

**Experimento de Thomson**

1. Se aplica una diferencia de potencial de 150 [V] sobre un electrón que atraviesa perpendicularmente un campo magnético, ejerciéndose sobre él una fuerza magnética de  $5.210 \times 10^{-16}$  [N]. Determine en [m] el radio de curvatura de su trayectoria.

$$r = 0.0922 \text{ [m]}$$

2. Cuando un haz de rayos catódicos pasa perpendicularmente a través de un campo magnético de 0.7 [mT] se desvía con un radio de curvatura de  $56.8561 \times 10^{-3}$  [m]. Se desea que el haz de rayos catódicos recupere su trayectoria recta aplicando un campo eléctrico (E) perpendicular a la trayectoria del haz y al campo magnético. Calcule la magnitud que deberá tener el campo eléctrico aplicado.

$$E = 4\,900 \text{ [N} \cdot \text{C}^{-1}]$$

3. Cuando un electrón entra perpendicularmente a las líneas de fuerza de un campo magnético de 21 [mT], la fuerza magnética lo hace girar un radio de 7 [mm]. Determine la energía cinética que posee dicho electrón.

$$E_c = 3.0447 \times 10^{-16} \text{ [J]}$$

4. Al realizar el experimento de J. J. Thomson en un aparato cuyas bobinas tienen 14 [cm] de radio y 130 vueltas de conductor, el haz de rayos catódicos se desvió describiendo una trayectoria circular de 9.1 [cm] de radio cuando se impuso una corriente de 0.7 [A] en las bobinas. Con base en los datos proporcionados, determine la diferencia de potencial empleada en el experimento.

$$V = 248.76 \text{ [V]}$$

5. En un experimento de rayos catódicos con unas bobinas de 15 [cm] de radio y 130 vueltas de conductor, se obtuvieron los datos siguientes a 0.8 [A].

| Radio [cm]                  | 5.0 | 5.5 | 6.0 | 6.5 | 7.0 | 7.5 | 8.0 |
|-----------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Diferencia de potencial [V] | 104 | 116 | 126 | 144 | 160 | 180 | 200 |

Determine la relación entre la carga y la masa de los rayos catódicos, use el método de mínimos cuadrados.

$$\frac{q}{m} = 1.2757 \times 10^{11} \text{ [C} \cdot \text{kg}^{-1}]$$

6. Se repite el experimento de Thomson similar al del laboratorio, donde el radio de las bobinas es 27 [cm] y el número de espiras es 234. Use la totalidad de la información y calcule el mejor valor para la velocidad de los rayos catódicos.

| r [mm] | 66  | 58  | 53  | 49  | 44  |
|--------|-----|-----|-----|-----|-----|
| I [A]  | 1.6 | 1.8 | 2.0 | 2.2 | 2.4 |

$$v = 1.4034 \times 10^7 \text{ [m} \cdot \text{s}^{-1}]$$

7. En un experimento como el de Thomson, se obtuvieron los resultados siguientes:

| $F_m$ [N]                 | $v$ [m · s <sup>-1</sup> ] |
|---------------------------|----------------------------|
| $9.4145 \times 10^{-16}$  | $6.5 \times 10^6$          |
| $10.1387 \times 10^{-16}$ | $7 \times 10^6$            |
| $11.5871 \times 10^{-16}$ | $8 \times 10^6$            |
| $13.0355 \times 10^{-16}$ | $9 \times 10^6$            |

Donde  $F_m$  es la fuerza magnética ejercida sobre los electrones y  $v$  es la velocidad de estos. El ángulo entre el vector velocidad y el vector campo magnético es de 90°. Utilizando las cuatro parejas de datos y el método de los mínimos cuadrados, calcule el campo magnético aplicado.

$$B = 9.0401 \times 10^{-4} \text{ [T]}$$

8. Al realizar el experimento de Thomson en un aparato con unas bobinas de 15 [cm] de radio y 130 vueltas de conductor, se determinaron los valores siguientes cuando se aplicó una corriente eléctrica de 1.06 [A].

