

# TEMA 1.3

## Teoría Atómica

Antecedentes y desarrollo de la Inteligencia Artificial

Grado en Inteligencia Artificial



## Teorías Atómicas

### Teoría Atomista (antecedentes)

*Los átomos viven eternamente, sólo abandonan el cuerpo que ha dejado de existir y se transforman en otra alma viviente. (Demócrito, siglo V. a. de C.)*

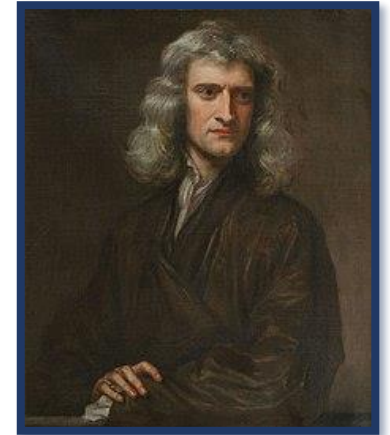


- ✓ Los átomos son **eternos, indivisibles, homogéneos, incompresibles e invisibles**.
- ✓ Los átomos **se diferencian sólo en forma y tamaño**, pero no por cualidades internas.
- ✓ Las **propiedades** de la materia varían **según el agrupamiento** de los átomos.

Boyle



Newton



**Ley de conservación de la masa, Antoine Laurent De Lavoisier (1774):** En toda reacción química la masa se conserva, esto es, la masa total de los reactivos es igual a la masa total de los productos.

**Ley de las proporciones definidas (constantes), Joseph-Louis Proust (1799):** Cuando se combinan dos o más elementos para dar un determinado compuesto, siempre lo hacen en una relación de masas constantes.

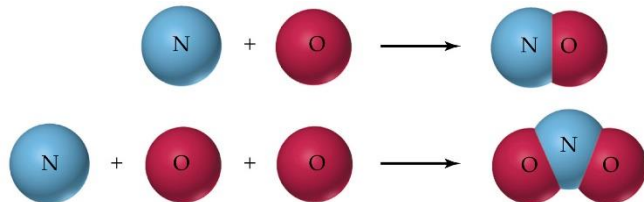
## John Dalton (1766-1844)

**Dalton** fue uno de los padres de la química moderna gracias a su modelo atómico y a una tabla de pesos relativos de los elementos químicos. También es conocido por haber descrito el **Daltonismo**, enfermedad que sufría.

1. Partículas  **Átomos**  No se crean ni destruyen mediante una reacción química.

2. Iguales en masa (peso) y propiedades para un mismo **Elemento**  Niega la existencia de los isótopos.

3. Se combinan en una proporción numérica sencilla: **Compuestos**



### *Ley de las proporciones múltiples*

*Cuando dos o más elementos se combinan para dar más de un compuesto, una masa variable de uno de ellos se une a una masa fija del otro, para dar diferentes compuestos según una de números enteros sencillos.*

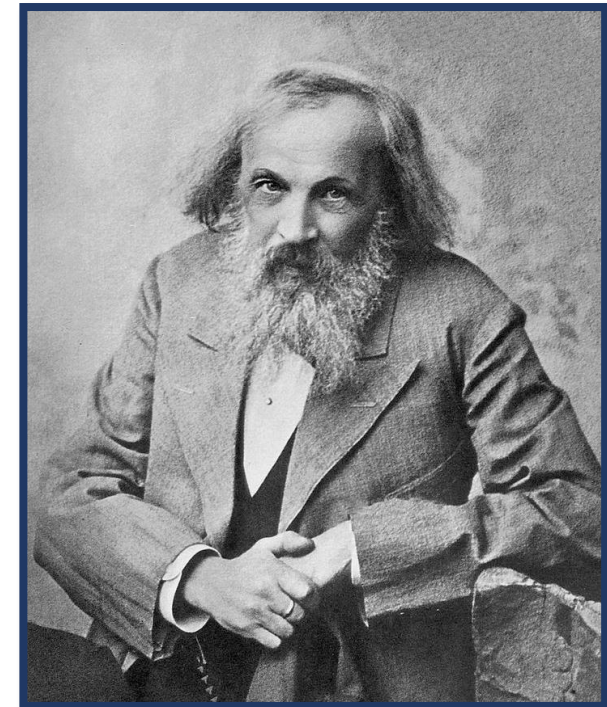


## Teorías Atómicas

### Dmitri Mendeléyev (1834-1907) y la tabla periódica de los elementos

**Mendeléyev** fue un químico ruso, conocido por haber descubierto el patrón subyacente en lo que ahora se conoce como la **tabla periódica de los elementos**. Fue capaz de ordenarlos, se dejó llevar por dos grandes intuiciones; alteró el orden de masas cuando era necesario para **ordenarlos según sus propiedades** y **se atrevió a dejar huecos**, postulando la existencia de elementos desconocidos hasta ese momento.

			Ti — 50	Zr — 90	? — 180
			V — 51	Nb — 94	Ta — 182
			Cr — 52	Mo — 96	W — 186
			Mn — 55	Rh — 104,4	Pt — 197,4
			Fe — 56	Ru — 104,4	Ir — 198
		Ni —	Co — 59	Pd — 106,6	Os — 199
			Cu — 63,4	Ag — 108	Hg — 200
			Zn — 65,2	Cd — 112	
			? — 68	Ur — 116	Au — 197?
			? — 70	Sn — 118	
			As — 75	Sb — 122	Bi — 210?
			Se — 79,4	Te — 128?	
			Br — 80	J — 127	
			Rb — 85,4	Cs — 133	Tl — 204
			Sr — 87,6	Ba — 137	Pb — 207
			Ce — 92		
		? — 45	La — 94		
		?Er — 56	Di — 95		
		?Yt — 60	Th — 118?		
		?In — 75,6			
H — 1					
	Be — 9,4	Mg — 24			
	B — 11	Al — 27,4			
	C — 12	Si — 28			
	N — 14	P — 31			
	O — 16	S — 32			
	F — 19	Cl — 35,5			
Li — 7	Na — 23	K — 39			
		Ca — 40			

