

TEMA 6: INTERACCIÓN ELECTROMAGNÉTICA

I. ORIENTACIONES METODOLÓGICAS

1. Un error que cometen prácticamente la totalidad de los alumnos al llegar a la Universidad es no saber de qué medio depende (donde se encuentra q o q') la constante de Coulomb.

La constante de Coulomb depende únicamente del medio en que se encuentra la carga testigo q' . Por ejemplo, si ambas cargas se encuentran en el vacío

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$$

si q está en el agua y q' en el vacío entonces

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$$

y si q está en el vacío y q' en el agua entonces

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_{\text{agua}}}$$

este mismo comentario vale para la permeabilidad en el caso del campo magnético.

2. $\vec{E} = -\frac{dV}{dr}\vec{u}_r$

esta expresión sólo es válida en problemas unidimensionales. En general, para problemas tridimensionales, la expresión, es:

° $\vec{E} = -\text{grad}V$

además, en todos los casos en este nivel, se escoge para simplificar una línea de campo, es decir,

° \vec{E} y $d\vec{r}$ son paralelos

3. En muchos textos, se habla de regla de la mano derecha y regla de la mano izquierda. La experiencia demuestra que esta regla nemotécnica suele inducir a error a los alumnos. Aconsejamos utilizar el nombre de regla de tornillo o del sacacorcho (en definitiva se trata de un producto vectorial) ya que este giro es universal.

4. Campo magnético creado por una corriente rectilínea. Conviene que hagan un cálculo numérico próximo a la realidad para que comprueben que en cuanto nos alejamos unos metros de los cables el campo que crea es menor que el campo magnético terrestre.

$$B = \frac{\mu I}{2\pi r}$$

II. COMPROBACIÓN DE CONOCIMIENTOS PREVIOS

b) Conocimientos procedentes de las construcciones espontáneas:

1. Solución a los ítems sobre preconcepciones que aparecen en el libro.

Unidad 9: Campo eléctrico.

Ítem 1: la solución es la a

Ítem 2: la solución es la a

Unidad 10: Electromagnetismo.

Ítem 1: la solución es la c

Ítem 2: la solución es la b

2. Otros ítems diferentes de los que se dispone de resultados obtenidos en nuestras investigaciones.

En el caso del electromagnetismo, las preconcepciones han sido descritas en la bibliografía, por diferentes autores (Osborne, R.J. 1983; Valera, P. y col. 1988; Andrés, M. M. 1990; Criado, A. Y col, 1987; Bat-Sheva Eylon y col. 1990, Cohen, R. Y col. 1982; Shipstone, D. 1982) entre otros.

Estos trabajos indican que es frecuente:

En el caso del Campo eléctrico

*Se tiene la idea "hidrostática" de la carga

*En cuanto a la concepción del campo:

No existe

Las acciones eléctricas son simultáneas

El medio no influye

Campo magnético

* Se debe a "cargas" magnéticas (que pueden llegar a no diferenciarse claramente de las eléctricas). Por lo tanto, o el campo magnético no interacciona con las cargas eléctricas, o si se da dicha interacción, se establece la equivalencia polo N=carga +, polo S=carga -

* El magnetismo es sólo propiedad del hierro

Cfr Bibliografía (en algunos ítems se sigue a FURIO Y GUIASOLA,1998)

1, Modelo hidrostático de carga (B. Franklin)

1.1. Si con una barra cargada eléctricamente tocamos una bolita de poliuretano de un péndulo eléctrico, se observa como la barra repele a la bolita. Por el contrario, si aproximamos la barra sin llegar a tocar a la bolita, se ve como es atraída. Explica en pocas palabras estas dos circunstancias.

(Se espera que la primera sea explicada correctamente (modelo hidrostático de la carga que "fluye" desde un cuerpo a otro) y, en cambio, que la segunda ofrezca mayores dificultades).

2. Existencia del campo eléctrico

2.1. Se ve en el cielo una nube tormentosa (cargada eléctricamente). La nube producirá a su alrededor un campo eléctrico

- A) Cuando en sus cercanías se posicione otra nube con carga de distinto signo
- B) Cuando en sus cercanías se posicione otra nube con carga de igual signo
- C) Siempre, aunque en sus cercanías no haya otra nube cargada**

3. Acciones simultáneas

3.1. Una carga Q está situada en un punto del espacio, A. En un instante determinado se sitúa otra carga q en otro punto, B. La fuerza eléctrica que Q ejerce sobre q

- A) Aparece en el mismo instante de colocar q
- B) Aparece un cierto tiempo después de haberlo colocado**
- C) No lo sé

3.2. Imagínese que se realizan estas dos experiencias:

Primera experiencia, una carga Q se encuentra en el extremo de una barra de madera y, en un instante determinado, en el otro extremo se coloca otra carga q ; segunda experiencia, se repiten las mismas acciones anteriores, pero las cargas se encuentran ahora en el vacío, a la misma distancia

La fuerza que Q ejerce sobre q

- A) Aparecen instantáneamente a la colocación de q , en ambas experiencias
- B) Aparece instantáneamente en la primera, pero un breve tiempo después en la segunda
- C) Aparece instantáneamente en la segunda, pero un breve tiempo después en la primera
- D) En las dos experiencias aparece un breve tiempo después.**
- E) No lo sé

TEORIAS IMPLICITAS EN EL CAMPO MAGNETICO

Cfr Bibliografía

1. El campo magnético se debe a cargas eléctricas acumuladas en los polos

1.1 En las cercanías del polo N de un imán se coloca un cuerpo con carga eléctrica negativa. El polo N

- A) Atraerá al cuerpo
- B) No ejercerá ninguna acción sobre él**
- C) Dependerá de si el cuerpo está en reposo o en movimiento
- D) No lo sé

2. El magnetismo es sólo propiedad del hierro

2.1. En un desguace de autos viejos se suele utilizar un potente electroimán para mover los coches. EL electroimán

- A) Atrae por igual a todas las partes metálicas del coche cualquiera que sea su naturaleza (hierro, cinc, aluminio, ...)
- B) A las partes metálicas de hierro las atrae y a otras las repele
- C) A las partes metálicas de hierro las atrae y a sobre las otras no ejerce ninguna acción.
- D) Atrae más a las partes de hierro que a las otras partes metálicas del coche.**

III. ACTIVIDADES DEL MAPA DE FENÓMENOS

Unidad 9. Campo eléctrico.

