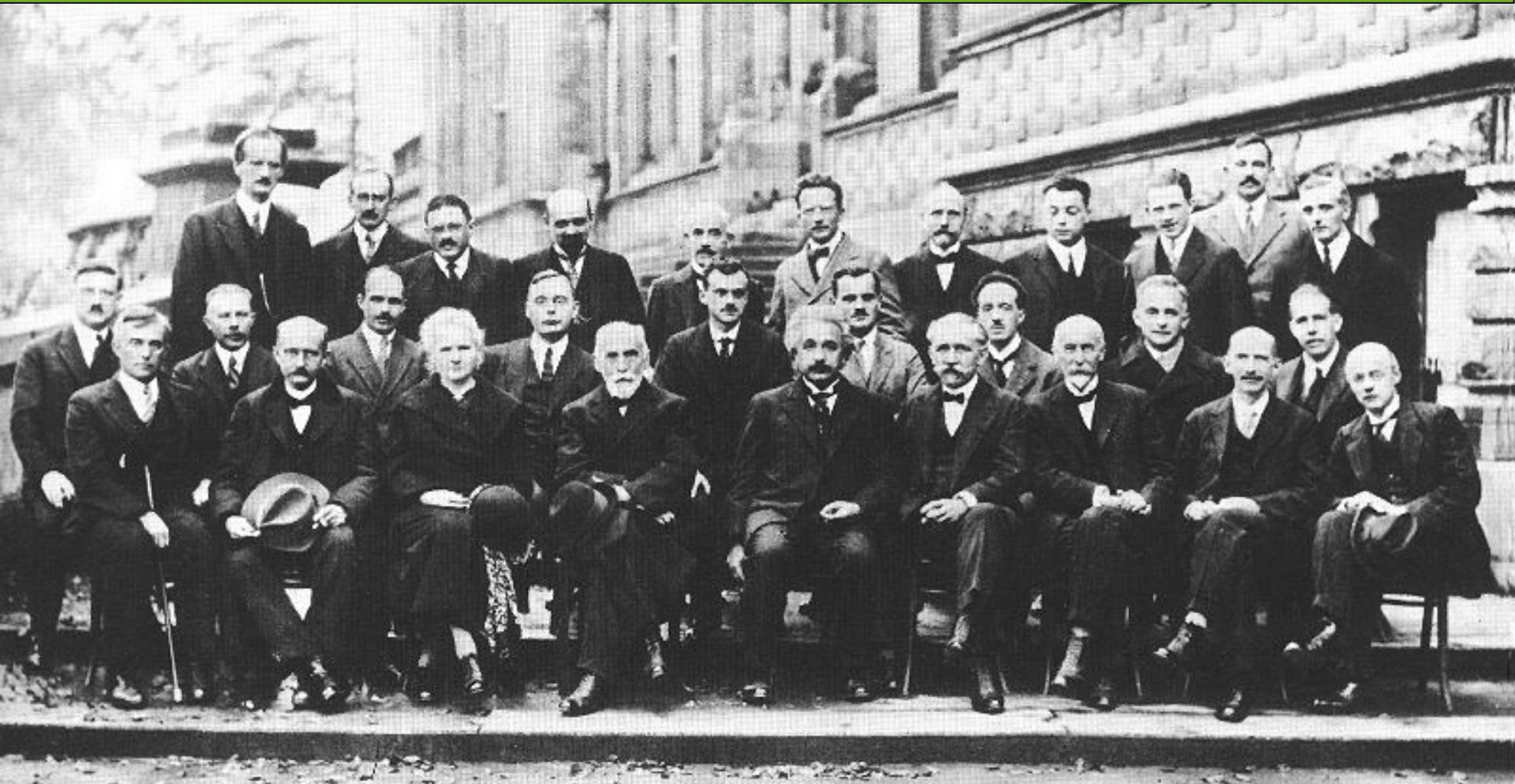
MODELOS ATÓMICOS

ESPECTROS ATÓMICOS

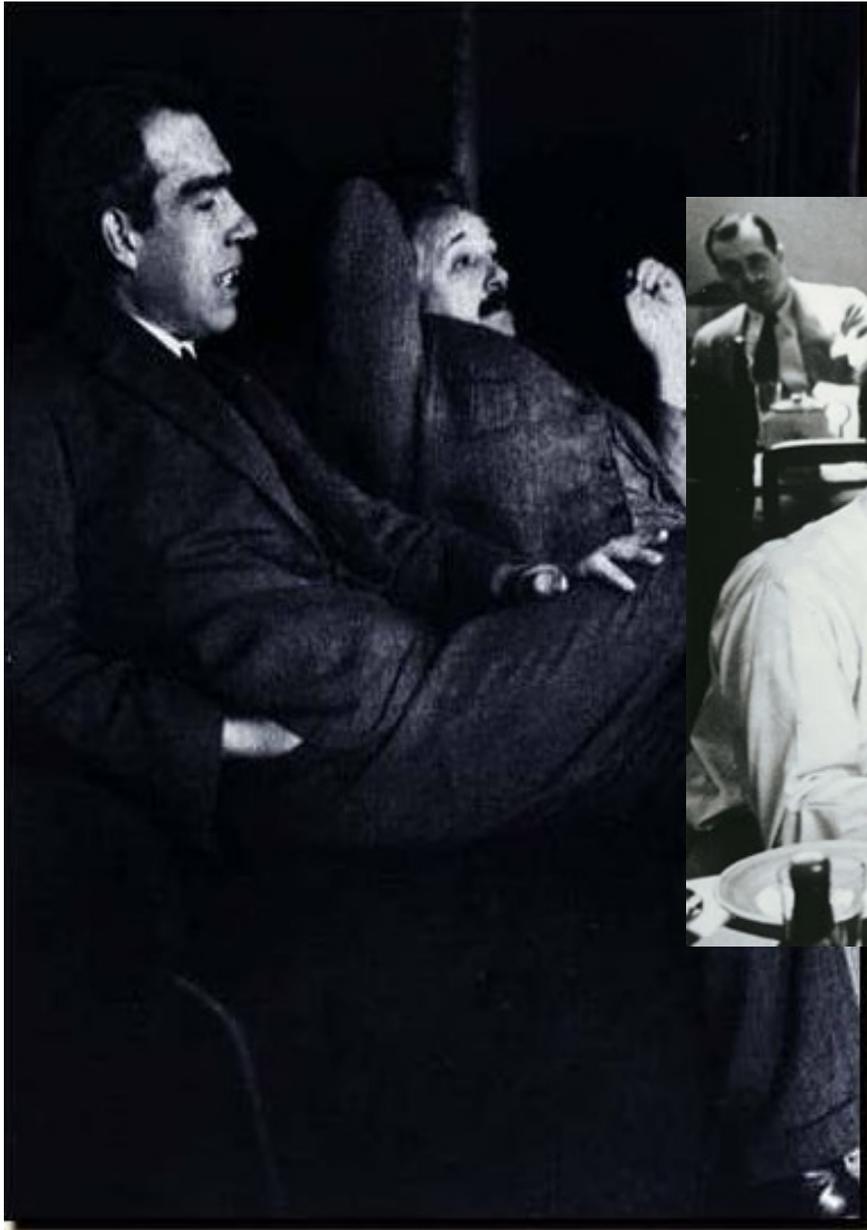
FÍSICA CUÁNTICA



Conferencia de Solvay, 1927



A. PICCARD E. HENRIOT P. EHRENFEST Ed. HERZEN Th. DE DONDER E. SCHRÖDINGER E. VERSCHAFFELT W. PAULI W. HEISENBERG R.H. FOWLER L. BRILLOUIN
P. DEBYE M. KNILSEN W.L. BRAGG H.A. KRAMERS P.A.M. DIRAC A.H. COMPTON L. de BROGLIE M. BORN N. BOHR
I. LANGMUIR M. PLANCK Mme CURIE H.A. LORENTZ A. EINSTEIN P. LANGEVIN Ch.E. GUYE C.T.R. WILSON O.W. RICHARDSON



Premios Nobel de Física Cuántica

- **1901** Wilhelm C. Röntgen
- **1903** Marie Curie, Pierre Curie, Antoine H. Becquerel
- **1905** Philipp E. von Lenard
- **1906** Joseph J. Thomson
- **1918** Max K. Planck
- **1921** Albert Einstein
- **1922** Niels H. Bohr
- **1923** Robert A. Millikan
- **1925** Gustav L. Hertz, James Franck
- **1927** Arthur H. Compton
- **1929** Prince Louis de Broglie
- **1932** Werner K. Heisenberg
- **1933** Paul A. Dirac, Erwin Schrödinger
- **1935** James Chadwick
- **1937** George P. Thomson, Clinton J. Davisson
- **1945** Wolfgang Pauli
- **1954** Max Born

Premios Nobel de Química Cuántica

- **1908** Ernest Rutherford
- **1911** Marie Curie