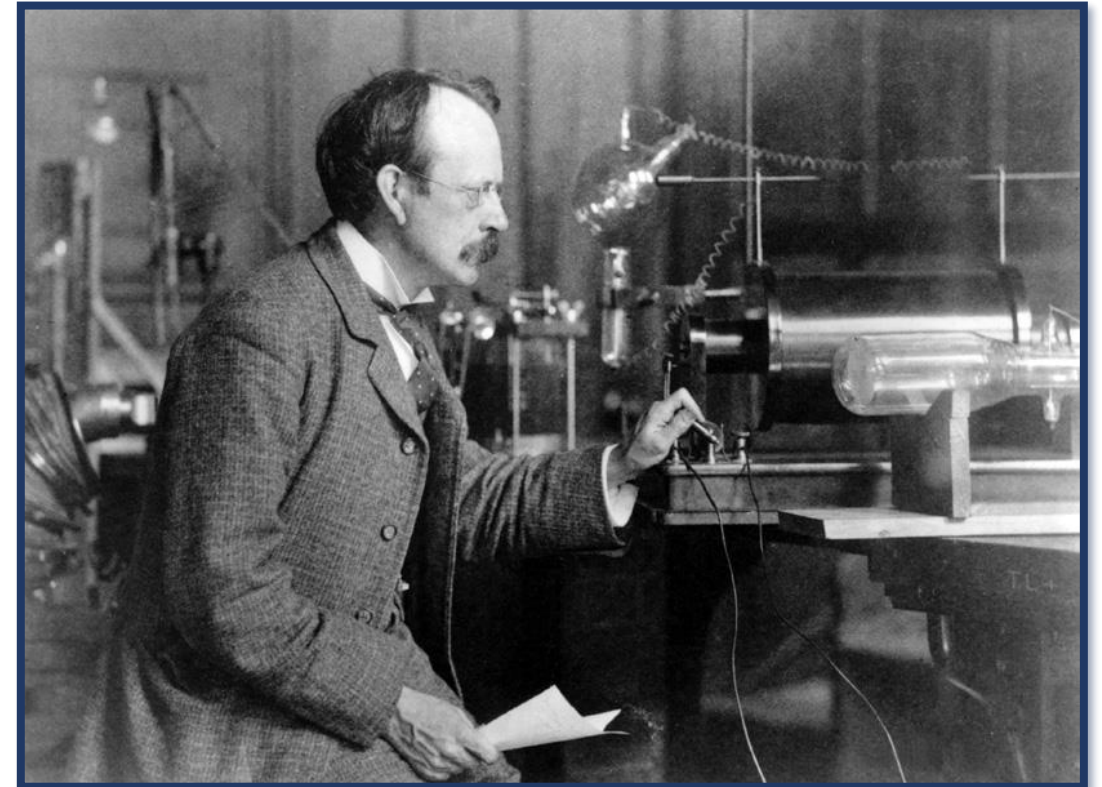


## Teorías Atómicas

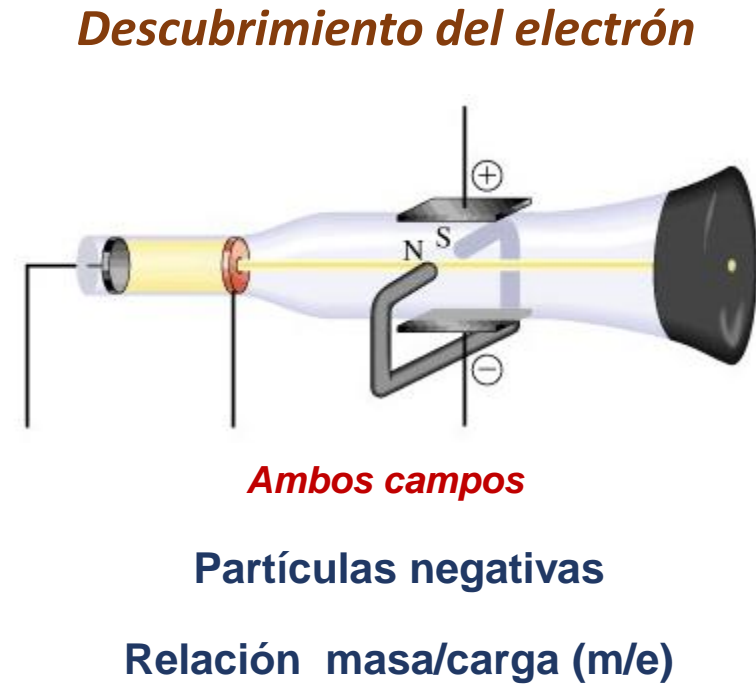
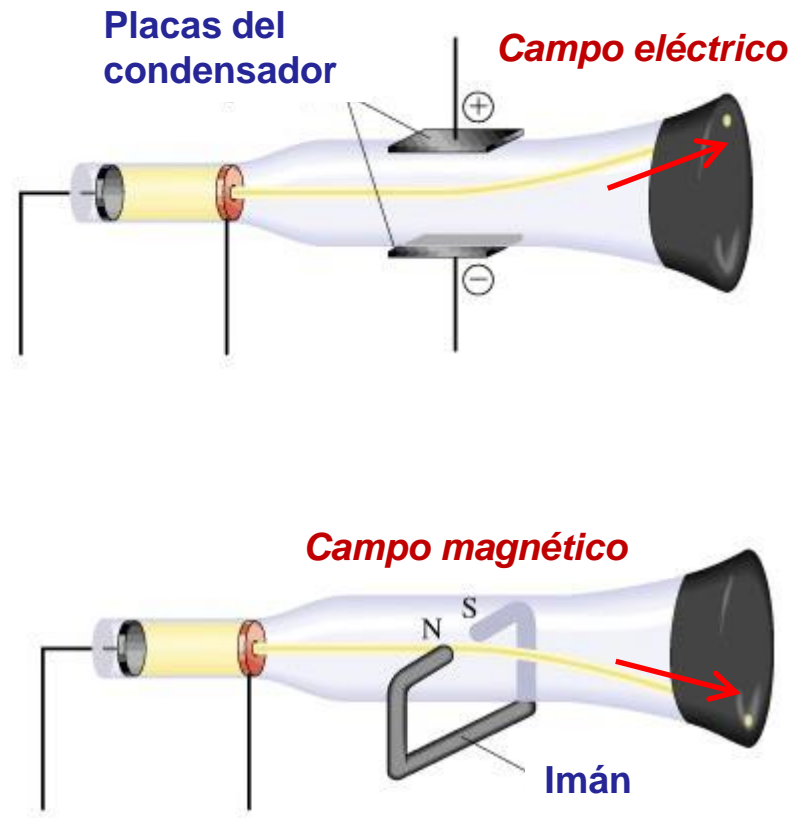
### Joseph John Thomson (1766-1844)

Thomson fue un científico británico conocido por ser el descubridor del **electrón**, de los **isótopos** y del **espectrómetro de masas**.

En los átomos, según Thomson, la carga positiva estaba neutralizada por la negativa. Esta estructura explicaba que la **materia era neutra eléctricamente** hablando. Estas cargas negativas se encontraban uniformemente distribuidas en una nube positiva de carga. Gracias a este descubrimiento Thomson recibió el premio **Nobel de Física** en 1906.

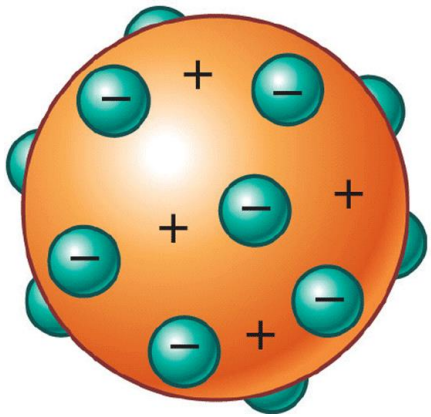


## Joseph John Thomson (1766-1844). Experimento de los rayos catódicos



## Modelo de Thomson (1766-1844)

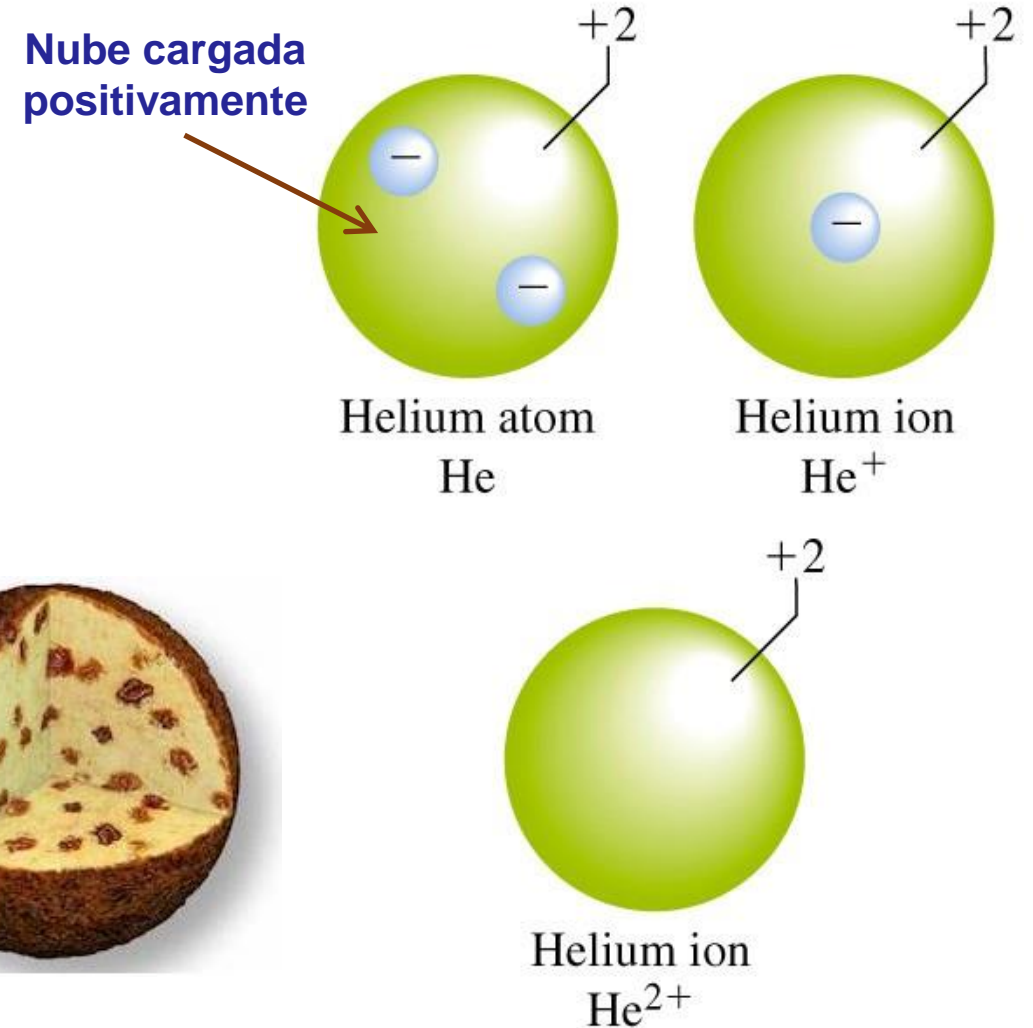
El modelo de Thomson se reconoce en la literatura como el modelo del **pudín con pasas**. La analogía con el postre se debe a que Thomson propuso que los electrones en el átomo se encontraban embebidos como pasas en una nube positiva, cual masa hecha de pan y huevos.



*Una esfera de materia no uniforme cargada positivamente, donde se encontraban insertadas las partículas negativas, es decir, los electrones.*



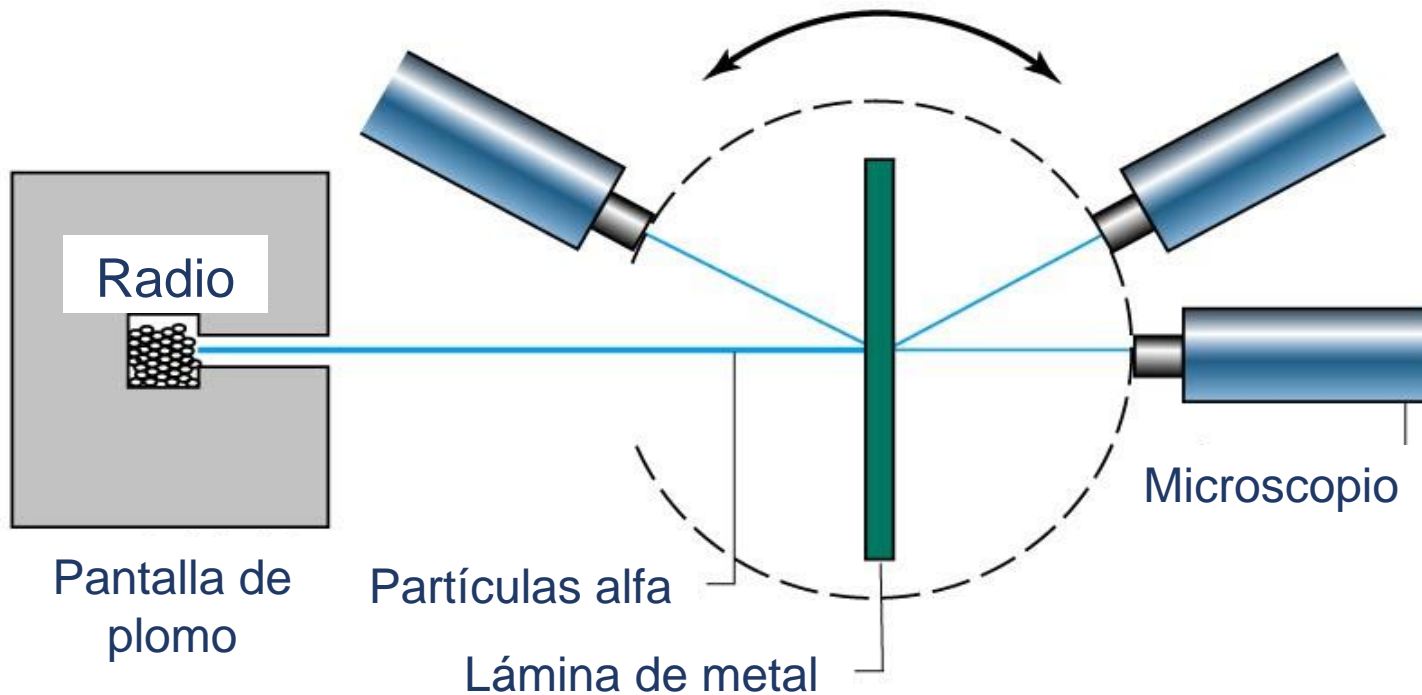
### Teorías Atómicas





## Ernest Rutherford (1871-1937)

**Rutherford** es conocido por haber estudiado las **partículas radiactivas** y haberlas clasificado en alfa ( $\alpha$ ), beta ( $\beta$ ) y gamma ( $\gamma$ ). También fue el promotor del modelo atómico que lleva su nombre, con el que probó la existencia del **núcleo atómico**.



