

Estructura de la Materia  
Nacimiento de la teoría cuántica  
Antecedentes

Martha M. Flores Leonar  
*FQ UNAM*

6 de febrero de 2018

# CONTENIDO

# MAGNITUDES ATÓMICAS

Principios del siglo XIX → La materia estaba compuesta por pequeñas partículas: “átomos”.

# MAGNITUDES ATÓMICAS

Principios del siglo XIX → La materia estaba compuesta por pequeñas partículas: “átomos”.

- 1785, Antoine Lavoiser → Ley de conservación de la materia.

# MAGNITUDES ATÓMICAS

Principios del siglo XIX → La materia estaba compuesta por pequeñas partículas: “átomos”.

- 1785, Antoine Lavoiser → Ley de conservación de la materia.
- 1808, John Dalton → Ley de las proporciones múltiples.

# MAGNITUDES ATÓMICAS

Principios del siglo XIX → La materia estaba compuesta por pequeñas partículas: “átomos”.

- 1785, Antoine Lavoiser → Ley de conservación de la materia.
- 1808, John Dalton → Ley de las proporciones múltiples.
- 1811, Avogadro → Principio de Avogadro.

# MAGNITUDES ATÓMICAS

Principios del siglo XIX → La materia estaba compuesta por pequeñas partículas: “átomos”.

- 1785, Antoine Lavoiser → Ley de conservación de la materia.
- 1808, John Dalton → Ley de las proporciones múltiples.
- 1811, Avogadro → Principio de Avogadro.
- 1869, Mendeleiev → Tabla periódica moderna.

# MAGNITUDES ATÓMICAS

Principios del siglo XIX → La materia estaba compuesta por pequeñas partículas: “átomos”.

- 1785, Antoine Lavoiser → Ley de conservación de la materia.
- 1808, John Dalton → Ley de las proporciones múltiples.
- 1811, Avogadro → Principio de Avogadro.
- 1869, Mendeleiev → Tabla periódica moderna.

¿Qué se conocía acerca del átomo y su estructura?

# MAGNITUDES ATÓMICAS

Principios del siglo XIX → La materia estaba compuesta por pequeñas partículas: “átomos”.

- 1785, Antoine Lavoiser → Ley de conservación de la materia.
- 1808, John Dalton → Ley de las proporciones múltiples.
- 1811, Avogadro → Principio de Avogadro.
- 1869, Mendeleiev → Tabla periódica moderna.

¿Qué se conocía acerca del átomo y su estructura?

¿Qué propiedades atómicas definen el comportamiento químico?

# MAGNITUDES ATÓMICAS

Principios del siglo XIX → La materia estaba compuesta por pequeñas partículas: “átomos”.

- 1785, Antoine Lavoiser → Ley de conservación de la materia.
- 1808, John Dalton → Ley de las proporciones múltiples.
- 1811, Avogadro → Principio de Avogadro.
- 1869, Mendeleiev → Tabla periódica moderna.

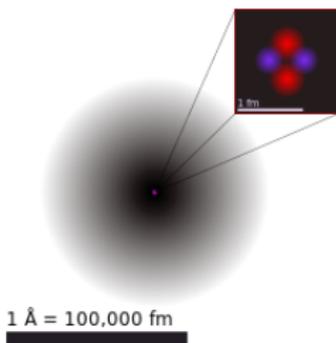
¿Qué se conocía acerca del átomo y su estructura?

¿Qué propiedades atómicas definen el comportamiento químico?

¿Qué magnitud tienen estas propiedades?

## El átomo

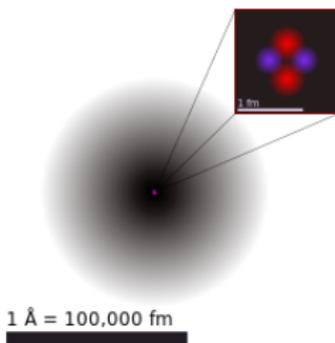
Está compuesto por un núcleo (protones y neutrones) es extremadamente pequeño, pesado y posee carga positiva. Alrededor del núcleo “orbitan” electrones con carga negativa.





