

Tema 1

Estructura Atómica

Tema 1

Estructura atómica: modelo de la mecánica ondulatoria

1. **Las partículas del átomo: Electrón, protón, neutrón**
2. **Características del átomo: número atómico y masa atómica. Isótopos**
3. **Estabilidad de los núcleos: Radioactividad natural y artificial**
4. **La naturaleza ondulatoria del electrón**
 - ◆ **Dualidad onda-corpúsculo**
 - ◆ **Principio de indeterminación**
 - ◆ **Ecuación de Schrödinger**
6. **Onda asociada a una partícula**
7. **Funciones de onda para el hidrógeno e iones hidrogenoides**
8. **Átomos polielectrónicos**

1.1

LAS PARTÍCULAS DEL ÁTOMO

Los primeros descubrimientos Químicos



Lavoisier 1774

Ley de conservación de la masa.

Proust 1799

Ley de la composición constante.



Dalton 1803-1808

Teoría atómica.

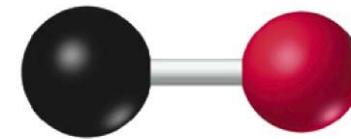
La teoría atómica de Dalton

- ① Cada elemento se compone de partículas diminutas denominadas átomos.
- ② Los átomos no pueden ni crearse ni destruirse durante una transformación química.
- ③ Todos los átomos de un elemento son semejantes.
- ④ Los compuestos se forman cuando los átomos de diferentes elementos se combinan.

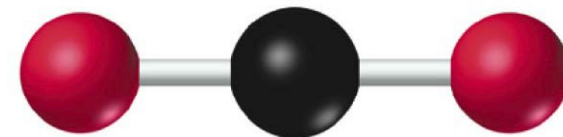
La teoría atómica de Dalton

- ◆ **Ley de las proporciones definidas:**
las combinaciones de elementos están en una relación de números enteros sencillos.

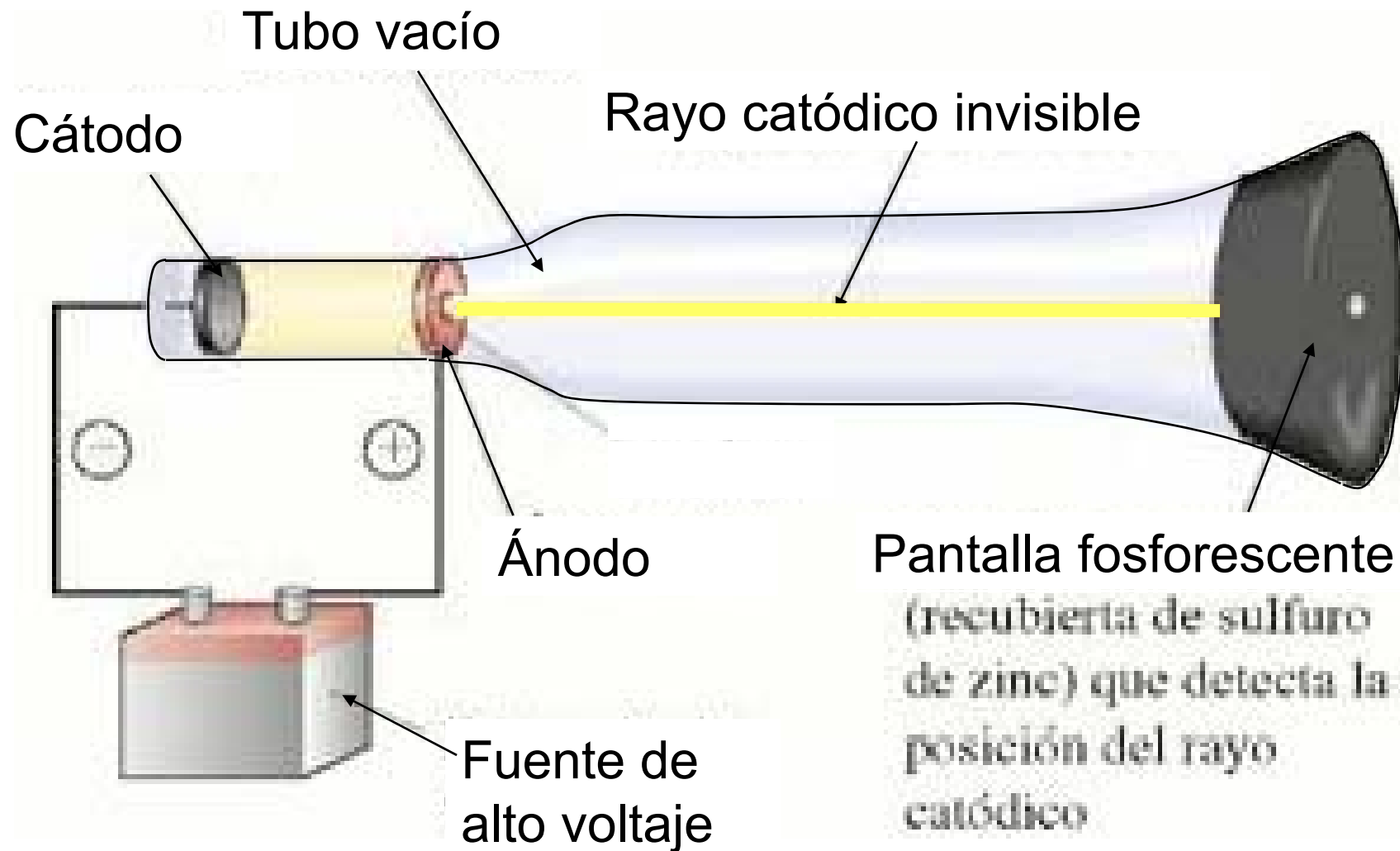
- **En la formación de monóxido de carbono, 1,33 g de oxígeno se combina con 1,0 g de carbono.**



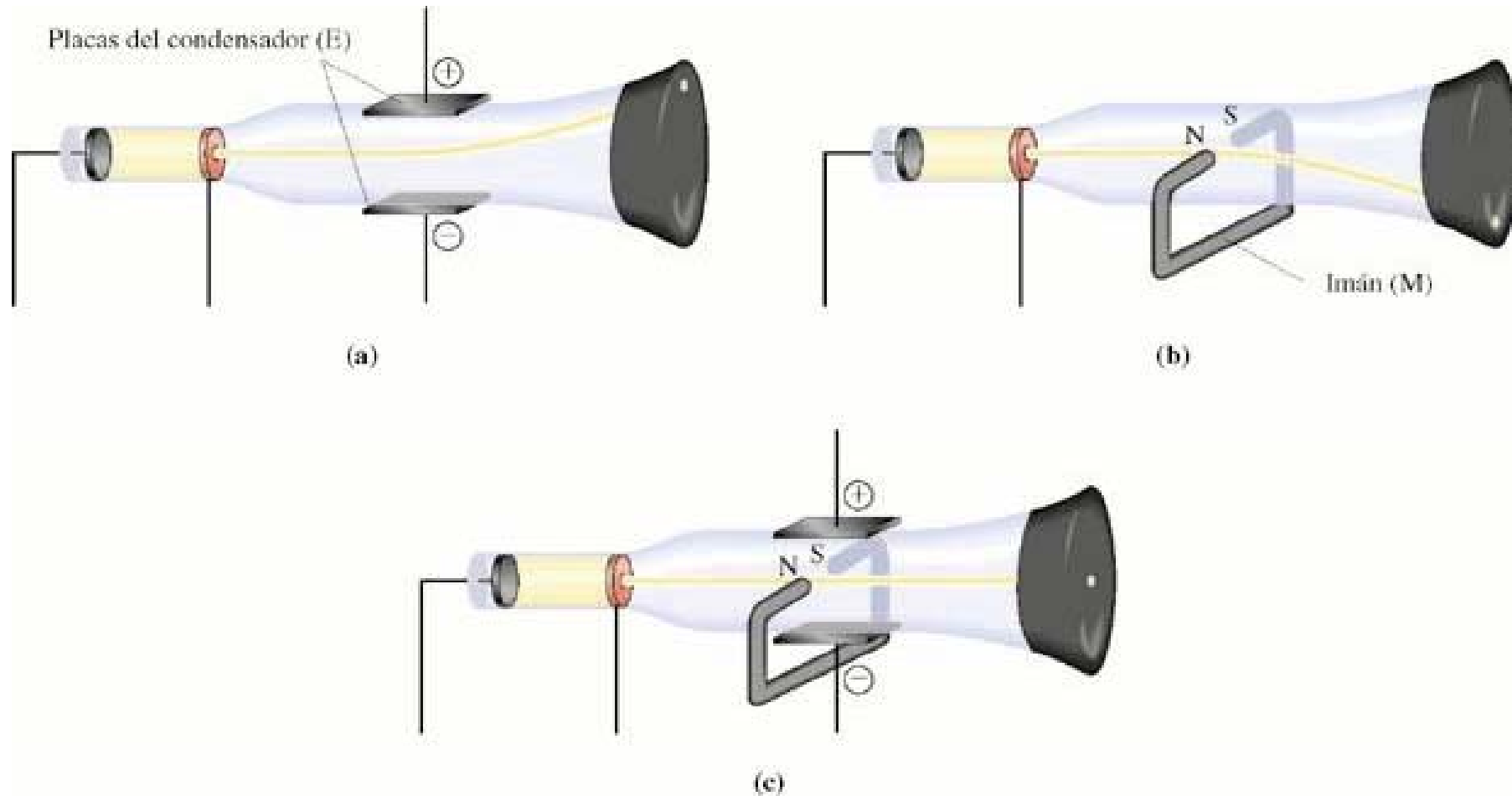
- **En la formación de dióxido de carbono, 2,66 g de oxígeno se combina con 1,0 g de carbono.**



Tubo de rayos catódicos

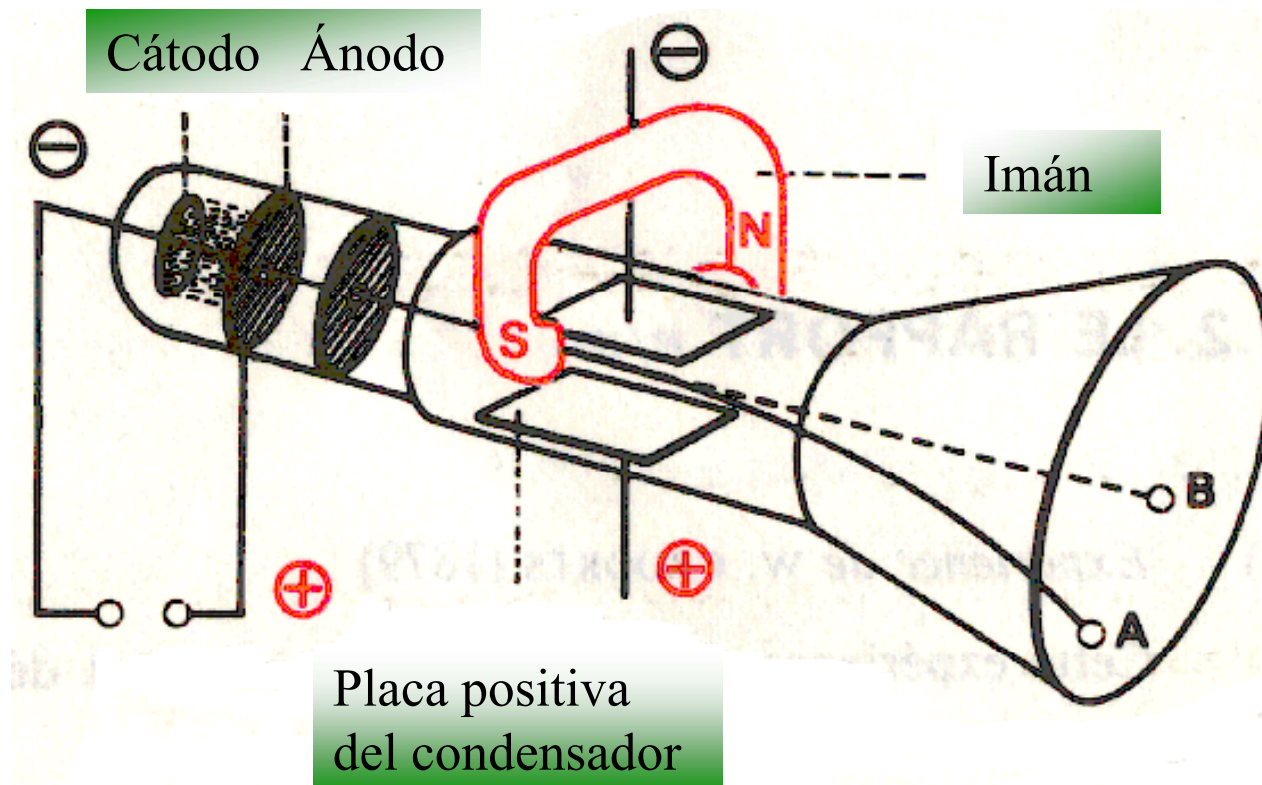


Tubo de rayos catódicos



Experimento de Thomson (1897)

