

2) Bloque 1. La actividad científica. Bloque 3. Interacción electromagnética.

Contenidos.

Ley de Coulomb: fuerza eléctrica entre cargas. Campo eléctrico. Potencial eléctrico. Campo magnético. Fuerza magnética sobre una carga: ley de Lorentz. Efecto de los campos eléctricos y magnéticos sobre cargas en movimiento. El campo magnético como campo no conservativo. Campo creado por distintos elementos de corriente. Fuerza entre corrientes rectilíneas. Inducción electromagnética. Flujo magnético. Leyes de Faraday-Henry y Lenz.

Criterios de evaluación

- Asociar el campo eléctrico a la existencia de carga y caracterizarlo por la intensidad de campo y el potencial.
- Reconocer el carácter conservativo del campo electrostático por su relación con una fuerza central y asociarle en consecuencia un potencial electrostático.
- Aplicar el principio de superposición para calcular el campo y el potencial creados por una distribución de cargas puntuales y describir el movimiento de una carga cuando se deja libre en el campo creado por otras.
- Interpretar las variaciones de energía potencial de una carga en movimiento en el seno de campos electrostáticos.
- Describir el movimiento de una partícula cargada en el seno de un campo eléctrico y/o magnético.
- Aplicar la fuerza de Lorentz para explicar el movimiento de una partícula cargada que se mueve en una región del espacio donde actúa un campo magnético.
- Reconocer el carácter no conservativo del campo magnético y la imposibilidad de asociarle una energía potencial.
- Describir el campo magnético originado por una corriente rectilínea, por una espira circular de corriente en su centro o por un solenoide en su interior.
- Identificar y justificar la fuerza de interacción entre dos conductores rectilíneos y paralelos.
- Definir el amperio, unidad fundamental de corriente en el Sistema Internacional, a partir de la fuerza entre dos corrientes rectilíneas y paralelas.
- Describir las experiencias de Faraday-Henry y Lenz y establecer la ley de la inducción electromagnética.
- Calcular la fuerza electromotriz inducida en una espira, relacionándola con variaciones del flujo magnético y determinar el valor y el sentido de la corriente inducida.

Comentarios

- Los problemas se limitarán, como máximo, a la acción de dos cargas sobre una tercera, aplicando el principio de superposición, prestándose especial atención al correcto tratamiento de las magnitudes vectoriales.
- Conocida la relación entre trabajo de una fuerza conservativa y variación de energía potencial, podrán formularse problemas sobre trabajo en el desplazamiento de una carga en presencia de otra (u otras dos).
- Al formular cuestiones o problemas referentes a la relación entre campo y potencial no se requerirá, en ningún caso, la utilización del concepto de gradiente. Dado el carácter central de la interacción electrostática, la relación entre campo y potencial electrostáticos puede limitarse a una descripción unidimensional.
- Las cuestiones acerca del origen del campo magnético incidirán en la comprensión de la idea de que sólo las cargas en movimiento pueden crear un campo magnético, así como en el paralelismo entre imanes y corrientes eléctricas.
- Sólo se exigirá la expresión de la ley de Lorentz, introducida operativamente.
- Las cuestiones referentes al carácter relativo del campo magnético se limitarán a la comprensión y descripción cualitativa de que la separación de los términos eléctrico y magnético de la interacción electromagnética entre cargas en movimiento depende del sistema de referencia utilizado.
- No se exigirá, en ningún caso, la deducción matemática de las expresiones del campo magnético creado por una corriente rectilínea o de la fuerza magnética sobre una corriente rectilínea; sólo su deducción empírica y su aplicación directa a situaciones concretas. Podrá requerirse la aplicación del principio de

superposición a dos corrientes rectilíneas, prestando atención al carácter vectorial de campos magnéticos y fuerzas.