## El átomo

Está compuesto por un núcleo (protones y neutrones) es extremadamente pequeño, pesado y posee carga positiva. Alrededor del núcleo “orbitan” electrones con carga negativa.



- El núcleo contiene alrededor del 99.9% en masa del átomo pero ocupa menos de  $10^{-12}$  de su volumen
- El átomo es electricamente neutro, pero, puede ser ionizado

## Algunas constantes fundamentales de la naturaleza...

---

Masa del electrón ( $m_e$ )	$9.1093819 \times 10^{-31}$ kg
Masa del protón ( $m_p$ )	$1.6726216 \times 10^{-27}$ kg
Masa del neutrón ( $m_n$ )	$1.6749272 \times 10^{-27}$ kg
Carga electrónica elemental ( $e$ )	$1.60217646 \times 10^{-19}$ C
Constante de Planck ( $h$ )	$6.6260687 \times 10^{-34}$ Js
Radio de Bohr ( $a_0$ ) (radio de un átomo de hidrógeno)	$5.2917725 \times 10^{-11}$ m

---

## Algunas constantes fundamentales de la naturaleza...

---

Masa del electrón ( $m_e$ )	$9.1093819 \times 10^{-31}$ kg
Masa del protón ( $m_p$ )	$1.6726216 \times 10^{-27}$ kg
Masa del neutrón ( $m_n$ )	$1.6749272 \times 10^{-27}$ kg
Carga electrónica elemental ( $e$ )	$1.60217646 \times 10^{-19}$ C
Constante de Planck ( $h$ )	$6.6260687 \times 10^{-34}$ Js
Radio de Bohr ( $a_0$ ) (radio de un átomo de hidrógeno)	$5.2917725 \times 10^{-11}$ m

---

Si tomamos como referencia la masa de la tierra ( $6 \times 10^{24}$  kg):

## Algunas constantes fundamentales de la naturaleza...

---

Masa del electrón ( $m_e$ )	$9.1093819 \times 10^{-31}$ kg
Masa del protón ( $m_p$ )	$1.6726216 \times 10^{-27}$ kg
Masa del neutrón ( $m_n$ )	$1.6749272 \times 10^{-27}$ kg
Carga electrónica elemental ( $e$ )	$1.60217646 \times 10^{-19}$ C
Constante de Planck ( $h$ )	$6.6260687 \times 10^{-34}$ Js
Radio de Bohr ( $a_0$ ) (radio de un átomo de hidrógeno)	$5.2917725 \times 10^{-11}$ m

---

Si tomamos como referencia la masa de la tierra ( $6 \times 10^{24}$  kg):

- La masa de un electrón sería 2.3 g

## Algunas constantes fundamentales de la naturaleza...

---

Masa del electrón ( $m_e$ )	$9.1093819 \times 10^{-31}$ kg
Masa del protón ( $m_p$ )	$1.6726216 \times 10^{-27}$ kg
Masa del neutrón ( $m_n$ )	$1.6749272 \times 10^{-27}$ kg
Carga electrónica elemental ( $e$ )	$1.60217646 \times 10^{-19}$ C
Constante de Planck ( $h$ )	$6.6260687 \times 10^{-34}$ Js
Radio de Bohr ( $a_0$ ) (radio de un átomo de hidrógeno)	$5.2917725 \times 10^{-11}$ m

---

Si tomamos como referencia la masa de la tierra ( $6 \times 10^{24}$  kg):

- La masa de un electrón sería 2.3 g
- $m_p$  o  $m_n \sim 1800$  veces  $m_e$ , entonces  $m_p \sim 4$  kg

¿Qué tan grande es la carga del electrón?

¿Qué tan grande es la carga del electrón?

- $4 \times 10^{15} e$ , tendrían un potencial de 1V (2/3 el voltaje de una batería AA)

¿Qué tan grande es la carga del electrón?