Rutherford bombardeó una lámina de metal con partículas radiactivas y fue recogiendo con un microscopio los ángulos bajos los cuales se recogían señales luminosas emitidas por la placa metálica. Contabilizó el número de señales, detallando las siguientes afirmaciones acerca de la estructura de los átomos.



## Teorías Atómicas

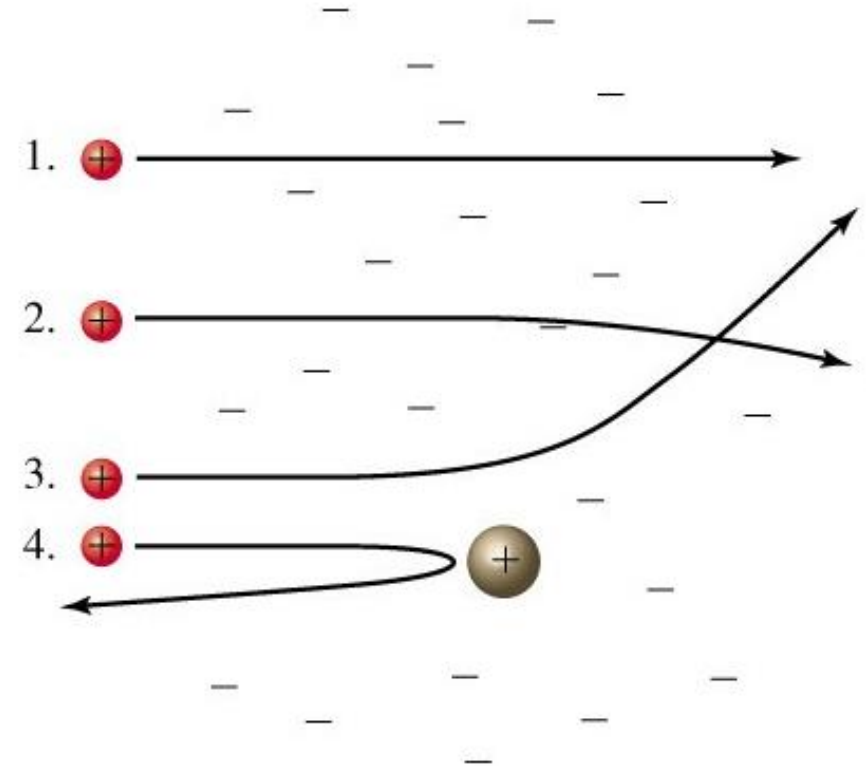
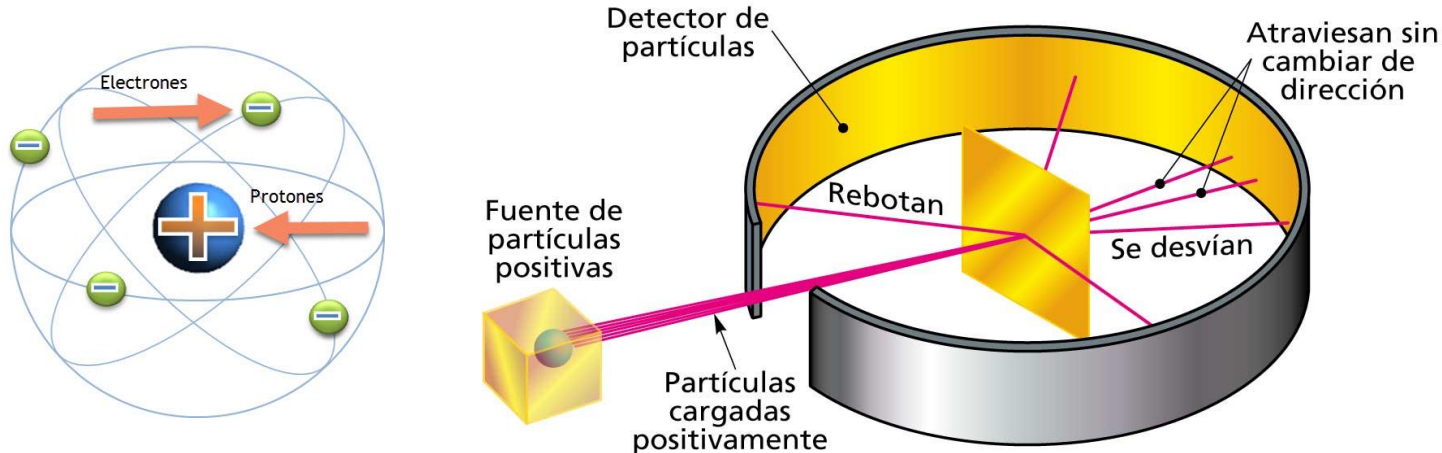
### Modelo de Rutherford (1911)

Para Ernest Rutherford, el átomo era un **sistema planetario** de **electrones** girando alrededor de un **núcleo atómico** pesado y con carga eléctrica positiva.

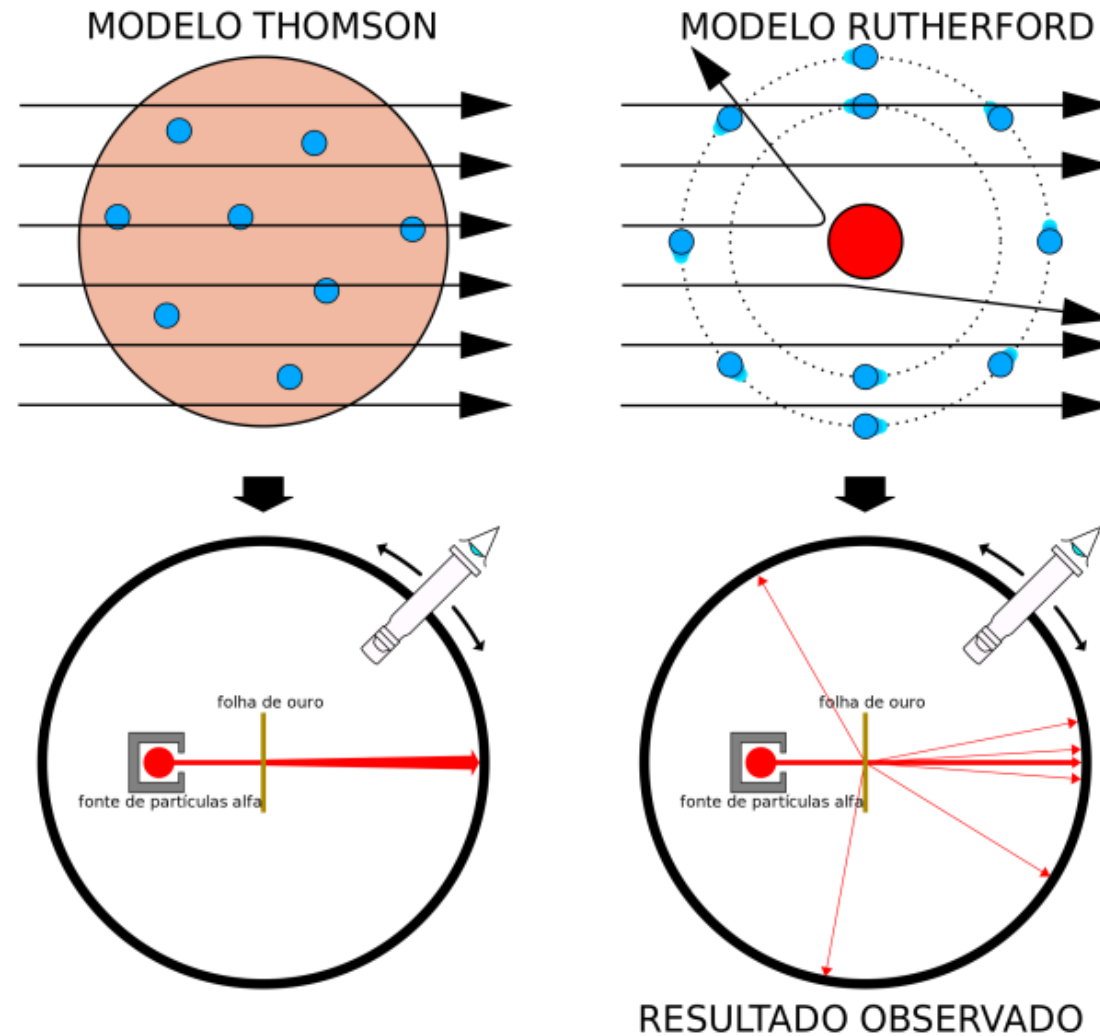
Átomo  
nuclear

- Mayor masa y carga positiva en pequeña región llamada núcleo.
- Carga diferente para cada átomo = mitad de peso atómico.
- Electrónicamente neutro: carga + = carga -

En 1908 fue galardonado con el **Premio Nobel** de Química.



## Modelo de Thompson Vs. Modelo de Rutherford



## Teorías Atómicas

### James Chadwick (1891-1974) y el descubrimiento del neutrón.

**El modelo de Rutherford deja un importante problema sin resolver:**

Se sabía que el Hidrógeno, contenía 1 protón y que el átomo de He contenía 2, por lo tanto la relación en masa, para ellos debería ser 2:1, (hay que recordar que los electrones son más ligeros y su contribución a la masa es despreciable). Sin embargo la relación es 4:1.



