

Modelos Atómicos

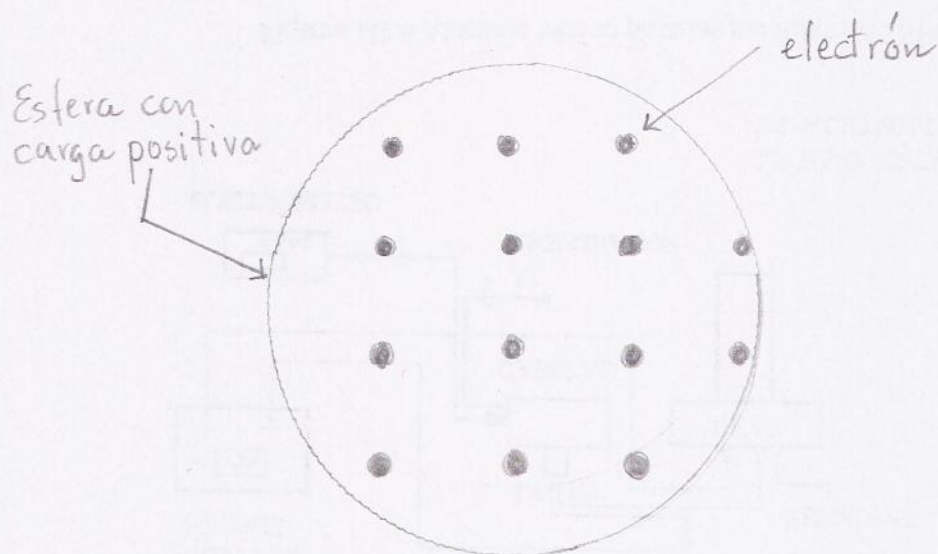
1

- ✓ La emisión de electrones desde el cátodo metálico del tubo de rayos X (efecto termoeléctrico) o desde el cátodo metálico del tubo fotoeléctrico es un indicio de la existencia de electrones en los átomos que forman el cátodo.
- ✓ En concordancia con esto, puede entenderse que a un átomo positivamente ionizado se le han extraído uno o varios electrones.
- ✓ Experimentalmente se ha probado que la carga de un átomo ionizado una vez es igual, en magnitud, a la de un electrón; si está doblemente ionizado, la magnitud de su carga es igual a la de dos electrones, y así sucesivamente.
- ✓ A partir de experimentos de dispersión de rayos X por átomos (Barkla 1909) se obtuvo que el número de electrones en el átomo Z es aproximadamente igual a $\frac{A}{2}$, donde A representa el número de partículas no negativas presentes en el átomo.
- ✓ Dado que cada átomo es eléctricamente neutro, debe contener una carga positiva de magnitud igual a la de los electrones que contiene.

- ✓ De esta forma, un átomo neutro tiene una carga negativa de magnitud Ze (e es la magnitud de la carga de un electrón) y una carga positiva con la misma magnitud de carga Ze .
- ✓ ¿Cómo están distribuidas las cargas positivas y negativas en un átomo?

Modelo de Thomson

- ✓ Los electrones (cargados negativamente) se encuentran colocados dentro de una distribución uniforme de carga positiva, la cual ocupa una esfera de radio del orden de 10^{-10} m.
- ✓ Puesto que los electrones se repelen entre sí, deben estar uniformemente distribuidos en la esfera de carga positiva como se muestra.

