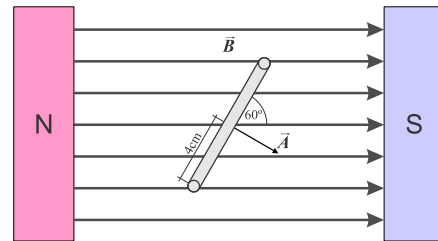


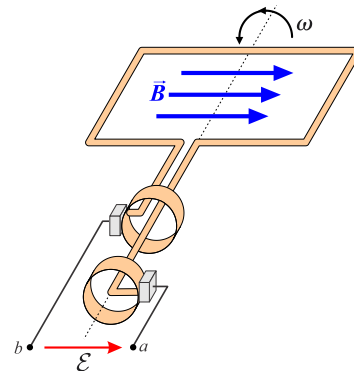
Unidad Nº 9 – Inducción magnética

Inducción magnética

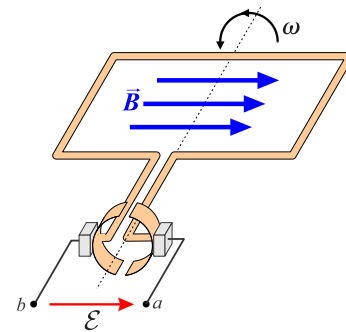
9.1 - Se coloca una bobina de alambre que contiene **500 espiras circulares** con **radio de 4 cm** entre los polos de un electroimán grande, donde el campo magnético es uniforme y tiene un ángulo de **60°** con respecto al plano de la bobina. El campo disminuye a razón de 0,200 T/s. ¿Cuáles son la magnitud y dirección de la fem inducida?



9.2 - La figura muestra una versión sencilla de un alternador, un dispositivo que genera una fem. Se hace girar una espira rectangular con velocidad angular constante ω alrededor del eje que se indica. El campo magnético es uniforme y constante. En el momento $t = 0$, $\varphi = 0$. Determine la **fem** inducida.

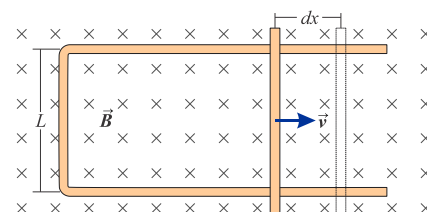


9.3 - El alternador del ejercicio anterior produce una **fem** que varía de modo sinusoidal y por ello genera una corriente alterna. Se puede utilizar un esquema similar para fabricar un generador de **corriente directa (cd)** que produzca una **fem** que siempre tenga el mismo signo. En la figura se ilustra un prototipo de generador. El arreglo de anillos colectores se llama conmutador; revierte las conexiones al circuito externo en posiciones angulares en las que se invierte la **fem**. Los generadores de **cd** comerciales tienen un gran número de segmentos de bobinas y conmutadores; este arreglo suaviza las fluctuaciones en la **fem**, por lo que el voltaje terminal no sólo es unidireccional, sino prácticamente constante. La fuerza contraelectromotriz es simplemente la **fem** inducida por el flujo magnético cambiante a través de su bobina giratoria.



Considere un generador de **cd** con bobina cuadrada de **10 cm de lado**, con **500 espiras** de alambre. Si el campo magnético tiene una magnitud de **0,2 T**, ¿a qué velocidad de rotación la fuerza contraelectromotriz media del motor es igual a **112 V**?

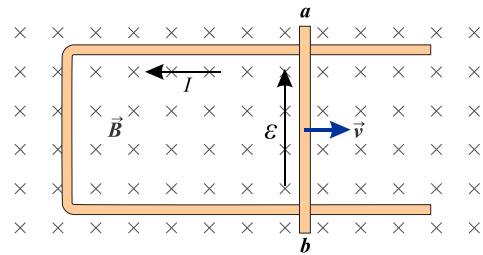
9.4 - La figura muestra un conductor en forma de **U** sumergido en un campo magnético uniforme perpendicular al plano de la figura, dirigido hacia la página. Colocamos una varilla de metal con longitud **L** entre los dos brazos del conductor para formar un circuito, y movemos la varilla hacia la derecha con velocidad constante. Esto induce una **fem** y una corriente, que es la razón por la que este dispositivo se llama **generador de conductor corredizo**. Determine la magnitud y dirección de la **fem** inducida resultante.