| Diámetro [cm] | Voltaje [V] |
|---------------|-------------|
| 11.0          | 200         |
| 10.5          | 186         |
| 10.0          | 170         |
| 9.5           | 154         |
| 9.0           | 146         |
| 8.5           | 136         |
| 8.0           | 126         |

Escriba el modelo matemático lineal que se deriva de este experimento y calcule la relación entre la carga y la masa de los rayos catódicos.

$$r^2 \text{ [m}^2] = (1.9032 \times 10^{-5} \text{ [m}^2 \cdot \text{V}^{-1}]) (V \text{ [V]}) - 7.5844 \times 10^{-4} \text{ [m}^2]$$

$$\frac{q}{m} = 1.54005 \times 10^{11} \text{ [C} \cdot \text{kg}^{-1}]$$

### Experimento de Millikan

9. En el experimento de Millikan se rastrea una gota de aceite de  $4.5 \times 10^{-6} [m]$  de radio, cuando la diferencia de potencial es  $5\,250 [V]$  y la separación entre las placas es  $6 [mm]$ . Las propiedades del aire son  $0.9 [kg \cdot m^{-3}]$  y  $1.83 \times 10^{-5} [Pa \cdot s]$ . Tome para el aceite  $0.855 [g \cdot cm^{-3}]$  y para el ambiente  $77.19 [kPa]$  y  $9.78 [m \cdot s^{-2}]$ . Si la gota viajase verticalmente hacia arriba, en la dirección de la fuerza eléctrica, con 180 electrones en exceso, ¿a qué velocidad viajaría?

$$v = 1.42 \times 10^{-2} [m \cdot s^{-1}]$$

10. Al realizar el experimento de Millikan, despreciando el efecto de la fuerza de Arquímedes, se encontró que una gota de aceite que se encuentra en caída libre tiene una densidad de  $0.84 [g \cdot mL^{-1}]$  y tarda  $14 [s]$  en recorrer  $2.1 [mm]$ . Posteriormente, a esa misma gota, se le aplicó una descarga de rayos X, con lo cual adquirió una carga equivalente a 35 electrones; de tal forma, que la gota asciende al someterse a la influencia de un campo eléctrico de  $28\,000 [V \cdot m^{-1}]$ . Determine la velocidad a la cual asciende la gota, considerando para la viscosidad del aire,  $1\,830 \times 10^{-7} [g \cdot cm^{-1} \cdot s^{-1}]$  y para la aceleración gravitatoria,  $9.81 [m \cdot s^{-2}]$ .

$$v_a = 2.2180 \times 10^{-4} [m \cdot s^{-1}]$$

11. En un aparato como el de Millikan, se tienen tres gotas de aceite con igual radio dentro de un campo eléctrico generado por una diferencia de potencial de  $700 [V]$ , las cargas de las gotas son  $7e^-$ ,  $14e^-$  y  $28e^-$ . Si la gota con 14 electrones en exceso se encuentra estática, determine la velocidad terminal de las otras. Las condiciones de trabajo son:

**Distancia entre las placas** =  $7 \times 10^{-3} [m]$

**Aceleración gravitatoria** =  $9.78 [m \cdot s^{-2}]$

**Diferencia de densidades** =  $855 [kg \cdot m^{-3}]$

**Viscosidad del aire** =  $1.83 \times 10^{-5} [kg \cdot s^{-1} \cdot m^{-1}]$

$$(7e^-)v_c = 1.7507 \times 10^{-4} [m \cdot s^{-1}]$$

$$(28e^-)v_a = 3.5017 \times 10^{-4} [m \cdot s^{-1}]$$

12. Una gota de aceite con radio de  $876.0861 \times 10^{-9} [m]$  se mantiene estática al aplicar una diferencia de potencial de  $210 [V]$ . Determine la diferencia de potencial que debe aplicarse para que la gota recorra una distancia de  $1 [mm]$  en  $19.2466 [s]$  ascendiendo a velocidad constante. Considere los datos siguientes:

**Distancia entre las placas** =  $1 [cm]$

**Diferencia de densidades** =  $855 [kg \cdot m^{-3}]$

**Aceleración gravitatoria** =  $9.78 [m \cdot s^{-2}]$

**Viscosidad del aire** =  $1.830 \times 10^{-5} [kg \cdot m^{-1} \cdot s^{-1}]$

$$V = 350 [V]$$

13. En su primer trabajo publicado acerca de la carga fundamental del electrón, Millikan utilizó gotas de agua en lugar de gotas de aceite. Los resultados de este experimento se dan en la tabla siguiente:

| Experimento: | Carga de la gota de agua [C]: |
|--------------|-------------------------------|
| 1            | $3.10 \times 10^{-19}$        |
| 2            | $3.25 \times 10^{-19}$        |
| 3            | $4.60 \times 10^{-19}$        |
| 4            | $6.09 \times 10^{-19}$        |
| 5            | $7.75 \times 10^{-19}$        |
| 6            | $9.24 \times 10^{-19}$        |

Determine el valor de la carga fundamental del electrón que se deduce de este experimento

$$e = 1.5535 \times 10^{-19} [C]$$

14. Al realizar el experimento de Millikan de la gota estática, se obtuvieron los radios ( $r$ ) de diferentes gotas de aceite, que aparecen a continuación.

| Gota                | 1      | 2      | 3      | 4      | 5      | 6      | 7      | 8      | 9      |
|---------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| $r [m] \times 10^6$ | 1.7160 | 1.8485 | 2.0688 | 2.1623 | 2.3324 | 2.4056 | 2.4758 | 2.6024 | 2.7198 |

Considere los datos siguientes:

**Aceleración gravitatoria:**  $9.81 [m \cdot s^{-2}]$

**Diferencia de densidades:**  $898.8 [kg \cdot m^{-3}]$

**Distancia entre las placas:**  $0.016 [m]$

**Diferencia de potencial:**  $4550 [V]$

Calcule el valor de la carga eléctrica fundamental que se deriva de este experimento.

$$e = 1.6529 \times 10^{-19} [C]$$

### Teoría cuántica de Planck

15. Sometiendo una sal a la llama de un mechero bunsen puede detectarse la presencia de cesio, debido a la emisión de un color característico, debido a una onda electromagnética de  $4.318 \times 10^{-19} [J]$  de energía. ¿De qué color es la llama del cesio?

Azul

16. Una lámpara de  $14 [W]$  emite fotones cuya longitud de onda es de  $630 [nm]$ . Calcule cuántos fotones emite la lámpara en  $70 [min]$ .

$$1.864808 \times 10^{23} [fotones]$$

17. En una habitación se encienden al mismo tiempo, dos lámparas de 100 [W] cada una y al cabo de 7 [s] se apagan. Si una de las lámparas emite fotones de  $7 \times 10^{14}$  [Hz] y la otra de 560 [nm], determine:

- El color de la luz de cada lámpara.
- La energía total emitida por las dos lámparas.
- La cantidad de fotones que emite cada lámpara.

- Morado, verde
- 1 400 [J]
- $1.5091 \times 10^{21}$  [fotones]  
 $1.9733 \times 10^{21}$  [fotones]

18. Una lámpara emite tres tipos de fotones (A, B y C) que contribuyen en diferentes porcentajes a la energía total emitida, como se muestra en la tabla siguiente:

| fotón | f [Hz]                  | % de energía |
|-------|-------------------------|--------------|
| A     | $5.3533 \times 10^{14}$ | 35           |
| B     | $4.7585 \times 10^{14}$ | 49           |
| C     | $4.2827 \times 10^{14}$ | 16           |

Si la lámpara tiene una potencia de 140 [W] y permanece encendida, 7 [s] determine:

- La energía total emitida por la lámpara.
- La cantidad de fotones tipo B emitidos.
- El color de cada tipo de fotón.

