

Trabajo Práctico N°5: Ley de Faraday - Inducción Electromagnética

Problema 1 El campo magnético en una cierta región del espacio es $\vec{B} = 2\hat{i}$ [Wb/m²] (ver Figura abajo)

- ¿Cuál es el flujo magnético a través de la superficie abcd?
- Idem para la superficie becf.
- Idem para la superficie aefd.
- Idem para la superficie total que encierra el volumen.

Problema 2 En la figura (Ver más abajo) el campo magnético mostrado está variando en el tiempo según la relación: $\vec{B} = -(6t^2 + 7t + 1)\hat{k}$ [Wb/m²]

- Calcular la magnitud de la fem inducida en la espira, que se ubica en el plano (x,y), en función del tiempo. Indique el sentido de la fem (horario o antihorario) en función de tiempo.
- Indicar el sentido de circulación de la corriente por la resistencia R. Justifique adecuadamente su respuesta ¿cambiaría el sentido de circulación de la corriente si el campo estuviera orientado en sentido positivo del eje z. Explique adecuadamente.

Problema 3 La figura muestra una varilla conductora AB (de longitud l) que al hacer contacto con las guías metálicas CA y DB forma un circuito. El circuito se halla en una región de campo magnético uniforme, perpendicular al plano ABDC.

- Partiendo de una consideración detallada de la fuerza de Lorentz sobre los electrones de la varilla, calcule la diferencia de potencial entre los extremos de la misma. Determine qué extremo de la varilla se encuentra a mayor potencial.
- Calcule la fem inducida en el circuito si $\|\vec{B}\| = 5 \times 10^2$ (mWb/m²), y si la barra AB se mueve con una velocidad de 4 [m/s] hacia la derecha. Fundamente el desarrollo.
- Qué puede decir acerca de la fuerza que se debe realizar sobre la varilla para que esta continúe su movimiento uniforme. Considere que el circuito tiene una resistencia de 50Ω y la varilla mide 30cm. Calcule dicha fuerza, indicando magnitud, dirección y sentido.

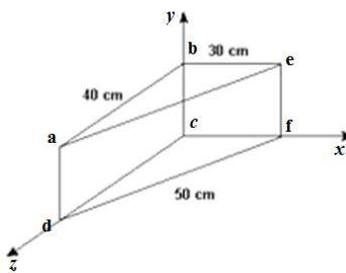


Fig. Problema 1.

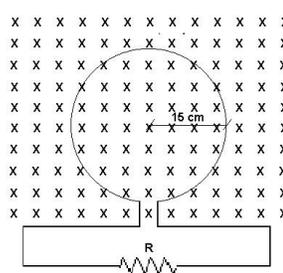


Fig. Problema 2

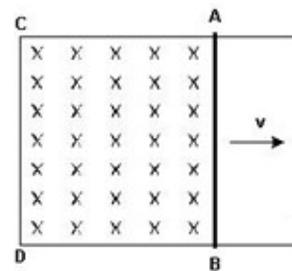
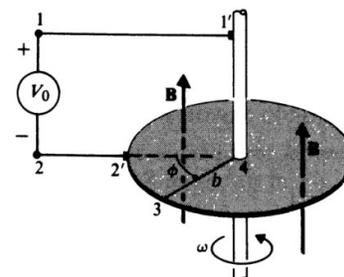


Fig. Problema 3

Problema 4 El dispositivo de la figura se denomina “Disco Generador de Faraday” o “generador homopolar de Faraday”. Consiste de un disco circular metálico que gira en un plano perpendicular al eje z, con velocidad angular constante, $\vec{\omega} = \omega_0\hat{k}$ en un campo magnético uniforme paralelo al eje de rotación, $\vec{B} = B_0\hat{k}$. El radio del disco es b. Cuando se establece contacto entre el eje (fabricado de material conductor) y el borde del disco, con las puntas de un voltímetro, se mide una diferencia de potencial entre estos puntos a medida que el disco gira. Una vez que el disco se detiene, dicha diferencia de potencial desaparece:



a) Explique cualitativamente la causa por la cual aparece una diferencia de potencial mientras el disco está girando. Explique por qué no es posible describir el fenómeno observado con la Ley de Faraday. Ojo...Justifique adecuadamente.