Advertencia: las actividades de ese contenido repiten, intencionadamente, muchas de las relativas al Campo Gravitatorio, no solamente porque las analogías entre ambos campos lo requieren, sino por mostrar al alumno de una forma reiterada tanto las semejanzas como las generalidades comunes en el tratamiento del concepto de campo en ambas situaciones físicas.

1ª ACTIVIDAD

Mostrar un Van der Graff descargado y comprobar, mediante la utilización de un péndulo eléctrico, que no se observa nada cuando éste se coloca en las inmediaciones del Van der Graff (este apartado puede ser sustituido por una simple hoja de acetato –“transparencia”- que para cargarla se frota con otra igual).

[Advertencia: conviene no provocar en los alumnos la idea de cómo se carga la bolita del péndulo. No obstante, si surge por parte de ellos, puede darse una explicación suficientemente satisfactoria (los alumnos, desde la instrucción de la Química, poseen algunos conocimientos sobre la polarización de la materia)].

A continuación se carga el Van der Graff y se comprueba ahora la existencia de una propiedad física (manifestada por una atracción sobre el péndulo) que antes no existía.

Contenido de planteamiento

- *¿Existe una propiedad física, en cada punto del espacio, que antes no existía?*
- *¿Quién ha creado tal propiedad?*
- *¿Qué nombre se propone para tal propiedad?*

2ª ACTIVIDAD

Comprobar que, en general, en cada punto la fuerza con la que se manifiesta es distinta, para lo cual, sencillamente, se colocará el péndulo en distintos puntos para apreciar a simple vista la mayor o menor atracción que recibe.

Contenido de planteamiento

- *¿Es igual la intensidad con la que esta propiedad se manifiesta en cada punto? (Se ha introducido intencionadamente la palabra “intensidad”).*
- *¿Cómo definir el valor de esta intensidad?*

Los alumnos deben dar opiniones que el profesor irá criticando, intentando dirigir la definición a F/q , incluso aunque no se llegue a ella.

- *¿De qué dependerá esa intensidad?*

Es fácil que los alumnos obtengan respuestas acertadas por simple observación; asimismo, también debe sugerirse qué ocurrirá si el medio cambia.

[Advertencia: los fenómenos de fuerzas entre cargas deben ser considerados como resultado de la acción del campo en cada punto sobre la carga allí colocada; es decir, se da como ley experimental $E=kQ/r^2$ y de allí se deduce $F=kQq/r^2$ (no importa que pueda aclararse que, históricamente, fue al contrario: incluso, dentro del nivel de elaboración correspondiente, esta circunstancia proporciona una magnífica ocasión de explicar cómo la ciencia fue gestando el concepto de campo)].

3ª ACTIVIDAD

Arrastrar el péndulo de un punto a otro, o bien soltar la bolita y observar cómo es movida bruscamente. Proponer como reflexión que se ha realizado un trabajo (puede ser sustituida esta experiencia por otra que consiste en colocar en puntos muy cercanos al Van de Graff un pequeño tubo de descarga de un gas a baja presión y observar la descarga luminosa que en él se produce, aclarando que las cargas producidas en el interior se han movido entre los dos polos). Estas experiencias pueden repetirse pasando de un punto A a otro B por distintos caminos.

Contenido de planteamiento

- *El trabajo realizado, ¿de qué depende?*

La discusión puede moderarse fácilmente preguntando qué pasaría si, para un mismo medio, se variara la carga de los cuerpos y la distancia recorrida.

- *¿El trabajo depende del camino seguido?*

No se pretende que de aquí surja la idea de campo conservativo, pero sí que quede planteada.

- *Si se ha realizado un trabajo es que ha habido un cambio de energía, ¿de qué energía se trata?*

La idea de que todo trabajo supone una transformación de energía es, como se sabe, fundamental: es ésta una buena ocasión para, si es necesario, insistir en ella.

- *¿Es importante el tratamiento energético de estos fenómenos?*

Se pide que den razones. Sería bueno, en la medida de lo posible, introducir la idea de que la energía potencial tratada es un concepto asociado al de campo, imposible de aplicar al modelo coulombiano de acciones a distancia.

EVALUACION DEL EPITOME

Elaborar un mapa conceptual con las ideas tratadas, tomando como base el del texto y explicando razonadamente su construcción.

Unidad 10. Electromagnetismo.

1ª ACTIVIDAD

Mostrar una brújula y su orientación en el espacio. Completar la experiencia mostrando las fuerzas de un imán sobre la brújula, desde distintas posiciones y distancias.

Contenido de planteamiento

- *La brújula, en ambos casos, está sometida a una acción, ¿qué propiedad física es la causante de dichas acciones? Dar un nombre a esta propiedad.*
- *¿Quién crea la mencionada propiedad?*
(Advertencia: sólo se trata de proponer la cuestión; es imposible que los alumnos den alguna respuesta ni siquiera aproximada. Pero sí es importante que se lo cuestionen y lo piensen. La siguiente actividad trata este problema).

2ª ACTIVIDAD

Realizar la experiencia de Oersted (tanto con una corriente rectilínea como con una corriente circular, si es posible); conectar y desconectar repetidamente la corriente para dar indicios causales claros.

Contenido de planteamiento

- *¿Cuál es la causa del campo magnético creado?*

Ya no es difícil que el alumno saque la conclusión de que se trata de la corriente eléctrica. Pero es importante llegar a la generalización de que la causa es cualquier carga en movimiento e insistir reiteradamente en esta idea tan abstracta.

