

Física Experimental III. 2021. Departamento de Física, UNLP

Guía de trabajos prácticos 4: partícula cargada en un campo eléctrico y partícula cargada en un campo magnético, inducción electromagnética

Fecha de entrega: Viernes 21 de Mayo de 2021 por e-mail

Consultas:

vranea@inifta.unlp.edu.ar

christian.grunfeld@fisica.unlp.edu.ar

lisandro@fisica.unlp.edu.ar

gsieben@fisica.unlp.edu.ar

fernandolisa@fisica.unlp.edu.ar

Objetivos: Describir el movimiento de una partícula cargada en un campo magnético mediante simulaciones computacionales. Encontrar el radio de curvatura de la trayectoria de una partícula cargada en función de su masa, velocidad y carga, y del campo magnético externo aplicado, $r = r(m, v, q, B)$. Comparar con el modelo teórico. Describir el movimiento de una partícula cargada en un campo eléctrico mediante simulaciones computacionales y generar un modelo con el cual comparar resultados. Describir la inducción electromagnética a partir de simulaciones computacionales.

Los temas en estudio son los capítulos de campo magnético, incluido el capítulo de inducción electromagnética, y campo eléctrico uniforme (como el generado por un capacitor ideal de placas paralelas).

Preguntas simples para reforzar conocimientos sobre E , B , F_E y F_B , no incluir en el informe.

a- Suponga que un neutrón entra en una región de campo magnético con cierta velocidad. En qué dirección se desvía y como cambia el vector velocidad? Si entra en una zona de campo eléctrico, en qué dirección se desvía y como cambia el vector velocidad?

b- Suponga que una partícula cargada entra en un región de campo magnético con velocidad v . Bajo qué condiciones la partícula cargada puede seguir con el movimiento rectilíneo uniforme (MRU) con el que entró?

c- Suponga una partícula cargada en reposo en un laboratorio. c1- Describa lo que ocurre si repentinamente se enciende o aparece un campo eléctrico y la partícula cargada queda inmersa en este. c2- Describa lo que le ocurre a la partícula cargada en reposo si en vez de un campo eléctrico se hubiera encendido un campo magnético. c3- Describa lo que ocurre si repentinamente se enciende o aparece un campo eléctrico y la partícula cargada queda inmersa en este y casi simultáneamente, pero después, se enciende un campo magnético en la misma región.

Subsección 1- Movimiento de una partícula cargada en un campo magnético. En la página

<https://ophysics.com/em7.html>

va a encontrar, sobre la derecha, una zona cuadrada que puede tener puntos o cruces. En esta zona hay, esquematizado, un campo magnético homogéneo perpendicular a la pantalla, simbolizado por líneas de campo salientes, si son puntos, y entrantes, si son cruces. Al igual que al campo eléctrico, al campo magnético se lo representa por vectores y líneas de campo, siendo el vector B tangente a la línea de campo magnético en cualquier punto de la línea. Sobre la

izquierda, es posible elegir para cambiar, la masa m , la velocidad v y la carga (con signo) q de la partícula que va a entrar al campo magnético desde la izquierda, por el 0 de la regla; también es posible elegir la intensidad del campo magnético, que va a producir una fuerza sobre la partícula cargada, y el sentido de las líneas de campo que lo representan.

Se necesita marcar el radio r para hacer las cuatro gráficas: r vs. m , r vs. v , r vs. q y r vs. B manteniendo constante las otras tres variables en los valores que desee. Ajustar c/u para encontrar los cuatro exponentes α , β , γ y δ , para la expresión $r = cte m^\alpha v^\beta q^\gamma B^\delta$. Debe ser cuidadoso con el signo de la carga y con el sentido del campo B , manteniéndolos fijos sobre cada gráfica. Comparar con el resultado teórico para el radio de curvatura, r (espectrómetro de masas).

Subsección 2- Movimiento de una partícula cargada en un campo eléctrico. En la página

<https://ophysics.com/em6.html>

va a encontrar una representación de un (corte de un) capacitor de placas paralelas con el que va a poder simular el movimiento de una partícula cargada en un campo eléctrico uniforme (ideal) debido a ambos, la ddp y la separación entre las placas.