b) Cómo debería modificar a este dispositivo para transformarlo en un motor homopolar

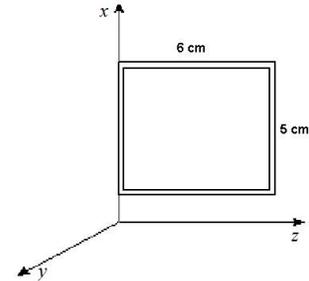
Problema 5 Una espira rectangular, de 6cm de ancho x 5 de alto, se mueve en una región con campo magnético no uniforme, dado por $\vec{B} = (6 - z) \hat{j}$. Hallar la fem inducida (indique sentido, horario o antihorario) en la espira en función del tiempo, si consideramos que en $t = 0$ la misma se encuentra en la posición que muestra la figura y que:

a) La velocidad es de $\vec{v} = 2[m/s] \hat{k}$.

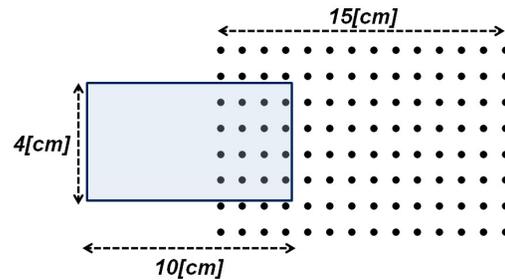
b) La espira parte del reposo y tiene una aceleración $\vec{a} = 0.2 \hat{k} [m/s^2]$.

c) Repetir los incisos a y b si el movimiento es paralelo al eje x, y si el movimiento es paralelo al eje y. En cada caso.

d) ¿En qué caso se inducirá una corriente en la espira? Explique y, suponiendo la velocidad constante, $v = 2 \left[\frac{m}{s} \right]$ y la resistencia de la espira de $2 [\Omega]$, halle la corriente inducida.



Problema 6 La figura muestra una espira rectangular de lados $a = 4[cm]$ y $b = 10[cm]$ y resistencia eléctrica $R = 20[\Omega]$, que se mueve con velocidad $v = 1 [m/s]$ hacia la derecha, en una región donde existe un campo magnético uniforme $\|\vec{B}\| = 2 [Wb/m^2]$ perpendicular a la espira.



a) Suponiendo que \vec{v} es paralelo al eje y, y que las líneas de campo apuntan hacia afuera del plano del papel, defina un sistema de ejes coordenados adecuado para representar el campo vectorial \vec{B} .

b) De acuerdo al sistema de ejes coordenados definido en el inciso anterior, graficar el flujo de campo magnético a través de la espira como función de la posición (x). Analice el movimiento desde el instante en el que la espira está completamente fuera de la región de campo magnético hasta que sale totalmente de ésta

c) Representar gráficamente la fem inducida en la espira en función de la posición (x) y en función del tiempo, durante todo el proceso. Nuevamente, defina correctamente el sentido de la fem al graficarla, en indique claramente si ésta tiene sentido horario o antihorario.

d) Calcule la corriente inducida sobre la espira (magnitud y sentido) durante todo el proceso.

e) Qué puede decir acerca de la fuerza externa aplicada para mantener el movimiento uniforme. Calcule su valor (magnitud y dirección) y el trabajo mecánico sobre el sistema.

f) Calcule la potencia disipada en la resistencia. Compare con el resultado del inciso anterior.

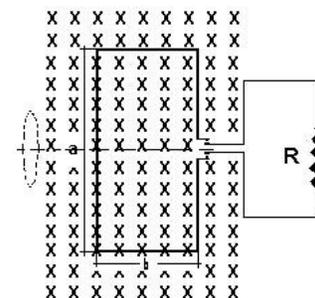
Problema 7 Una espira de lados a y b gira con una frecuencia f en un campo magnético uniforme \vec{B} tal como lo sugiere la figura:

a) Demostrar que en la espira aparece una fem inducida dada por la expresión: $\varepsilon = 2\pi fba B \sin(2\pi ft)$ donde t es el tiempo.

b) ¿Cuál sería la fem inducida si el cuadro tuviera conformado por N vueltas de alambre conductor?