- *Por ejemplo, en el caso visto de la corriente rectilínea, ¿de qué magnitudes dependerá la “intensidad” con la que se manifiesta el campo en cada punto?*

Se ha introducido intencionadamente la palabra intensidad, que será fácilmente aceptada por el estudiante. No es difícil que el alumno proponga, como hipótesis, que el campo será más intenso cuanto mayor sea la intensidad de corriente y cuanto más cerca se encuentre el punto (también dependerá del medio).

(Advertencia: es posible que se manifieste alguna opinión o pregunta (que siempre deben ser bienvenidas.... aunque sean inoportunas) sobre la causa que produce el campo magnético del imán. Es suficiente, por ahora, dejar indicado que, obligadamente, se deberá a algún tipo de “corriente eléctrica” que se dé en su interior).

3ª ACTIVIDAD

Debe disponerse de un equipo sencillo de rayos catódicos que incida en un fondo fluorescente (mejor sería que tuviera, dentro del tubo de vacío, una pantalla fluorescente levemente inclinada a la dirección del haz, para que la incidencia de estos marcara una línea recta de fluorescencia). Si se le acerca, perpendicularmente a la dirección del movimiento de los electrones, el polo N de un pequeño imán en forma de barra, se observará cómo se desvían de

la dirección primitiva (si se está utilizando la lámina fluorescente, se percibirá una curvatura aproximadamente en forma de parábola). Acercando el polo S, se produce una desviación simétrica a la anterior. Es conveniente hacer un esquema de lo ocurrido y que los alumnos memoricen los detalles para un uso posterior al analizar la fuerza de Lorentz.

Contenido de planteamiento

- *¿Por qué se desvían los electrones?*

No es difícil para los alumnos pensar en la existencia de una fuerza, sobre todo, si se ha utilizado el dispositivo con la lámina fluorescente, porque la desviación casi parabólica recuerda al conocido movimiento de un proyectil lanzado horizontalmente en el campo gravitatorio terrestre.

- *¿Quién ejerce esa fuerza?*

Es conveniente explicitar esta hipótesis: el imán crea un campo en cada punto por donde se mueve la carga y es este campo el que realiza la fuerza sobre la carga en movimiento (esta secuencia de ideas, difícil de manejar por el alumno, es la síntesis de la idea e campo en la física moderna). Hay por tanto que debatir cuidadosamente ideas al respecto que no estén bien formuladas, como “el imán ejerce una fuerza”, ni siquiera esta otra, “el campo del imán ejerce la fuerza”.

- *¿De qué magnitudes depende el valor de aquella fuerza?*

La dependencia de la intensidad de campo magnético y de la carga es fácil que los alumnos la conjeturen (sobre la primera, se formula fácilmente sin más que, en la experiencia, acercar más o menos el imán, o, mejor aún, sustituirlo por otro algo más potente). Sin embargo, la dependencia de la velocidad de la carga es más difícil de sugerir (a no ser que sea fácil modificar la diferencia de potencial a la que está trabajando el tubo de rayos catódicos). También debe plantearse si la dirección del campo con respecto al movimiento de los rayos catódicos influye en el valor de la fuerza que se está analizando. A este respecto resulta muy visible cómo la desviación del haz es diferente al variar la orientación del imán; incluso puede apreciarse que, cuando se coloca paralelamente al haz, éste no modifica la trayectoria. Es una buena ocasión para trabajar con el esquema antes recomendado y sugerir la compleja situación vectorial que parece desprenderse de lo experimentado.

(Advertencia: obviamente, ni ahora ni en ninguna otra ocasión, se pretende que el alumno 'redescubra' la física. Es el profesor el que lo guía, prestándole, en cada momento, la ayuda que este planteamiento pedagógico exige. Ni siquiera se trata de una metodología 'por descubrimiento dirigido', pero sí ayuda a que el alumno se vaya encontrando inmerso en el mundo de conjeturas que proporciona el 'contexto de descubrimiento').

4ª ACTIVIDAD

Se dispone de una bobina de unas 2.000 vueltas y del imán de la experiencia anterior. A la bobina se le conecta un microamperímetro (mejor sería un galvanómetro de la suficiente sensibilidad). Si introducimos, bruscamente, el polo N del imán, se observará en el microamperímetro el paso de una corriente (conviene enfatizar lo fuera de lugar que, en

principio, está el esperar que aparezca una corriente en el bobina cuando no hay conectada ninguna pila).

Se debe experimentar con todas las posibilidades de introducir o sacar tanto el polo N como el polo S, para poder luego plantear hipótesis.

Contenido de planteamiento

- *¿Cuál es la causa que genera la fem?*

Es muy difícil que los alumnos formulen la hipótesis adecuada ("variación del flujo magnético que atraviesa a la bobina"), por lo que hay que dirigir adecuadamente el debate. Probablemente, la idea más asequible es tomar como causa el campo magnético del imán, sin especificar más. En esta situación no hay más remedio que repetir varias veces las experiencias y dirigir la reflexión de los alumnos hacia una magnitud que dependa de la intensidad del campo, de la orientación que éste tenga respecto de la superficie que delimita el circuito de la bobina y del área de este circuito (las manipulaciones para mostrar la influencia de estas magnitudes se pueden hacer fácilmente). Como es evidente, se les está definiendo el flujo (magnitud que ya conocen del tratamiento general de la teoría de campo ya estudiado en este curso de física).

- *¿De qué magnitudes dependerá el valor de la fem 'inducida'? (Conviene introducir esta terminología).*

En este caso la experiencia es muy sencilla y consiste en mover el imán con velocidades distintas y observar en el microamperímetro la relación causal que entre esta magnitud y el valor de la intensidad de corriente producida.

(Advertencia: como siempre, no se trata de llegar a la fórmula correcta -ni siquiera es recomendable-, por eso tampoco es necesario hacer aquí consideraciones sobre el signo dado por la ley de Lenz).