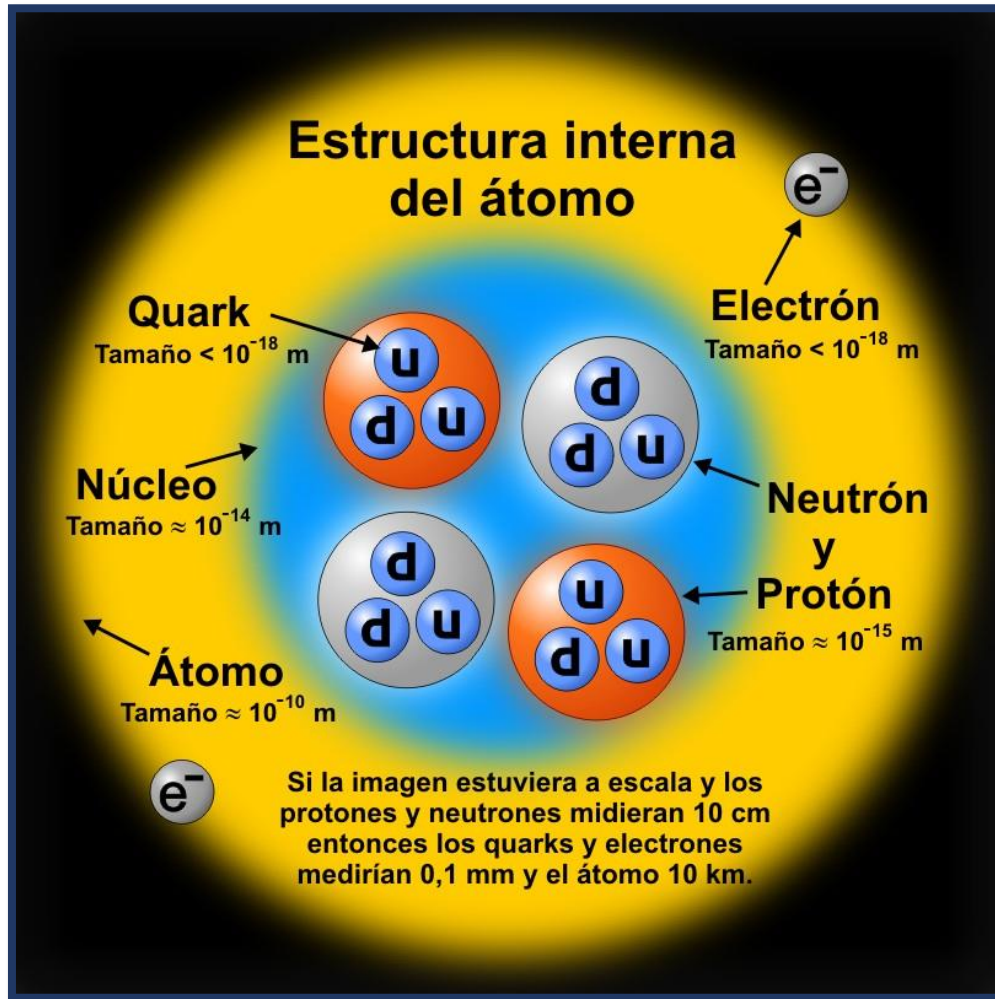
El físico inglés **James Chadwick**, probó la existencia de un tercer tipo de partículas, con una masa ligeramente superior a los protones, llamadas **neutrones**.

Partícula	Masa (kg)	Coulombs (C)	Carga unitaria
Electrón	$9.10939 \times 10^{-28}$	$-1.6022 \times 10^{-19}$	-1
Protón	$1.67262 \times 10^{-24}$	$+1.6022 \times 10^{-19}$	+1
Neutrón	$1.67493 \times 10^{-24}$	0	0



## Teorías Atómicas

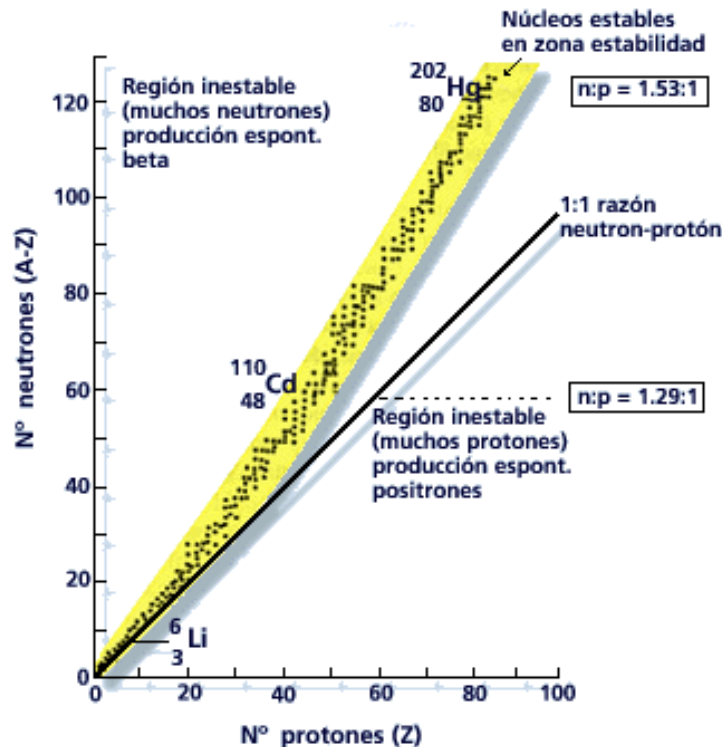
## Dimensiones de las partículas subatómicas





## Marie Curie (1867-1934) y la Radiactividad

**Pierre Curie y Marie Curie** fue un matrimonio franco-polaco de científicos famoso por su investigación pionera en el campo de la **radioactividad**. Se considera que la investigación que realizaron ambos y **Henri Becquerel** fue la piedra angular de la era nuclear.



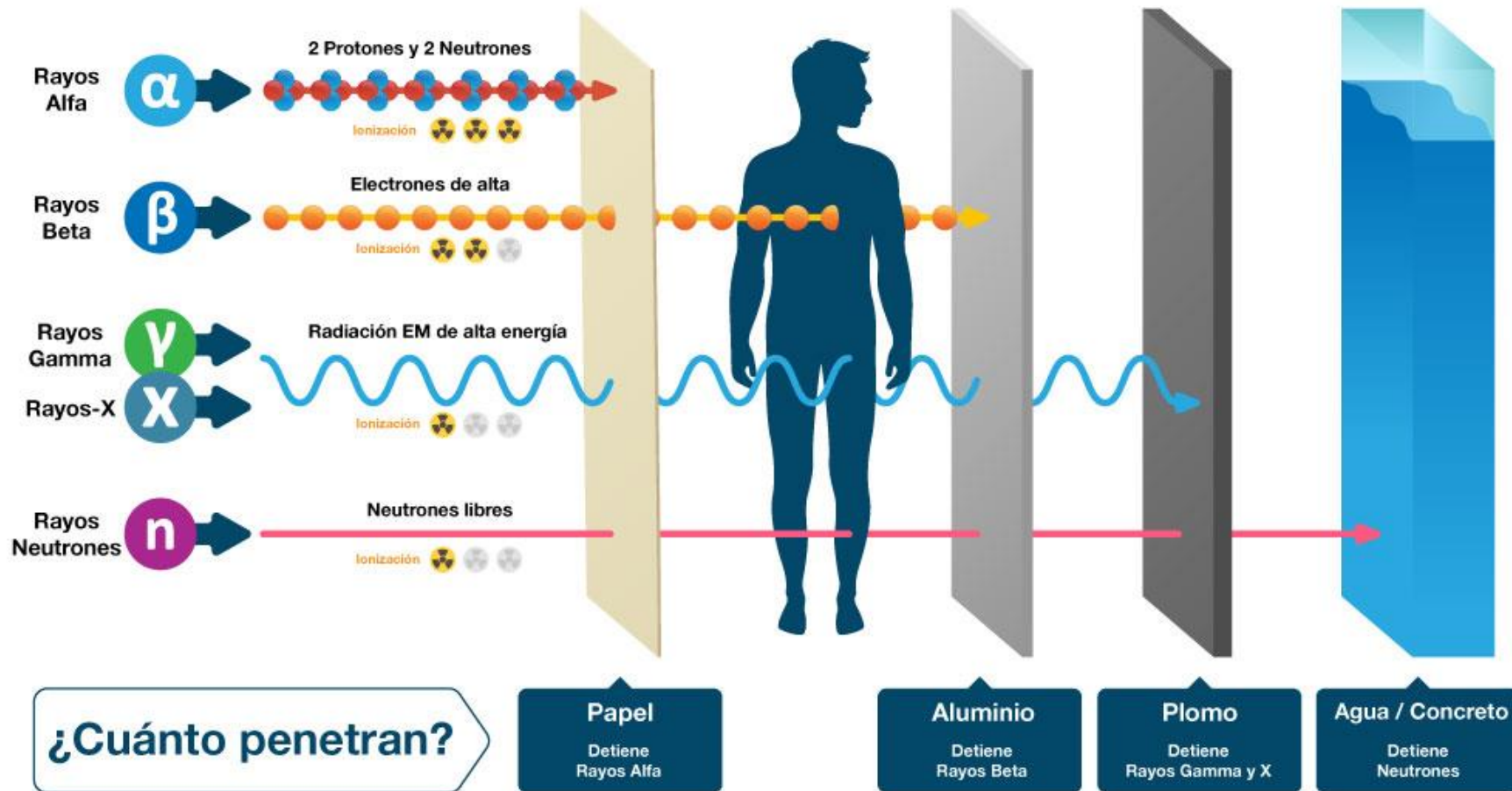
La **radiactividad** es el proceso por el cual un núcleo atómico inestable pierde energía mediante la emisión de radiación, como una partícula alfa, partícula beta o rayo gamma. Un material que contiene estos isótopos se considera radiactivo.