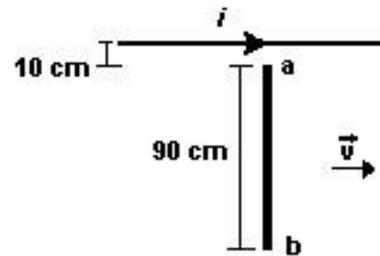
c) Hallar la expresión para la corriente que circula por la resistencia R. Calcule la potencia disipada por efecto Joule ¿qué agente realiza el trabajo necesario para mantener la corriente alterna inducida en el circuito?

d) Describa la ley que permite explicar la aparición de la fem. (ojo!!)



Obs.: Observe que este ejemplo describe el principio de funcionamiento de un generador eléctrico

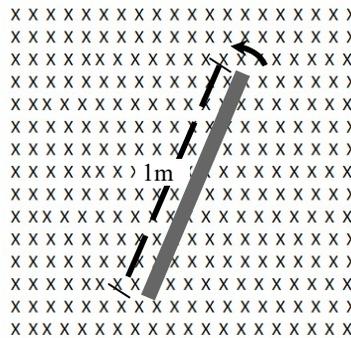
Problema 8 Una varilla metálica se mueve con una velocidad constante $\vec{v} = 2[m/s]\hat{i}$ paralelamente a un conductor recto que lleva una corriente de 40 [A].



- Calcular la diferencia de potencial que aparece entre los extremos de la varilla.
- Determinar cuál de los extremos se encuentra a mayor potencial.

Problema 9 Una Bobina de 15 vueltas y 10 [cm] de radio rodea a un largo solenoide de 2.00 [cm] de radio y $N_1 = 10^3$ vueltas por metro. Si la corriente en el solenoide cambia como $I = 5.00 \cdot \text{sen}(\omega \cdot t)[A]$, siendo $\omega = 120[rad/s]$, encuentre la fem inducida en función del tiempo en la bobina secundaria.

Problema 10 Una barra metálica gira con velocidad angular constante en el campo magnético terrestre, como se muestra la figura. El movimiento ocurre en una región donde el campo magnético terrestre, de $3.30 \cdot 10^{-5}[T]$, es perpendicular al plano de rotación. Si la barra mide 1.00 [m] de largo y su rapidez es de $5.00 [rad/s]$ ¿ Qué diferencia de potencial se desarrolla entre sus extremos? ¿qué extremo está mayor potencial?



Problema 11 Una espira rectangular de lados a, b , indeformable y construida de hilo conductor, está contenida en el plano XY y se desplaza con velocidad $\vec{v} = v\hat{i}$, constante. Normalmente a la espira existe un campo magnético $\vec{B} = (B_0 + cx)\hat{k}$, donde B_0 y c son constantes. Calcular:

- la corriente que circula por la espira, indicando su sentido, si su resistencia eléctrica es R .
- La fuerza que es necesario aplicar a la espira para que se desplace con la citada velocidad.
- La potencia mecánica que se comunica a la espira para lograr que se desplace con la velocidad indicada.
- La potencia eléctrica producida.
- La potencia disipada en la espira.

Problema 12 En las balanzas de precisión de principios de siglo 20, de brazos iguales, se puede observar una lámina de aluminio, suspendida de uno de los brazos, la cual pasa entre los polos de un imán permanente. Este artificio hace que las oscilaciones de los platillos de la balanza decaiga rápida y suavemente. En ausencia de este “freno magnético” las oscilaciones continuarían por largo tiempo dificultando la lectura de la medida. Explique el principio de funcionamiento de este dispositivo. El mismo principio se utiliza en los frenos del tramo final de algunas montañas rusas.

Problema 13 Un toroide consiste de N vueltas de conductor uniformemente enrollado a lo largo de todo su perímetro. El toroide de radio medio b , tiene una sección circular de radio a , siendo $b \gg a$, tal

como se observa en la figura. Si el conductor transporta una corriente I , calcule,

a) la intensidad y dirección del campo magnético en el espacio cuando el núcleo del toroide es de aire.

