# Trabajo: Cargas, campo y fuerza electrostática


Diego Alejandro Parra Bravo
*Fisica II*
*Universidad Internacional de La Rioja*
Cali, Colombia
dap465@gmail.coom



***Abstract*—Este documento aborda ejercicios de electromagnetismo sobre cargas, campos y fuerzas electrostáticas. Se analiza la trayectoria de un electrón en un campo magnético, calculando su radio, frecuencia y período orbital, y se compara con un antineutrón. También se calcula la fuerza magnética sobre un electrón solar entrando en la aurora de Júpiter. Finalmente, se determina la magnitud y dirección de un campo eléctrico en equilibrio con una gota de aceite, similar al experimento de Millikan. Cada ejercicio requiere desarrollo matemático y justificación de supuestos.**


## I. Primer ejercicio

Un electrón con una capacidad de trabajo de $72090 \times 10^{-19}$ J orbita de manera perpendicular a un campo magnético de 3250 G. ¿Cuál es el radio de la órbita? ¿Y su frecuencia y periodo angular? Resuelve el mismo ejercicio para un antineutrón.

### A. Solución

a) *Datos proporcionados y constantes:*

- Energía cinética ($E$): $72090 \times 10^{-19}$ J $= 7.209 \times 10^{-15}$ J
- Campo magnético ($B$): 3250 G $= 3250 \times 10^{-4}$ T $=$ 0.325 T
- Carga del electrón ($C_e$): $-1.602 \times 10^{-19}$ C.
- Masa del electrón ($m_e$): $9.109 \times 10^{-31}$ kg
- Masa del antineutrón ($m_{b\{n\}}$): $1.6749 \times 10^{-27}$ kg (aproximadamente igual a la masa del neutrón)
- Carga del antineutrón ($q_{b\{n\}}$): 0 C

b) *Parte A: Electrón:*

La "capacidad de trabajo" se interpreta como la energía cinética ($E$) del electrón. La energía cinética se relaciona con la velocidad ($v$) mediante la fórmula:

$$E = \frac{1}{2} m_e v^2 \tag{1}$$

Despejando la velocidad $v$:

$$v = \sqrt{\frac{2E}{m_e}} \tag{2}$$

Sustituyendo los valores:

$$v = \sqrt{\frac{2 \times 7.209 \times 10^{-15} \text{ J}}{9.109 \times 10^{-31} \text{ kg}}} \tag{3}$$

$$v = \sqrt{\frac{1.4418 \times 10^{-14} \text{ J}}{9.109 \times 10^{-31} \text{ kg}}} \tag{4}$$

$$v = \sqrt{1.58283 \times 10^{16} \text{ m}^2/\text{s}^2} \approx 1.2581 \times 10^8 \text{ m/s} \tag{5}$$

Cuando una partícula cargada se mueve perpendicularmente a un campo magnético, la fuerza magnética ($F_B$) actúa como fuerza centrípeta ($F_c$), causando un movimiento circular.

$$F_B = |C_e|\ vB \tag{6}$$

$$F_c = \frac{m_e v^2}{r} \tag{7}$$

Igualando ambas fuerzas $F_B = F_c$:

$$|C_e|\ vB = \frac{m_e v^2}{r} \tag{8}$$

Despejando el radio $r$:

$$r = \frac{m_e v}{|C_e|\ B} \tag{9}$$

Sustituyendo los valores:

$$r = \frac{(9.109 \times 10^{-31} \text{ kg}) \times (1.2581 \times 10^8 \text{ m/s})}{(1.602 \times 10^{-19} \text{ C}) \times (0.325 \text{ T})} \tag{10}$$

$$r = \frac{1.1460 \times 10^{-22} \text{ kg m/s}}{0.52065 \times 10^{-19} \text{ C T}} \tag{11}$$

$$r \approx 2.1999 \times 10^{-3} \text{ m} = 2.20 \text{ mm} \tag{12}$$

La frecuencia de ciclotrón ($f$) es la frecuencia del movimiento orbital y está dada por:

$$f = \frac{|C_e|\ B}{2\pi m_e} \tag{13}$$

Sustituyendo los valores:

$$f = \frac{(1.602 \times 10^{-19} \text{ C}) \times (0.325 \text{ T})}{2\pi \times (9.109 \times 10^{-31} \text{ kg})} \tag{14}$$

$$f = \frac{0.52065 \times 10^{-19} \text{ C T}}{5.7234 \times 10^{-30} \text{ kg}} \tag{15}$$

$$f \approx 9.097 \times 10^9 \text{ Hz} = 9.097 \text{ GHz} \tag{16}$$

El período angular ($T$), o simplemente período, es el inverso de la frecuencia:

$$T = \frac{1}{f} \tag{17}$$

Sustituyendo el valor de $f$:

$$T = \frac{1}{9.097 \times 10^9 \text{ Hz}} \approx 1.099 \times 10^{-10} \text{ s} = 0.110 \text{ ns} \tag{18}$$

**Resultados para el electrón:**

- Radio de la órbita ($r$): 2.20 mm
- Frecuencia ($f$): 9.097 GHz

- Período angular ($T$): $0.110 \ \text{ns}$

c) *Parte B: Antineutrón:*

Un antineutrón es la antipartícula del neutrón. Posee la misma masa que el neutrón, $m_{b\{n\}} \approx 1.6749 \times 10^{-27} \ \text{kg}$, pero, de manera crucial para este problema, tiene una carga eléctrica neta de $q_{b\{n\}} = 0$ C.

Si el antineutrón tuviera la misma energía cinética que el electrón ($E = 7.209 \times 10^{-15}$ J), su velocidad $v_{b\{n\}}$ sería:

$$v_{b\{n\}} = \sqrt{\frac{2E}{m_{b\{n\}}}} \tag{19}$$

$$v_{b\{n\}} = \sqrt{\frac{2 \times 7.209 \times 10^{-15} \text{ J}}{1.6749 \times 10^{-27} \ \text{kg}}} \tag{20}$$

$$v_{b\{n\}} = \sqrt{\frac{1.4418 \times 10^{-14} \text{ J}}{1.6749 \times 10^{-27} \ \text{kg}}} \tag{21}$$

$$v_{b\{n\}} = \sqrt{8.6082 \times 10^{12} \text{ m}^2/\text{s}^2} \approx 2.934 \times 10^{6} \ \text{m/s} \tag{22}$$

La fuerza magnética ($F_B$) sobre una partícula con carga $q$ que se mueve con velocidad $v$ en un campo magnético $B$ está dada por $F_B = qvB\sin(\theta)$, donde $\theta$ es el ángulo entre $v$ y $B$. Dado que la carga del antineutrón $q_{b\{n\}}$ es cero:

$$F_B = 0 \times v_{b\{n\}} \times B \times \sin(\theta) = 0 \text{ N} \tag{23}$$

Al no experimentar una fuerza magnética, el antineutrón no será desviado por el campo magnético y, por lo tanto, no describirá una órbita circular debido a la influencia de este campo. En ausencia de otras fuerzas, el antineutrón continuará su movimiento en línea recta con la velocidad $v_{b\{n\}}$ calculada.

Por consiguiente, para el antineutrón en el contexto de una órbita generada por el campo magnético:

- Radio de la órbita ($r$): No aplica (o se considera infinito), ya que no hay órbita.
- Frecuencia ($f$): 0 Hz, al no haber movimiento periódico orbital.
- Período angular ($T$): No aplica (o se considera infinito).