- Los problemas de movimiento de cargas en campos podrán incluir la superposición de campos eléctricos y/o magnéticos, refiriéndose a trayectoria, energía cinética, trabajo, etc.
- Las cuestiones referentes al concepto de flujo se referirán a su carácter escalar y a su dependencia del vector campo, de la superficie y de su orientación, limitándose al caso de superficies planas.
- Las cuestiones referentes a la ley de Lenz-Faraday sólo versarán sobre las características de la fuerza electromotriz inducida (en concreto, su polaridad) y su origen, pudiendo hacer referencia a experiencias con espiras e imanes. Los problemas consistirán en aplicaciones de la ley de Lenz-Faraday a situaciones concretas.

Ejercicios del Bloque.

1.- (ejemploA) a) ¿Puede ser nulo el campo electrostático producido por dos cargas puntuales en un punto del segmento que las une? ¿Y el potencial? Razone la respuesta.

b) El módulo del campo electrostático en un punto P, creado por una carga puntual q situada en el origen, es de 2000 N C^{-1} y el potencial electrostático en P es 6000 V . Determine el valor de q y la distancia del punto P al origen.

$$K = 9 \cdot 10^9 \text{ N m}^2 \text{ C}^{-2}$$

2.- (ejemploB) a) Razone si es verdadera o falsa la siguiente afirmación: “La energía cinética de una partícula cargada que se mueve debido a la acción de un campo electrostático no puede ser constante, pero si se moviera en un campo magnético sí podría permanecer constante”.

b) Una partícula alfa se acelera desde el reposo mediante una diferencia de potencial de $5 \cdot 10^3 \text{ V}$ y, a continuación, penetra en un campo magnético de $0,25 \text{ T}$ perpendicular a su velocidad. Realice un esquema y calcule el radio de la trayectoria que describe la partícula tras penetrar en el campo magnético.

$$m_{\text{alfa}} = 6,7 \cdot 10^{-27} \text{ kg} ; q_{\text{alfa}} = 3,2 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

3.- (17 JUN) a) Un haz de electrones atraviesa una región del espacio siguiendo una trayectoria rectilínea. En dicha región hay aplicado un campo electrostático uniforme. ¿Es posible deducir algo acerca de la orientación del campo? Repita el razonamiento para un campo magnético uniforme.

b) Una bobina, de 10 espiras circulares de 15 cm de radio, está situada en una región en la que existe un campo magnético uniforme cuya intensidad varía con el tiempo según:

$$\vec{B} = 2 \cos(2\pi t - \pi/4) \text{ T}$$

y cuya dirección forma un ángulo de 30° con el eje de la bobina. La resistencia de la bobina es $0,2 \Omega$. Calcule el flujo del campo magnético a través de la bobina en función del tiempo y la intensidad de corriente que circula por ella en el instante $t = 3 \text{ s}$.

4.- (17 JUN) a) Discuta la veracidad de las siguientes afirmaciones: i) “Al analizar el movimiento de una partícula cargada positivamente en un campo eléctrico observamos que se desplaza espontáneamente hacia puntos de potencial mayor”; ii) “Dos esferas de igual carga se repelen con una fuerza F. Si duplicamos el valor de la carga de cada una de las esferas y también duplicamos la distancia entre ellas, el valor F de la fuerza no varía”.

b) Se coloca una carga puntual de $4 \cdot 10^{-9} \text{ C}$ en el origen de coordenadas y otra carga puntual de $-3 \cdot 10^{-9} \text{ C}$ en el punto (0,1) m. Calcule el trabajo que hay que realizar para trasladar una carga de $2 \cdot 10^{-9} \text{ C}$ desde el punto (1,2) m hasta el punto (2,2) m.

$$K = 9 \cdot 10^9 \text{ N m}^2 \text{ C}^{-2}$$

5.- (17 SEP) a) Un electrón, un protón y un átomo de hidrógeno penetran en una zona del espacio en la que existe un campo magnético uniforme perpendicular a la velocidad de las partículas. Dibuje la trayectoria que seguiría cada una de las partículas y compare las aceleraciones de las tres.

b) Dos pequeñas esferas cargadas están separadas una distancia de 5 cm. La carga de una de las esferas es cuatro veces la de la otra y entre ambas existe una fuerza de atracción de $0,15 \text{ N}$. Calcule la carga de cada esfera y el módulo del campo eléctrico en el punto medio del segmento que las une.