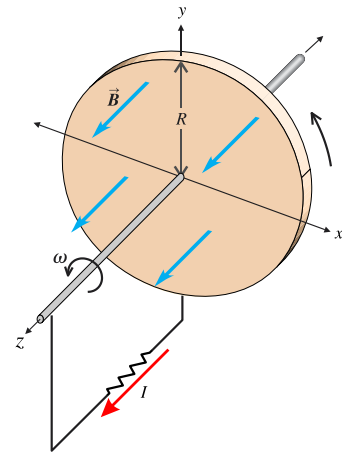
9.5 - En el generador de conductor corredizo del ejercicio anterior, la energía se disipa en el circuito debido a su resistencia. Sea R la resistencia del circuito (constituido por conductor corredizo y el conductor en forma de U que conecta los extremos del conductor corredizo) en un punto dado del movimiento del conductor corredizo.

Demuestre que la tasa a la que se disipa energía en el circuito es exactamente igual a la tasa a la que se debe efectuar trabajo para desplazar la varilla a través del campo magnético.

9.6 - Suponga que la varilla móvil de la figura mide $0,1\text{ m}$ de longitud, su velocidad v es de $2,5\text{ m/s}$, la resistencia total de la espira es de $0,03\Omega$, y B es $0,60\text{ T}$. Calcule la fem, la corriente inducida y la fuerza que actúa sobre la varilla.



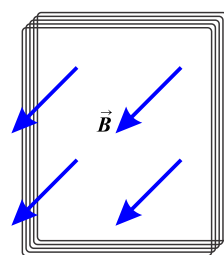
9.7 - Dínamo de disco de Faraday. Un disco conductor de radio R está en el plano xy y gira con velocidad angular constante ω alrededor del eje z . El disco está expuesto a un campo constante, uniforme, paralelo al eje z . Calcule la fem inducida entre el centro y el borde del disco.



9.8 - Una bobina plana y rectangular de 50 espiras mide 25 cm por 30 cm . Está en un campo magnético uniforme de $1,2\text{ T}$, con el plano de la bobina paralelo al campo. En $t=0,222\text{ s}$ se hace girar de manera que el plano de la bobina queda perpendicular al campo.

a) ¿Cuál es el cambio en el flujo magnético a través de la bobina debido a esta rotación?

b) Determine la magnitud de la fem media inducida en la bobina durante esta rotación.



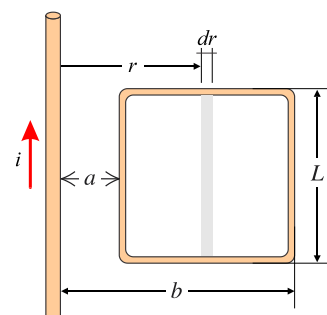
9.9- La corriente en el alambre largo y recto AB que se ilustra va hacia arriba y se incrementa en forma estable a razón di/dt .

a) En el instante en que la corriente es i , ¿cuáles son la magnitud y la dirección del campo B a una distancia r hacia la derecha del alambre?

b) ¿Cuál es el flujo $d\Phi_B$ a través de la banda angosta y sombreada?

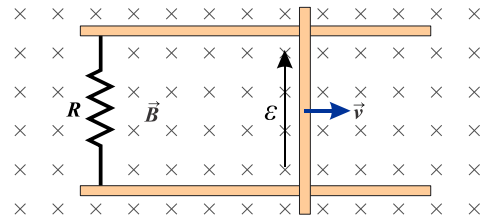
c) ¿Cuál es el flujo total a través de la espira?

d) ¿Cuál es la fem inducida en la espira?



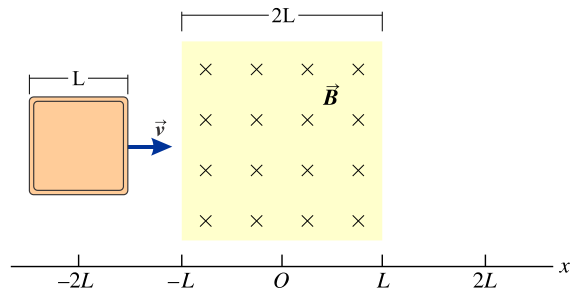
e) Determine el valor numérico de la **fem** inducida si $a=12\text{cm}$, $b=36$, $L=24\text{cm}$, y $\frac{di}{dt} = 9,6 \frac{\text{A}}{\text{s}}$.