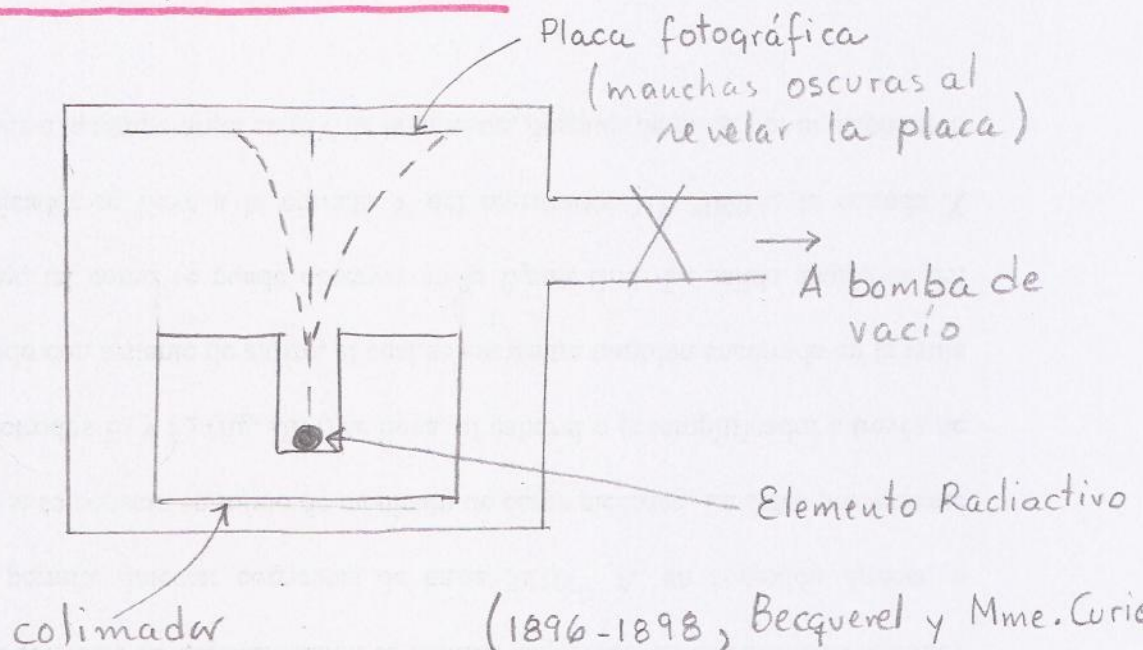


- ✓ Cuando un átomo se encuentra en su estado de mínima energía, los electrones deben estar fijos a sus posiciones de equilibrio; cuando se encuentra en un estado de energía superior a la mínima, los electrones deben vibrar alrededor de sus correspondientes posiciones de equilibrio.
- ✓ Los electrones al vibrar están acelerados y como están cargados eléctricamente, emiten radiación electromagnética.
- ✓ Lamentablemente, el espectro de radiación que predice el modelo no es consistente con el espectro observado experimentalmente.
- ✓ La prueba definitiva de lo inadecuado del Modelo de Thomson fue dada en 1911 por Ernest Rutherford a partir de experimentos basados en la dispersión de partículas alfa (partículas α) por átomos.
- ✓ Se encontró que la carga eléctrica positiva del átomo está localizada en una región pequeña (núcleo) colocada en el centro del átomo, en lugar de estar distribuida uniformemente en éste.

Partículas alfa (Partículas α)

$$qvB = m \frac{v^2}{R}$$

$$R = \frac{mv}{qB}$$



Dispositivo empleado para estudiar las partículas α , β y γ .

α = núcleo del átomo de helio
= átomo de helio doblemente ionizado (carga positiva)

β = electrones de alta energía (carga negativa)

γ = radiación electromagnética (neutra)

✓ Rutherford midió la relación q/m y v de las partículas α :

v : entre 1.4×10^9 y 2.2×10^7 m/s ($\sim \frac{c}{20}$)

$(q/m)_{\alpha} = \frac{1}{2} (q/m)_{\text{átomo de hidrógeno ionizado}}$

✓ Dos posibilidades:

a) Si $q_\alpha = e$

$$\frac{q_\alpha}{m_\alpha} = \frac{1}{2} \frac{q_{\text{Hi}}}{m_{\text{Hi}}} \Rightarrow \frac{e}{m_\alpha} = \frac{1}{2} \frac{e}{m_{\text{Hi}}}$$