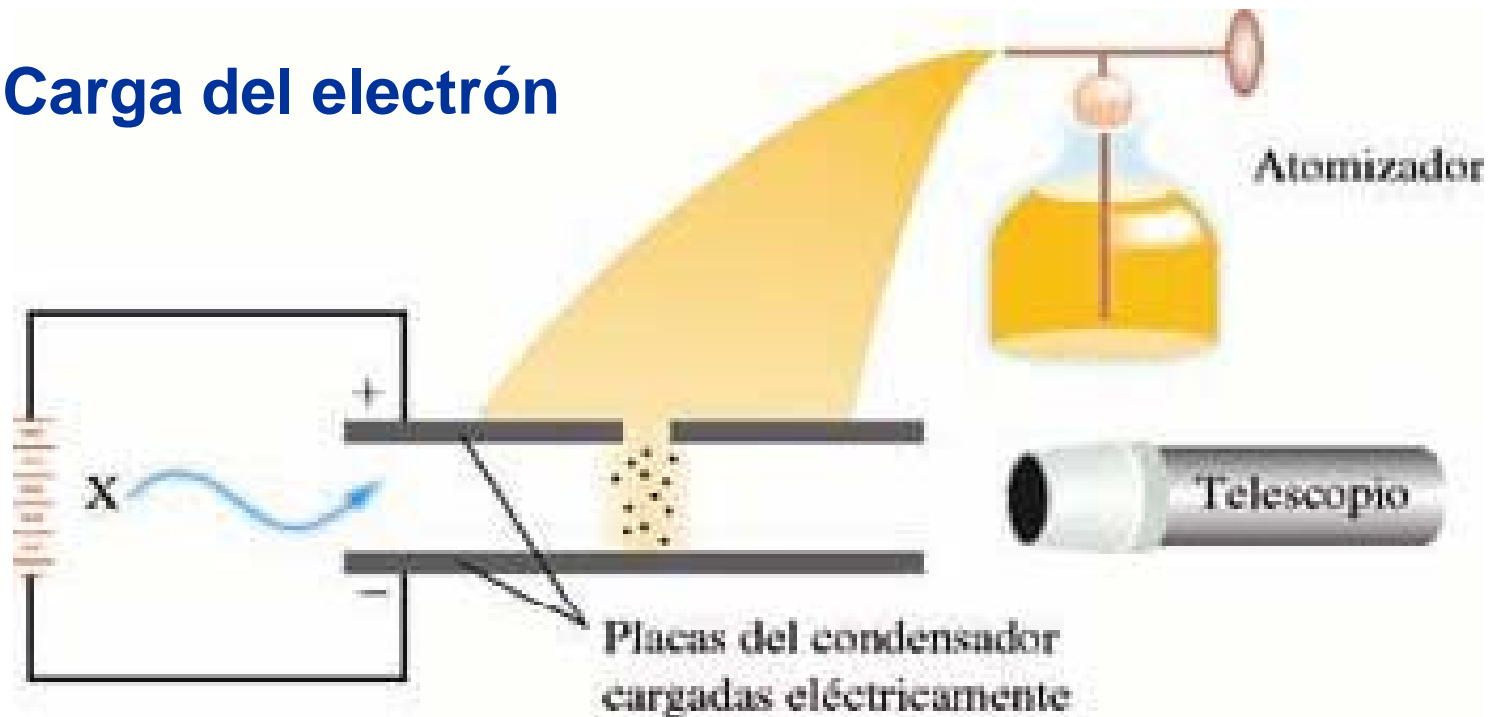
Relación e/m



$$e/m = 1,76 \times 10^{11} \text{ coulomb/kg}$$

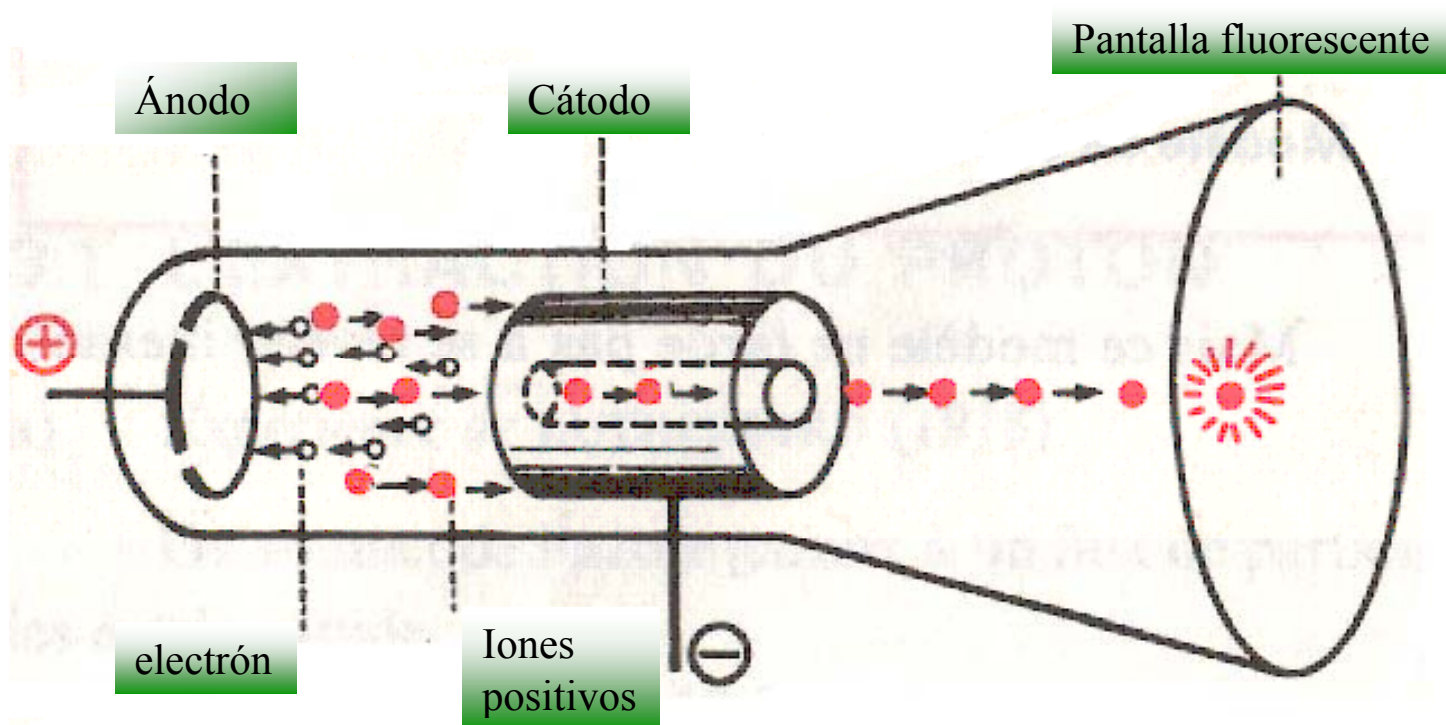
Experimento de Millikan (1909)

Carga del electrón



- Desde 1906 hasta 1914 Robert Millikan demostró que unas pequeñas gotitas de aceite ionizadas se pueden equilibrar frente a la fuerza de gravedad de un campo eléctrico.
- La carga es un múltiplo *entero* de la carga electrónica, e .

Experimento de Goldstein



∃ carga positiva en el átomo

La relación e/m es distinta para cada átomo

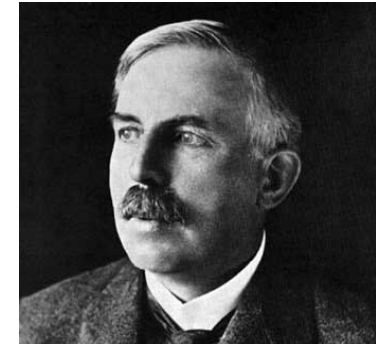
La radioactividad

La radiactividad es la emisión espontánea de radiación por una sustancia. **Antoine H. Becquerel**

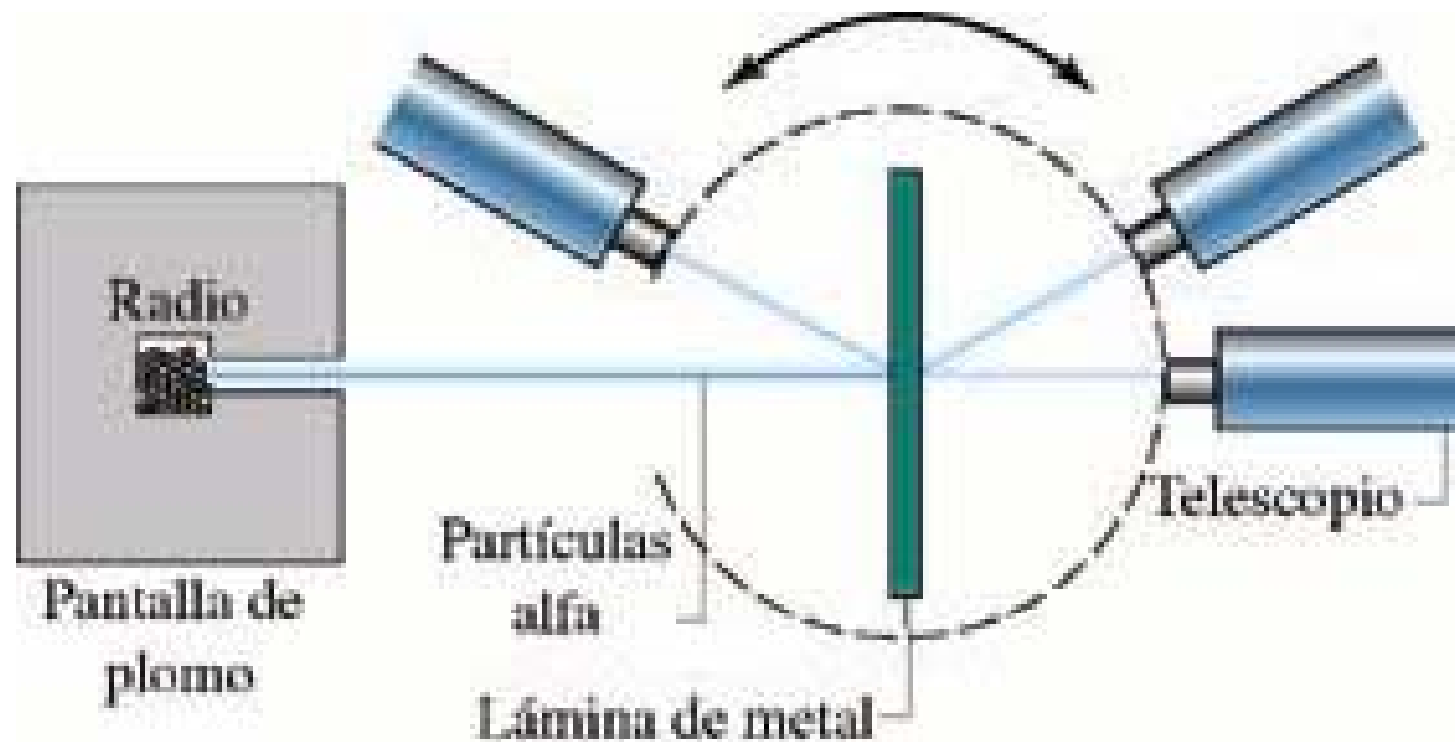
- Los rayos-X y los rayos gamma (γ) son radiaciones electromagnéticas de energía extremadamente alta y penetrante.
- Las partículas alfa son idénticas a los iones He^{2+} .
- Las partículas beta son producidas por transformaciones que ocurren dentro de los núcleos de los átomos radiactivos y tienen las mismas propiedades que los electrones.

El átomo nuclear

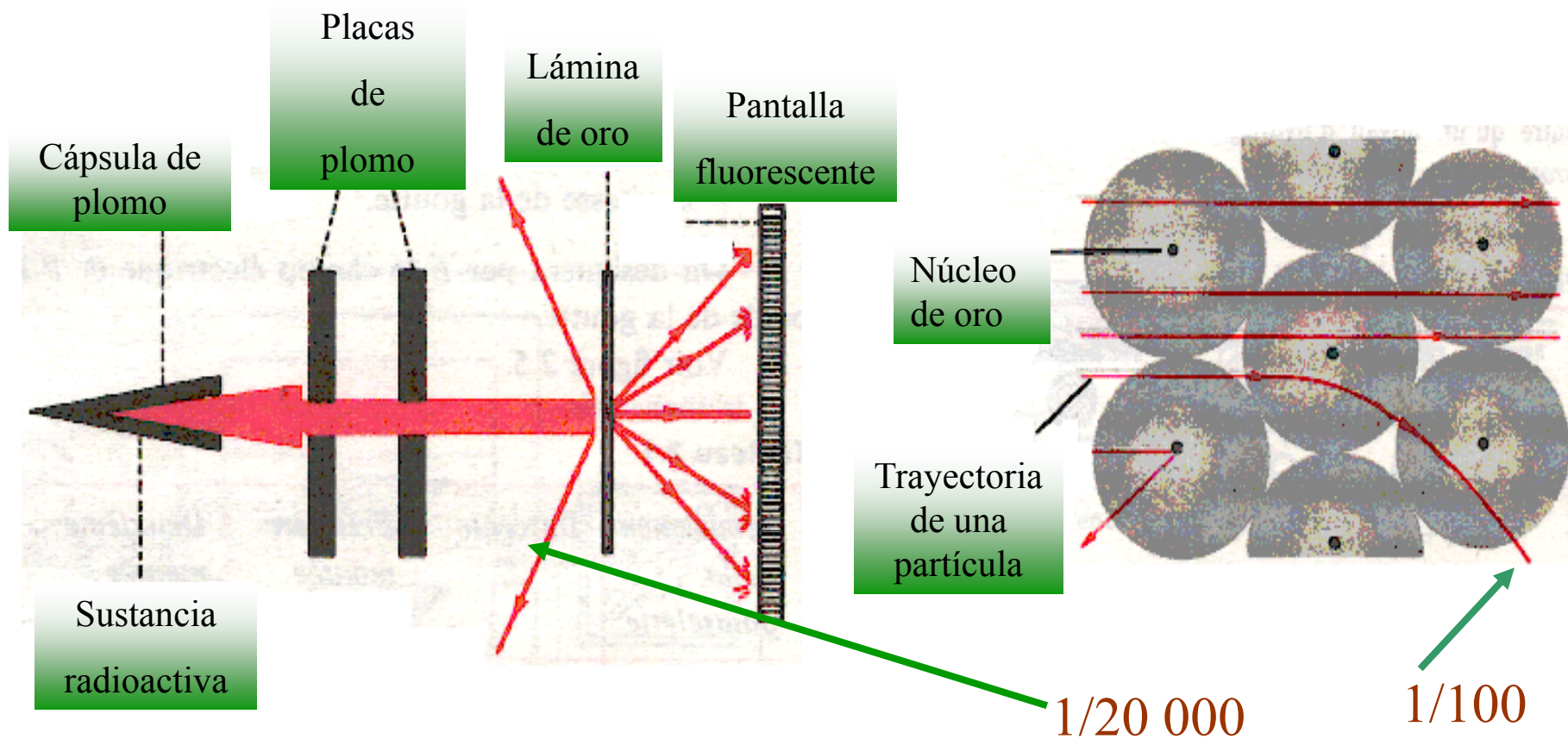
Experimento de Geiger y Rutherford 1909



Ernest Rutherford



El átomo nuclear



$$r_N \approx 10^{-14} \text{ m}$$

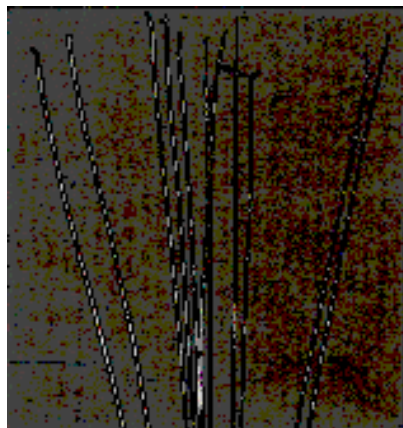
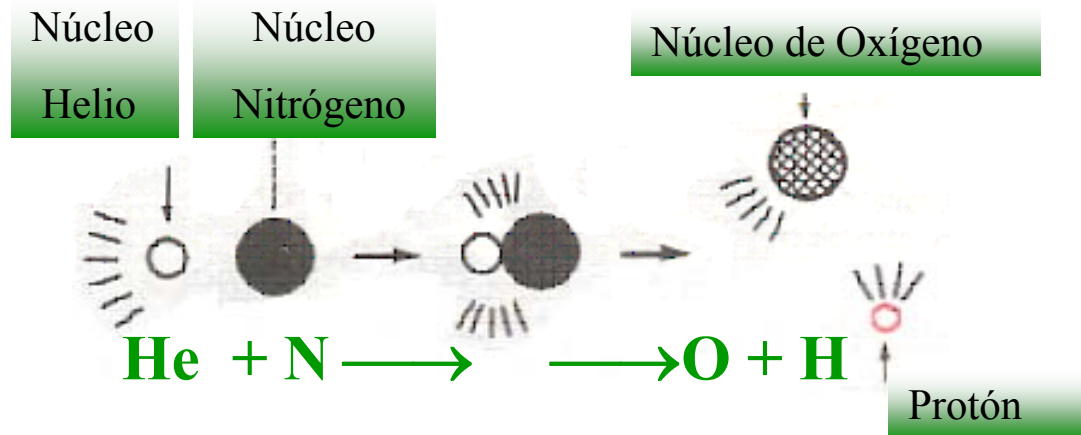
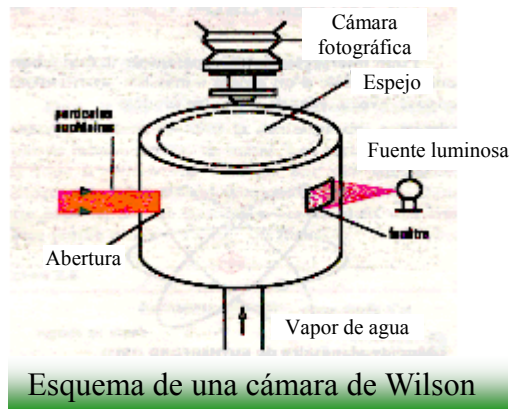
$$r_A \approx 10^{-10} \text{ m}$$



$$\frac{r_N}{r_A} = \frac{1}{10000}$$

El protón

Rutherford 1918



Trazos de las partículas α en la cámara de Wilson



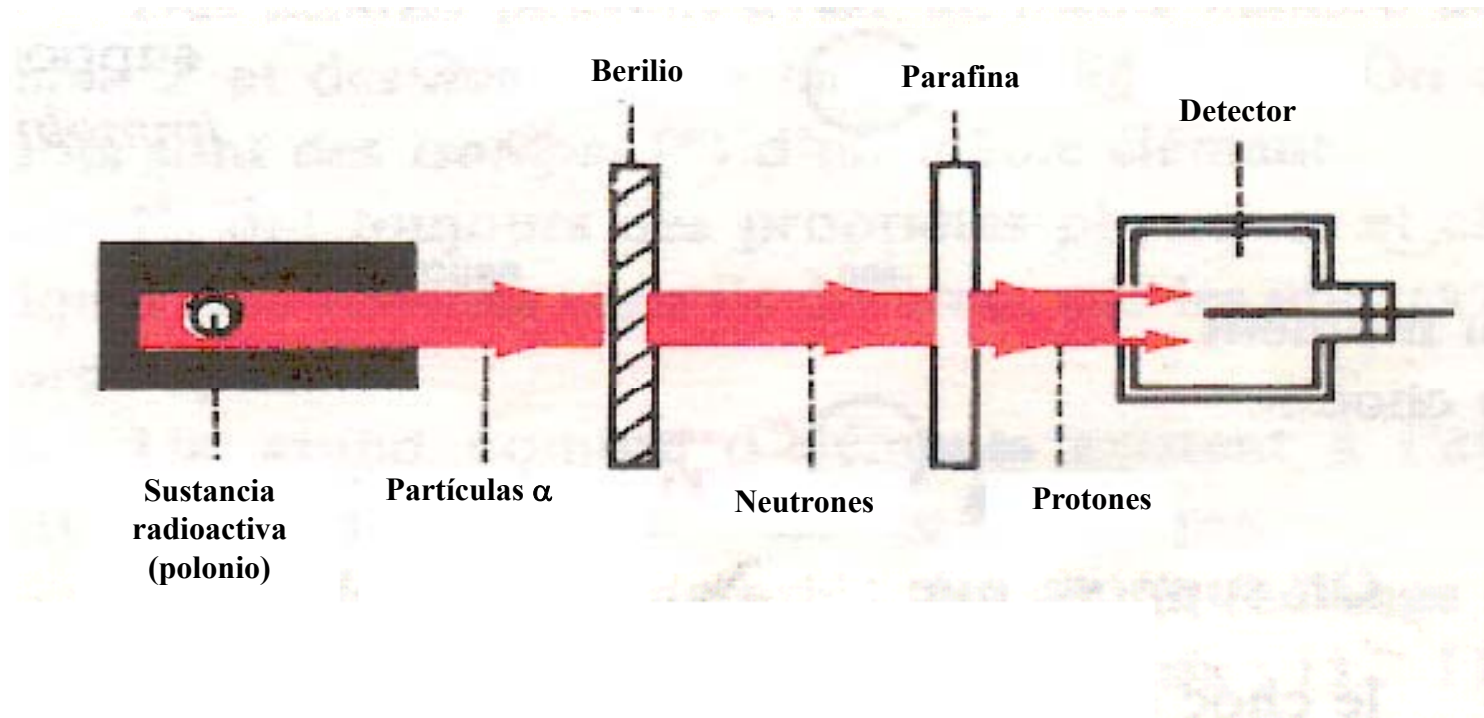
Impresión en la cámara de Wilson
a) Protón rápido b) Protón lento

$$q_p = +e = 1,602 \times 10^{-19} \text{C}$$

$$m_p = 1,6725 \times 10^{-27} \text{ kg } (\sim 1/2 \text{ masa átomo})$$

El neutrón

Chadwick, 1930



Experiencia de Chadwick (1930)

$$q_n = 0 \text{ C}$$

$$m_n = 1,6748 \cdot 10^{-27} \text{ kg } (\sim \text{masa del protón})$$

1.2

CARACTERÍSTICAS DEL ÁTOMO: número atómico y masa atómica

Estructura Nuclear

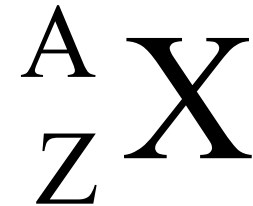
Diámetro atómico: 10^{-8} cm = 1 Å Diámetro nuclear 10^{-13} cm