9.10 - Se tira hacia la derecha de una barra metálica de **1,5m** de longitud con velocidad uniforme de **5cm/s** en dirección perpendicular a un campo magnético uniforme de **0,75T**. La barra corre sobre rieles metálicos paralelos conectados por medio de una resistencia de **25Ω** de manera que el aparato forma un circuito completo. Se puede ignorar la resistencia de la barra y los rieles.



- a) Calcule la magnitud de la **fem** inducida en el circuito.
- b) Determine el sentido de la corriente inducida en el circuito
 - i) con base en la fuerza magnética sobre las cargas en la barra móvil;
 - ii) con base en la ley de Faraday-Lenz.
- c) Calcule la corriente a través de la resistencia R.

9.11 - Una espira cuadrada de alambre con arista **L** y resistencia **R** se mueve con velocidad constante **v** a través de un campo magnético uniforme confinado a una región cuadrada cuyos lados miden el doble de longitud que los de la espira cuadrada.

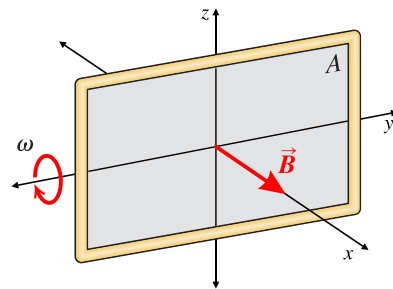


a) Elabore una gráfica de la fuerza externa **F** necesaria para mover la espira con velocidad constante como función de la coordenada **x**, de $x=-2L$ a $x=2L$. (La coordenada **x** está medida del centro de la región del campo magnético al centro de la espira. Es negativa cuando el centro de la espira está a la izquierda del centro de la región del campo magnético

b) Elabore una gráfica de la corriente inducida en la espira como función de **x**. Tome como positivas las corrientes que vayan en sentido antihorario.

9.12 - Suponga que la espira de la figura se hace girar

- a) en torno al eje **y**;
 - b) en torno al eje **x**;
 - c) en torno al eje **z**.
- ¿Cuál es la **fem** máxima inducida en cada caso si $A = 600 \text{ cm}^2$, $\omega = 35 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$ y $B = 0,45 \text{ T}$?



Inductancia

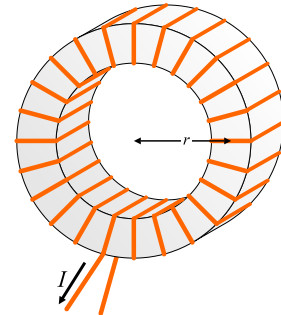
9.13 - Cálculo de autoinductancia.

Para un solenoide de longitud L y sección transversal $A = \pi r^2$ se pide:

- Halle la expresión de la autoinductancia L del solenoide. Suponga que B es uniforme en toda la sección transversal.
- Suponga que $N = 500$ espiras, $A = 1\text{cm}^2$ y $L = 0,1\text{m}$. Calcule el valor de la autoinductancia del solenoide para los casos:
 - Núcleo de aire $\mu_r = 1$.
 - Núcleo de ferrita con $\mu_r = 5000$.

9.14 - Cálculo de autoinductancia. Un solenoide toroidal con área de sección transversal A y radio medio r tiene un devanado compacto con N espiras de alambre alrededor de un núcleo no magnético.

- Determine su autoinductancia L . Suponga que B es uniforme en toda la sección transversal.
- Suponga que $N = 200$ espiras, $A = 5\text{cm}^2$ y $r = 0,1\text{m}$. Calcule el valor de la autoinductancia del solenoide.

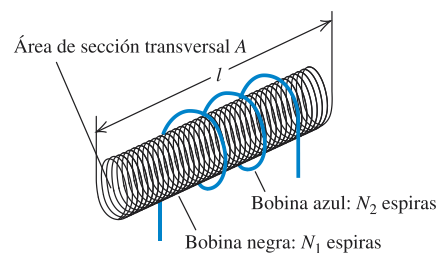


9.15 - Cálculo de la fem autoinducida. Si la corriente en el solenoide toroidal del ejercicio anterior se incrementa de manera uniforme de 0A a 6A en $3\mu\text{s}$, calcule la magnitud y sentido de la fem autoinducida.