- *¿Cómo se podría generar una corriente que cambiara alternativamente de sentido?*

Es clara la intención de esta cuestión: plantear la producción de corrientes alternas.

- *La forma en la que esta corriente cambiara de sentido, ¿estaría relacionada con el tipo de movimiento del imán?*

Se pueden realizar sencillas experiencias de introducir y sacar el imán o bien realizar con él un m.a.s, sujetándolo, por ejemplo, al extremo de un muelle elástico. Se trata de que el alumno, en su momento, comprenda que la forma senoidal de la c.a que luego se desarrollará, es una de las muchas formas matemáticas de c.a., relacionadas causalmente con la manera de variar el flujo.

EVALUACION DEL EPITOME

Elaborar un mapa conceptual con la ideas tratadas, tomando como base el del texto y explicando razonadamente su construcción.

IV. SOLUCIÓN DE PROBLEMAS PROPUESTOS QUE APARECEN EN EL LIBRO**Página 199. Cuestión**

¿Con qué fuerza se repelen dos cargas de $1 \mu\text{C}$ colocadas en azufre si se encuentran separadas una distancia de 1 cm ?

Solución: $22,5 \text{ N}$.

Página 200. Cuestión 1

En los vértices de un cuadrado de 3 m de lado se sitúan cargas iguales de $-2 \mu\text{C}$ cada una. Calcular: a) Intensidad de campo eléctrico en el centro del cuadrado; b) Fuerza que ejercerá el campo sobre una carga de $3 \mu\text{C}$ situada en el centro del cuadrado.

Solución: a) $\vec{E} = \vec{0}$; b) $\vec{F} = \vec{0}$.

Página 202. Cuestión 1

En $A(0,0,0)$ está colocada la carga $q_A = 20 \mu\text{C}$, en $B(3,0,-2)$ está la $q_B = -10 \mu\text{C}$ y en $C(0,2,-5)$ está la $q_C = -25 \mu\text{C}$, ¿cuál es la energía potencial del sistema?

Solución: $-0,86 \text{ J}$.

Página 202. Cuestión 2

Una partícula cargada se desplaza en la dirección de un campo eléctrico de forma que su energía potencial aumenta, ¿qué signo tiene la carga? Razónalo.

Sol.: Negativa.

Página 204. Cuestión 1

El potencial en un punto de un campo eléctrico es 800 V y la intensidad de campo eléctrico es de 20 N/C . Calcula el valor de la carga creadora del campo y la distancia entre la carga y el punto.

Solución: a) $q = 3,55 \mu\text{C}$; b) $r = 40 \text{ m}$.

Página 202. Cuestión 2

¿Qué trabajo es necesario realizar para trasladar una carga de $2 \mu\text{C}$ desde un punto que dista 6 cm a otro que dista 2 cm de una carga de $5 \mu\text{C}$?

Solución: -3 J .

Página 204. Cuestión 3

Indica si las siguientes afirmaciones son CIERTAS o FALSAS razonando la respuesta:

- “Los electrones se desplazan en el sentido de los potenciales crecientes”.
- “El trabajo necesario para trasladar una carga de un punto a otro de una superficie equipotencial es nulo”.

Sol.: a) Verdadera; b) Verdadera

Página 205. Actividad 1

Calcula la atracción gravitacional entre dos protones de una molécula de hidrógeno si su separación es $0,74 \cdot 10^{-10}$ m. Compararla con la fuerza eléctrica existente entre los dos protones.

Datos: $m_{\text{protón}} = 1,67 \cdot 10^{-27}$ Kg. $q_{\text{protón}} = 1,6 \cdot 10^{-19}$ C.

Solución: $F_g = 3,4 \cdot 10^{-44}$ N; $F_e = 4,2 \cdot 10^{-8}$ N; $F_e = 1,24 \cdot 10^{36} F_g$.

Página 205. Actividad 2

Determinar la intensidad de campo eléctrico y el potencial creado en el punto medio de la línea de unión de dos cargas de $5 \mu\text{C}$ y $-5 \mu\text{C}$ separadas 4 cm.

Solución: $\vec{E} = 22500 \vec{u}_r$ N/C; $V = 0$

Página 205. Actividad 3

En los vértices de un cuadrado de 1 m de lado, se colocan cargas de valor: 1, 2, 3 y $4 \mu\text{C}$. Encontrar el valor del campo eléctrico y el potencial en el centro del cuadrado.

Solución: $\vec{E} = 50912 \vec{u}_r$ N/C; $V = 1,285 \cdot 10^5$ V.

Página 205. Actividad 4

Calcular la intensidad de campo eléctrico y el potencial en el punto (2,2) creado por dos cargas de $5 \mu\text{C}$ y $-4 \mu\text{C}$, situadas en los puntos (2,0) y (0,2) respectivamente.

Solución: $\vec{E} = 14407 \vec{u}_r$ N/C; $V = 4500$ V.

Página 205. Actividad 5

Determina: a) el potencial eléctrico creado por una carga de $5 \mu\text{C}$ a una distancia de 4 cm; b) ¿cuál es la energía potencial que adquiere otra carga de 4 C situada en este punto?; c) ¿y si colocamos esta carga a 10 cm, cuál es el valor de su Ep ?; d) ¿qué trabajo se realiza para trasladar esta carga desde el primer punto al segundo?

Solución: a) $V = 1,125 \cdot 10^6$ V; b) $Ep = 4,5 \cdot 10^6$ J; c) $Ep = 1,8 \cdot 10^6$ J; d) $W = 2,7 \cdot 10^6$ J.

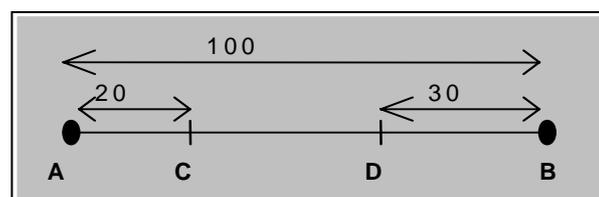
Página 205. Actividad 6

Una pequeña esfera de 0,5 g cuelga de un hilo dentro de un campo eléctrico de intensidad $\vec{E} = 800 \vec{i}$ N/C; si la esfera está atraída por el campo hasta formar un ángulo de 30° con la vertical, ¿cuál es el valor de la carga?