- $4 \times 10^{15} e$ , tendrían un potencial de 1V (2/3 el voltaje de una batería AA)

¿Cuál es el tamaño del átomo?

¿Qué tan grande es la carga del electrón?

- $4 \times 10^{15} e$ , tendrían un potencial de 1V (2/3 el voltaje de una batería AA)

¿Cuál es el tamaño del átomo?

- $a_0 \sim 0.5 \text{ \AA}$  en 1cm, equivale a 1cm en 2000 km

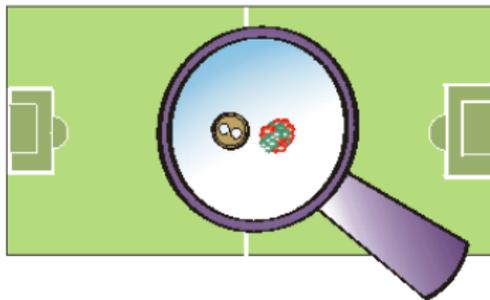
¿Qué tan grande es la carga del electrón?

- $4 \times 10^{15} e$ , tendrían un potencial de 1V (2/3 el voltaje de una batería AA)

¿Cuál es el tamaño del átomo?

- $a_0 \sim 0.5 \text{ \AA}$  en 1cm, equivale a 1cm en 2000 km

**Si el átomo tuviera el tamaño de una cancha de fútbol, el núcleo sólo tendría el tamaño de un botón de camisa.**



# NACIMIENTO DE LA TEORÍA CUÁNTICA

## La teoría cuántica

Se desarrolló a finales del s. XIX y principios del s. XX

- Descubrimiento del electrón (1897)
- Teoría de Planck (1900)
- Efecto fotoeléctrico (1905)
- Modelo atómico de Rutherford (1911)

# NACIMIENTO DE LA TEORÍA CUÁNTICA

## La teoría cuántica

Se desarrolló a finales del s. XIX y principios del s. XX

- Descubrimiento del electrón (1897)
- Teoría de Planck (1900)
- Efecto fotoeléctrico (1905)
- Modelo atómico de Rutherford (1911)

Previamente...

- 1834 – Leyes de Faraday:  
 $1F = 96490 C$
- 1884 – Teoría de Arrhenius:  
*Las sales en disolución se disocian en iones*
- 1891 – G. J. Stoney:  
propone el nombre de “*electrón*”