- $E_T = 980$  [J]
- $1.5229 \times 10^{21}$  [fotones]
- Fotón A (verde-amarillo)  
Fotón B (amarillo-naranja)  
Fotón C (rojo)

### Efecto fotoeléctrico

19. Una luz de 200 [nm] de longitud de onda incide sobre una superficie metálica con función de trabajo de 4.5 [eV]. Calcule la energía cinética de los electrones liberados.

$$E_c = 2.729355 \times 10^{-19} \text{ [J]}$$

20. Cuando una radiación UV de  $1.6 \times 10^{15}$  [s<sup>-1</sup>] incide sobre un metal de sodio, se desprenden electrones con una energía cinética de 4.5 [eV]. Determine:

- La energía de los fotones incidentes
- La función de trabajo del metal
- La frecuencia umbral

- $E_F = 1.06017 \times 10^{-18}$  [J]
- $W_0 = 3.3919 \times 10^{-19}$  [J]
- $f_0 = 5.1190 \times 10^{-14}$  [s<sup>-1</sup>]

21. La energía mínima requerida para remover un electrón de un átomo de una placa metálica o material fotoeléctrico es de  $3.44 \times 10^{-18}$  [J]. La absorción de un fotón de longitud de onda desconocida ioniza al átomo en cuestión y produce un electrón con una velocidad de  $1.03 \times 10^6$  [m · s<sup>-1</sup>]. Calcule la longitud de onda (en nanómetros) de la radiación absorbida.

$$\lambda = 50.6682 \text{ [nm]}$$

22. En un experimento del efecto fotoeléctrico se emite un electrón de una placa metálica cuyo límite de frecuencia es de  $7 \times 10^{14}$  [Hz]. Si la onda electromagnética incidente corresponde a la séptima línea de la serie de Lyman para el átomo de hidrógeno, determine la velocidad a la que viajan los electrones emitidos.

$$v = 1.9224 \times 10^6 \text{ [m · s}^{-1}\text{]}$$

23. En un experimento del efecto fotoeléctrico, se determinaron los potenciales de frenado (V) de los electrones en función de la longitud de onda (λ) del espectro de mercurio.

| λ [Å] | V [V] |
|-------|-------|
| 5 460 | 0.4   |
| 4 920 | 0.6   |
| 4 360 | 0.9   |
| 4 050 | 1.2   |
| 3 690 | 1.5   |
| 3 130 | 2.1   |

Determine:

- El valor experimental de la constante de Planck.
- La frecuencia umbral.

$$h = 6.7975 \times 10^{-34} \text{ [J · s]}$$

$$f_0 = 4.6338 \times 10^{14} \text{ [Hz]}$$

24. En un experimento del efecto fotoeléctrico se ilumina la superficie de un metal con luz de diferentes frecuencias, obteniéndose los resultados siguientes:

| f [s <sup>-1</sup> ] × 10 <sup>-14</sup>  | 8.1967 | 7.4074 | 6.8807 | 6.0976 | 5.4945  | 5.1813  |
|---|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| E <sub>c máx</sub> [J] × 10 <sup>19</sup> | 2.3710 | 1.8423 | 1.4899 | 0.9324 | 0.57672 | 0.38448 |

Calcule la constante de Planck y la energía de escape o función de trabajo.

$$h = 6.6283 \times 10^{-34} \text{ [J · s]}$$

$$W_0 = 3.0708 \times 10^{-19} \text{ [J]}$$

### Teoría Atómica de Bohr, Teoría de De Broglie

25. Calcule la energía cinética del electrón que está en la 5ª órbita del átomo de hidrógeno.

$$E_c = 8.73 \times 10^{-20} \text{ [J]}$$

26. El único electrón de un átomo hidrogenoide se encuentra en una órbita donde su velocidad es de  $2.1877 \times 10^6 \text{ [m} \cdot \text{s}^{-1}]$ . Si la fuerza eléctrica que se ejerce sobre él, por parte del núcleo, es de  $-11.7865 \times 10^{-9} \text{ [N]}$ , determine:

- El número atómico del ion.
- La órbita en que se encuentra el electrón.

$$\text{a) } Z = 7$$

$$\text{b) } n = 7$$

27. El único electrón de un ion monoatómico gira alrededor del núcleo con una rapidez de  $8.7507 \times 10^6 \text{ [m/s]}$ . Si se sabe que el ion posee un total de 28 protones, determine:

- La energía potencial del electrón.
- La órbita en que se encuentra el electrón.

$$E_p = -69.7636 \times 10^{-18} \text{ [J]}$$

$$n = 7$$

28. El ion litio ( $\text{Li}^{2+}$ ) tiene a su electrón en una cierta órbita. Cuando el electrón brinca hacia la órbita 2 se emite un fotón de  $48.213 \text{ [nm]}$ . Calcule la órbita original.

$$\text{Órbita 5}$$

29. El único electrón de un ion hidrogenoide de  $\text{Ti}^{21+}$  salta de una órbita con radio de  $6.0133 \times 10^{-11} \text{ [m]}$  a otra con radio de  $9.6214 \times 10^{-12} \text{ [m]}$ . Calcule la longitud de onda de la radiación electromagnética que se emite e indique la zona del espectro electromagnético en la que se ubica.

$$\lambda = 8.9656 \times 10^{-10} \text{ [m]}$$

Se ubica en la región de los rayos X

30. El único electrón del ion  $\text{X}^{6+}$  se encuentra en una órbita donde su energía total es  $-2.1798 \times 10^{-18} \text{ [J]}$ . Determine el periodo de la onda electromagnética emitida, cuando el electrón pasa a la órbita menor siguiente.

$$\tau = 8.4175 \times 10^{-16} \text{ [s]}$$

31. Cuando el único electrón del ion  $\text{Li}^{2+}$  realiza una transición electrónica correspondiente a la tercera línea espectral de Lyman, emite una onda electromagnética.

- Calcule la longitud de la onda que se emite.
- Indique en qué región del espectro electromagnético se ubica la onda emitida.

$$\text{a) } \lambda = 1.0800 \times 10^{-8} \text{ [m]}$$

b) En la región de los rayos UV

32. Las líneas espectrales del hidrógeno en la región visible corresponden a las transiciones electrónicas de niveles superiores al nivel final 2.

A  $410.2 \text{ [nm]}$  la luz que se observa es violeta, mientras que a  $658 \text{ [nm]}$  es roja.

Determine analíticamente las órbitas desde las que brinca el electrón para los colores mencionados anteriormente.

$$n_B = 3$$

$$n_A = 6$$

33. Determine la energía del fotón emitido por un átomo de hidrógeno.

- De la primera transición de la serie de Lyman,
- De la tercera transición de la serie de Balmer

Indique en qué zona del espectro electromagnético se encuentra cada una.

$$\text{a) } E_F = 1.6349 \times 10^{-18} \text{ [J]} \text{ (Ultravioleta)}$$

$$\text{b) } E_F = 4.5777 \times 10^{-19} \text{ [J]} \text{ (Visible)}$$

34. El único electrón de un átomo hidrogenoide de escandio se encuentra en una órbita donde su longitud de onda es de  $1.1082 \times 10^{-10} \text{ [m]}$ . Determine:

- La energía cinética del electrón.
- La órbita en la que se encuentra el electrón.

$$\text{a) } E_c = 1.9722 \times 10^{-17} \text{ [J]}$$

b) Órbita 7

35. Si el único electrón del ion  $\text{A}^{13+}$  se encuentra en la órbita 7. Determine:

- La fuerza centrípeta que se ejerce sobre el electrón.
- La longitud de onda asociada al electrón.