Solución: $q = -3,5 \mu\text{C}$.

Página 205. Actividad 7

En los puntos A y B de la figura se colocan cargas de 400 pC y -300 pC . ¿Cuál es el trabajo necesario para trasladar una carga de $600 \mu\text{C}$ desde el punto C al D?



Solución: $W = 0,011$ J.

Página 205. Actividad 8

En A(0,0,0) hay una carga de $20 \mu\text{C}$; en B(3,0,0) otra de $-10 \mu\text{C}$ y en C(0,2,5) otra de $-25 \mu\text{C}$. ¿Cuál es la energía potencial de este sistema?

Solución: $E_p = -1,07 \text{ J}$.

Página 205. Actividad 9

Contesta : a) Calcular la intensidad de campo creado por una carga de $10 \mu\text{C}$ en un punto situado a 10 m de distancia. b) Si en este punto colocamos otra carga de $6 \mu\text{C}$, ¿qué fuerza actúa sobre ella? c) ¿Qué trabajo se realiza al acercar y al alejar esta 2ª carga 1 m?

Solución: a) $E = 900 \text{ ur N/C}$; b) $F = 0.0054 \text{ ur N}$; c) $W_1 = -6 \cdot 10^{-3} \text{ J}$ y $W_2 = 5 \cdot 10^{-3} \text{ J}$.

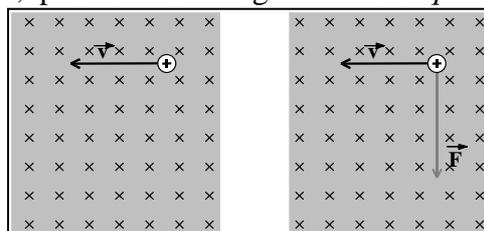
Página 205. Actividad 10

Un electrón se encuentra en reposo en un punto A situado a 1 cm de una carga de 10^{-8} C . Por la acción del campo creado el electrón se desplaza al punto B distante 8 mm de la carga. ¿Con qué velocidad llega el electrón a B? Datos: $q_e = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$; $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ Kg}$.

Solución: $v = 2,8 \cdot 10^7 \text{ m/s}$.

Página 212. Cuestión 1

En el campo magnético de la figura, de valor 10 T, penetra una carga de valor $q = 10$ culombios con una velocidad de 10 m/s. Se pide: a) Módulo, dirección y sentido de la fuerza que actúa. b) ¿Qué trayectoria describirá?



Solución: a) $-1000j \text{ N}$. b) Circular.

Página 212. Cuestión 3

Un conductor de 50 cm de longitud por el que circula una corriente de 3 amperios penetra en un campo magnético de valor 10 Teslas formando un ángulo de 30° con las líneas de fuerza. Determinar el valor de la fuerza que actúa sobre él.

Solución: $F = 7,5 \text{ N}$.

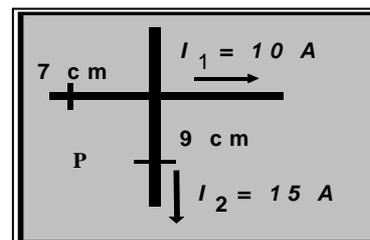
Página 216. Cuestión 1

Por un conductor rectilíneo e indefinido situado en el vacío circula una corriente de 2 amperios. ¿Cuánto vale B a 10 cm de distancia? Dibujar la dirección y sentido.

Solución: $B = 4 \cdot 10^{-6} \text{ T}$.

Página 216. Cuestión 2

Dados los conductores de la figura determinar B en el punto P si ambos conductores y el punto se encuentran en el vacío.



Solución: $B = 6,2 \cdot 10^{-5} \text{ T}$.

Página 217. Cuestión

Por una espira de 10 cm de radio circula una intensidad de 2 A. Si el medio es el vacío, ¿cuál será el módulo del campo magnético en el centro de la espira?

Solución: $B = 4\pi \cdot 10^{-6} T$.

Página 218. Cuestión 1

Por un solenoide de 500 espiras distribuidas a lo largo de 50 cm circula una corriente de 3 A. Determinar el valor de B en su interior. ¿Qué ocurrirá si la longitud del solenoide se reduce a 10 cm?

Solución: a) $B = 12\pi \cdot 10^{-4} T$; b) B se hace 5 veces mayor.

Página 219. Cuestión 1

Indica si las siguientes afirmaciones son CIERTAS o FALSAS razonando la respuesta:

- “El polo Norte geográfico se comporta como un polo Sur magnético”.
- “Si colocamos una superficie perpendicularmente a un campo magnético, el flujo que la atraviesa es nulo”.

Sol.: a) Verdadera; b) Falsa

Página 219. Cuestión 2

Un campo magnético \vec{B} tiene un valor de 10 Unidades del Sistema Internacional. En sus proximidades hay una superficie S plana, de área 50 cm^2 . Determinar: a) ¿Cuánto vale el flujo del campo a través de la superficie si entre los dos forman un ángulo de 45° ? b) ¿Cómo deberá colocarse la superficie para que el flujo sea cero?

Solución: a) $\phi = 0,035 \text{ (S.I.)}$; b) Paralela.

Página 219. Cuestión 3

Hallar en una espira circular de 8 cm de radio colocada en el interior de un campo magnético de 1 T uniforme y orientado en el eje OY positivo, el flujo que la atraviesa cuando el vector superficie lleva la dirección: a) $2\mathbf{i} - 3\mathbf{j}$; b) \mathbf{k} ; c) $4\mathbf{i} - 2\mathbf{k}$;

Solución: a) $\phi \text{ (S.I.)} = -0,0603 \text{ Weber}$; b) $\phi = 0$; c) $\phi = 0$.