Partícula		Carga (C)	Carga relativa	Masa (UMA)
Electrón	${}_{-1}^0 \text{e}$	$-1,6 \cdot 10^{-19}$	-1	0,0005486
Protón	${}_{1}^1 \text{p}$	$1,6 \cdot 10^{-19}$	1	1,0072785
Neutrón	${}_{0}^1 \text{n}$	0	0	1,0086654

Masa de un elemento químico \neq masa de los átomos con ese Z

$$\Rightarrow 1 \text{ UMA} = 1/12 {}^{12}\text{C} = 1/N \text{ g} = 1/6,023 \times 10^{23} = 1,66 \times 10^{-24} \text{ g}$$

Números Atómicos



número p + número n \rightarrow $\frac{A}{Z}X$ ← símbolo del elemento
 número p \rightarrow

Número atómico: Z (Nº de protones)

Número másico: A (Nº de protones + Nº de neutrones)

Carga del núcleo = $+Ze$

Isótopo

Isótopos = Z pero $\neq A$

Masa de un elemento químico = $\sum_i x_i M_i$

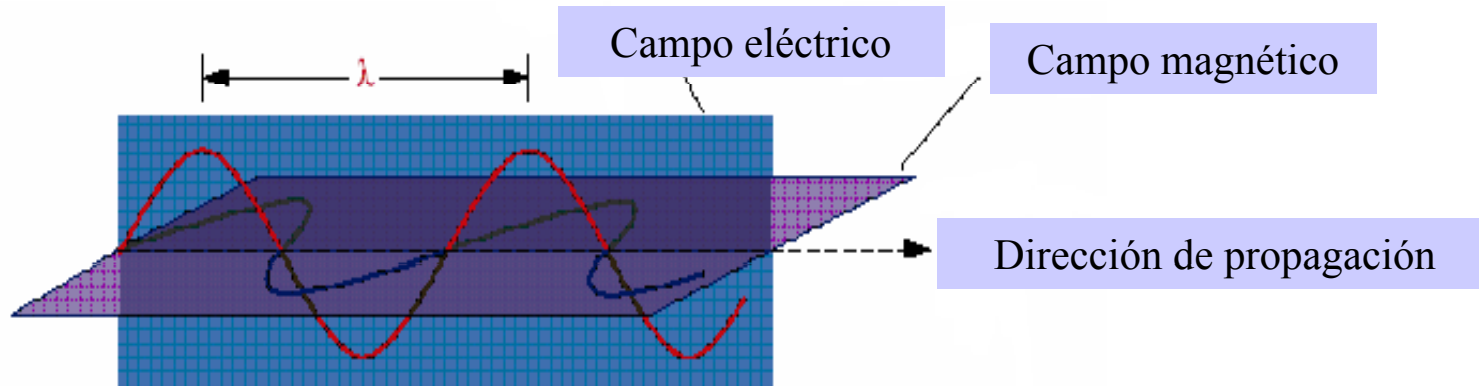
Isótopo	^{24}Mg	^{25}Mg	^{26}Mg
Abundancia (%)	78,6	10,11	11,29
Masa (UMA)	23,985045	24,98584	25,982591

Masa atómica del **Mg** = $(0,786 \times 23,9850) + (0,1011 \times 24,986) + (0,1129 \times 25,9826) = \mathbf{24,31}$ UMA

1.5

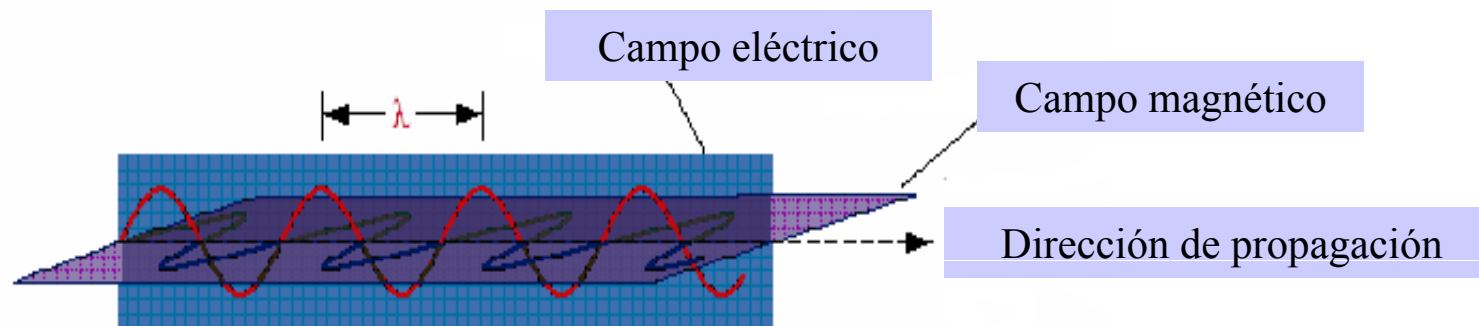
LA NATURZA ONDULATORIA DEL ELECTRÓN

Radiación Electromagnética



(a)

Longitud de onda alta \rightarrow Frecuencia baja



(b)

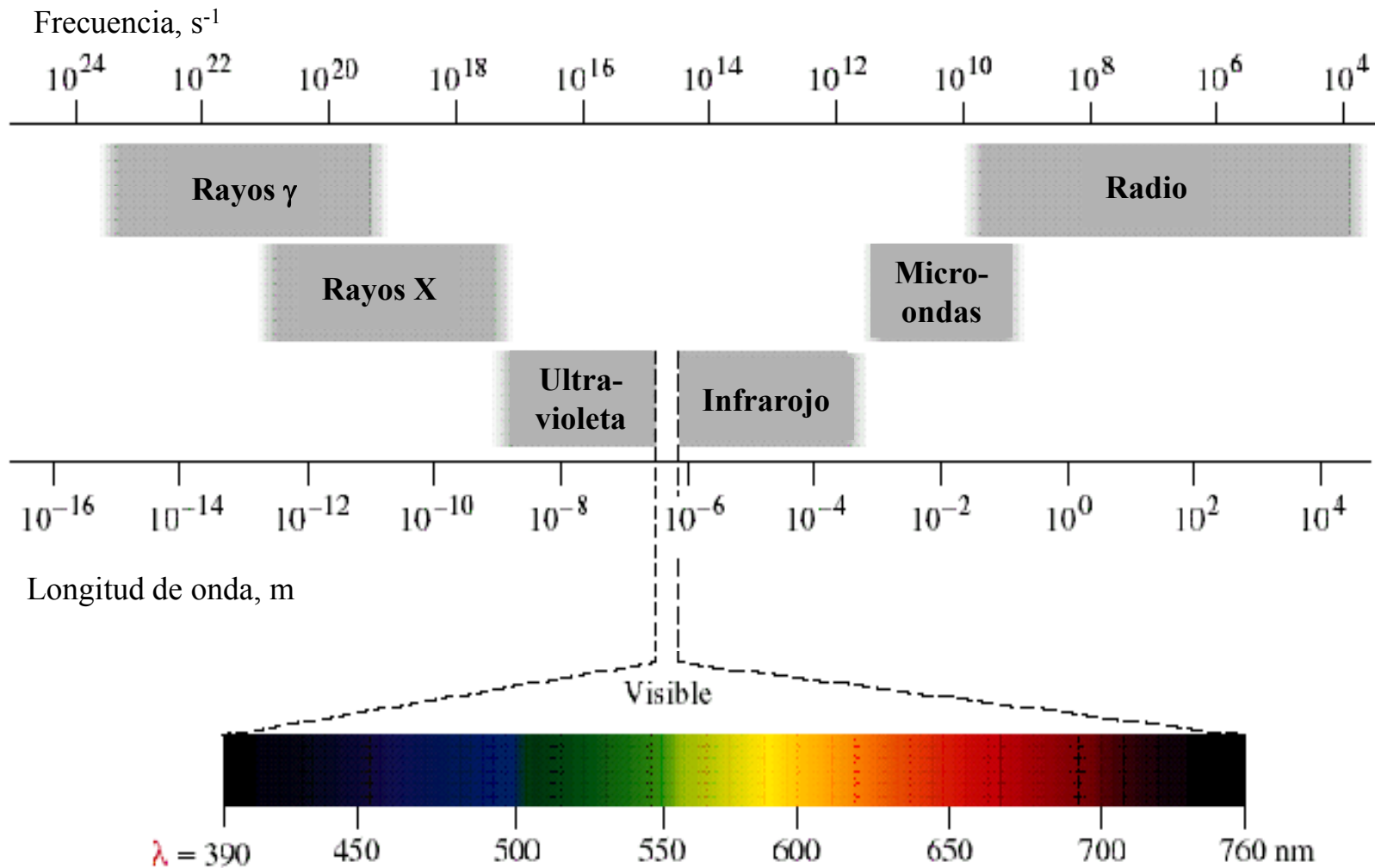
Longitud de onda baja \rightarrow Frecuencia alta

Refracción de la Luz

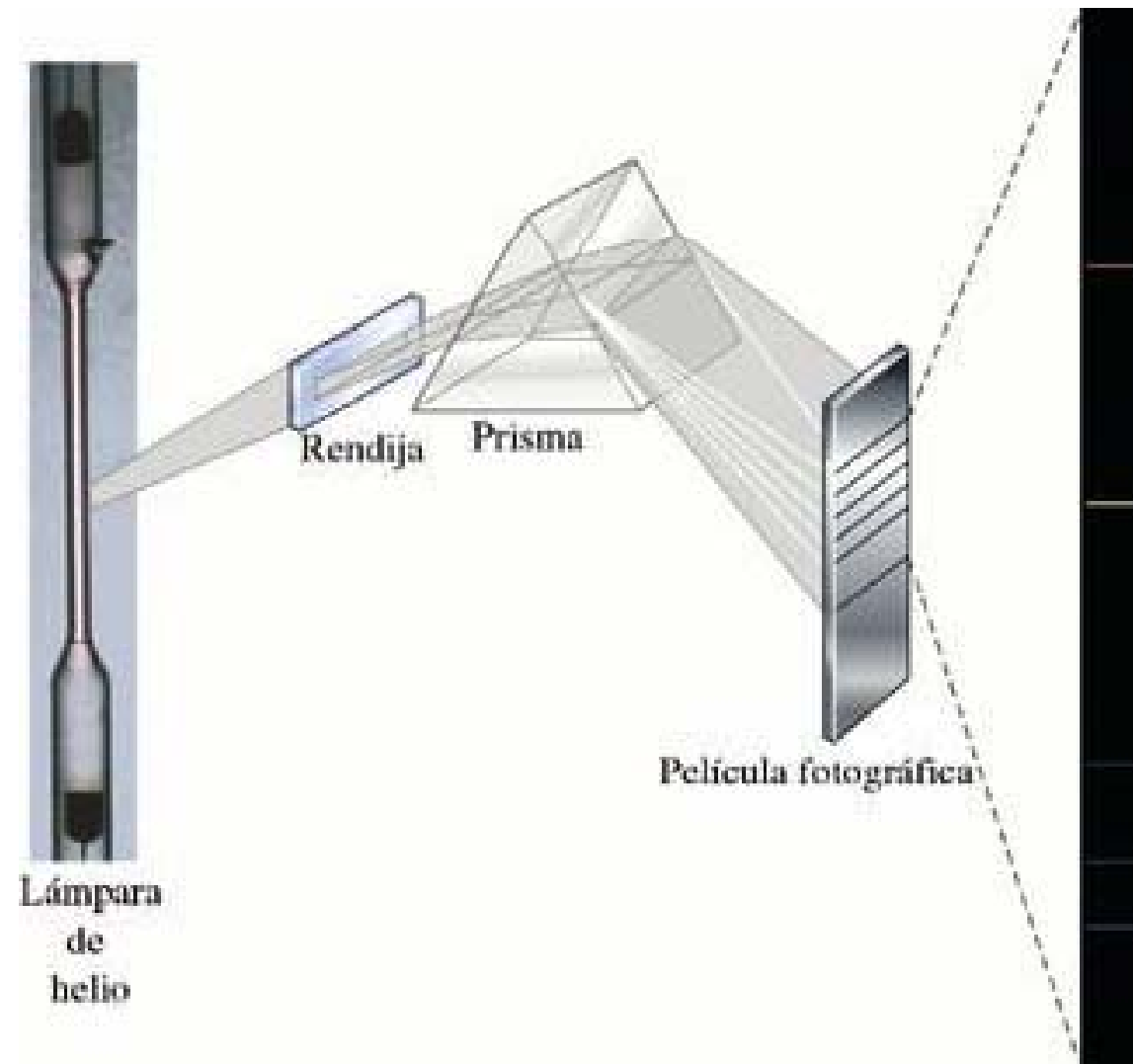


La Luz es una onda

El espectro electromagnético



El espectro Atómico



Teoría Cuántica

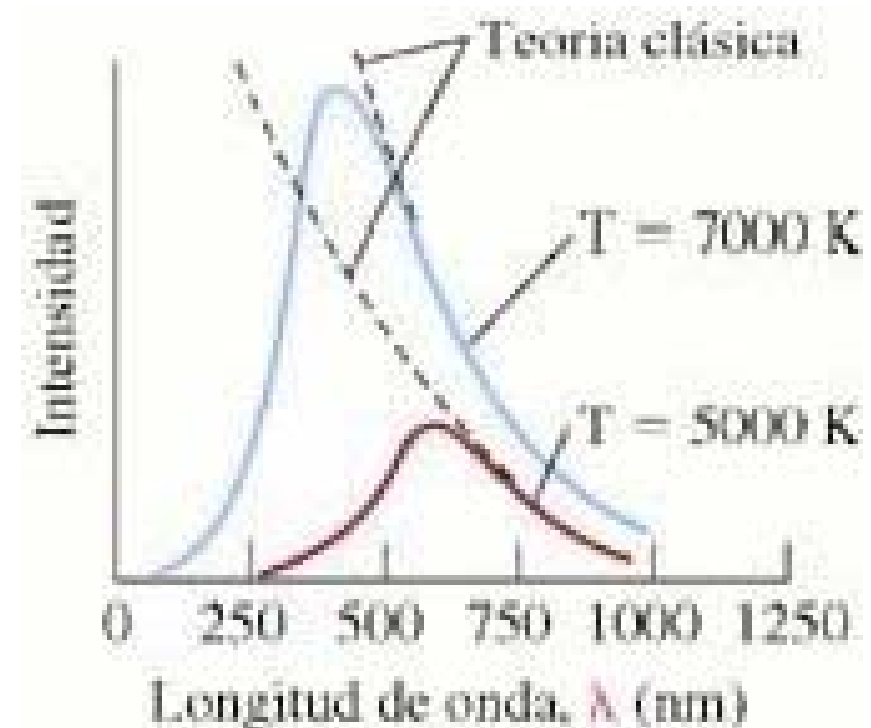
Radiación del cuerpo negro



Max Planck, 1900:

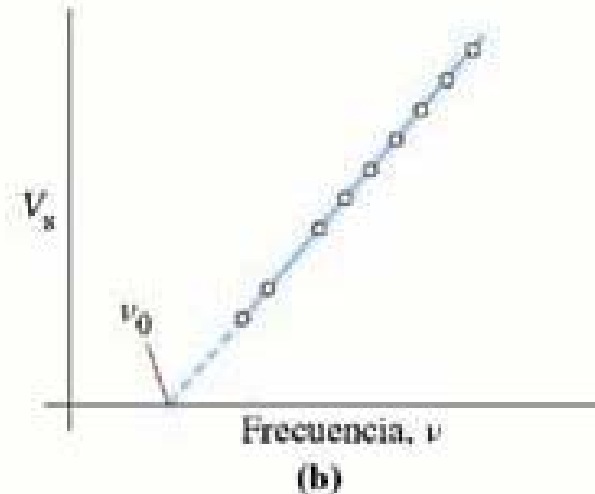
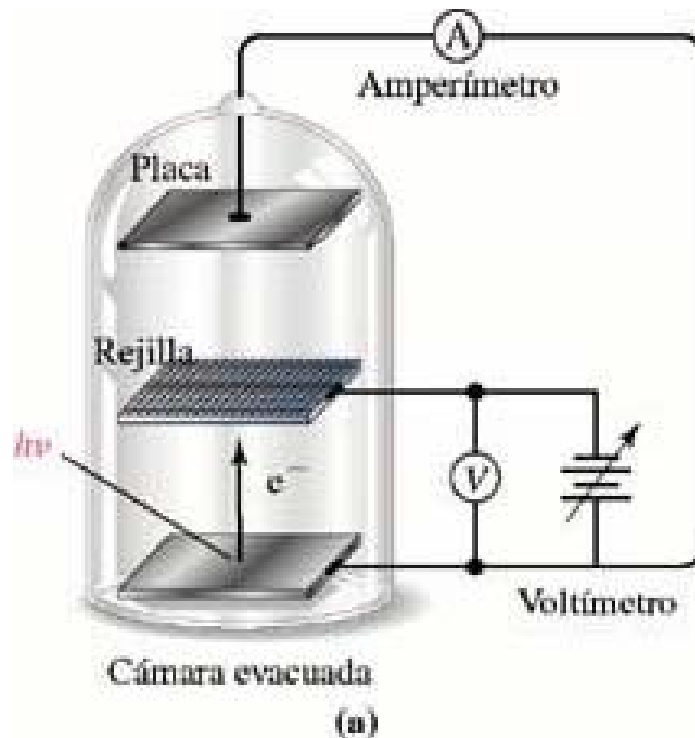
La energía, como la materia, es discontinua.

$$E = h\nu = h(c / \lambda)$$



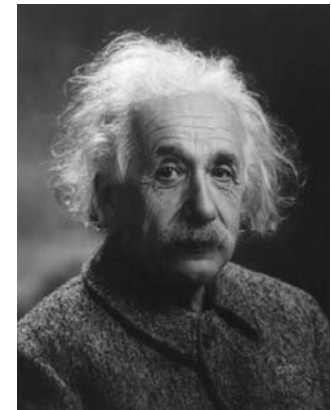
El Efecto Fotoeléctrico

Cuando la luz choca con la superficie de ciertos metales, se emiten electrones



- $\nu > \nu_0 \longrightarrow$ Frecuencia umbral

Dualidad Onda - Corpúsculo



¿Es una partícula?