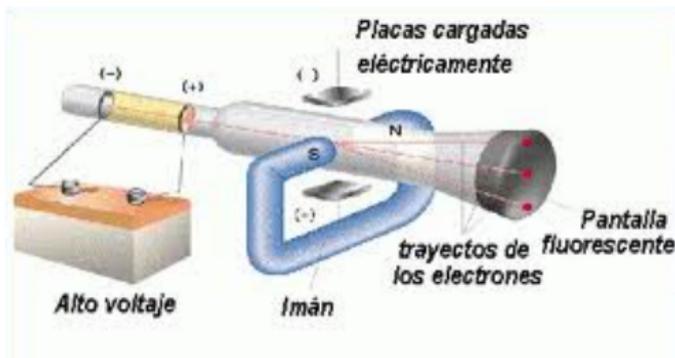


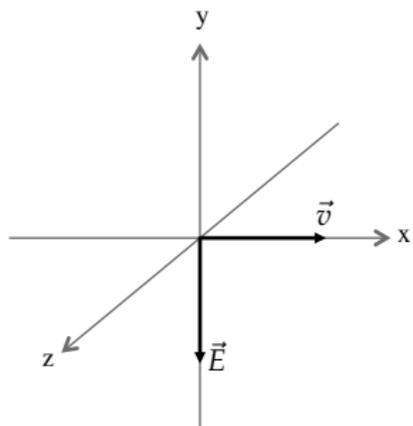


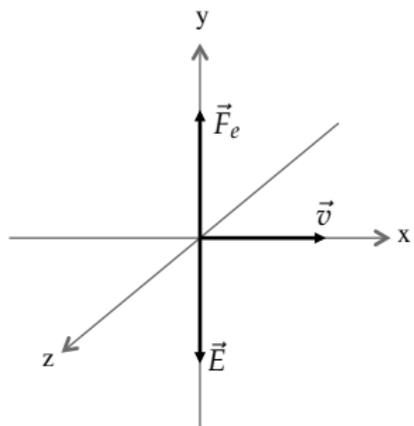


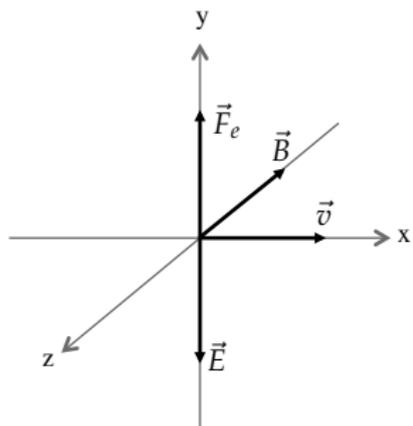
# EL EXPERIMENTO DE THOMSON

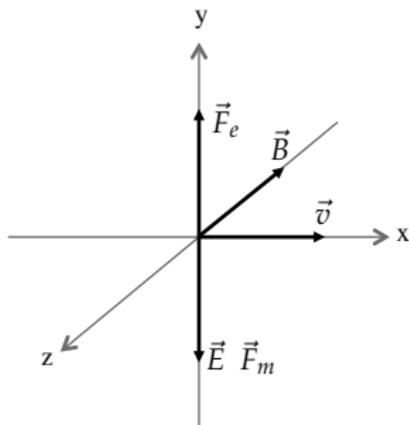
En 1897, J. J. Thomson determinó el primer parámetro atómico, la relación carga-masa ( $e/m$ ) del electrón











$$\sum \vec{F}_y = 0$$

$$\vec{F}_e = \vec{F}_m$$

$$qE = qvB$$

$$v = \frac{E}{B}$$

(1)

La velocidad ( $v$ ) de los electrones está determinada por el potencial ( $\phi$ ) del acelerador, la energía potencial eléctrica ( $V$ ) se convierte en energía cinética ( $T$ ).

La velocidad ( $v$ ) de los electrones está determinada por el potencial ( $\phi$ ) del acelerador, la energía potencial eléctrica ( $V$ ) se convierte en energía cinética ( $T$ ).

$$V = q \phi$$

La velocidad ( $v$ ) de los electrones está determinada por el potencial ( $\phi$ ) del acelerador, la energía potencial eléctrica ( $V$ ) se convierte en energía cinética ( $T$ ).

$$V = q \phi$$

$$T = \frac{1}{2} m v^2$$

La velocidad ( $v$ ) de los electrones está determinada por el potencial ( $\phi$ ) del acelerador, la energía potencial eléctrica ( $V$ ) se convierte en energía cinética ( $T$ ).

$$V = q \phi$$

$$T = \frac{1}{2} m v^2$$

$$T = V$$

$$\frac{1}{2} m v^2 = q \phi$$

$$v = \sqrt{\frac{2 q \phi}{m}} \quad (2)$$

Igualando (1) y (2)

$$\frac{E}{B} = \sqrt{\frac{2 q \phi}{m}}$$

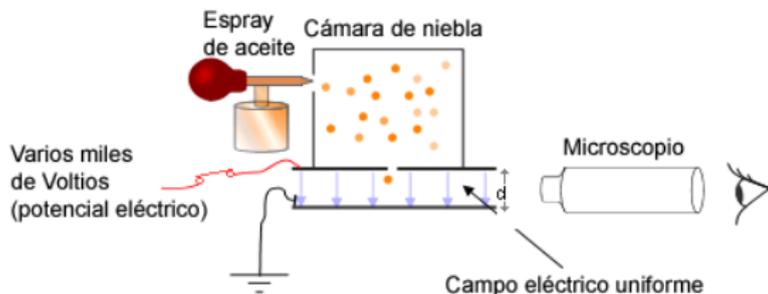
$q$  es la carga del electrón ( $e$ )