Página 221. Cuestión

El polo Sur de un imán se mueve acercándose a un anillo metálico. ¿En qué sentido se crea la corriente en la cara del anillo que “mira al imán”. Dibújalo.

Sol.: En el sentido de las agujas del reloj.

Página 223. Cuestión 1

Una espira con una superficie de 100 cm^2 gira con una velocidad de 20 r.p.s. con su eje perpendicular a un campo magnético de 2 T. Calcular: a) Valor máximo de la f.e.m. b) Valor de la f.e.m. para 2 centésimas de segundo.

Solución: a) 2,5 V; b) 1,47 V.

Página 229. Actividad 1

Calcular el campo magnético creado por un conductor rectilíneo por el que circula una corriente de 40 A en todos los puntos que distan de él 5 cm.

Solución: $B = 1,6 \cdot 10^{-4} \text{ T}$.

Página 229. Actividad 2

Hallar la fuerza magnética que actúa sobre un protón que se mueve con una velocidad de $5 \cdot 10^6 \text{ m/s}$ en el sentido positivo del eje de las X en el interior de un campo magnético de 2 T dirigido en el sentido positivo del eje de las Z.

Solución: $\vec{F} = -1,6 \cdot 10^{-14} \vec{j} \text{ N}$

Página 229. Actividad 3

Un conductor de 1 m de longitud tiene una masa de 40 g dentro de un campo magnético de 0,5 T, horizontal y perpendicular al conductor. Hallar la intensidad de la corriente necesaria que debe circular por el conductor para que la fuerza magnética equilibre al peso.

Solución: $I = 0,8 \text{ A}$.

Página 229. Actividad 4

Un conductor de 20 cm de longitud por el que circula una corriente de 4 A está en un plano perpendicular a un campo magnético de 0,02 T. ¿Qué fuerza ejerce el campo sobre el conductor?

Solución: $F = 0,016 \text{ N}$.

Página 229. Actividad 5

Se dispara un electrón dentro de una región en la que existe un campo magnético uniforme. Describir cuál es su movimiento si su velocidad es: a) Paralela al campo; b) Perpendicular al campo; c) Formando un ángulo de 45° con las líneas del campo; d) Cero; e) Repetir lo mismo para un protón.

Sol.: a) movimiento rectilíneo y uniforme; b) movimiento circular uniforme c) movimiento helicoidal; d) no existe movimiento; e) lo mismo que para el electrón pero de sentido contrario.

Página 229. Actividad 6

¿Cuál es el campo magnético en el interior de un solenoide largo que tiene 20 vueltas por centímetro y por el que circula una corriente de 10 amperios?

Solución: $B = 8\pi 10^{-3} \text{ T}$.

Página 229. Actividad 7

Por dos conductores rectilíneos paralelos situados a una distancia de 20 cm circulan corrientes de la misma intensidad. Se repelen entre sí con una fuerza por unidad de longitud de $3 \cdot 10^{-6} \text{ N/m}$. a) ¿Son paralelas o antiparalelas las corrientes? b) Hallar la intensidad.

Solución: a) Antiparalelas; b) $I = 1,73 \text{ A}$.

Página 229. Actividad 8

Calcula el radio de curvatura descrito por una carga de $4 \cdot 10^{-8}$ C y 0,3 mg de masa cuando penetra con una velocidad de 10^5 m/s, perpendicularmente en un campo magnético de 0,2 T.

Solución: $R = 3,7 \cdot 10^9$ m.

Página 229. Actividad 9

Un electrón se mueve en una órbita circular de 50 cm de radio sometido a la acción de un campo magnético uniforme perpendicular a su velocidad y de 0,001 Tesla. Calcular: a) velocidad del electrón y su energía cinética expresada en electrón-voltios; b) Periodo de su movimiento orbital.

Solución: a) $v = 8,8 \cdot 10^7$ m/s, $E_c = 2,2 \cdot 10^4$ e.V.; b) $T = 3,55 \cdot 10^{-8}$ s.

Página 229. Actividad 10

Un solenoide está formado por 400 espiras devanadas sobre un núcleo de hierro de 20 cm de longitud. La permeabilidad relativa del hierro es 13000. ¿Qué corriente es necesaria para producir en el interior un campo magnético de 0,5 T?

Solución: $I = 0.153$ A.

Página 229. Actividad 11

Por un conductor dirigido a lo largo del eje +Y circula una corriente de 20 A. Calcula la fuerza que el campo magnético $\vec{B} = 2\vec{i} + 3\vec{k}$, ejerce por unidad de longitud, sobre dicho conductor.

Solución: $\vec{F} = 60\vec{i} - 40\vec{k}$ N

Página 229. Actividad 13

Un protón se mueve en un campo magnético uniforme con una velocidad de 10^6 m/s. Si describe una circunferencia de 5 cm. de radio. ¿Cuál es la inducción magnética?

Solución: $B = 0,2$ T.

Página 229. Actividad 14

Calcular la corriente que debe circular por una espira de 15 cm. de radio para que en su centro se origine un campo magnético de 0,0002 T.

Solución: $I = 47,7$ A

Página 229. Actividad 15

Un protón con una energía cinética de 1 MeV. se mueve perpendicularmente a un campo magnético de 1,5 Tesla. ¿Qué fuerza actúa sobre esta partícula?

Solución: $F = 1,4 \cdot 10^{-10}$ N

Página 229. Actividad 16

Una espira circular de 5 cm. de radio está situada en el interior de un campo magnético uniforme de 0,5 Tesla orientada en el eje +X. Calcular el flujo que atraviesa la espira cuando el vector superficie tiene la siguientes direcciones:

- a) \vec{i} ;
- b) \vec{j} ;
- c) $\vec{i} + \vec{j}$;
- d) $\vec{i} + \vec{k}$;
- e) \vec{k} .

Solución: a) c) y d): $\phi = 3,92 \cdot 10^{-3}$ W; b) y e) $\phi = 0$ W.