FOTÓN

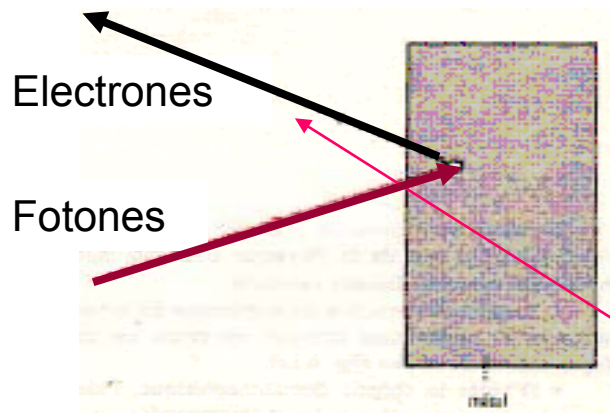
Planck

$$E = h\nu = hc/\lambda$$

Einstein, 1905: $E = mc^2 \Rightarrow m = h\nu/c^2$

Efecto Fotoeléctrico:

$$\lambda = h/mc$$



$$E_c = \frac{1}{2} mv^2 = h\nu - h\nu_0 = h(\nu - \nu_0)$$

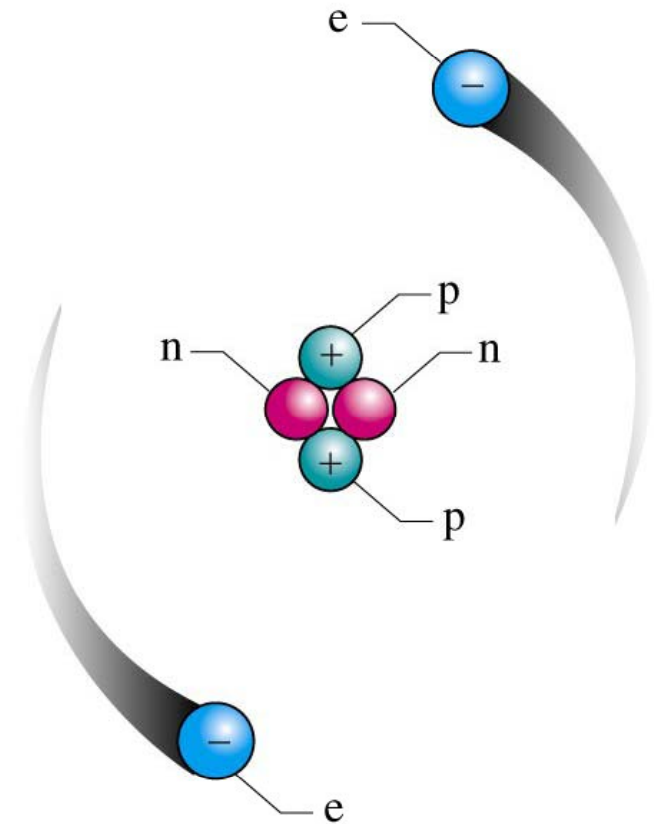
El modelo de Bohr (1913)

Postulados:

-Los electrones giran alrededor del núcleo describiendo órbitas circulares estacionarias sin absorber ni emitir energía.

-Sólo son posibles aquellas órbitas en las que el momento cinético del electrón sea múltiplo del cuanto de acción de Planck,

-Si un electrón cambia de órbita absorbe o emite energía en forma de radiación electromagnética,



$$\Delta E = E_2 - E_1 = h \nu$$

El átomo de Bohr

$$E = \frac{-R_H}{n^2}$$

$$R_H = 2,179 \times 10^{-18} \text{ J}$$

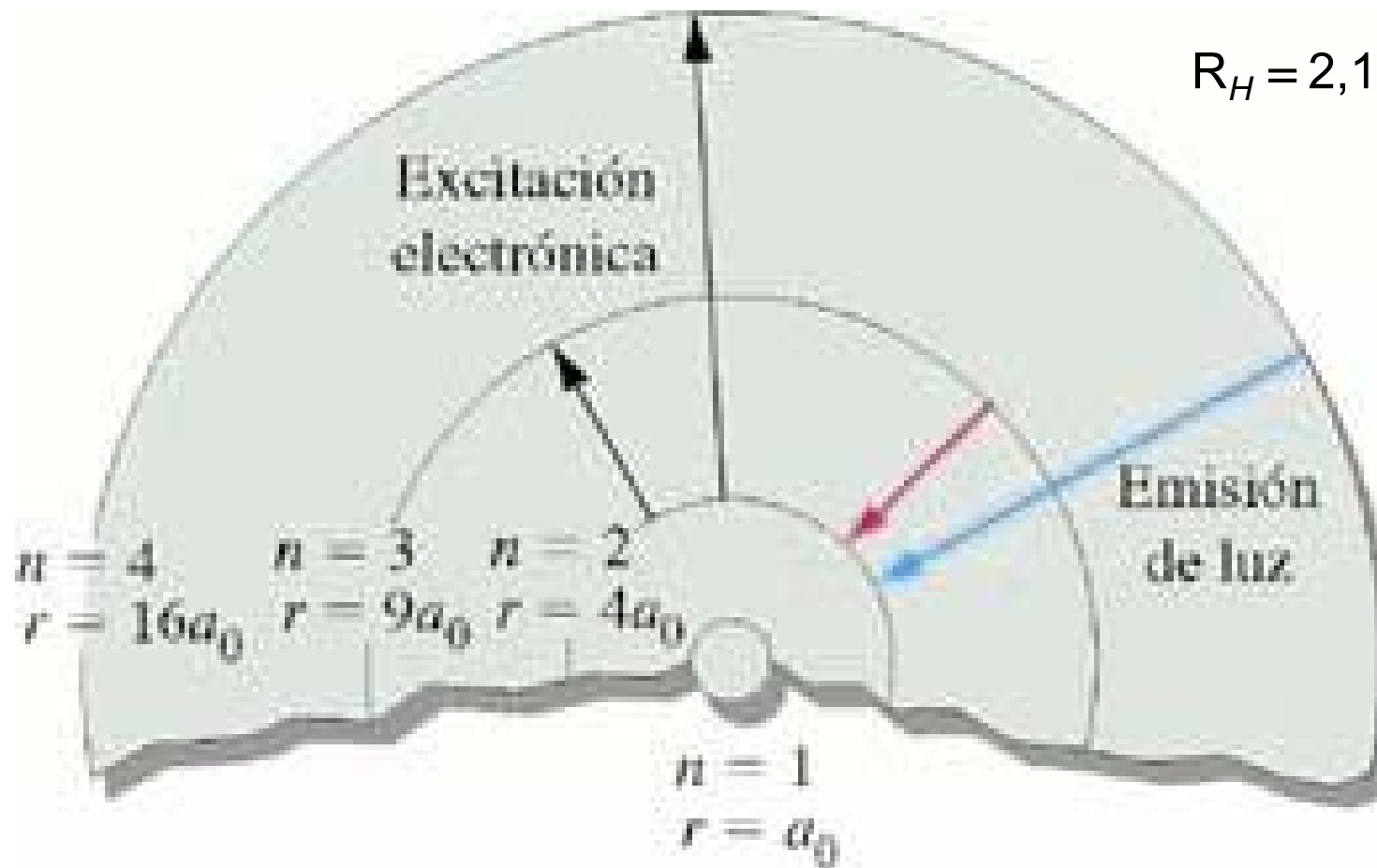
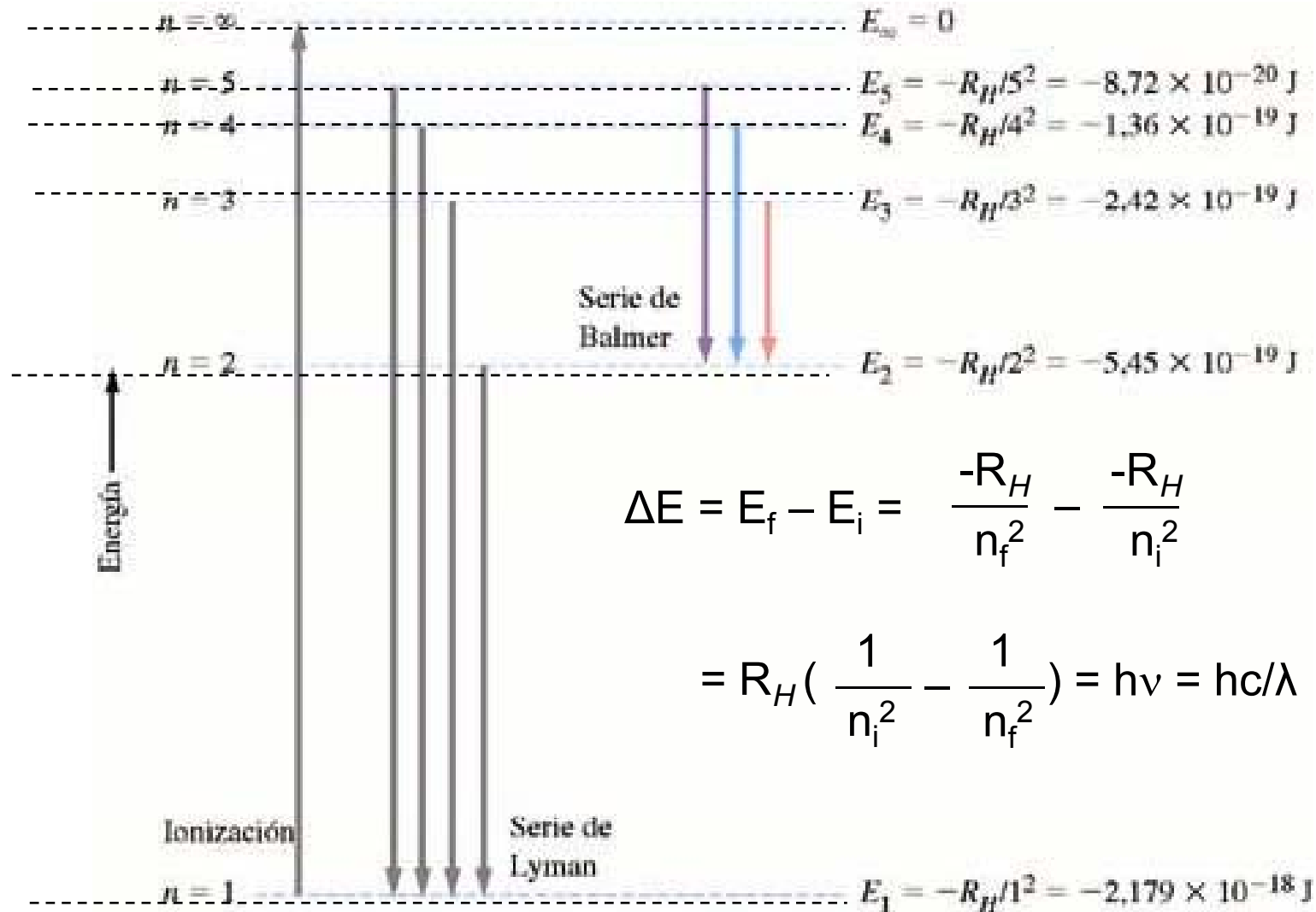


Diagrama de niveles de energía



Ideas que condujeron a la mecánica cuántica



Louis-Victor de Broglie

- **Dualidad onda-partícula:**
 - Einstein sugirió que la luz tiene propiedades semejantes a las de las partículas. Estas propiedades podrían explicar el efecto fotoeléctrico.
 - Sin embargo, los patrones de difracción sugieren que los fotones son similares a las ondas.
- **De Broglie, 1924:**
 - Las partículas pequeñas de materia a veces pueden mostrar propiedades de ondas.

Ondas de Materia

El electrón es una partícula

$$e = 1,602 \times 10^{-19} \text{ C}$$

$$m_e = 9,11 \times 10^{-31} \text{ kg}$$

¿Es una onda?