$$K = 9 \cdot 10^9 \text{ N m}^2 \text{ C}^{-2}$$

6.- (17 SEP) a) Explique cómo se define el campo eléctrico creado por una carga puntual y razone cuál es el valor del campo eléctrico en el punto medio entre dos cargas de valores q y -2q.

b) Determine la carga negativa de una partícula, cuya masa es 3,8 g, para que permanezca suspendida en un campo eléctrico de 4500 N C^{-1} . Haga una representación gráfica de las fuerzas que actúan sobre la partícula.

$$g = 9,8 \text{ m s}^{-2}$$

7.- (17) a) Por un hilo recto muy largo, colocado sobre el eje Y, circula una corriente en el sentido positivo de dicho eje. Una pequeña espira circular contenida en el plano XY se mueve con velocidad constante. Describa razonadamente cuál es la corriente inducida en la espira si: i) la velocidad de la espira está orientada según el sentido negativo del eje Y; ii) la velocidad está dirigida en el sentido positivo del eje X.

b) A una espira circular de 4 cm de radio, que descansa en el plano XY, se le aplica un campo magnético $\vec{B} = 0,02 t^3 \vec{k} \text{ T}$, donde t es el tiempo en segundos. Represente gráficamente la fuerza electromotriz inducida en el intervalo comprendido entre $t = 0 \text{ s}$ y $t = 4 \text{ s}$.

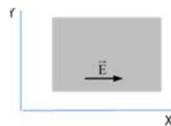
8.- (17) a) Para dos puntos A y B de una región del espacio, en la que existe un campo eléctrico uniforme, se cumple que $V_A > V_B$. Si dejamos libre una carga negativa en el punto medio del segmento que une A con B, ¿a cuál de los dos puntos se acerca la carga? Razone la respuesta.

b) Una carga de $2,5 \cdot 10^{-8} \text{ C}$ se coloca en una región donde hay un campo eléctrico de intensidad $5,0 \cdot 10^4 \text{ N C}^{-1}$, dirigido en el sentido positivo del eje Y. Calcule el trabajo que la fuerza eléctrica efectúa sobre la carga cuando ésta se desplaza 0,5 m en una dirección que forma un ángulo de 30° con el eje X.

9.- (17) a) ¿En qué casos un campo magnético no ejerce fuerza sobre una partícula cargada? ¿Y sobre un conductor rectilíneo indefinido por el que circula una corriente eléctrica? Razone las respuestas.

b) Un protón penetra en un campo eléctrico uniforme \vec{E} , de 200 N C^{-1} , con una velocidad \vec{v} , de 10^6 m s^{-1} , perpendicular al campo. Calcule el campo magnético, \vec{B} , que habría que aplicar, superpuesto al eléctrico, para que la trayectoria del protón fuera rectilínea. Ayúdese de un esquema.

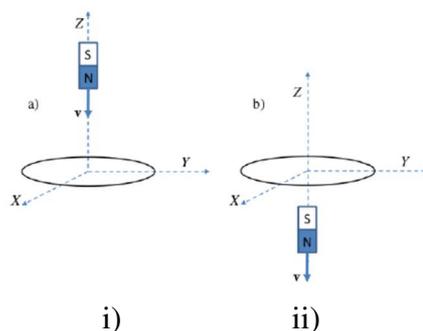
10.- (17) a) En la figura se muestra en color gris una región del espacio en la que hay un campo electrostático uniforme \vec{E} . Un electrón, un protón y un neutrón penetran en la región del campo con velocidad constante $\vec{v} = v_0 \vec{i}$ desde la izquierda. Explique razonadamente cómo es el movimiento de cada partícula si se desprecian los efectos de la gravedad.



b) En el átomo de hidrógeno, el electrón se encuentra sometido al campo eléctrico creado por el protón. Calcule el trabajo realizado por el campo eléctrico para llevar el electrón desde un punto P_1 , situado a $5,3 \cdot 10^{-11} \text{ m}$ del núcleo, hasta otro punto P_2 , situado a $4,76 \cdot 10^{-10} \text{ m}$ del núcleo. Comente el signo del trabajo.