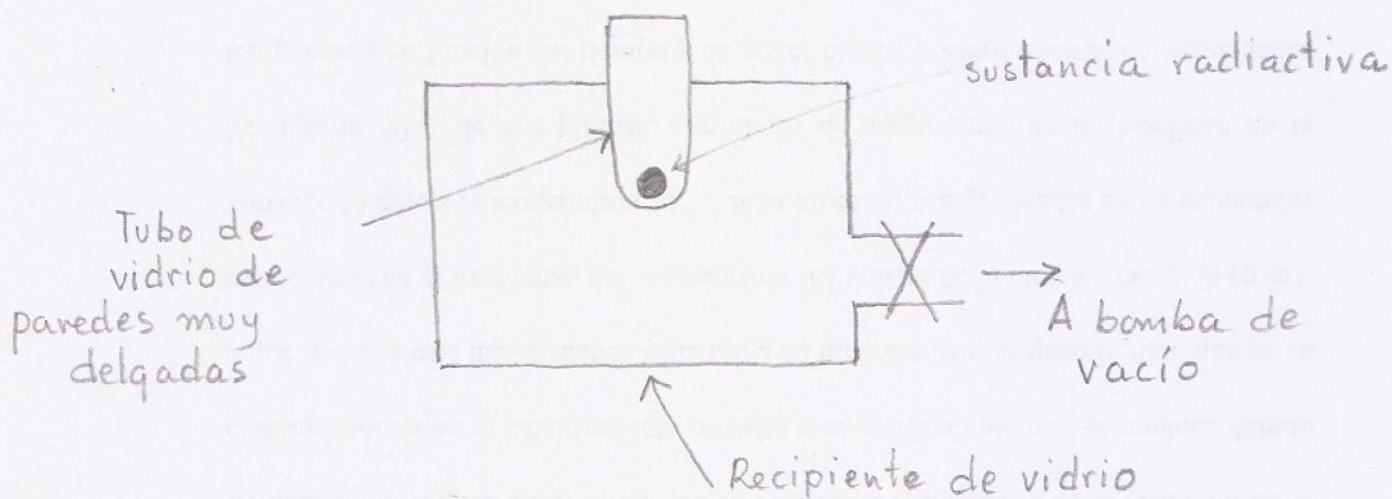
$$\Rightarrow m_\alpha = 2 m_{\text{Hi}}$$

Hi = hidrógeno ionizado

b) Si $q_\alpha = 2e$

$$\frac{2e}{m_\alpha} = \frac{1}{2} \frac{e}{m_{\text{Hi}}} \Rightarrow m_\alpha = 4 m_{\text{Hi}}$$

✓ Dispositivo usado para mostrar que las partículas alfa son átomos de helio doblemente ionizados