$$E = mc^2$$

$$h\nu = mc^2$$

$$h\nu/c = mc = p$$

$$p = h / \lambda$$

$$\lambda = h/p = h / mv$$

**Hipótesis de
DE BROGLIE**

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

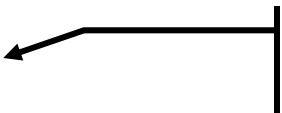
El principio de incertidumbre

Werner Heisenberg, 1927



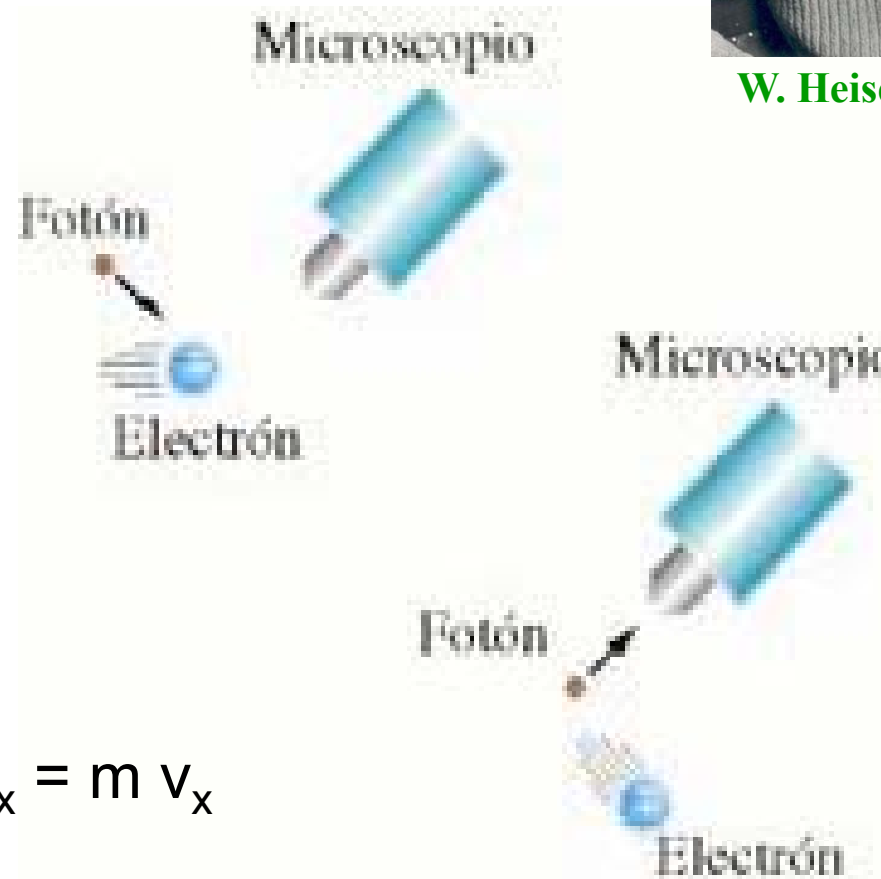
W. Heisenberg

$$\Delta x \cdot \Delta p \geq h/4\pi$$



$$p_x = m v_x$$

$$\Delta x \cdot \Delta v_x \geq h/4m\pi$$



El principio de incertidumbre

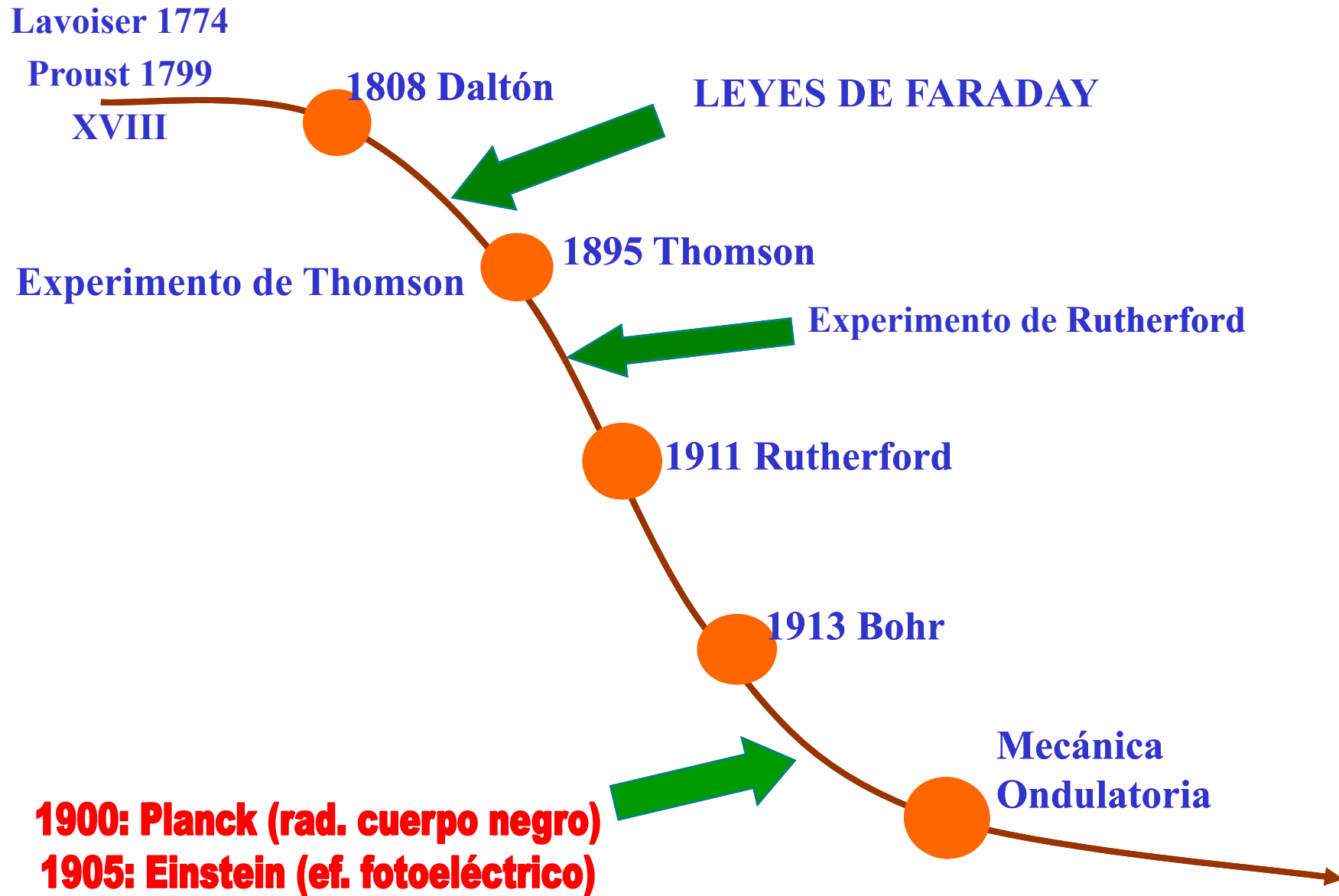
	Escala macroscópica	Escala microscópica
Partícula	Un perdigón	Un electrón de H
Masa	1 g	$0,91 \cdot 10^{-30}$ kg
Velocidad	30 m/s (108 km/h)	$3 \cdot 10^6$ m/s
Precisión ($\Delta v_x/v_x$)	10^{-5}	10^{-5}

$$\Delta X \cdot \Delta p_x = h$$

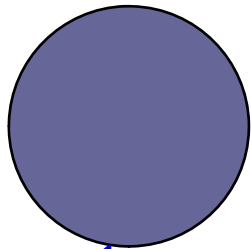
$$\Delta x = \frac{6.62 \cdot 10^{-34}}{10^{-5} \cdot 10^{-3} \cdot 30} = 2.2 \cdot 10^{-27} \text{ m}$$

$$\Delta x = \frac{6.62 \cdot 10^{-34}}{10^{-5} \cdot 0.9 \cdot 10^{-30} \cdot 3 \cdot 10^6} = 2.4 \cdot 10^{-7} \text{ m}$$

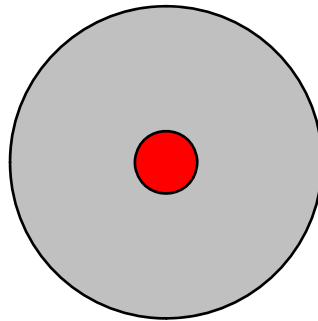
$$= 2400 \text{ \AA}$$



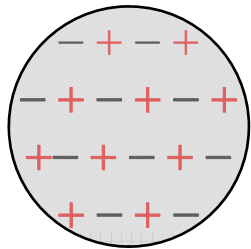
Teorías sobre el Átomo



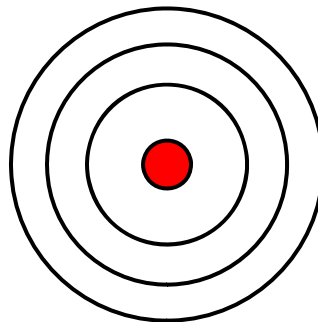
Dalton



Rutherford



Thomson



Bohr



1.6

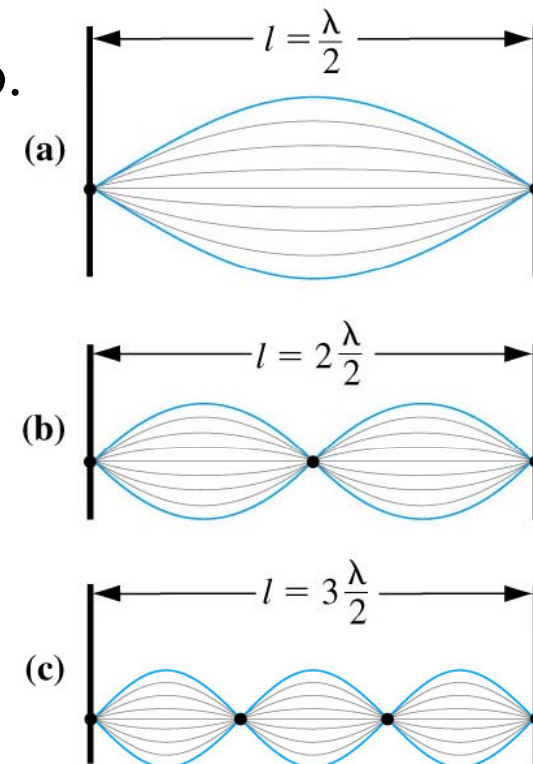
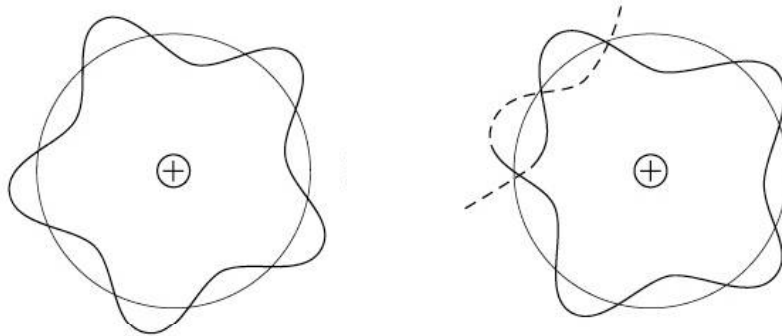
ONDA ASOCIADA A UNA PARTÍCULA LIGADA

Mecánica ondulatoria

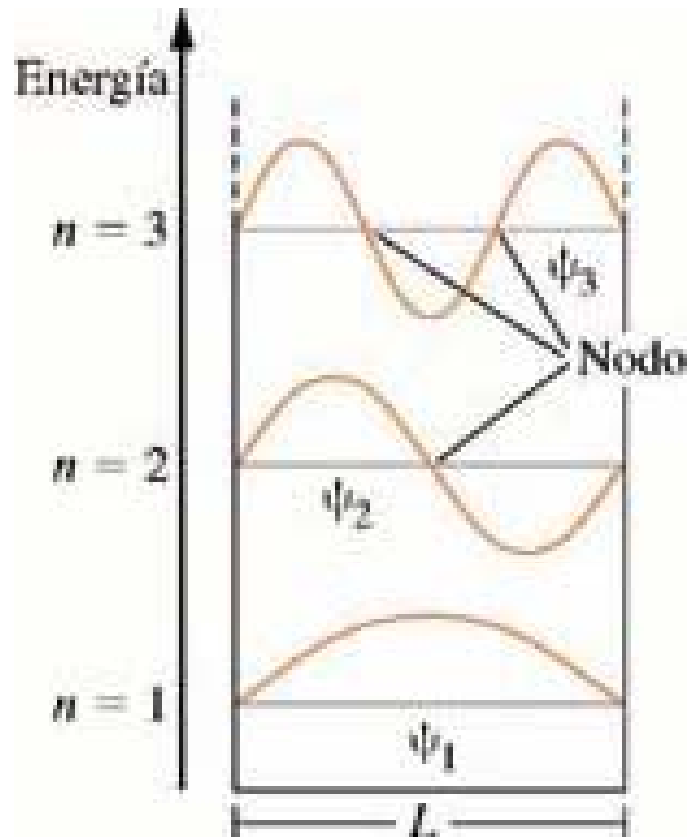
- Ondas estacionarias:

Los nodos no sufren desplazamiento alguno.

$$\lambda = \frac{2L}{n}, \quad n = 1, 2, 3 \dots$$



Funciones de onda



$$\psi_n(x) = \sqrt{\frac{2}{L}} \operatorname{sen} \frac{n\pi}{L} x$$

Las funciones de onda

- ψ , psi, función de onda:
 - Correspondería a una onda estacionaria dentro de los límites del sistema descrito.
- Partícula confinada en una caja.

$$\psi = \sqrt{\frac{2}{L}} \operatorname{sen} \left(\frac{n \pi x}{L} \right)$$

Funciones de onda del átomo de hidrógeno



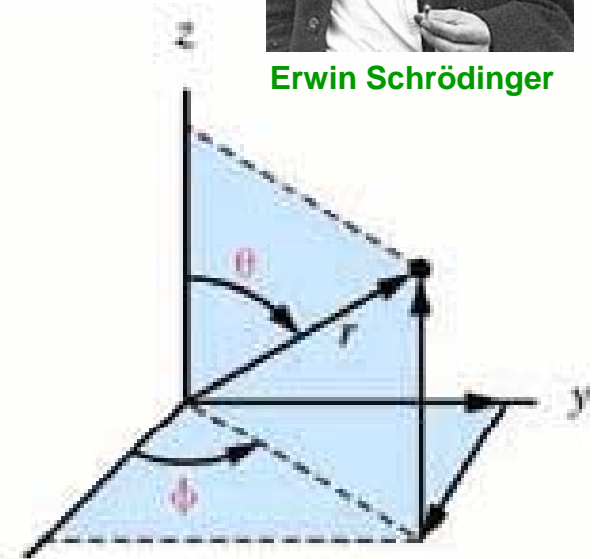
Erwin Schrödinger

- Schrödinger, 1927 $E\psi = \mathcal{H}\psi$

– $\mathcal{H}(x,y,z)$ o $\mathcal{H}(r,\theta,\varphi)$

$$\psi(r,\theta,\varphi) = R(r) \cdot Y(\theta,\varphi)$$

$R(r)$ es la función de onda radial.
 $Y(\theta,\varphi)$ es la función de onda angular.



x

Coordenadas polares esféricas

$$x^2 + y^2 + z^2 = r^2$$

$$x = r \operatorname{sen} \theta \cos \phi$$

$$y = r \operatorname{sen} \theta \operatorname{sen} \phi$$

$$z = r \cos \theta$$

Condiciones de la Función de Onda

1. ψ debe ser **regular** (sin discontinuidades),
2. ψ debe tener un **cuadrado integrable**
3. ψ debe ser **uniforme** (valor único para cada punto),
4. ψ debe ser **finita**
5. ψ debe estar **normalizada**:

PROBABILIDAD

$$\int_{-\infty}^{\infty} dP = \int_{-\infty}^{\infty} \psi \psi^* d\tau = 1$$

Ecuación de Schrödinger

1926, Postulado: $\longrightarrow \psi(x, y, z, t)$ es tal que:

$$H\psi = E\psi$$

Operador matemático
Hamiltoniano

Energía

$$\Delta + \frac{8\pi^2 m}{h^2} V = 0$$

$$\Delta\psi + \frac{8\pi^2 m}{h^2} (E - V)\psi = 0$$

$$\psi(x, y, z, t) = \psi(x, y, z)e^{-i\omega t}$$

$$\omega = 2\pi\nu = \frac{2\pi E}{h}$$

Ley de Coulomb : $V = -\frac{Ze^2}{r}$

$$\Delta\psi + \frac{8\pi^2 m}{h^2} \left(E + \frac{Ze^2}{r} \right) \psi = 0$$

$$\psi(x, y, z) \rightarrow \psi(r, \theta, \varphi) \equiv R(r) \cdot \Theta(\theta) \cdot \Phi(\varphi)$$

1.7

Funciones de onda para el hidrógeno e iones hidrogenoides

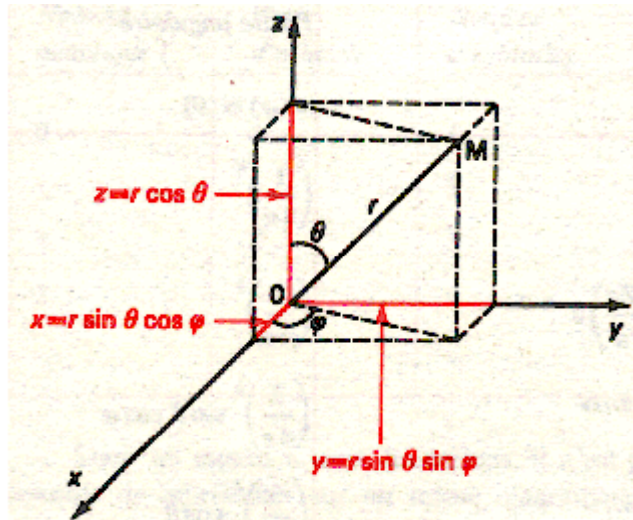
Ecuación de Schrödinger

3 GRADOS DE LIBERTAD \Rightarrow **3** NÚMEROS CUÁNTICOS

✓ **n (Principal): 1, 2, 3..... ∞**

✓ **l (Angular): 0, 1, 2..... (n-1)**

✓ **m (m_l) (Magnético): - l ...0 ...+ l**



Relación entre coordenadas cartesianas y esféricas

$$\psi_{n,l,m}(r, \theta, \varphi) = R_{n,l}(r) \cdot \Theta_{n,l}(\theta) \cdot \Phi_m(\varphi)$$

Representación de Orbitales

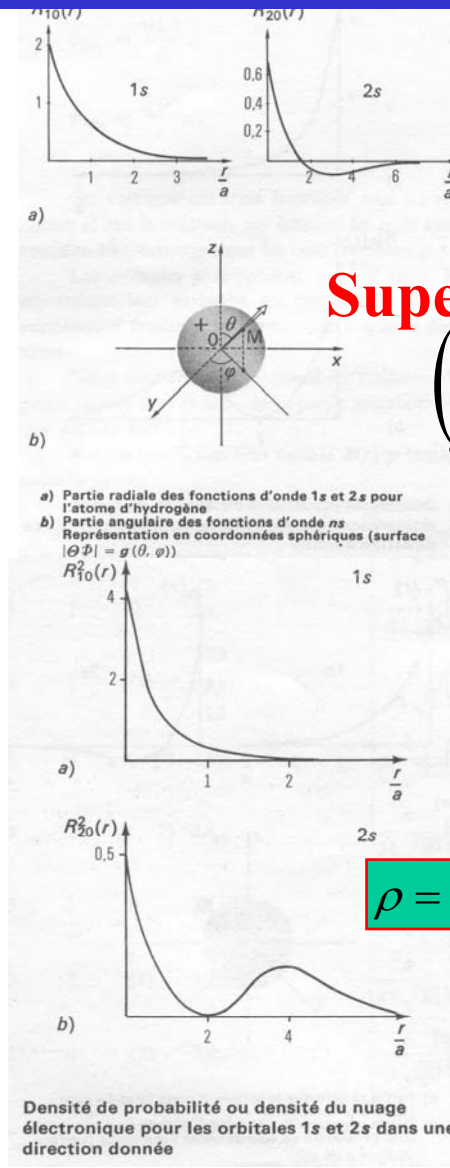
NIVELES DE ENERGÍA

Nivel (n)	“capa”	l	Nombre	Nº de orbitales en el sub-nivel	Nº de orbitales en el nivel (n^2)	Valor ($n+l$)
1	K	0	s	1	1	1
2	L	0	s	1	4	2
		1	p	3		3
3	M	0	s	1	9	3
		1	p	3		4
		2	d	5		5
4	N	0	s	1	16	4
		1	p	3		5
		2	d	5		6
		3	f	7		7