$$K = 9 \cdot 10^9 \text{ N m}^2 \text{ C}^{-2}; e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

11.- (17) a) Una espira conductora circular fija, con centro en el origen de coordenadas está contenida en el plano XY. Un imán se mueve a lo largo del eje Z. Explique razonadamente cuál es el sentido de circulación de la corriente inducida en la espira en los casos i) e ii) mostrados en las figuras.



b) El eje de una bobina de 100 espiras circulares de 5 cm de radio es paralelo a un campo magnético de intensidad $B = 0,5 + 0,2 t^2 \text{ T}$. Si la resistencia de la bobina es $0,5 \Omega$, ¿cuál es la intensidad que circula por ella en el instante $t = 10 \text{ s}$?

12.- (17) a) En una región del espacio existe un campo eléctrico uniforme. Si una carga negativa se mueve en la dirección y sentido del campo, ¿aumenta o disminuye su energía potencial? ¿Y si la carga fuera positiva? Razone las respuestas.

b) Una carga de $3 \cdot 10^{-6} \text{ C}$ se encuentra en el origen de coordenadas y otra carga de $-3 \cdot 10^{-6} \text{ C}$ está situada en el punto (1,1) m. Calcule el trabajo para desplazar una carga de $5 \cdot 10^{-6} \text{ C}$ desde el punto A (1,0) m hasta el punto B (2,0) m, e interprete el resultado.

$$K = 9 \cdot 10^9 \text{ N m}^2 \text{ C}^{-2}$$

13.- (17) a) Una carga q negativa entra, con velocidad \vec{v} , en una zona donde existe un campo eléctrico

\vec{E} , de dirección perpendicular a esa velocidad. Cuál debe ser la intensidad, dirección y sentido del campo magnético \vec{B} que habría que aplicar, superpuesto a \vec{E} , para que la carga siguiera una trayectoria rectilínea.

b) Un campo magnético, de intensidad $B = 2 \sin(100\pi t + \pi)$ (S.I.), forma un ángulo de 45° con el plano de una espira circular de radio $R = 12$ cm. Calcule la fuerza electromotriz inducida en la espira en el instante $t = 2$ s.

14.- (17) a) Dos conductores rectilíneos e indefinidos paralelos, separados una distancia d , están recorridos por corrientes de intensidad I . Analice las características de las fuerzas que se ejercen entre sí los conductores en el caso en que los sentidos de las corrientes coincidan y en el caso en que sean opuestos.

b) Dos conductores rectilíneos, paralelos y verticales, distan entre sí 20 cm. Por el primero de ellos circula una corriente de 10 A hacia arriba. Calcule la corriente que debe circular por el segundo conductor, colocado a la derecha del primero, para que el campo magnético total creado por ambas corrientes en un punto situado a 5 cm a la izquierda del segundo conductor se anule.

$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ N A}^{-2}$$

15.- (18 JUN) a) Una partícula cargada positivamente se mueve en la misma dirección y sentido de un campo eléctrico uniforme. Responda razonadamente a las siguientes cuestiones: (i) ¿Se detendrá la partícula?; (ii) ¿se desplazará la partícula hacia donde aumenta su energía potencial?

b) Dos cargas puntuales $q_1 = 5 \cdot 10^{-6}$ C y $q_2 = -5 \cdot 10^{-6}$ C están situadas en los puntos A (0,0) m y B (2,0) m respectivamente. Calcule el valor del campo eléctrico en el punto C (2,1) m.

$$K = 9 \cdot 10^9 \text{ N m}^2 \text{ C}^{-2}$$

16.- (18 JUN) a) Un electrón se mueve con un movimiento rectilíneo uniforme por una región del espacio en la que existen un campo eléctrico y un campo magnético. Justifique cual deberá ser la dirección y sentido de ambos campos y deduzca la relación entre sus módulos. ¿Qué cambiaría si la partícula fuese un protón?

b) Un conductor rectilíneo transporta una corriente de 10 A en el sentido positivo del eje Z. Un protón situado a 50 cm del conductor se dirige perpendicularmente hacia el conductor con una velocidad de $2 \cdot 10^5$ m s⁻¹. Realice una representación gráfica indicando todas las magnitudes vectoriales implicadas y determine el módulo, dirección y sentido de la fuerza que actúa sobre el protón.