Página 229. Actividad 17

En un campo magnético uniforme de 1 Tesla se encuentra un cuadro móvil de sección $20/\pi$ cm² sobre el que están devanadas 1000 espiras. El cuadro gira a razón de 50 r.p.s. Calcular:

- a) Ecuaciones del flujo y de la f.e.m. instantánea;
- b) Valores de estas magnitudes para una centésima de segundo.

Solución: a) $\phi = 0,63 \cdot \cos 100\pi$ W, $E = 200 \cdot \sin 100\pi$ V; b) $\phi = -0,63$ W, $E = 0$ V.

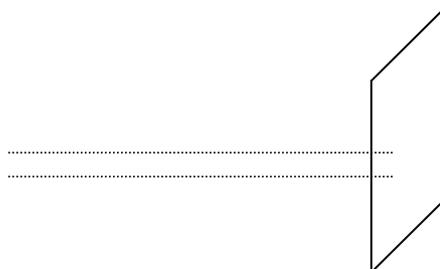
Página 229. Actividad 18

Un cuadro de 600 cm² de sección y 10 espiras se encuentra situado en dirección perpendicular a un campo magnético de 0,10 T, girando hasta situarse paralelo al campo en un tiempo de 0,15 segundos. Hallar el valor de la fuerza electromotriz inducida.

Solución: $E = 0,628 \cdot \sin (\pi/0.3 t)$ V

V. UN EJEMPLO DE PROBLEMA ABIERTO

En la figura se representa un haz de rayos catódicos (haz de electrones moviéndose con una determinada velocidad), que incide sobre una pantalla, colocada perpendicularmente a la dirección del haz, produciendo un punto de fluorescencia.



Los científicos que manejan este haz desean, sin mover la posición de la fuente que genera el haz, poder desplazar el punto de impacto a una posición más alta en la pantalla.

Si consiguen este propósito, estos investigadores piensan que podrían “barrer” cualquier punto de la pantalla, tanto a lo alto como a lo ancho. ¿Qué interés puede tener este objetivo?

Exponer, al menos, dos formas de hacerlo, explicando el plan trazado y razonando la explicación sólo de forma cualitativa, es decir, apoyándose en las leyes físicas que lo justifican, pero sin hacer ningún cálculo por ahora.

Una vez consensuado el plan a seguir en todos sus puntos, proponer los datos empíricos necesarios para la resolución numérica final. Hay que ponerse en la situación de nuestros investigadores y suponer como si realmente hubiéramos medido los datos que necesitamos (se puede buscar información bibliográfica sobre ellos, o sencillamente inventárselos con valores que sean razonables).

Resolver la cuestión numéricamente, siguiendo el análisis cualitativo antes efectuado (sin salirse de las pautas allí aportadas) y discutir la significatividad física de los resultados finales obtenidos.

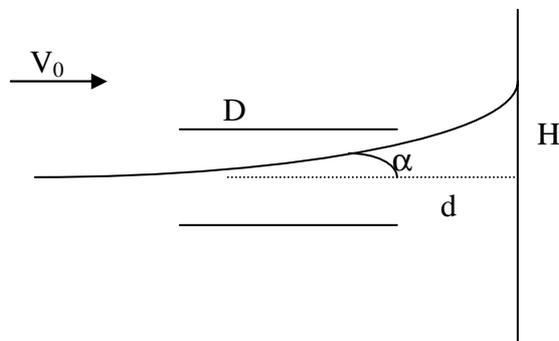
Una vez hallada la solución, buscar información bibliográfica sobre las posibles aplicaciones tecnológicas que tengan como base la experiencia propuesta. Indicar, si los hay, problemas y riesgos de cualquier índole que puedan conllevar aquellas aplicaciones. Asimismo, se valorarán opiniones sobre aspectos como: forma de obtener los rayos catódicos, manejo de estos, tipos de materiales empleados, imprecisiones de las teorías utilizadas...

Solución:

Análisis verbal de la situación

Será necesario, en primer lugar, poder desplazar verticalmente sobre la pantalla el haz de rayos catódico. Los electrones que lo forman son sensibles a las acciones eléctricas; por lo tanto, un campo eléctrico interpuesto (el creado por un condensador, por ejemplo) puede producir la desviación deseada

El campo eléctrico más manejable es el campo uniforme obtenido entre las placas de un condensador plano-paralelo. El esquema sería el siguiente.



Los electrones llegan al condensador con velocidad v_0 y en el interior del mismo quedan sometidos a dos movimientos: uno, horizontal, uniforme; otro, vertical con la aceleración constante producida por la fuerza eléctrica. Al salir del condensador se habrán desviado un ángulo α y luego siguen en línea recta hasta la pantalla.

De forma análoga otro condensador puede producir desviaciones horizontales.

Otra alternativa es obtener estos desplazamientos utilizando la fuerza magnética producidas por el campo magnético de bobinas que sustituyan el papel de los condensadores.

Tabla de datos y resolución

$$e = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C} \quad m = 9.1 \cdot 10^{-31} \text{ Kg} \quad D = 10.0 \text{ cm} \quad E = 1.0 \cdot 10^2 \text{ V/m} \quad d = 10.0 \text{ cm}$$

$$v_0 = 1.0 \cdot 10^6 \text{ m/s}$$

La ecuaciones del movimiento son

$$x = v_0 \cdot t \quad y = \frac{1}{2} (e/m) E t^2 \quad (\text{cfr. Alonso -Finn, II, Cap.14})$$

De donde $y = \frac{1}{2} (e/m) (E/v_0^2) x^2$ que es una parábola

$\tan \alpha = y' = eED/mv_0^2$

Aproximadamente: $H/d = eED/mv_0^2$

De donde $H = eEDd/mv_0^2 = 0,18 \text{ m}$

Interpretación de los resultados y comentarios finales

Si el haz de electrones incidiera libremente en el centro de una pantalla, los datos obtenidos nos permitirían barrer, con la acción de dos condensadores cruzados, una superficie de 36x36 cm

Se prevén numerosas dificultades técnicas, como es la producción de los electrones (tal vez con una fuente radiactiva, con el riesgo que conlleva), la selección de electrones que lleven todos la misma velocidad (cfr. Selector de velocidades), el conseguir que el haz esté perfectamente colimado, etc. Etc.