Representación de Orbitales

Nombres quantiques				Désignation de la fonction d'onde	Partie radiale	Partie angulaire
n	l	m	$\psi_{n,l,m}$		R(r)	$\Phi(\varphi) \Theta(\theta)$
1	0	0	1s		$2\left(\frac{Z}{a}\right)^{\frac{3}{2}} e^{-Zr/a}$	$\left(\frac{1}{4\pi}\right)^{\frac{1}{2}}$
2	0	0	2s		$\frac{1}{2\sqrt{2}}\left(\frac{Z}{a}\right)^{\frac{3}{2}}\left(2-\frac{Zr}{a}\right)e^{-Zr/2a}$	$\left(\frac{1}{4\pi}\right)^{\frac{1}{2}}$
2	1	(-1)	2p _x		$\frac{1}{2\sqrt{6}}\left(\frac{Z}{a}\right)^{\frac{3}{2}}\frac{Zr}{a}e^{-Zr/2a}$	$\left(\frac{3}{4\pi}\right)^{\frac{1}{2}}\sin\theta\cos\varphi$
2	1	0	2p _z		$\frac{1}{2\sqrt{6}}\left(\frac{Z}{a}\right)^{\frac{3}{2}}\frac{Zr}{a}e^{-Zr/2a}$	$\left(\frac{3}{4\pi}\right)^{\frac{1}{2}}\cos\theta$
2	1	(1)	2p _y		$\frac{1}{2\sqrt{6}}\left(\frac{Z}{a}\right)^{\frac{3}{2}}\frac{Zr}{a}e^{-Zr/2a}$	$\left(\frac{3}{4\pi}\right)^{\frac{1}{2}}\sin\theta\sin\varphi$
3	0	0	3s		$\frac{2}{81\sqrt{3}}\left(\frac{Z}{a}\right)^{\frac{3}{2}}\left(27-18\frac{Zr}{a}+2\left(\frac{Zr}{a}\right)^2\right)e^{-Zr/3a}$	$\left(\frac{1}{4\pi}\right)^{\frac{1}{2}}$
3	1	(-1)	3p _x		$\frac{4}{81\sqrt{6}}\left(\frac{Z}{a}\right)^{\frac{3}{2}}\left(6-\frac{Zr}{a}\right)e^{-Zr/3a}$	$\left(\frac{3}{4\pi}\right)^{\frac{1}{2}}\sin\theta\cos\varphi$
3	1	0	3p _z		$\frac{4}{81\sqrt{6}}\left(\frac{Z}{a}\right)^{\frac{3}{2}}\left(6-\frac{Zr}{a}\right)e^{-Zr/3a}$	$\left(\frac{3}{4\pi}\right)^{\frac{1}{2}}\cos\theta$
3	1	(1)	3p _y		$\frac{4}{81\sqrt{6}}\left(\frac{Z}{a}\right)^{\frac{3}{2}}\left(6-\frac{Zr}{a}\right)e^{-Zr/3a}$	$\left(\frac{3}{4\pi}\right)^{\frac{1}{2}}\sin\theta\sin\varphi$
3	2	(-2)	3d _{xy}		$\frac{4}{81\sqrt{30}}\left(\frac{Z}{a}\right)^{\frac{3}{2}}\left(\frac{Zr}{a}\right)^2e^{-Zr/3a}$	$\frac{\sqrt{15}}{4\sqrt{\pi}}\sin^2\theta\sin 2\varphi$
3	2	(-1)	3d _{yz}		$\frac{4}{81\sqrt{30}}\left(\frac{Z}{a}\right)^{\frac{3}{2}}\left(\frac{Zr}{a}\right)^2e^{-Zr/3a}$	$\frac{\sqrt{15}}{2\sqrt{\pi}}\sin\theta\cos\theta\sin\varphi$
3	2	0	3d _{z²}		$\frac{4}{81\sqrt{30}}\left(\frac{Z}{a}\right)^{\frac{3}{2}}\left(\frac{Zr}{a}\right)^2e^{-Zr/3a}$	$\frac{\sqrt{5}}{4\sqrt{\pi}}(3\cos^2\theta-1)$
3	2	(1)	3d _{xz}		$\frac{4}{81\sqrt{30}}\left(\frac{Z}{a}\right)^{\frac{3}{2}}\left(\frac{Zr}{a}\right)^2e^{-Zr/3a}$	$\frac{\sqrt{15}}{2\sqrt{\pi}}\sin\theta\cos\theta\cos\varphi$
3	2	(2)	3d _{x²-y²}		$\frac{4}{81\sqrt{30}}\left(\frac{Z}{a}\right)^{\frac{3}{2}}\left(\frac{Zr}{a}\right)^2e^{-Zr/3a}$	$\frac{\sqrt{15}}{4\sqrt{\pi}}\sin^2\theta\cos 2\varphi$

$$a = \frac{h^2}{4\pi^2 me^2} = 0,529 \text{ \AA}$$



Funciones

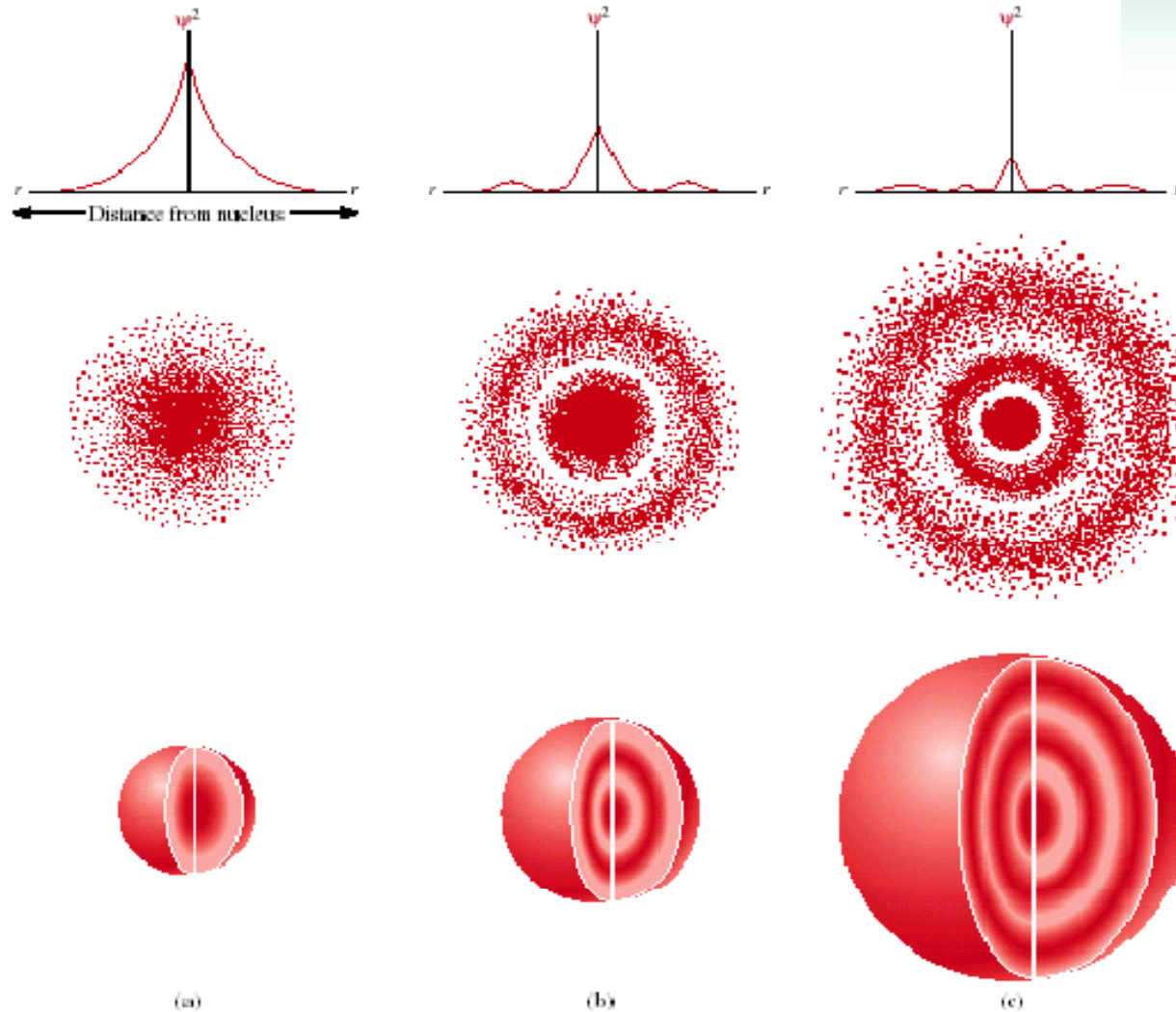
Superficie límite
 $\int dP = 0.95$

ORBITAL

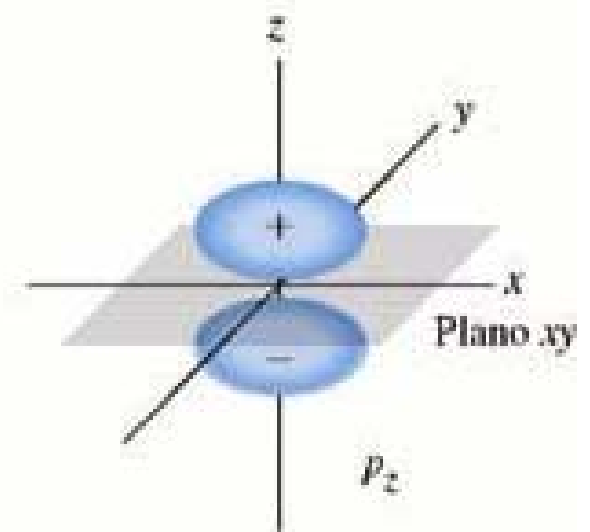
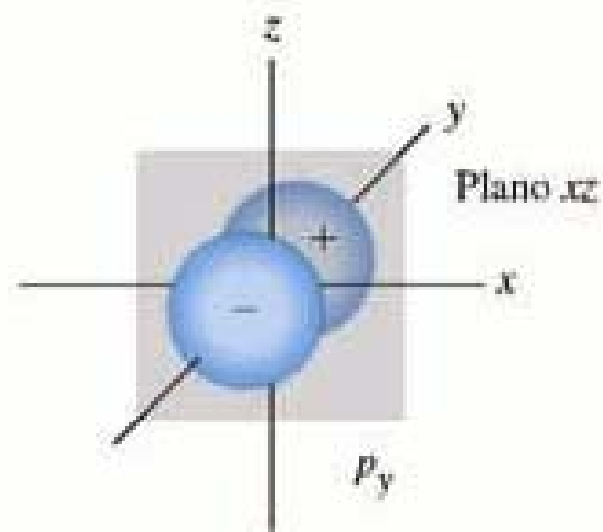
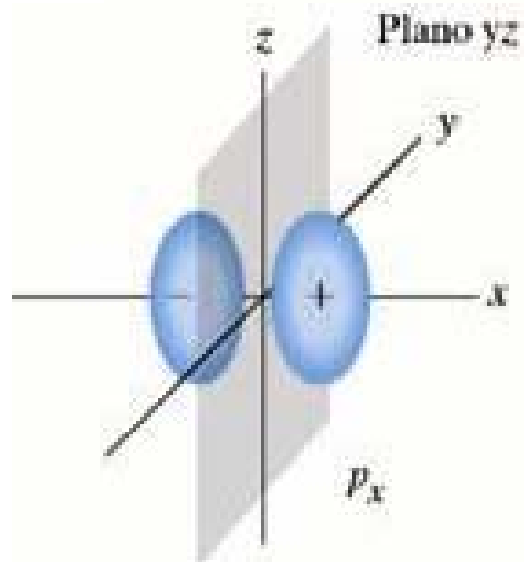
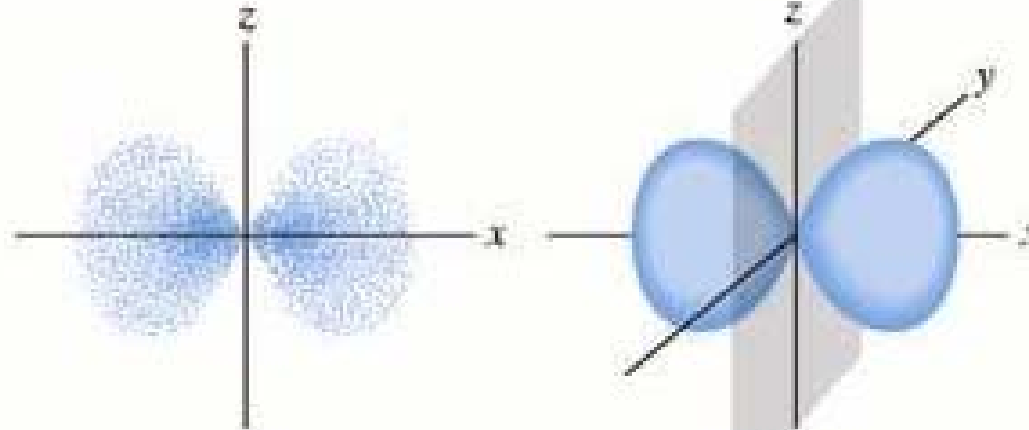
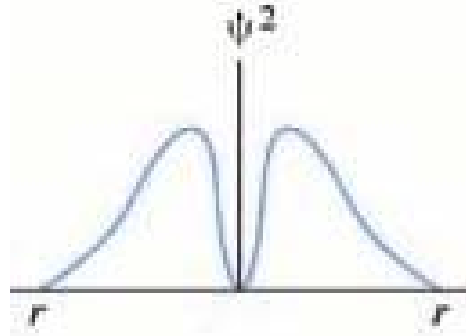
$$\rho = R^2(r) \cdot \Theta^2(\theta) \cdot \Phi^2(\varphi)$$

Orbitales s

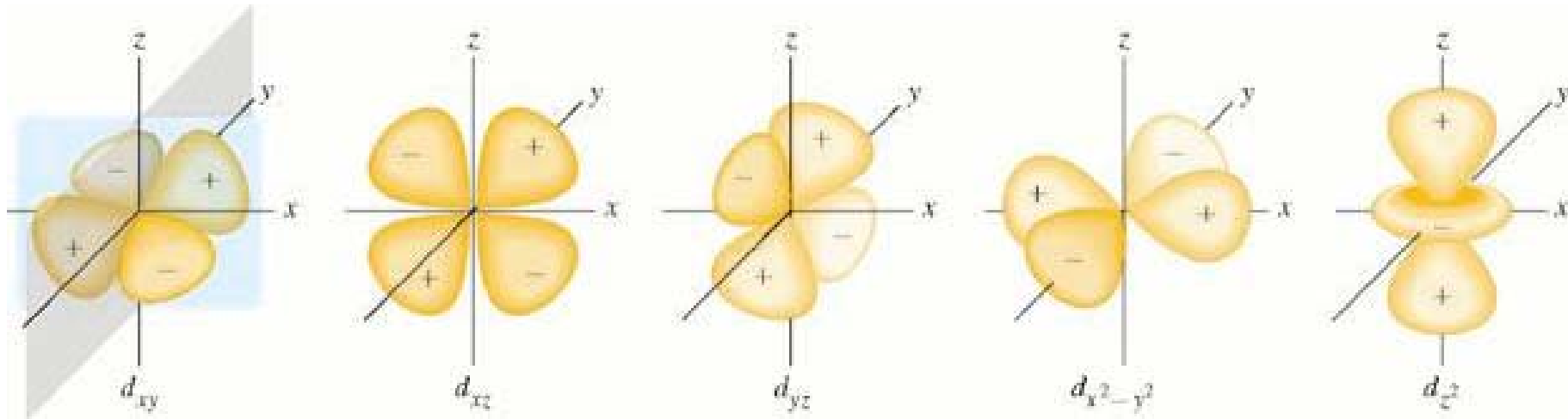
Representaciones de la probabilidad del electrón y cambios de densidad para los orbitales 1s, 2s y 3s.