Es la única persona que ha recibido dos **Premios Nobel** en disciplinas diferentes, Física (junto a Pierre) y Química.



## Teorías Atómicas

# TIPOS DE RADIACIÓN

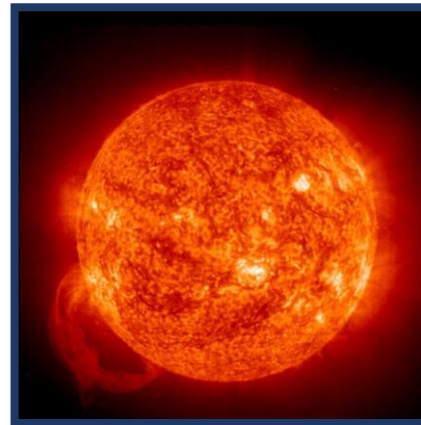
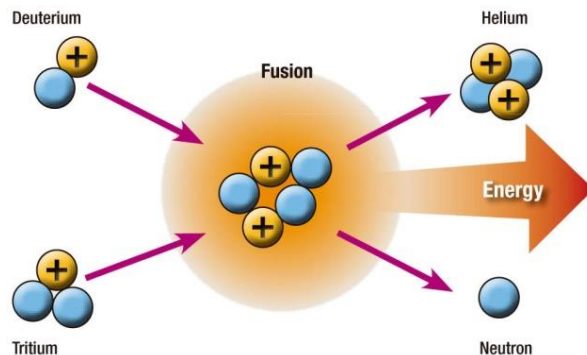


## Teorías Atómicas

### La Fisión y la Fusión nuclear

**Fusión nuclear:** proceso por el cual varios núcleos atómicos de carga similar se unen y forman un núcleo más pesado. Se obtiene energía al formar enlaces. Este proceso se produce continuamente **en el interior del Sol** y es el que da lugar a la radiación solar.

Este tipo de energía fue descubierta sobre la base de los experimentos de transmutación nuclear de Ernest Rutherford. **Mark Oliphant**, en 1932, observó por primera vez la **fusión de núcleos ligeros** (isótopos de hidrógeno). La investigación acerca de la fusión para fines militares se inició en la década de 1940 como parte del **Proyecto Manhattan**, pero no tuvo éxito hasta 1952.



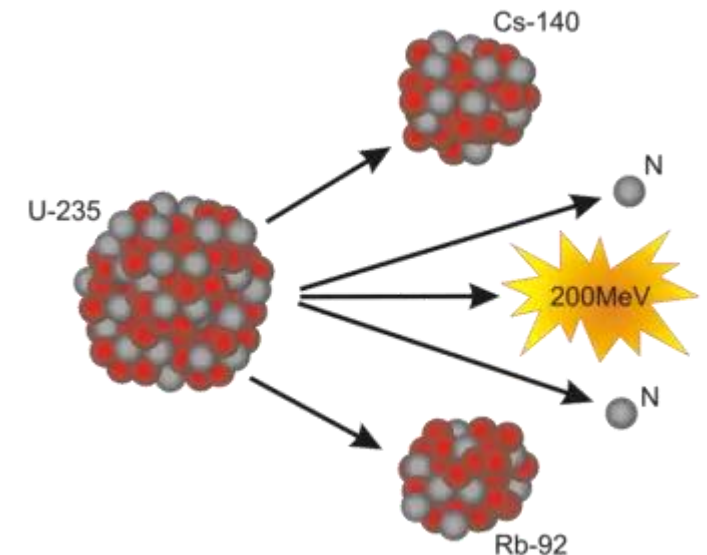
## Teorías Atómicas

### La Fisión y la Fusión nuclear

**Fisión nuclear:** proceso que ocurre cuando un núcleo pesado se divide en dos o más núcleos más pequeños. Se obtiene energía por rotura de enlaces.

La fisión nuclear de los elementos pesados fue descubierta el 17 de diciembre de 1938 por el alemán **Otto Hahn** y su ayudante Fritz Strassmann a propuesta de la física austro-sueca **Lise Meitner** que la explicó teóricamente en enero de 1939 junto con su sobrino Otto Robert Frisch.

Este proceso es utilizado en las centrales nucleares para producir energía térmica a partir de la rotura de enlaces de núcleos de **Uranio** enriquecido bombardeado por neutrones. El **plutonio**, que es un subproducto de los procesos de fisión del Uranio, se utiliza principalmente en la fabricación de **armas nucleares**.



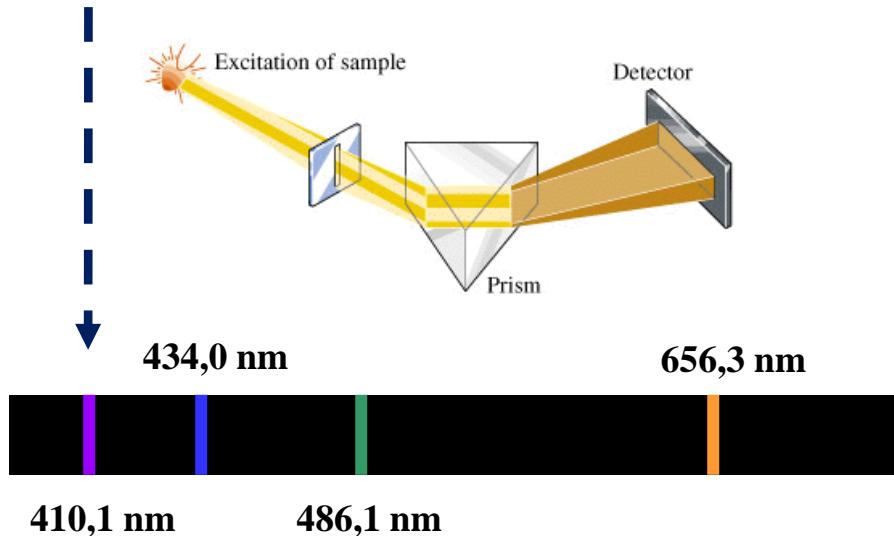


## Teorías Atómicas

### Los espectros de emisión y Balmer (1885)



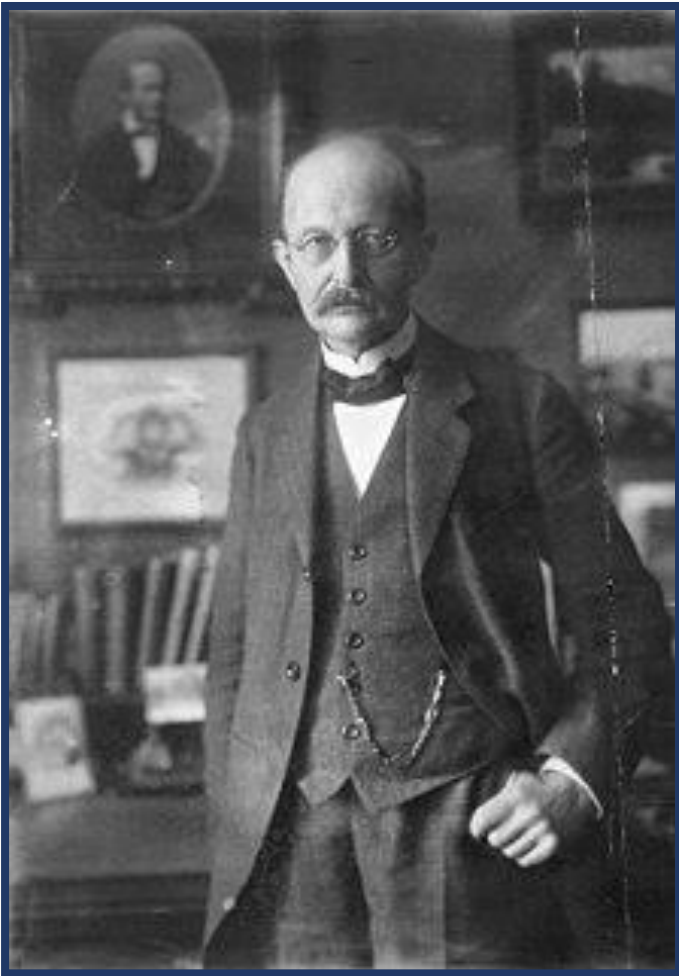
El **espectro de emisión** de un elemento químico o compuesto químico es el espectro de frecuencias de radiación electromagnética emitida debido a un átomo o molécula que realiza una transición de un estado de alta energía a un estado de menor energía. La energía fotónica emitida es igual a la **diferencia de energía** entre los dos estados.



El espectro de emisión **de cada elemento es único**. Por lo tanto, la espectroscopía se puede utilizar para **identificar los elementos** en materia de composición desconocida.



## Max Planck (1858-1947) y el comienzo de la física cuántica



**Planck** es considerado el fundador de la **teoría cuántica** y fue galardonado con el **Premio Nobel** de Física en 1918. En 1900 Planck formuló que la energía se irradia en pequeñas unidades separadas que llamamos **cuantos**.

$$E = n h f \quad \text{Energía discontinua} \rightarrow \text{Cuanto}$$

, donde  $h = 6,626 \cdot 10^{-34}$  Js. (constante de Planck)

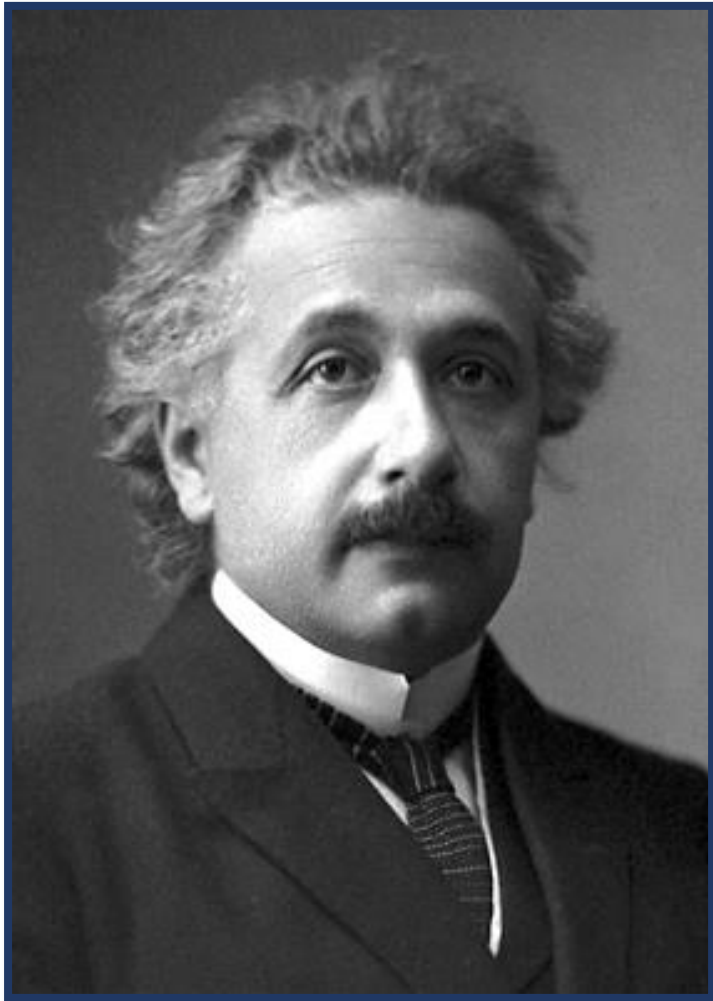
En 1901 descubrió la ley de la radiación electromagnética emitida por un cuerpo a una temperatura dada, denominada **Ley de Planck**, que explica el **espectro de emisión de un cuerpo negro**.