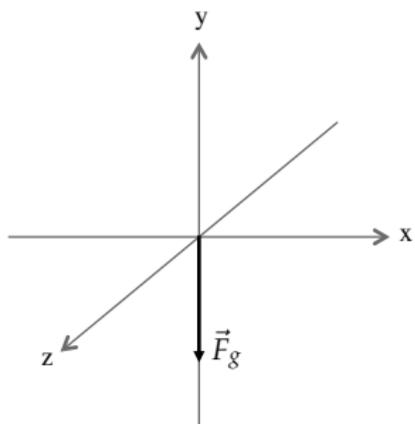
$$\frac{e}{m} = \frac{E^2}{2 \phi B^2} \quad (3)$$

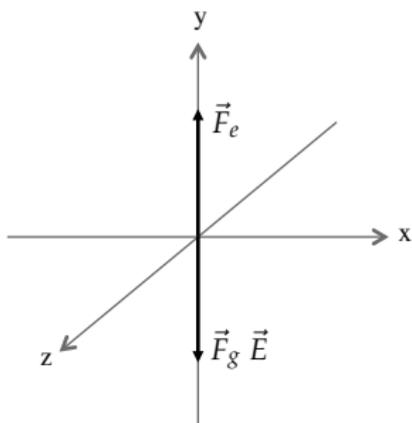
$$\frac{e}{m} = 1.758820174 \times 10^{11} \text{C/kg}$$

# EL EXPERIMENTO DE MILLIKAN

De 1909-1913, Andrews Millikan realizó la primera medición directa de la carga del electrón







$$\sum \vec{F}_y = 0$$

$$\vec{F}_e = \vec{F}_g$$

$$qE = mg$$

$q$  y  $m$  son la carga y la masa de la gotita

$$q = \frac{mg}{E} \quad (4)$$

En todos los casos, se encontró que la carga de las gotitas eran siempre un múltiplo de un número constante que corresponde a la carga del electrón.

$$q = ne \quad n = 1, 2, 3, \dots$$

$q$ ( $10^{-19}$ C)	6.55	8.20	9.88	11.49	13.13	14.81	16.48	
$n$	4	5	6	7	8	9	10	...
$e$ ( $10^{-19}$ C)	1.639	1.641	1.646	1.641	1.641	1.645	1.648	

En todos los casos, se encontró que la carga de las gotitas eran siempre un múltiplo de un número constante que corresponde a la carga del electrón.

$$q = ne \quad n = 1, 2, 3, \dots$$

$q$ ( $10^{-19}$ C)	6.55	8.20	9.88	11.49	13.13	14.81	16.48	
$n$	4	5	6	7	8	9	10	...
$e$ ( $10^{-19}$ C)	1.639	1.641	1.646	1.641	1.641	1.645	1.648	

Millikan obtuvo un valor promedio de  $e = 1.631 \times 10^{-19}$  C

El valor actual es  $e = 1.60217646 \times 10^{-19}$  C

En todos los casos, se encontró que la carga de las gotitas eran siempre un múltiplo de un número constante que corresponde a la carga del electrón.

$$q = ne \quad n = 1, 2, 3, \dots$$

$q$ ( $10^{-19}$ C)	6.55	8.20	9.88	11.49	13.13	14.81	16.48	
$n$	4	5	6	7	8	9	10	...
$e$ ( $10^{-19}$ C)	1.639	1.641	1.646	1.641	1.641	1.645	1.648	

Millikan obtuvo un valor promedio de  $e = 1.631 \times 10^{-19}$  C

El valor actual es  $e = 1.60217646 \times 10^{-19}$  C

De esta forma, se pudo conocer también la masa del electrón

$$m_e = 9.1093819 \times 10^{-31} \text{ kg}$$