$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ T m A}^{-1}; e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

17.- (18 SEP) a) Razone si cuando se sitúa una espira circular de radio fijo, en reposo, en el seno de un campo magnético variable con el tiempo siempre se induce una fuerza electromotriz.

b) El flujo de un campo magnético que atraviesa cada espira de una bobina de 50 vueltas viene dado por la expresión: $\Phi(t) = 2 \cdot 10^{-2} + 25 \cdot 10^{-3} t^2$ (SI). Deduzca la expresión de la fuerza electromotriz inducida en la bobina y calcule su valor para $t = 10$ s, así como la intensidad de corriente inducida en la bobina, si ésta tiene una resistencia de 5 Ω .

18.- (18 SEP) a) Un protón y una partícula alfa se mueven en el seno de un campo magnético uniforme describiendo trayectorias circulares idénticas. ¿Qué relación existe entre sus velocidades, sabiendo que $m_\alpha = 4 m_p$ y $q_\alpha = 2 q_p$?

b) Un electrón se mueve con una velocidad de $2 \cdot 10^3$ m s⁻¹ en el seno de un campo magnético uniforme de módulo $B = 0,25$ T. Calcule la fuerza que ejerce dicho campo sobre el electrón cuando las direcciones del campo y de la velocidad del electrón son paralelas, y cuando son perpendiculares. Determine la aceleración que experimenta el electrón en ambos casos.

$$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}; m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$$

19.- (18) a) Explique las características de la fuerza magnética entre dos corrientes paralelas, rectilíneas e infinitas.

b) Suponga dos hilos metálicos largos, rectilíneos y paralelos, por los que circulan corrientes en el mismo sentido con intensidades $I_1 = 1$ A e $I_2 = 2$ A. Si entre dichos hilos hay una separación de 20 cm, calcule el vector campo magnético a 5 cm a la izquierda del primer hilo metálico.

$$\mu_0 = 4 \pi \cdot 10^{-7} \text{ N m A}^{-1}$$

20.- (18) a) Considere dos cargas eléctricas $+q$ y $-q$ situadas en dos puntos A y B. Razone cuál sería el potencial electrostático en el punto medio del segmento que une los puntos A y B. ¿Puede deducirse de dicho valor que el campo eléctrico es nulo en dicho punto? Justifique su respuesta.

b) Dos cargas positivas q_1 y q_2 se encuentran situadas en los puntos (0,0) m y (3,0) m respectivamente. Sabiendo que el campo eléctrico es nulo en el punto (1,0) m y que el potencial electrostático en el punto intermedio entre ambas vale $9 \cdot 10^4$ V, determine los valores de dichas cargas.

$$K = 9 \cdot 10^9 \text{ N m}^2 \text{ C}^{-2}$$

21.- (18) a) Una espira circular gira en torno a uno de sus diámetros en un campo magnético uniforme. Razone, haciendo uso de las representaciones gráficas y las expresiones que precise, si se induce fuerza electromotriz en la espira en los dos siguientes casos: (i) El campo magnético es paralelo al eje de rotación; (ii) el campo magnético es perpendicular al eje de rotación.

b) Una bobina circular de 20 espiras y radio 5 cm se coloca en el seno de un campo magnético dirigido perpendicularmente al plano de la bobina. El módulo del campo magnético varía con el tiempo de acuerdo con la expresión $B = 0,02 t + 0,8 t^2$ (SI). Determine: (i) El flujo magnético que atraviesa la bobina en función del tiempo; (ii) la fem inducida en la bobina en el instante $t=5$ s.