*Constituye una de las bases de la **Mecánica Cuántica**.*

## Teorías Atómicas

### Einstein (1879-1955) y la explicación cuántica del efecto fotoeléctrico



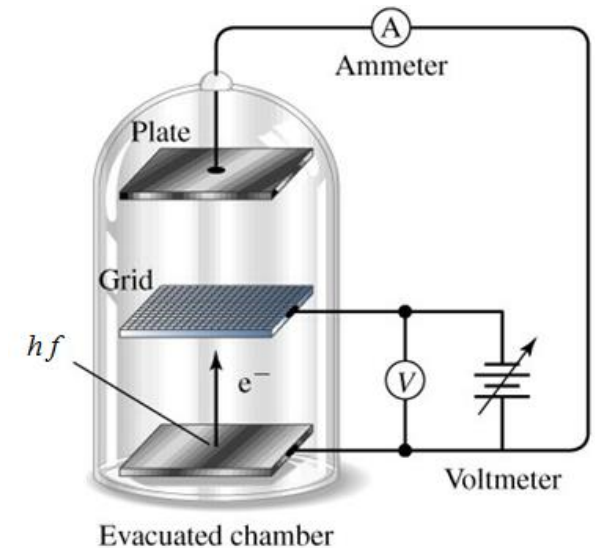
El **efecto fotoeléctrico**, descubierto por Heinrich **Hertz**, en 1887, fue explicado por **Albert Einstein**, quien publicó en 1905 el revolucionario artículo *Heurística de la generación y conversión de la luz*, basando su formulación de la fotoelectricidad en una extensión del trabajo sobre los cuantos de Max **Planck**. En 1921 fue galardonado con el **Premio Nobel** de Física.

Energía  
cinética de los  
fotoelectrones

Trabajo de  
Extracción

$$E_c = hf - hf_0$$

Energía del fotón  
incidente

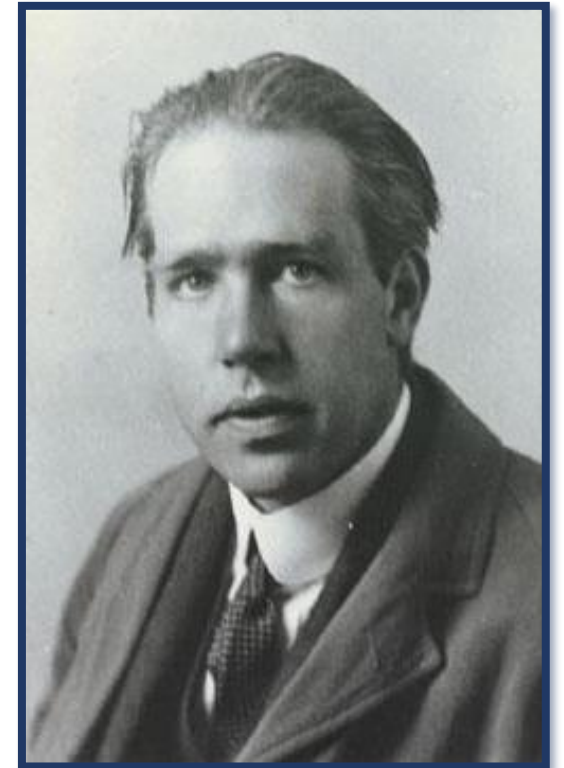
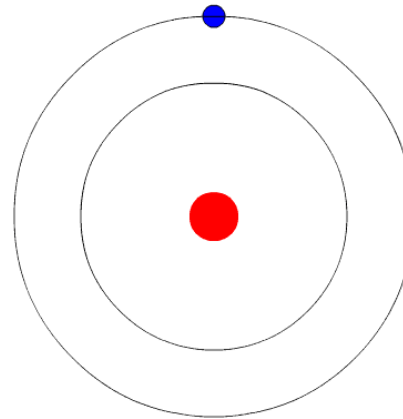
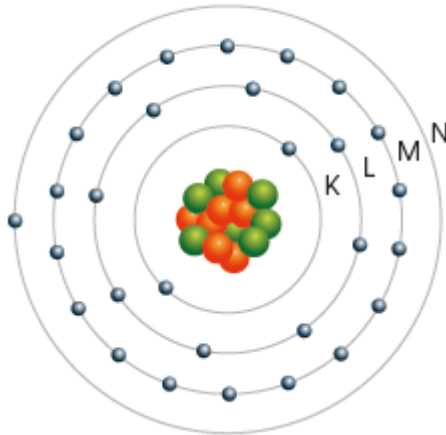


## Teorías Atómicas

### Niels Bohr (1885-1962) y el átomo de hidrógeno

En 1913 Niels **Bohr**, discípulo de Rutherford, propone un nuevo modelo para el **átomo de Hidrógeno** aplicando acertadamente la Teoría Cuántica de la radiación de Planck. En 1922 fue galardonado con el **Premio Nobel** de Física.

- El e- se mueve en órbitas circulares alrededor del núcleo
- Solo tiene un conjunto de órbitas permitidas: energía constante
- Solo puede pasar de una a otra órbita permitida: emite energía: cuanto

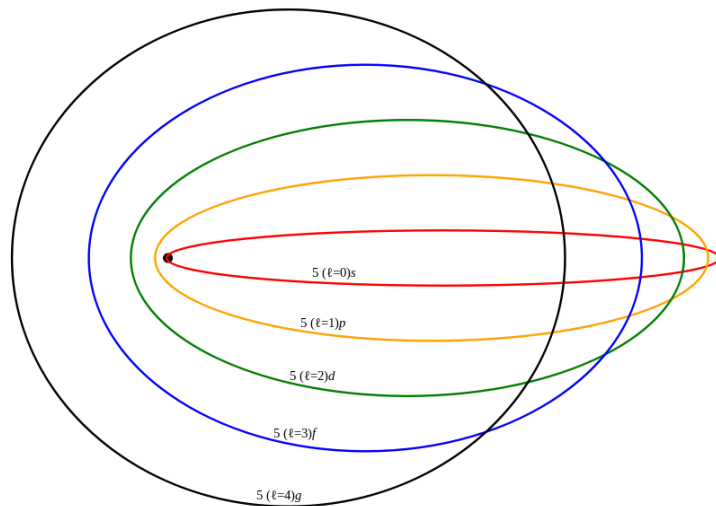




## Teorías Atómicas

### Arnold Sommerfeld (1868-1951)

El modelo propuesto por Sommerfeld modifica algunos de los postulados del modelo de Bohr. El núcleo del átomo no permanece inmóvil, sino que tanto el núcleo como el electrón se mueven alrededor del centro de masas del sistema, que estará situado muy próximo al núcleo. Esto permite que los electrones sigan **órbitas cuasi-elípticas** e incorpora varios **subniveles de energía** asociados a cada órbita.