Orbitales p



Orbitales d



3	2	(-2)	$3d_{xy}$
3	2	(-1)	$3d_{yz}$
3	2	0	$3d_{z^2}$
3	2	(1)	$3d_{xz}$
3	2	(2)	$3d_{x^2-y^2}$

$$a = \frac{h^2}{4\pi^2 me^2} = 0,529 \text{ \AA}$$

$$\frac{4}{81\sqrt{30}} \left(\frac{Z}{a}\right)^{\frac{3}{2}} \left(\frac{Zr}{a}\right)^2 e^{-Zr/3a}$$

$$\frac{4}{81\sqrt{30}} \left(\frac{Z}{a}\right)^{\frac{3}{2}} \left(\frac{Zr}{a}\right)^2 e^{-Zr/3a}$$

$$\frac{4}{81\sqrt{30}} \left(\frac{Z}{a}\right)^{\frac{3}{2}} \left(\frac{Zr}{a}\right)^2 e^{-Zr/3a}$$

$$\frac{4}{81\sqrt{30}} \left(\frac{Z}{a}\right)^{\frac{3}{2}} \left(\frac{Zr}{a}\right)^2 e^{-Zr/3a}$$

$$\frac{4}{81\sqrt{30}} \left(\frac{Z}{a}\right)^{\frac{3}{2}} \left(\frac{Zr}{a}\right)^2 e^{-Zr/3a}$$

$$\frac{\sqrt{15}}{4\sqrt{\pi}} \cdot \sin^2 \theta \sin 2\varphi$$

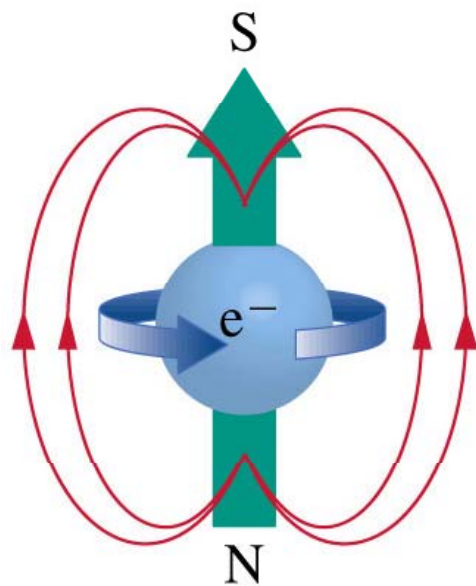
$$\frac{\sqrt{15}}{2\sqrt{\pi}} \cdot \sin \theta \cos \theta \sin \varphi$$

$$\frac{\sqrt{5}}{4\sqrt{\pi}} \cdot (3 \cos^2 \theta - 1)$$

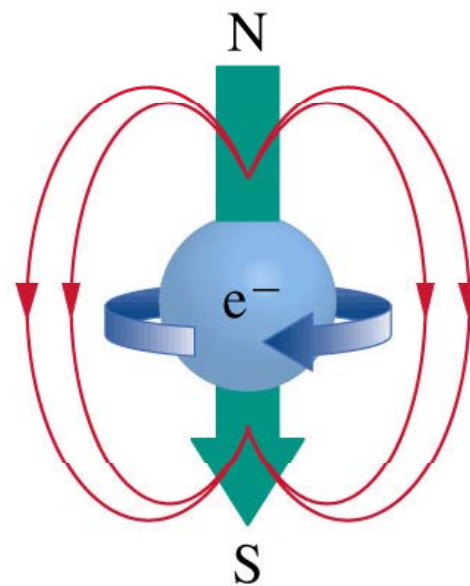
$$\frac{\sqrt{15}}{2\sqrt{\pi}} \cdot \sin \theta \cos \theta \cos \varphi$$

$$\frac{\sqrt{15}}{4\sqrt{\pi}} \cdot \sin^2 \theta \cos 2\varphi$$

Espín del electrón. Un cuarto número cuántico

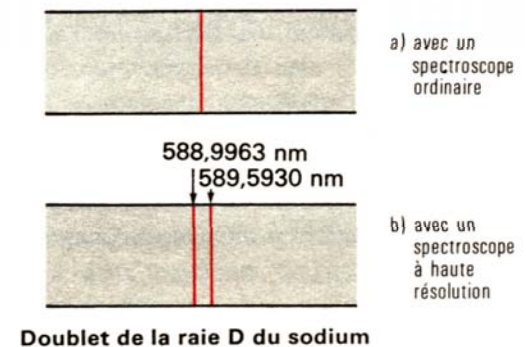


$$m_s = +\frac{1}{2}$$



$$m_s = -\frac{1}{2}$$

Introducido en 1925 por Uhlenbeck Y Goudsmit para explicar doblete de los metales alcalinos,



1.8

Átomos polieletrónicos

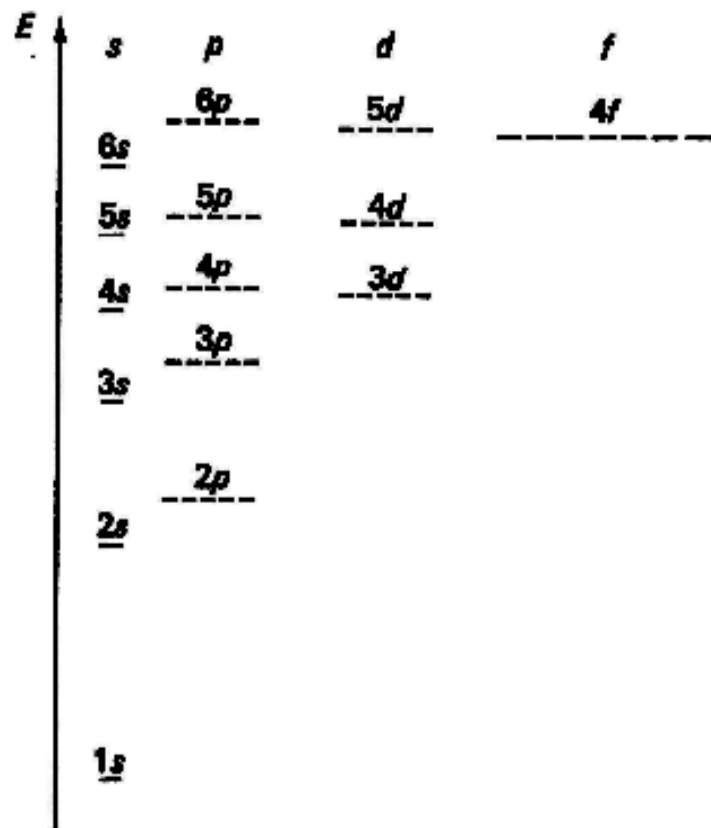
Átomos Polieletrónicos

- Schrödinger desarrolló su ecuación de ondas para el átomo de hidrógeno, un átomo que contiene solamente un electrón.
- Repulsión entre los electrones en los átomos multieletrónicos.
- Los orbitales que se obtienen para los electrones son del mismo tipo que los obtenidos para el átomo de hidrógeno.

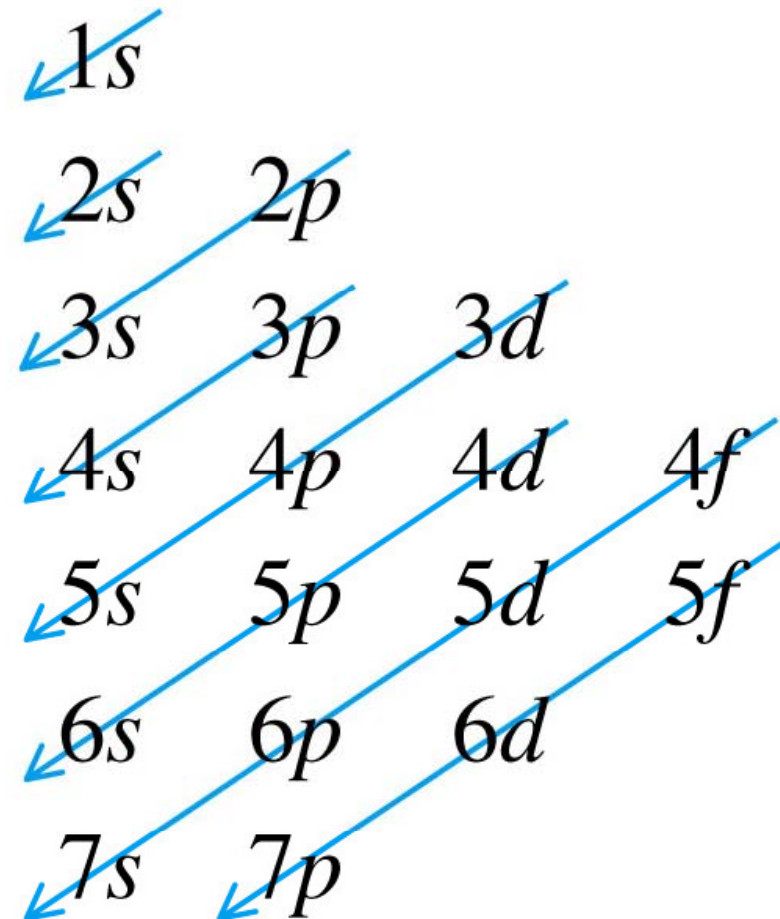
Configuraciones electrónicas

- **Principio aufbau:**
 - Construir y minimizar la energía
Los electrones ocupan los niveles de energía más bajos.
- **Principio de exclusión de Pauli:**
 - Dos electrones de un átomo no pueden tener los cuatro números cuánticos iguales.
- **Regla de Hund:**
 - Los electrones que ocupan inicialmente los orbitales de idéntica energía deben hacerlo de forma desapareada.
Máxima multiplicidad de spin (mínima E)

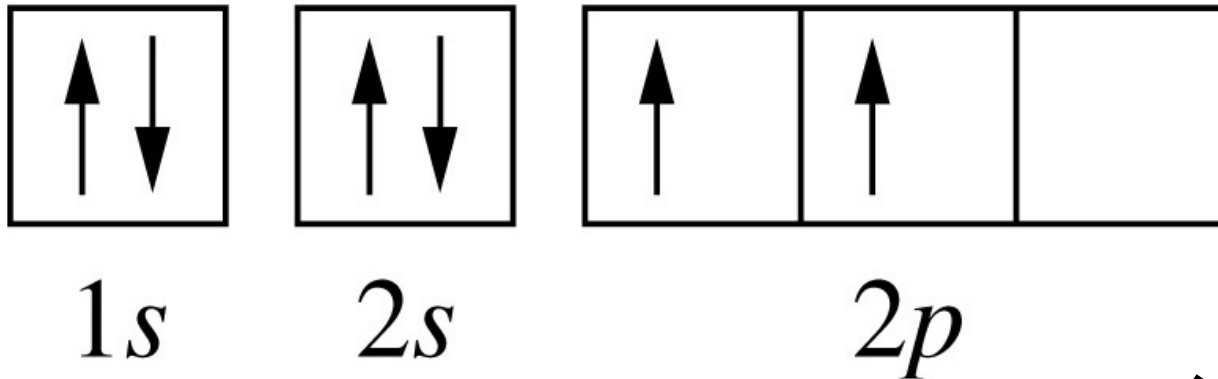
Orden de llenado de las subcapas electrónicas



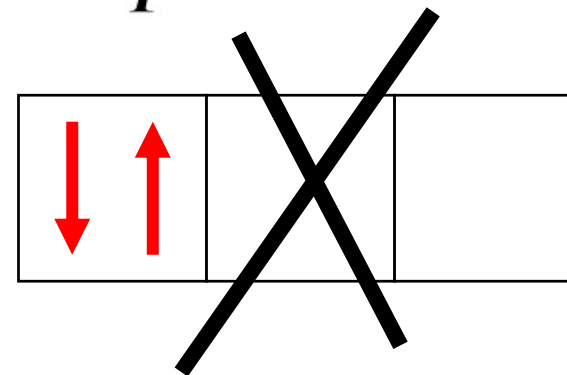
Niveles de energía de un átomo poli electrónico



El principio de aufbau y la regla de Hund



Configuración
más estable



Llenado de los orbitales *d*

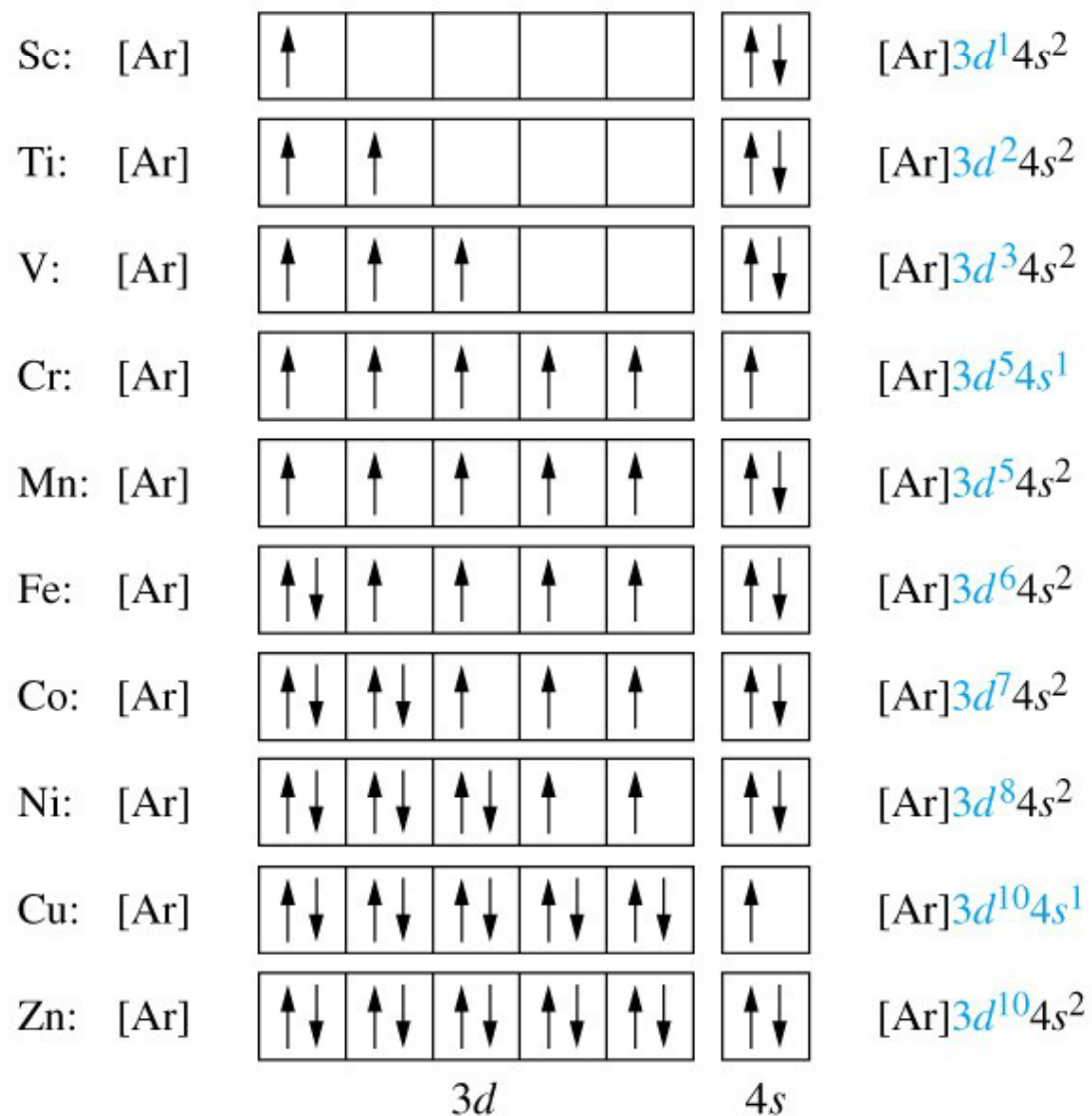


TABLA 9.2 Configuraciones electrónicas de algunos grupos de elementos

Grupo	Elemento	Configuración
1	H	$1s^1$
	Li	$[\text{He}]2s^1$
	Na	$[\text{Ne}]3s^1$
	K	$[\text{Ar}]4s^1$
	Rb	$[\text{Kr}]5s^1$
	Cs	$[\text{Xe}]6s^1$
	Fr	$[\text{Rn}]7s^1$
17	F	$[\text{He}]2s^22p^5$
	Cl	$[\text{Ne}]3s^23p^5$
	Br	$[\text{Ar}]3d^{10}4s^24p^5$
	I	$[\text{Kr}]4d^{10}5s^25p^5$
	At	$[\text{Xe}]4f^{14}5d^{10}6s^26p^5$
18	He	$1s^2$
	Ne	$[\text{He}]2s^22p^6$
	Ar	$[\text{Ne}]3s^23p^6$
	Kr	$[\text{Ar}]3d^{10}4s^24p^6$
	Xe	$[\text{Kr}]4d^{10}5s^25p^6$
	Rn	$[\text{Xe}]4f^{14}5d^{10}6s^26p^6$