9.16 - Almacenamiento de energía en un inductor. A la industria de generación de energía eléctrica le agrada encontrar formas eficientes de almacenar los sobrantes de energía producida durante las horas de poca demanda para satisfacer con más facilidad los requerimientos de consumo de sus clientes en los momentos de mucha demanda. Quizá se pudiera emplear un enorme inductor. ¿Qué inductancia se necesitaría para almacenar $1\text{kW} \cdot \text{h}$ de energía en una bobina que conduzca una corriente de 200A ?

9.17 - Cálculo de la inductancia mutua. En una forma de bobina de Tesla (un generador de alto voltaje), un solenoide largo con longitud L y área de sección transversal A , tiene un devanado muy compacto con N_1 espiras de alambre. Una bobina con N_2 espiras lo circunda concéntricamente.

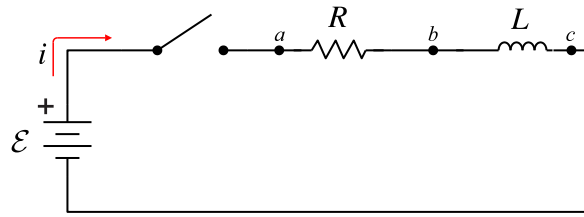
- Deduzca la expresión de la inductancia mutua M .
- $L=0,5\text{m}$; $A = 10\text{cm}^2$; $N_1 = 1000$ espiras; $N_2 = 10$ espiras. Halle el valor de M .



9.18 - Fem debida a la inductancia mutua. Para el ejercicio anterior, suponga que la corriente i_2 en la bobina circundante exterior está dada por $2 \times 10^6 \left(\frac{\text{A}}{\text{s}}\right) t$.

- En el tiempo $t = 3\mu\text{s}$, ¿qué flujo magnético medio a través de cada espira del solenoide es causado por la corriente en la bobina exterior circundante?
- ¿Cuál es la fem inducida en el solenoide?

9.19 - Análisis de un circuito R-L. Un dispositivo electrónico sensible con resistencia de 175Ω va a conectarse a una fuente de fem por medio de un interruptor. El dispositivo está diseñado para que opere con una corriente de 36 mA , pero, para evitar que sufra daños, la corriente no debe exceder de 4.9 mA en los primeros 58 ms después de cerrado el interruptor. Para proteger el dispositivo, se conecta en serie con un inductor, como se ilustra en la figura.

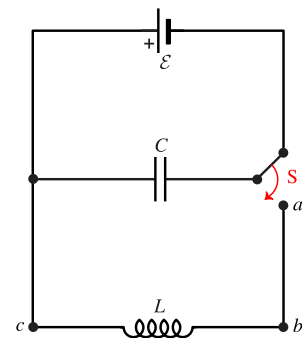


- ¿Cuál es la fem que debe tener la fuente? Suponga que la resistencia interna es despreciable.
- ¿Qué inductancia se requiere?
- ¿Cuál es la constante de tiempo?

9.20 - Energía en un circuito R-L. Cuando la corriente decae en un circuito R-L, ¿qué fracción de la energía almacenada en el inductor se ha disipado después de $2,3$ constantes de tiempo?

9.21 - Oscilador. Una fuente de voltaje de 300V se utiliza para cargar un capacitor de $25\mu\text{F}$. Una vez que el capacitor está cargado por completo se desconecta de la fuente y se conecta a un inductor de 10mH . La resistencia en el circuito es despreciable.

- Determine la frecuencia y el período de oscilación en el circuito.
- Obtenga la carga del capacitor y la corriente en el circuito $1,2\text{ms}$ después de haber conectado el inductor y el capacitor.



9.22 - Energía en un circuito oscilante. Considere el circuito L-C del ejercicio anterior.

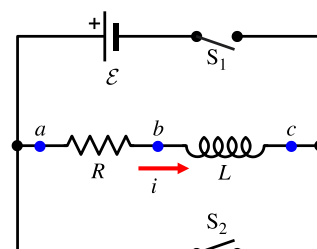
- Determine las energías magnética y eléctrica en $t=0$.
- Obtenga las energías magnética y eléctrica en $t=1,2\text{ms}$.