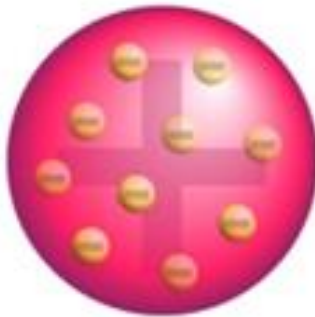
## Teorías Atómicas

### Modelos del Átomo



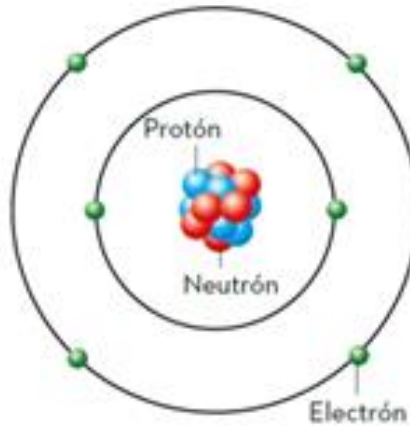
Dalton

1808  
Átomo: Esfera



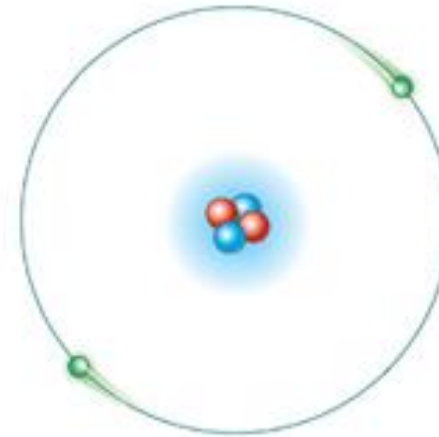
Thomson

1904  
Átomo: Pudín



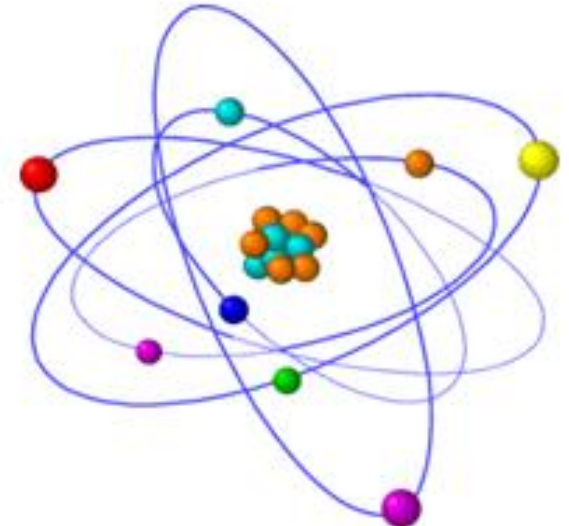
Rutherford

1911  
Átomo: Nuclear



Bohr

1913  
Átomo: Núcleo y Corteza



Sommerfeld

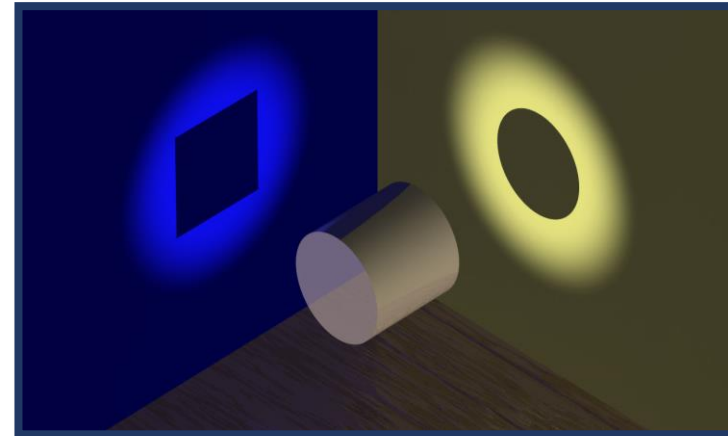
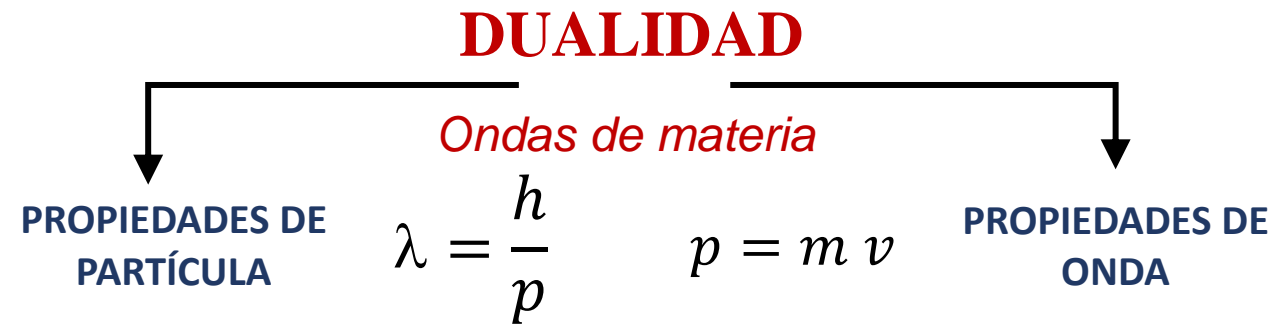
1916  
Átomo: Relativista

Física Clásica

Física Cuántica

## De Broglie y la dualidad onda-partícula (1924)

La **dualidad onda-partícula** es un “concepto de la mecánica cuántica según el cual no hay diferencias fundamentales entre **partículas** y **ondas**: las partículas pueden comportarse como ondas y viceversa” (Stephen Hawking, 2001). En 1929 **Louis-Victor de Broglie** fue galardonado con el **Premio Nobel** de Física.



## Mecánica Cuántica

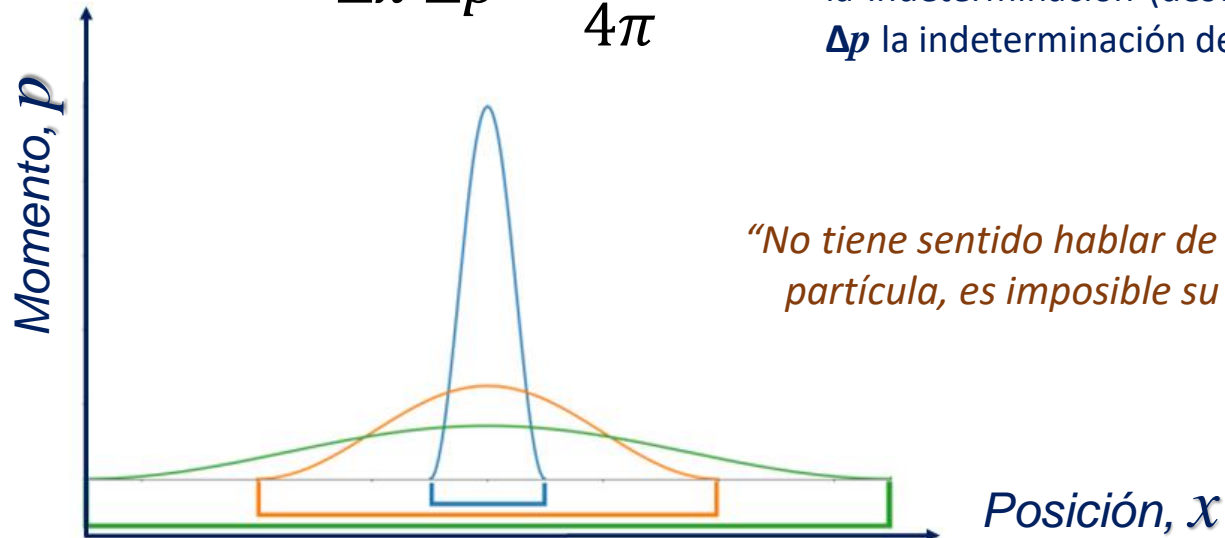
### Principio de incertidumbre de Heisenberg (1920)

En **Mecánica Cuántica**, la relación de indeterminación de **Heisenberg** o **principio de incertidumbre** establece la imposibilidad de que determinados pares de magnitudes físicas observables y complementarias sean conocidas con precisión arbitraria. En 1932 Werner Heisenberg recibió el **Premio Nobel** de Física.

#### Posición y momento

$$\Delta x \Delta p = \frac{h}{4\pi}$$

donde  $h = 6,626 \cdot 10^{-34}$  J. (constante de Planck),  $\Delta x$  es la indeterminación (desviación estándar) de la posición y  $\Delta p$  la indeterminación del momento.



*“No tiene sentido hablar de trayectoria de una partícula, es imposible su determinación”.*

$$\vec{P} = m \vec{V}$$





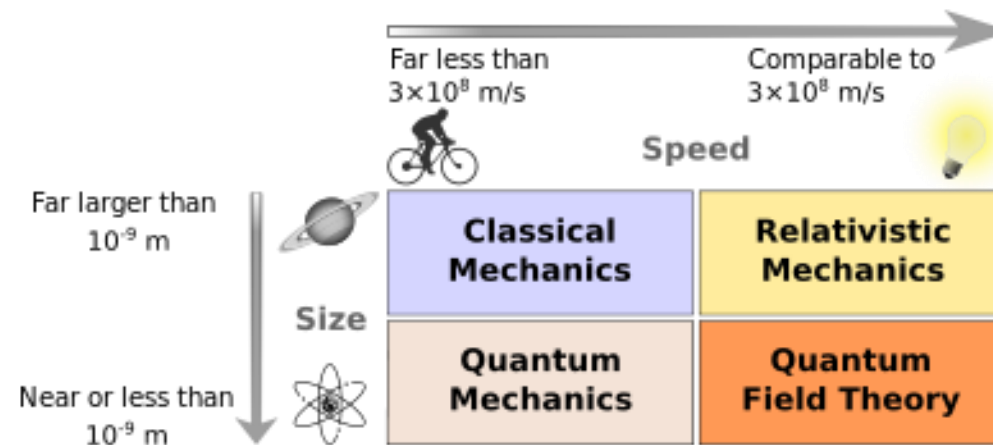
## Mecánica Cuántica

### Principio de incertidumbre de Heisenberg (1920)

Los **objetos de gran tamaño** como pelotas de golf y automóviles en movimiento obedecen las **leyes de la Mecánica Clásica**. (Leyes de Newton).

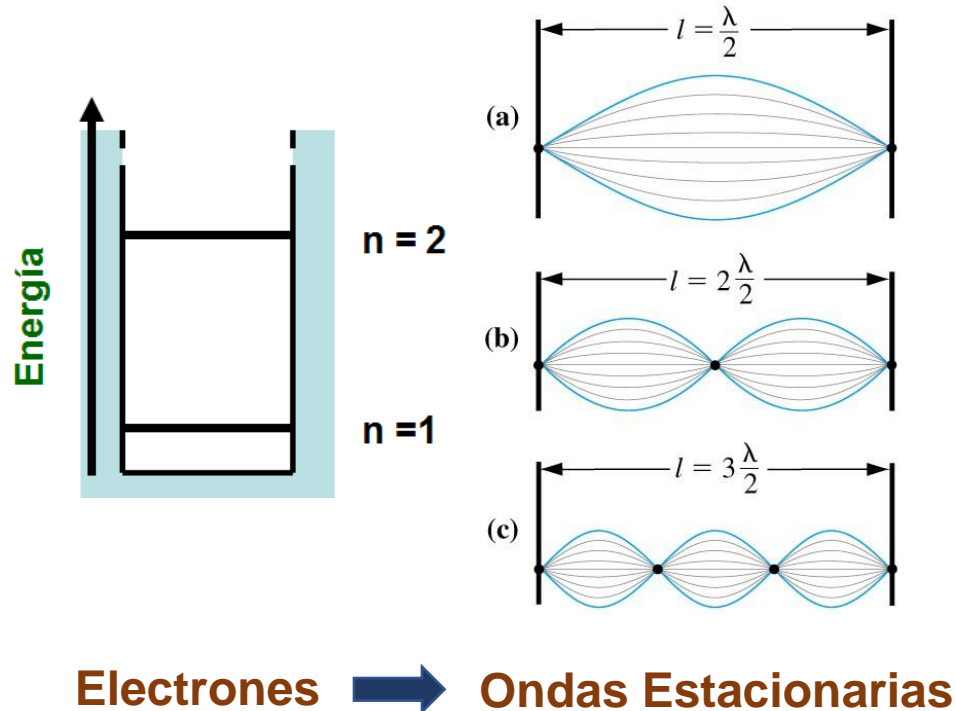
La **Mecánica Cuántica** describe el comportamiento de **partículas muy pequeñas** como electrones, átomos y moléculas, con mayor precisión, basándose en las propiedades ondulatorias de la materia.