Por otra parte también es posible que a estas velocidades los electrones presenten efectos relativistas.

Referente a los riesgos físicos en el manejo de este proyecto, habría que resaltar la debida a la producción de rayos X producidos al frenar bruscamente los electrones sobre la pantalla.

VI. TEST DE CONOCIMIENTOS Y TEST DE APLICACION

Página 230. Test de conocimiento

1. ¿En qué punto de la recta que une dos cargas iguales separadas una cierta distancia el campo eléctrico es nulo?

Sol.: en el punto medio.

4. Indica si es CIERTO o FALSO, razonando la respuesta: “Los protones se mueven espontáneamente hacia los potenciales crecientes”.

Sol.: Verdadero

6. Indica si es CIERTO o FALSO, razonando la respuesta: “Un protón y un electrón penetran en un campo magnético con la misma velocidad y en la misma dirección, por lo tanto, describen la misma trayectoria”.

Sol.: la misma trayectoria pero en sentido contrario.

7. Cuando una superficie está colocada perpendicularmente a un campo magnético, el flujo que la atraviesa es:

- a) Nulo
- b) Máximo
- c) Positivo
- d) Negativo.

Sol.: la opción correcta es la b

8. ¿En qué dirección debe moverse una carga en un campo magnético para que no se ejerza ninguna fuerza sobre ella?

- Perpendicularmente
- En la dirección del campo
- Formando 45° con el campo
- Haciendo zig-zag.

Sol.: la opción correcta es la b

9. Indica si es CIERTO o FALSO, razonando la respuesta: “Mientras mayor sea la intensidad de corriente que circula por una espira, mayor será el campo magnético que crea en sus proximidades”.

Sol.: Verdadero

VIII. ACTIVIDADES SOBRE LECTURAS COMPLEMENTARIAS

Ley de Ampère

- ¿Qué ocurre cuando por dos conductores paralelos hacemos circular dos corrientes en el mismo sentido? ¿Y si son de sentido contrario?
- ¿Qué diferencia hay entre las repulsiones y atracciones de las corrientes eléctricas y las de las cargas en reposo?
- Realiza una pequeña tabla en la que compares el comportamiento de corrientes que circulan por conductores paralelos con el comportamiento de cargas en reposo en función del sentido de las corrientes/signos de las cargas, el medio en el que se producen y el tiempo que perduran estas atracciones/repulsiones.

Motores eléctricos y generadores

- Enumera en una lista al menos diez aparatos que utilices en tu vida diaria y que posean un motor eléctrico.
- ¿Qué diferencia hay entre un imán y un electroimán? ¿Cuántos polos poseen?
- Indica qué métodos conoces para proporcionar potencia a un generador y dónde los podemos encontrar.

La interacción entre cargas eléctricas.

- ¿Cómo se llaman las partículas por las que se transmite el efecto de la fuerza de gravitación?
- ¿Qué científico formuló las ecuaciones que describen el electromagnetismo? según esta teoría el electrón ya no se concibe como una “bolita”, ¿cómo se concibe entonces?

IX. PROPUESTA DE UNA EXPERIENCIA DE LABORATORIO

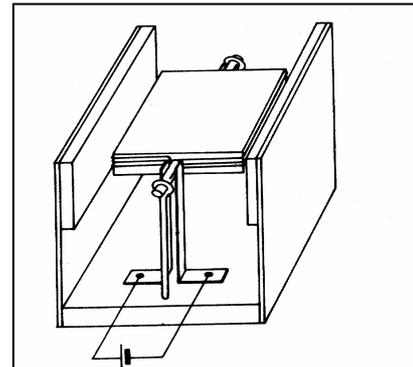
Construcción de un motor

Objetivos:

El objetivo es la construcción de un motor basándose en las propiedades del electromagnetismo.

Material:

- Cable
- Alfiler o aguja de hacer punto
- Bloque de madera
- Dos imanes
- Pila
- Caja de cerillas



Procedimiento:

Se enrolla una bobina de cable aislado al rededor de una caja de cerillas o de un trozo de madera haciendo que los extremos de la bobina toquen dos contactos rígidos verticales. La bobina se apoyará en un alfiler grande o aguja de coser, aislada con cinta aislante, y que sostenga los extremos de la bobina mediante alguna hendidura. todo esto se montará en un bloque de madera y se colocará entre dos imanes, conectándose a uno de los contactos rígidos una pila. Cuando los contactos y los extremos de la bobina se estén tocando la corriente circulará por la bobina haciendo que un lado sea catapultado hacia arriba y después hacia abajo, con la fuerza suficiente para que la bobina dé media vuelta, haga contacto nuevamente y vuelva a recibir un empujón.

Actividades:

1. ¿Qué diferencias existen entre un imán y un electroimán
2. ¿Qué ocurre si se sustituyen los imanes por un electroimán.
3. ¿De qué dependerá la velocidad de giro de la bobina?
4. ¿Cómo modificarías el montaje de la práctica para construir un amperímetro?

X. DIRECCIONES DE INTERNET

1. Campo eléctrico

<http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/elecmagnet/electrico/cElectrico.html#Campo%20el%C3%A9ctrico%20de%20un%20sistema%20de%20dos%20cargas%20el%C3%A9ctricas>

2. Campo Magnético

<http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/elecmagnet/magnetico/cMagnetico.html#Actividades>

3. Inducción

<http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/elecmagnet/fem/fem.htm#La%20experiencia%20en%20el%20aula>

4 Ondas Electromag.

<http://www.edu.aytolacoruna.es/aula/fisica/applets/Hwang/ntnujava/emWave/emWave.html>