A la izquierda hay un punto azul que representa una partícula cargada que va a entrar a la zona de campo eléctrico y cuyo vector velocidad inicial es perpendicular al vector campo eléctrico. Las líneas verdes representan las líneas de campo eléctrico. Marque la grilla para poder medir el alcance horizontal, x , hasta que la partícula cargada alcance una de las placas del capacitor (alcance medido en la zona de campo eléctrico, no desde donde sale la partícula cargada). Dejar fija la distancia entre placas en $d = 5$ cm y la velocidad inicial en $v = 10$, por ejemplo, para realizar las tres simulaciones variando la ddp entre placas (y con esto, la intensidad del campo también), la carga q y la masa m de la partícula. Click en run para iniciar cada simulación. Construya tres gráficas midiendo el alcance horizontal x (sobre la placa del capacitor) vs cada variable manteniendo fijas las otras dos con al menos 6 medidas tratando de que sean medidas uniformemente distribuidas en todo el rango posible de las variables. Ajustar para encontrar o estimar los exponentes α , β y γ para $x \approx V^\alpha$, $x \approx q^\beta$, $x \approx m^\gamma$. La expresión matemática para el alcance probablemente sea $x = cte(d, v) V^\alpha q^\beta m^\gamma$.

Además, utilice un tiempo prudencial para intentar hacer un modelo teórico para encontrar una expresión matemática para el alcance x ($x = d^\delta v^\xi V^\alpha q^\beta m^\gamma$) y comparar con los resultados de las simulaciones. Consideraciones que puede tener en cuenta son: a- la única fuerza aplicada sobre la partícula es la del campo eléctrico con lo cual la componente horizontal de la velocidad no cambia, b- segunda ley de Newton aplicada en la dirección del campo, c- el tiempo que la carga está en el campo E , es el tiempo en el que la carga se desplaza x horizontalmente y 2.5 cm ($d/2$) verticalmente, d- Debe notar que este problema es análogo a tirar horizontalmente una partícula en las cercanías de la Tierra, cinemática 2D. La fuerza peso es el análogo de la fuerza eléctrica y la componente horizontal de la velocidad es constante, e- Para el caso gravitacional conocemos la aceleración pero no para este caso, para el que contamos con la segunda ley de Newton.

Subsección 3- En las simulaciones de las subsecciones anteriores se observó que una partícula cargada cuyo vector velocidad es perpendicular al vector campo eléctrico o al vector campo magnético (por separado), recibe o experimenta una fuerza lateral (F_E o F_B) que perturba el movimiento rectilíneo. Se pide que haga un esquema de un capacitor ideal rodeado por una bobina ideal de manera tal que una partícula cargada (m , q) que entre a ese sistema con un MRU, atraviese ambos campos (que están superpuestos) con el MRU con el que entró. Esquematizar las cargas en el capacitor y el sentido de la corriente en la bobina o solenoide. Los vectores

velocidad (v), campo eléctrico (E) y campo magnético (B), no necesariamente deben ser perpendiculares entre sí. Utilice puntos (\bullet) y cruces (\times) para denotar vectores salientes y entrantes, respectivamente, respecto a la pantalla.

Subsección 5- Inducción electromagnética

En la página

<https://ophysics.com/em11.html>

se encuentra con representaciones de un imán enfrentado con una bobina conductora de la electricidad que tiene un cable conectado con una lámpara. La lámpara se enciende cuando pasa corriente en cualquiera de las dos direcciones. Click en mover el imán sinusoidalmente y observar que la flecha roja indica el sentido de la corriente inducida que aparece (sin batería externa conectada en el cable!) y hay diferentes intensidades de la luz. Observe que ocurre con la intensidad de la luz para tres velocidades de oscilación. En particular, para la menor velocidad de oscilación, observe la dirección de la corriente con respecto al movimiento del imán. También debe notar y comparar la intensidad de la corriente inducida para mayores velocidades de oscilación del imán. Puede ver las líneas de campo magnético haciendo click en Show abajo a la derecha. Se pide que trate de describir o explicar lo que ocurre, ayudándose leyendo la ley de inducción electromagnética.

En la página

https://phet.colorado.edu/sims/html/faradays-law/latest/faradays-law_en.html

puede mover el imán manualmente acercando y alejando los polos a la bobina a distintas velocidades relativas, además de dejar quietos imán y bobina. Utilizar la bobina (coil) que tiene 4 vueltas (luego utilice la de 2 vueltas para comparar):

a- acercar el N del imán y observar el sentido del movimiento de la aguja del voltímetro, detenerlo adentro de la bobina (el sonido incluido en la simulación, ayuda a mostrar la dirección de movimiento de la aguja).

b- alejar el N del imán y observar el sentido del movimiento de la aguja del voltímetro, detener el imán fuera de la bobina. Comparar ambos movimientos de la aguja y comparar con el sentido de la corriente en la simulación anterior.

c- repetir acercando y alejando el polo S hasta el centro de la bobina. Comparar con los movimientos de la aguja en los dos casos en los que se acercaba el N a la espira.

d- qué ocurre con la aguja cuando el imán y la bobina están en reposo?

Puede utilizar esta página de ayuda

<https://www.youtube.com/watch?v=tC6E9J925pY>