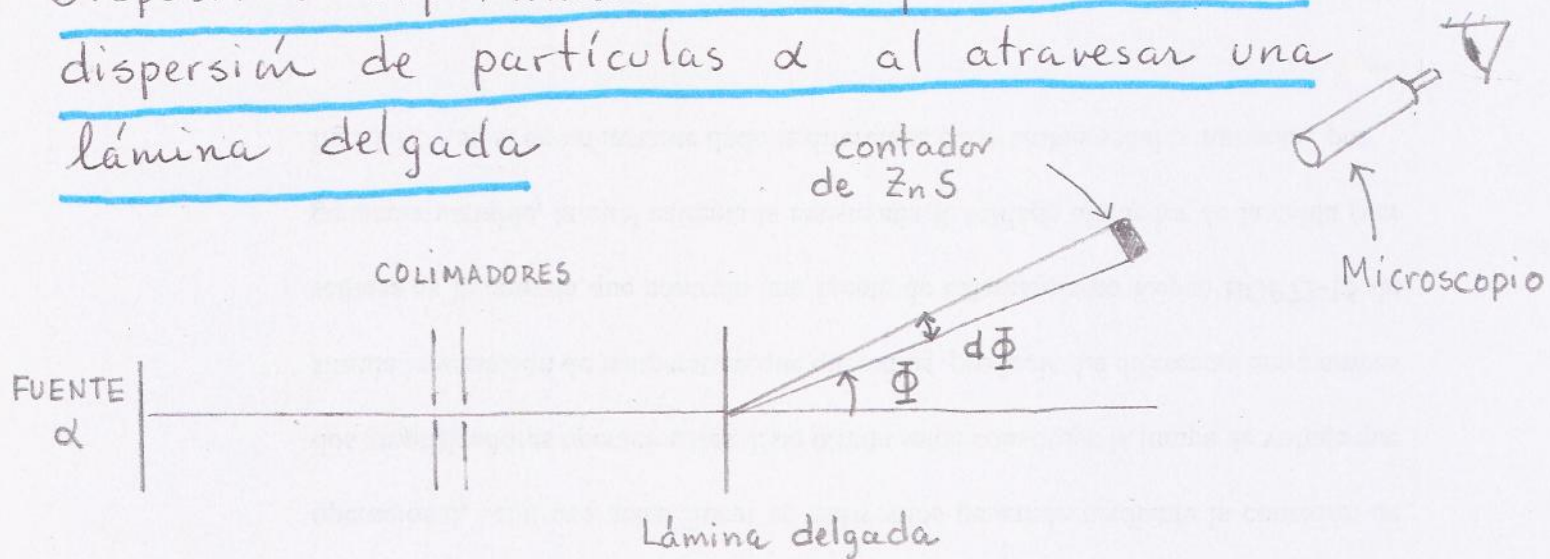


- ✓ Algunas de las partículas α emitidas por la sustancia radiactiva atraviesan el tubo de paredes delgadas y llegan al recipiente externo.
- ✓ Después de cierto tiempo, una prueba muy sensible del contenido del recipiente externo, mostró la presencia de una cantidad apreciable de gas helio ordinario.

La dispersión de partículas alfa

- ✓ Rutherford y colaboradores realizaron varios experimentos para determinar las propiedades de las partículas alfa y su interacción con la materia.
- ✓ Los experimentos más interesantes fueron en los que estudiaron como las partículas α se dispersaban al pasar a través de laminas metálicas delgadas de diferentes materiales.