9.23 - Dos bobinas tienen inductancia mutua $M = 3,25 \times 10^{-4}\text{H}$. La corriente i_1 en la primera bobina aumenta con una tasa uniforme de $830 \frac{\text{A}}{\text{s}}$.

- ¿Cuál es la magnitud de la fem inducida en la segunda bobina? ¿Es constante?
- Suponga que la corriente descrita está en la segunda bobina y no en la primera. ¿Cuál es la magnitud de la fem inducida en la primera bobina?

9.24 - Para el circuito de la figura, suponga que $E=60\text{V}$, $R=240\Omega$ y $L=160\text{mH}$. Con el interruptor S_2 abierto, se deja cerrado el S_1 hasta que se establece una corriente constante. Después, se cierra S_2 , se abre el S_1 , y se retira la batería del circuito.

- ¿Cuál es la corriente inicial en el resistor, inmediatamente después de haber cerrado S_2 y de abrir S_1 ?
- ¿Cuál es la corriente en el resistor en $t = 4 \times 10^{-4}\text{s}$?



- c) ¿Cuál es la diferencia de potencial entre los puntos b y c en $t = 4 \times 10^{-4} \text{ s}$? ¿Cuál punto está a un potencial mayor?
- d) ¿Cuánto tiempo se requiere para que la corriente disminuya a la mitad de su valor inicial?

9.25 - Inductancia de un solenoide. Un solenoide largo y recto tiene N espiras, área de sección transversal uniforme A y longitud l . Demuestre que la inductancia de este solenoide está dada por la expresión $L = \frac{\mu_0 AN^2}{l}$. Suponga que el campo magnético es uniforme dentro del solenoide e igual a cero en su exterior. (La respuesta será aproximada porque en realidad B es menor en los extremos que en el centro. Por esta razón, la respuesta es en realidad un límite superior de la inductancia.)

9.26 - Un solenoide de 25cm de longitud y área de sección transversal de $0,5 \text{ cm}^2$, contiene 400 espiras de alambre y conduce una corriente de 80A. Calcule:

- El campo magnético en el solenoide.
- La densidad de energía en el campo magnético si el solenoide está lleno de aire;
- La energía total contenida en el campo magnético de la bobina (suponga que el campo es uniforme);
- La inductancia del solenoide.
- La inductancia del solenoide si en lugar de aire, está relleno de acero dulce, cuya permeabilidad relativa es $\mu_r = 2000$.

9.27 - Un solenoide está centrado dentro de otro. El solenoide exterior tiene una longitud de 50cm y contiene 6750 espiras, mientras que el solenoide interior coaxial mide 3cm de largo, 0,12 cm de diámetro y contiene 15 espiras. La corriente en el solenoide exterior cambia a 37,5 A/s.

- ¿Cuál es la inductancia mutua de los solenoides?
- Calcule la fem inducida en el solenoide interno.

9.28 - Cable coaxial. Un conductor sólido y pequeño, con radio a está sostenido por discos aislantes no magnéticos sobre el eje de un tubo de paredes delgadas con radio interior b . Los conductores interior y exterior transportan corrientes iguales i en sentidos opuestos.

- Con base en la ley de Ampere, determine el campo magnético en cualquier punto del volumen comprendido entre los conductores.
- Escriba la expresión para el flujo $d\Phi_B$ a través de una banda angosta de longitud l paralela al eje, de ancho dr , a una distancia r del eje del cable, y que se encuentra en el plano que contiene al eje.
- Integre su expresión del inciso b) con respecto al volumen comprendido entre los dos conductores para determinar el flujo total producido por una corriente i en el conductor central.
- Demuestre que la inductancia de un tramo de cable de longitud l es $L = \frac{\mu_0 l}{2\pi} \ln\left(\frac{b}{a}\right)$.
- Calcule la energía almacenada en el campo magnético para una longitud l de cable.
- Para los puntos c, d y e, halle el valor correspondiente, si los datos del cable coaxial son: $a=0,2 \text{ cm}$; $b=0,5 \text{ cm}$; $L=1 \text{ m}$; $I=2,5 \text{ A}$; con vacío entre los conductores.