Configuraciones electrónicas y la tabla periódica

Elementos de los grupos principales

Bloque s		Elementos de transición										Bloque p							
1	2											13	14	15	16	17	18		
(1s)														(2p)		(1s)			
H	He											B	C	N	O	F	Ne		
3	4											5	6	7	8	9	10		
(2s)														(3p)					
Li	Be											11	12	13	14	15	16	17	18
(3s)												Al	Si	P	S	Cl	Ar		
11	12	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18		
(4s)												31	32	33	34	35	36		
Na	Mg	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr		
(5s)												49	50	51	52	53	54		
19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36		
(6s)												49	50	51	52	53	54		
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr		
(7s)												81	82	83	84	85	86		
37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54		
(8s)												81	82	83	84	85	86		
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe		
(9s)												81	82	83	84	85	86		
55	56	57	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86		
(10s)												81	82	83	84	85	86		
Cs	Ba	La*	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn		
(11s)												81	82	83	84	85	86		
87	88	89	104	105	106	107	108	109	110	111	112	81	82	83	84	85	86		
(12s)												81	82	83	84	85	86		
Fr	Ra	Ac†	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt				81	82	83	84	85	86		

Elementos de transición interna

Bloque f													
58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71
						(4f)							
Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103
						(5f)							
Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr

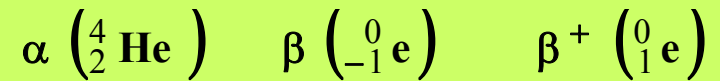


1.4

Estabilidad de los núcleos: Radioactividad natural y artificial

Radioactividad

Emisión de una radiación ionizante (partículas o radiación) por parte de elementos inestables



- **Desintegraciones radiactivas**
(Reacciones nucleares)

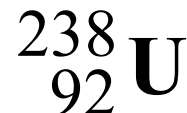
Rayos γ

(no se incluyen en las reacciones nucleares)

- **Nucleón** \equiv Protón o neutrón

Número másico = N° de nucleones

- **Núclido** \equiv Cualquier isótopo de un elemento radiactivo



U-238

Uranio-238

Radioactividad Natural

Principales emisiones del núcleo

Partículas α

$$\Delta A = -4 \quad \Delta Z = -2$$

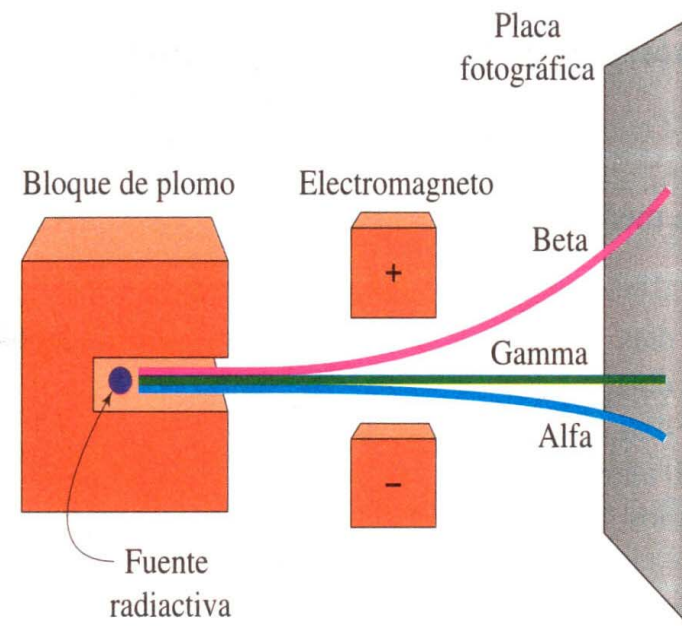
Partículas β

$$\Delta A = 0 \quad \Delta Z = +1$$

Rayos γ

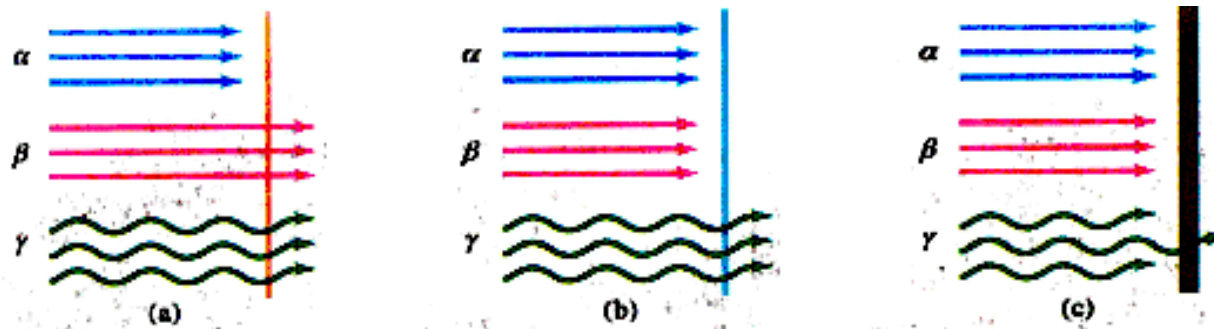
$$\Delta A = 0 \quad \Delta Z = 0$$

Efecto de un campo electromagnético en las partículas alfa, beta y los rayos gamma. Las partículas beta, más ligeras, sufren una desviación considerablemente mayor que las partículas alfa. Las partículas alfa y beta se desvían en dirección opuesta. La radiación gamma no se ve afectada por el campo electromagnético.



Radioactividad Natural

Poder de penetración de las radiaciones



- (a) Hoja delgada de papel
 (b) Lámina delgada de aluminio
 (c) Bloque de plomo de 5 cm

CARACTERÍSTICAS DE LAS RADIACIONES

Radiación	Masa (UMA)	Carga eléctrica	Velocidad	Energía ionizante
Alfa	4	+2	Variable, menos del 10% de c	Elevada
Beta	1/1837	-1	Variable, hasta el 90% de c	Moderada
Gamma	0	0	c	Casi ninguna

Reacciones Nucleares



- $\sum \text{N}^{\text{os}} \text{ másicos (reactivos)} = \sum \text{N}^{\text{os}} \text{ másicos (productos)} \quad 14 + 4 = 17 + 1$
- $\sum \text{N}^{\text{os}} \text{ atómicos (reactivos)} = \sum \text{N}^{\text{os}} \text{ atómicos (productos)} \quad 7 + 2 = 8 + 1$
- $\text{N}^{\circ} \text{ átomos de un tipo (reactivos)} \neq \text{N}^{\circ} \text{ átomos de un tipo (productos)}$

TRANSMUTACIONES

Conversión de un elemento en otro diferente por medios naturales o artificiales

Desintegración natural



Transmutación espontánea

Desintegración artificial

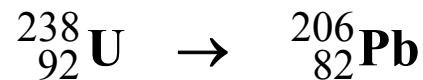


Transmutación no espontánea (*)

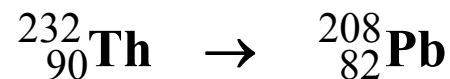
Series Radioactivas

Los elementos radiactivos naturales con $Z > 82$ se clasifican en diferentes series de desintegración

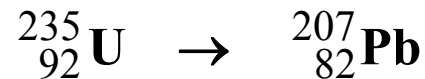
● Serie del **Uranio**:



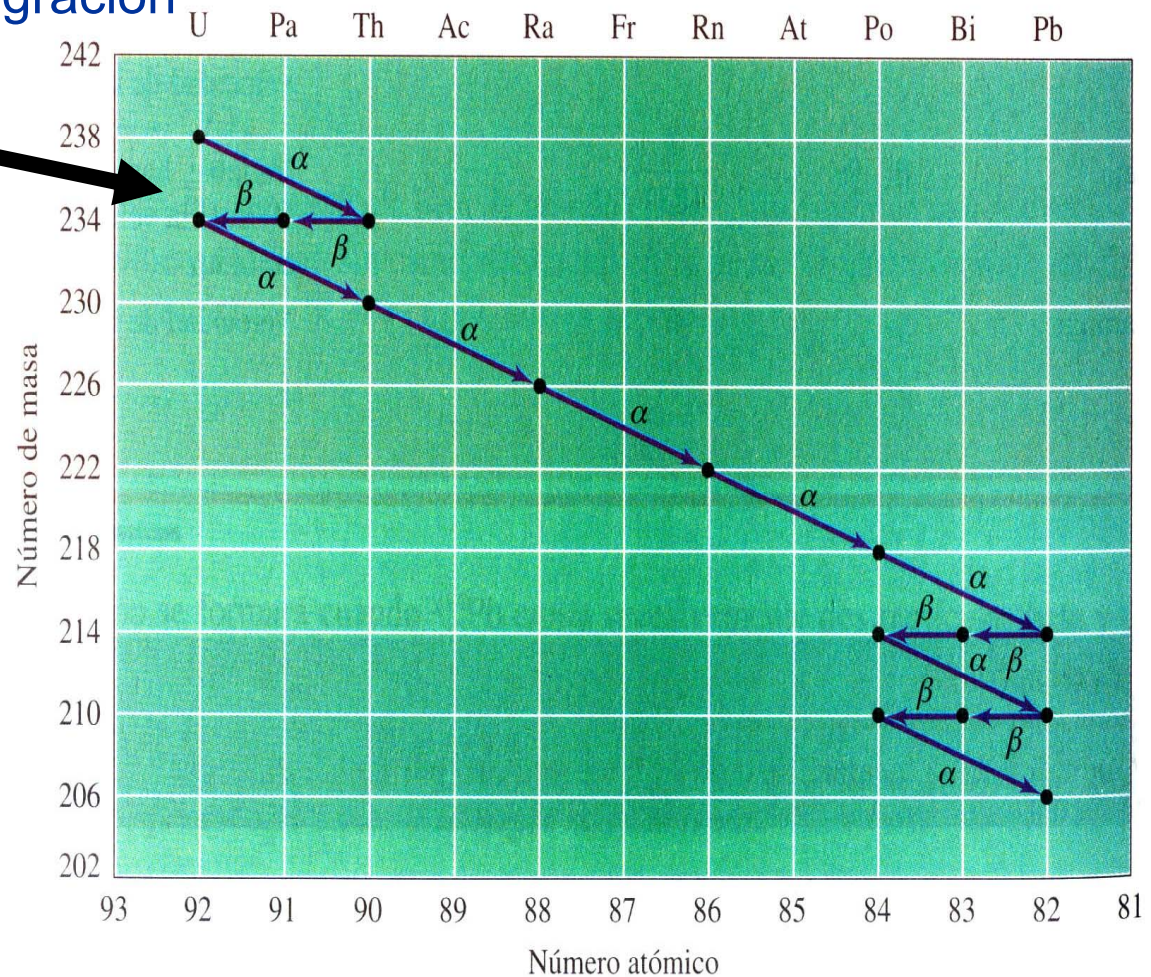
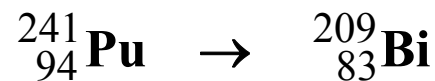
● Serie del **Torio**:



● Serie del **Actinio**:

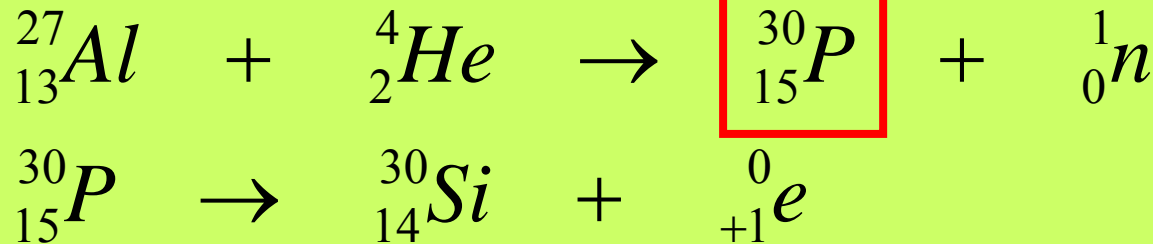


● Serie del **Neptunio**:



Radioactividad Artificial

Experiencia de los esposos JOLIOT-CURIE



CINÉTICA DE LAS DESINTEGRACIONES RADIATIVAS

$$-\frac{dN}{dt} = k \cdot N$$

Constante de desintegración

Periodo de semidesintegración

$$\text{Ln} \frac{N_0}{N} = k \cdot t$$

$N = N_0/2$

$$t_{1/2} = \frac{0,693}{k}$$

Estabilidad Nuclear

● Elementos con $Z \leq 20$

- Son estables
- Relación $n/Z = 1$

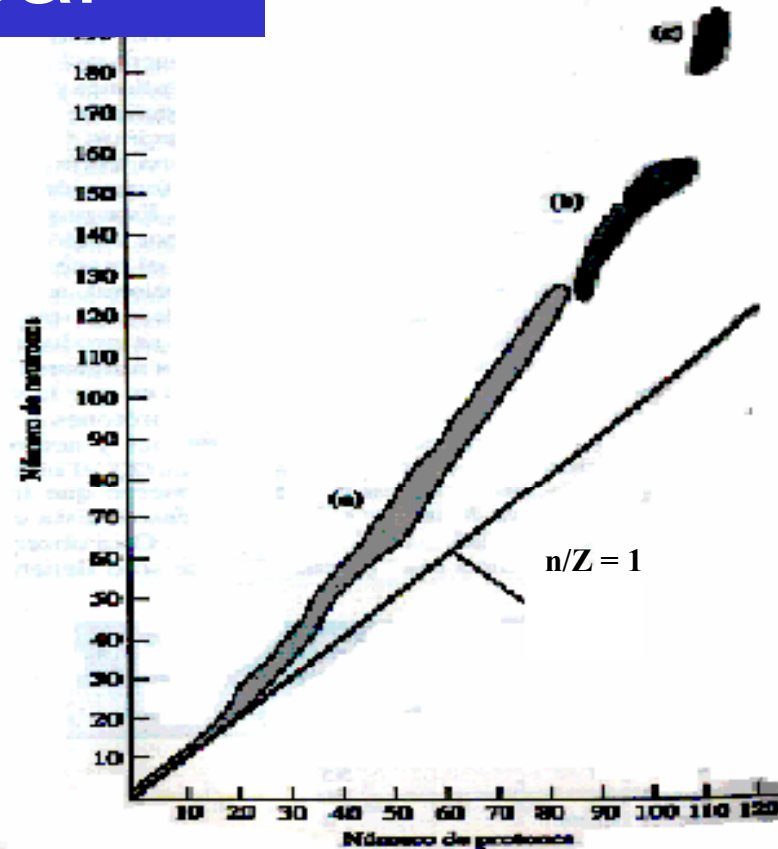
● Elementos con $20 < Z \leq 83$

- Son estables
- Relación $n/Z > 1$

● Elementos con $Z > 83$

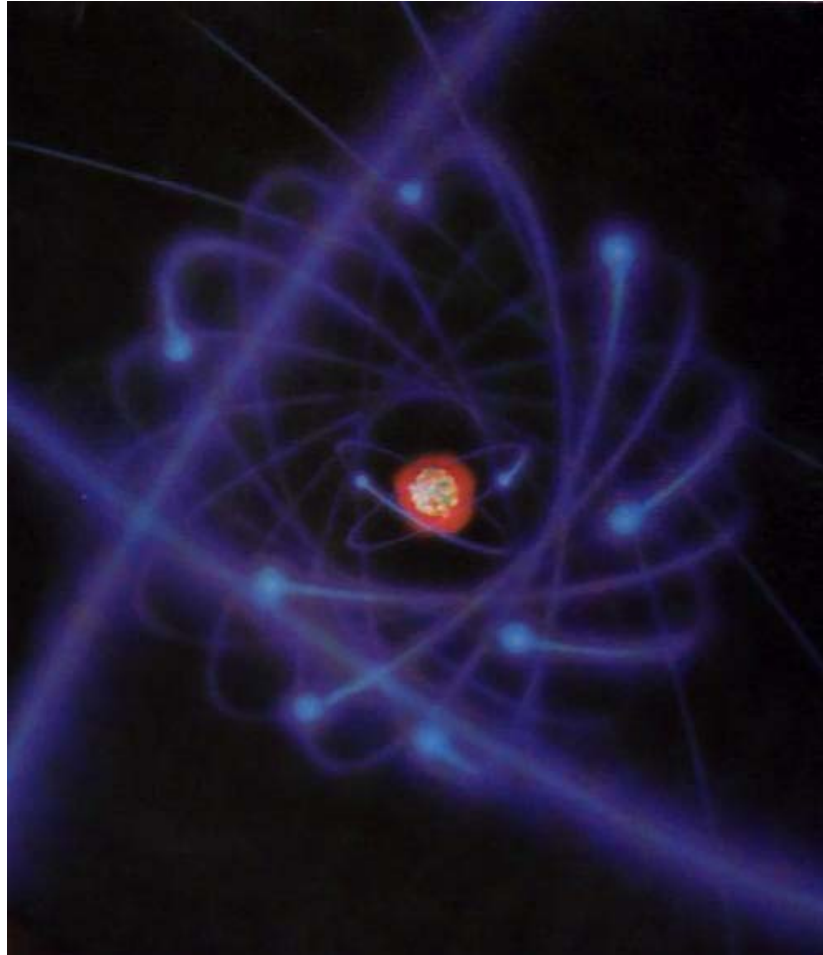
- Son estables
- Relación $n/Z \gg 1$

$n = N^\circ$ de neutrones



Razón neutrón/protón y estabilidad de núclidos:

- El corredor de núclidos naturales estables se encuentran en el intervalo desde el hidrógeno y el bismuto.
- Los núclidos radiactivos naturales y sintéticos de los elementos más pesados.
- Posibles núclidos pesados de estabilidad alta



Fin del Capítulo