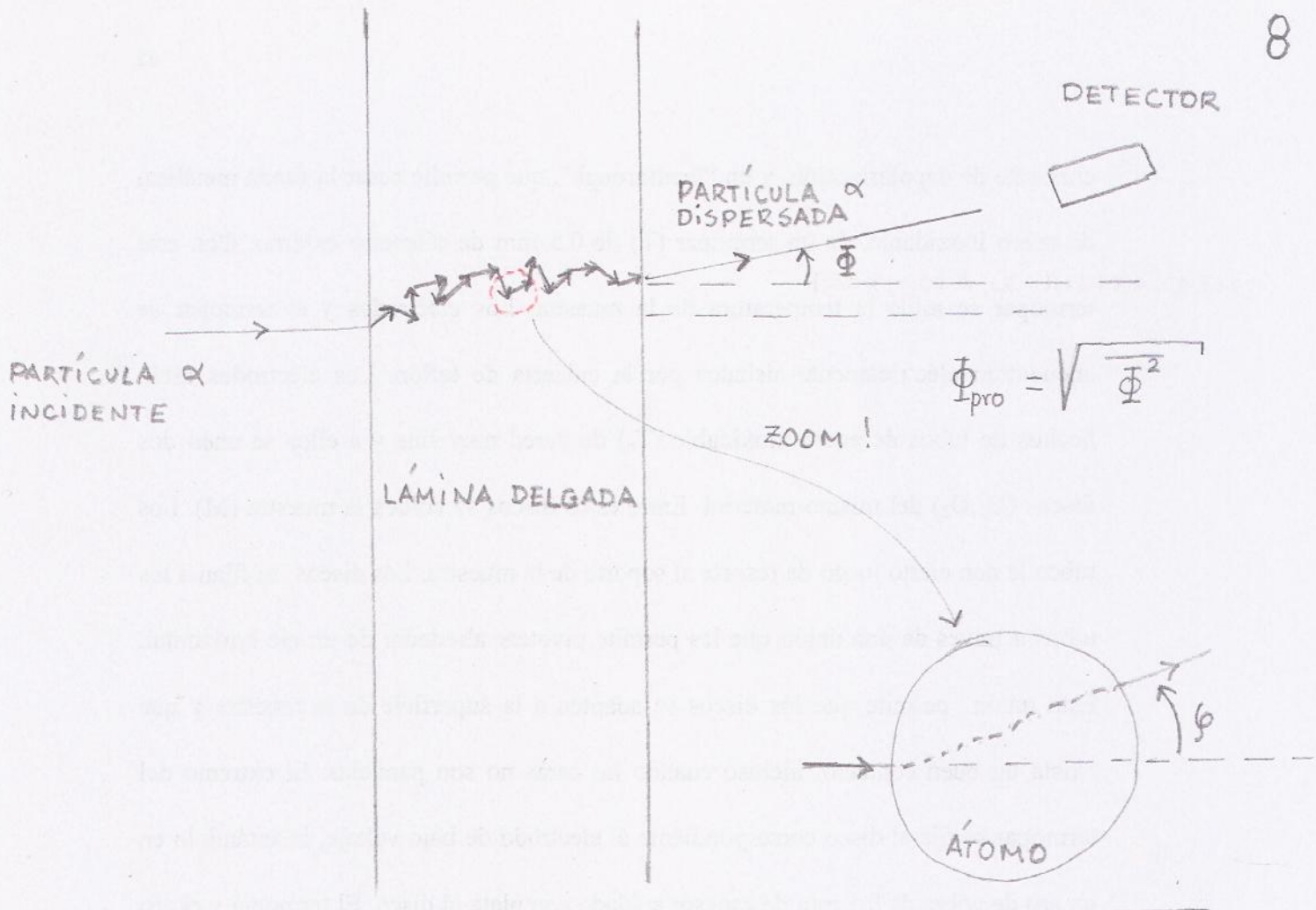
Dispositivo experimental usado para estudiar la dispersión de partículas α al atravesar una lámina delgada



- ✓ La fuente radiactiva emite partículas α que son colimadas para formar un haz angosto que incide sobre una lámina muy delgada de un material (principalmente metálico).
- ✓ La lámina es tan delgada que las partículas pierden una fracción despreciable de su velocidad al atravesarla.
- ✓ Sin embargo, cada partícula α experimenta muchas desviaciones pequeñas (dentro de la lámina) que se deben a la interacción de Coulomb de su carga con las cargas positivas y negativas de los átomos de la lámina.

		minus	mayus	
Símbolos griegos	$\left\{ \begin{array}{l} \Phi = \text{fi mayúscula} \\ \phi = \text{fi minúscula} \\ \Theta = \text{tita mayúscula} \\ \theta = \text{tita minúscula} \end{array} \right.$	ω	Ω	(omega) ⑦
		γ	Γ	(lambda)
		λ	Λ	(gamma)
		ψ	Ψ	(psi)

- ✓ Ya que la desviación que experimenta cada partícula α al pasar cerca de un átomo depende de los detalles de su trayectoria, la desviación total al atravesar la lámina es distinta para cada partícula α del haz.
- ✓ El haz que emerge del otro lado de la lámina es divergente.
- ✓ Para cuantificar la divergencia del haz emergente, se utiliza un contador de partículas α que registra el número de partículas α dispersadas entre el ángulo Φ y el ángulo $\Phi + d\Phi$.
- ✓ Cuando el contador de ZnS es tocado por una partícula α emite un destello que es observado mediante el microscopio.
- ✓ En este experimento, el observador cuenta el número de destellos por unidad de tiempo en función del ángulo Φ del detector.