$$F_c = -9.4156 \times 10^{-8} \text{ [N]}$$

$$\lambda_e = 1.6624 \times 10^{-10} \text{ [m]}$$

36. El único electrón del átomo  $\text{O}^{7+}$  se encuentra en una órbita tal que, tiene una longitud de onda asociada de  $290.9264 \times 10^{-12} \text{ [m]}$ . Determine la energía potencial del electrón.

$$E_p = -5.7043 \times 10^{-18} \text{ [J]}$$

### Números cuánticos

37. Indique en cuántos electrones del ion  $Pt^{4+}$  se cumple que:

- a)  $n = 5$
- b)  $l = 3$
- c)  $m = -2$
- d)  $l = 0$  y  $m = -2$

- a) 12 electrones
- b) 14 electrones
- c) 7 electrones
- d) 0 electrones

38. Indique en cuántos electrones del ion  $Br^-$  se cumple que:

- a)  $n = 3$
- b)  $l = 1$
- c)  $m = +1$
- d)  $l = 0$  y  $giro = -1/2$
- e)  $m = -2$  y  $giro = +1/2$

- a) 18 electrones
- b) 18 electrones
- c) 8 electrones
- d) 4 electrones
- e) 1 electrón

39. Si el último electrón del ion  $X^{2-}$  tiene como valores de sus números cuánticos  $n = 5$ ,  $l = 2$ ,  $m = 0$  y  $s = -1/2$ , determine:

- a) ¿Cuál es el elemento  $X$ ?
- b) ¿Cuántos electrones de  $X^{2-}$  tienen  $m = -1$ ?

- a) Osmio
- b) 16 Electrones

40. El último electrón del ion  $A^{7+}$  tiene como valor de cada uno de sus números cuánticos a:  $n = 4$ ,  $l = 1$ ,  $m = +1$  y  $s = -1/2$

Determine:

- a) De qué elemento se trata.
- b) El número de electrones que tienen a  $-2$  como el valor de alguno de sus números cuánticos para el ion  $A^{7+}$ .

- Tecnecio
- $2 e^-$  con  $m = -2$

41. Con la información que se da a continuación, indique de qué iones se trata. Considere que el valor para cada uno de los números cuánticos corresponde al último electrón siguiendo el principio de construcción de aufbau.

| $Z$ | $n$ | $l$ | $m$ | $s$    | ion |
|-----|-----|-----|-----|--------|-----|
| 7   | 2   | 1   | +1  | $-1/2$ |     |
| 11  | 2   | 1   | +1  | $-1/2$ |     |
| 15  | 3   | 1   | +1  | $-1/2$ |     |
| 21  | 3   | 1   | +1  | $-1/2$ |     |
| 34  | 4   | 1   | +1  | $-1/2$ |     |

$N^{3+}$ ,  $Na^+$ ,  $P^3$ ,  $Sc^{3+}$ ,  $Se^{2-}$

42. La ubicación del electrón diferencial para los átomos:  $\kappa$  (aleph),  $\lambda$  (lamed),  $\pi$  (hei), es la siguiente:  $4p^4$ ,  $3s^1$  y  $5p^5$  respectivamente. A partir de esta información complete la siguiente tabla.

| Átomo     | Números cuánticos del electrón diferencial |     |     |     | Configuración electrónica | Elemento al que pertenece el átomo |
|-----------|--|-----|-----|-----|---------------------------|------------------------------------|
|           | $n$  | $l$ | $m$ | $s$ |                           |                                    |
| $\kappa$  |  |     |     |     |                           |                                    |
| $\lambda$ |  |     |     |     |                           |                                    |
| $\pi$     |  |     |     |     |                           |                                    |

**NOTA:** Considere para su respuesta que los valores del número cuántico “ $m$ ” para los orbitales degenerados siguen el siguiente orden al describirlos en la configuración electrónica:

$$-m, \dots, -2, -1, 0, +1, +2, \dots, +m.$$

$\kappa$  : Selenio  
 $\lambda$  : Sodio  
 $\pi$  : Yodo