*Uno de los principios fundamentales de la mecánica cuántica es la imposibilidad de determinar con exactitud la trayectoria que siguen los electrones al desplazarse en torno a un núcleo atómico.*



## Erwin Schrödinger y la función de onda (1926)

**Schrödinger** postuló que el electrón atrapado por la fuerza atractiva de un núcleo debiese ser similar a una onda estacionaria en la órbita, de la misma manera que lo es una onda de un instrumento de cuerda. Allí, cada cuerda está fija en ambos extremos y vibra para producir el tono musical. En 1933 fue galardonado con el **Premio Nobel** de Física.



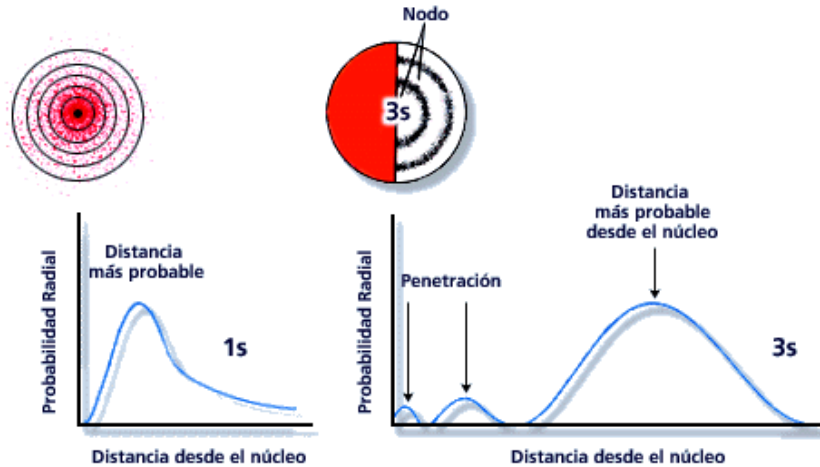
$$\Psi^2$$

Los electrones pueden considerarse como ondas de partículas similares a las ondas que se producen en las cuerdas de una guitarra.

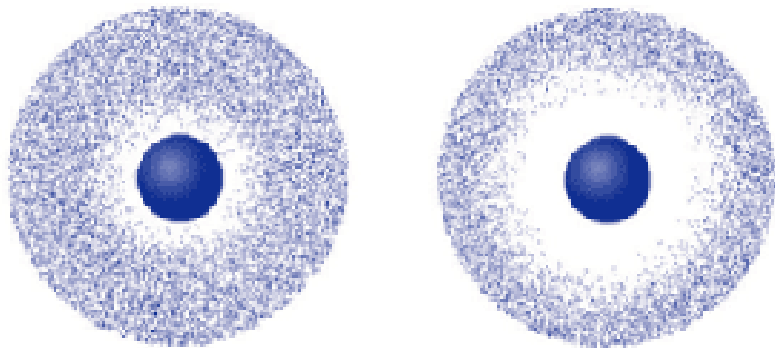


## Mecánica Cuántica

### Teoría atómica de Schrödinger y Heisenberg



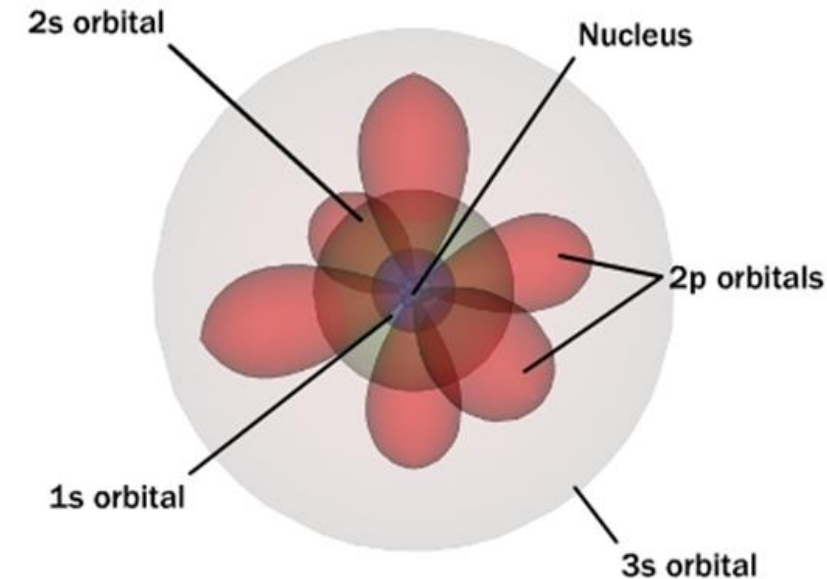
Según el **principio de incertidumbre**, el electrón se comporta como una onda y como una partícula y **no es posible conocer su trayectoria**. No considera el término órbita, está indeterminada (imposible de definir), sino **el orbital**, como la zona donde existe **mayor probabilidad de encontrar al electrón** en el átomo.



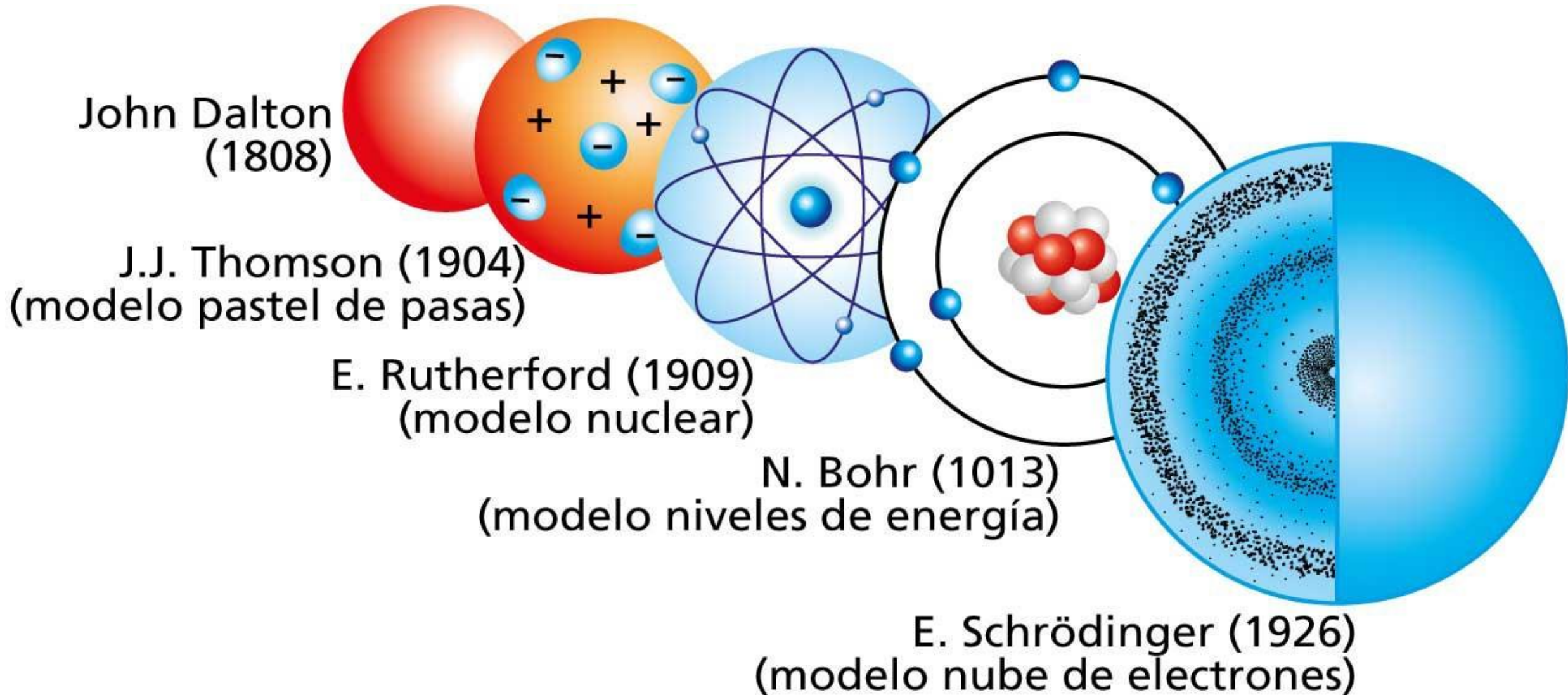
Orbital 1s

Orbital 2s

**PROBABILIDAD DE UBICAR UN  
ELECTRÓN DENTRO DEL ÁTOMO**



## Teorías Atómicas







Photographie Benjamin Couprie

28, Avenue Louise, Bruxelles

A. PICCARD	E. HENRIOT	ED. HERZEN	TH. DE DONDER	E. SCHROEDINGER	W. PAULI	W. HEISENBERG	R. H. FOWLER	L. BRILLOUIN
	P. EHRENFEST			E. VERSCHAFFELT				
P. DEBYE	M. KNUDSEN	W. L. BRAGG	H. A. KRAMERS	P. A.M. DIRAC	A. H. COMPTON	L. V. DE BROGLIE	M. BORN	N. BOHR
I. LANGMEIR	M. PLANCK	MADAME CURIE	H. A. LORENTZ	A. EINSTEIN	P. LANGEVIN	CH. E. GUYE	C. T. R. WILSON	O. W. RICHARDSON