Teoría estadística



$$\Phi_{pro} = \sqrt{n} \phi_{pro}$$

$n = \#$ átomos que desvían a la partícula α en su paso a través de la lámina

$N(\Phi) d\Phi = \#$ de partículas α desviadas entre Φ y $\Phi + d\Phi$

Modelo de Thomson

$$N(\Phi) d\Phi = \frac{2 I \Phi}{\Phi_{pro}^2} e^{-\Phi^2 / \Phi_{pro}^2} d\Phi$$

$I = \#$ de partículas α que pasan por la lámina

Experimento de Geiger-Marsden (1909)

✓ Espesor de la lámina de oro = 10^{-6} m (1)

✓ $\Phi_{\text{pro}} \approx 1^\circ \approx 2 \times 10^{-2} \text{ rad}$ (experimental) (2)

✓ $n \approx \frac{\text{Espesor de la lámina}}{\text{diámetro del átomo de Au}} = \frac{10^{-6} \text{ m}}{10^{-10} \text{ m}} = 10^4$ (3)

✓ A partir de estos datos se obtiene el ángulo de desviación promedio ϕ_{pro} al atravesar un solo átomo de oro :

✓ $\phi_{\text{pro}} = \frac{\Phi_{\text{pro}}}{\sqrt{n}} = 2 \times 10^{-4} \text{ rad}$ (experimental) (4)

✓ ¿Cuál es la predicción del modelo de Thomson para ϕ_{pro} ?

✓ Usando el modelo de Thomson se encuentra que la desviación de una partícula α causada por un átomo es $\ll 10^{-4} \text{ rad}$, que es consistente con el resultado experimental (4).

✓ Esto se debe a que : ① la masa de los electrones del átomo de Au es tan pequeña comparada con la masa de la partícula α , que la desviación que producen los electrones a la partícula α es muy pequeña.

② la carga positiva en el modelo de Thomson está distribuida uniformemente en el átomo (Radio $\approx 10^{-10}$ m) de forma que no proporciona una repulsión Coulombiana lo suficientemente intensa como para desviar a la partícula α considerablemente.

✓ Otro resultado del experimento de Geiger-Marsden fue que más del 99% de las partículas α fueran desviadas a ángulos menores a 3° .

• Usando en la expresión
$$N(\Phi)d\Phi = \frac{2I\Phi}{\Phi_{\text{pro}}^2} e^{-\Phi^2/\Phi_{\text{pro}}^2} d\Phi$$

el valor experimental $\Phi_{\text{pro}} = 1^\circ$, los valores

$N(\Phi)d\Phi$ predichos por esta expresión fueron encontrados consistentes con los correspondientes valores experimentales para ángulos Φ menores a 3° .

• Sin embargo, para ángulos mayores, la expresión no podía reproducir los resultados experimentales.

- Por ejemplo, experimentalmente se determinó que la fracción de partículas α dispersadas a ángulos mayores a 90° era 10^{-4} .

¿Qué predice el modelo de Thomson?

$$\frac{\int_{90^\circ}^{180^\circ} N(\Phi) d\Phi}{I} = e^{-(90)^\circ} = e^{-3500} \neq 10^{-4}$$

- En general se observó que el # de partículas α dispersa (medido) era mucho mayor que el predicho por la expresión basada en el modelo de Thomson para ángulos mayores a unos cuantos grados.

✓ La existencia de una probabilidad pequeña (diferente de cero) para la dispersión a ángulos grandes (incluyendo ángulos cercanos a 180°) no podía explicarse en términos del modelo de Thomson.

✓ Experimentalmente se demostró, usando láminas de distintos grosores (distinto número n de átomos atravesados por la partícula α), que el número de partículas α dispersadas a ángulos grandes era proporcional a n . Esta es la dependencia que se obtiene si existe una posibilidad pequeña de que la

partícula α sea dispersada a un ángulo grande por un solo átomo.

12

\Rightarrow Esto no podía suceder en el modelo de Thomson.

\Rightarrow Rutherford propuso en 1911 un nuevo modelo del átomo.