22.- (18) a) Explique qué son las líneas de campo eléctrico y las superficies equipotenciales. Razone si es posible que se puedan cortar dos líneas de campo. Dibuje las líneas de campo y las superficies equipotenciales correspondientes a una carga puntual positiva.

b) Una carga $q_1 = 8 \cdot 10^{-9}$ C está fija en el origen de coordenadas, mientras que otra carga, $q_2 = -10^{-9}$ C, se halla, también fija, en el punto (3,0) m. Determine: (i) El campo eléctrico, debido a ambas cargas, en el punto A (4,0) m; (ii) el trabajo realizado por el campo para desplazar una carga puntual $q = -2 \cdot 10^{-9}$ C desde A (4,0) m hasta el punto B (0,4) m. ¿Qué significado físico tiene el signo del trabajo?

$$K = 9 \cdot 10^9 \text{ N m}^2 \text{ C}^{-2}$$

23.- (18) a) Una espira circular por la que circula una cierta intensidad de corriente se encuentra en reposo en el plano XY. Otra espira circular situada en el mismo plano XY se acerca con velocidad constante. Justifique si se inducirá una corriente eléctrica en la espira en movimiento y, en caso afirmativo, explique cuál será la dirección y sentido de la misma. Repita los razonamientos para el caso en que la espira en movimiento se aleje de la espira en reposo.

b) Una espira circular de 5 cm de radio se encuentra situada en el plano XY. En esa región del espacio existe un campo magnético dirigido en la dirección positiva del eje Z. Si en el instante inicial el valor del campo es de 5 T y a los 15 s se ha reducido linealmente a 1 T, calcule: (i) El cambio de flujo magnético producido en la espira en ese tiempo; (ii) la fuerza electromotriz inducida; (iii) la intensidad de corriente que circula por ella si la espira tiene una resistencia de $0,5 \Omega$.

24.- (18) a) Considere un campo eléctrico en una región del espacio. El potencial electrostático en dos puntos A y B (que se encuentran en la misma línea de campo) es V_A y V_B , cumpliéndose que $V_A > V_B$. Se deja libre una carga Q en el punto medio del segmento AB. Razone cómo es el movimiento de la carga en función de su signo.

b) Una esfera metálica de 24 g de masa colgada de un hilo muy fino de masa despreciable, se encuentra en una región del espacio donde existe un campo eléctrico uniforme y horizontal. Al cargar la esfera con $6 \cdot 10^{-3}$ C, sufre una fuerza debida al campo eléctrico que hace que el hilo forme un ángulo de 30° con la vertical. (i) Represente gráficamente esta situación y haga un diagrama que muestre todas las fuerzas que actúan sobre la esfera; (ii) calcule el valor del campo eléctrico y la tensión del hilo.

$$g = 9,8 \text{ m s}^{-2}$$

25.- (18) a) Un protón y un electrón penetran con la misma velocidad perpendicularmente a un campo magnético. ¿Cuál de los dos experimentará una mayor aceleración? ¿Qué partícula tendrá un radio de giro mayor?

b) Un protón que parte del reposo se acelera mediante una diferencia de potencial de 5 kV. Seguidamente entra en una región del espacio en la que existe un campo magnético uniforme perpendicular a su velocidad. Si el radio de giro descrito por el protón es de 0,05 m, ¿qué valor tendrá el módulo del campo magnético? Calcule el periodo del movimiento.

$$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}; m_p = 1,7 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

- 26.-** (18) a) Una espira circular se encuentra en reposo en una región del espacio. Indique, razonadamente y con ayuda de un esquema, cuál será el sentido de la corriente inducida cuando: (i) El polo norte de un imán se acerca perpendicularmente a la espira por el polo norte; (ii) el imán está en reposo y orientado perpendicularmente a la superficie de la espira a 10 cm de su centro.
- b) Una espira circular de 10 cm de radio, inicialmente contenida en un plano horizontal, gira a 40π rad s^{-1} en torno a uno de sus diámetros en el seno de un campo magnético uniforme vertical de 0,4 T. Calcule el valor máximo de la fuerza electromotriz inducida en la espira.