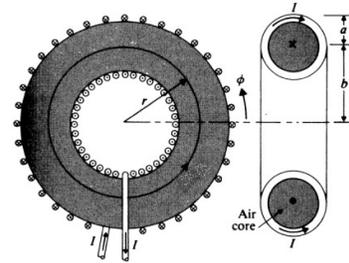
b) la intensidad del campo si ahora el interior de toroide es de hierro de permeabilidad magnética $\mu_m = 3000\mu_0$.

c) la autoinductancia de un toroide de 500 vueltas, para el cual $a=2.00[\text{cm}]$, $b=16.0[\text{cm}]$ y el núcleo es de aire

d) la fem inducida sobre una bobina secundaria de 200 vueltas, dispuesta en torno al toroide, si la corriente en éste (el primario) es

$I(t) = I_{max} \cdot \text{sen}(\omega t)$ donde $I_{max} = 50.0[\text{A}]$, $\omega = 0.01 \cdot \pi [\text{rad/s}]$ (considere como bobina primaria al toroide del inciso c)).

e) Calcule la corriente en la bobina secundaria si la resistencia en la misma es de 5.0Ω . Tomando en cuenta que ω es muy pequeño, esto es la corriente varía muy lentamente, desprecie la fem autoinducida del sistema.



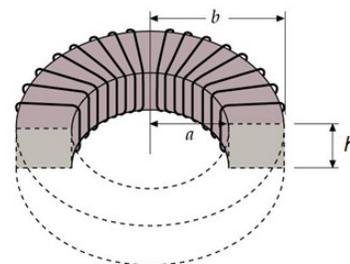
Problema 14 Una bobina se conforma con 5 vueltas de alambre en un marco cuadrado, y se coloca en un campo magnético cuya dirección forma un ángulo de 30° con la normal a la sección transversal de la bobina. Cuando la magnitud del campo se incrementa de $200\mu\text{T}$ a $600\mu\text{T}$ en 0.4 segundos, una fem de 80mV se induce en la bobina. ¿Cuál es la longitud total del alambre?

Problema 15 una placa de cobre con $2.0 [\text{mm}]$ de espesor y $1.50 [\text{cm}]$ de ancho se coloca paralela al plano zx . En la región existe un campo magnético uniforme de magnitud $0.40 [\text{T}]$ que atraviesa a la placa conductora perpendicularmente. Por el conductor se hace circular una corriente de $75 [\text{A}]$ en la dirección $+x$ y se mide con cuidado la diferencia de potencial entre las partes inferior y superior de la placa, resultando ésta ser de $+0.81 [\text{mV}]$. A partir de tal medición, determine el sentido del campo magnético y la concentración de electrones móviles en el cobre.

Problema 16 Cuando una onda de Efecto HALL se pone en un campo magnético uniforme de $0.08 [\text{T}]$ de magnitud, produce un voltaje Hall de $0.7\mu\text{V}$. Cuando se mide un campo magnético desconocido, el voltaje Hall es $0.33 [\mu\text{V}]$. ¿Cuál es la magnitud del campo desconocido?

Problema 17 En un experimento diseñado para medir el campo magnético de la tierra utilizando el efecto HALL, una barra de cobre de $0.5[\text{cm}]$ de espesor se dispone en dirección este-oeste. Cuando circula una corriente de $8 [\text{A}]$ por el conductor, ésta da como resultado un voltaje Hall de $5.1 \times 10^{-12} [\text{V}]$ ¿Cuál es la magnitud del campo magnético terrestre en esa región?

Problema 18 Un toroide consiste de N vueltas de alambre conductor enrolladas apretadamente sobre un núcleo de madera de sección rectangular, tal como se ve en la figura. Aquí a y b son los radios interno y externos del toro, y h la altura del mismo.



a) Demuestre que la autoinductancia del toroide es $L = \frac{\mu_0 N^2 h}{2\pi} \ln\left(\frac{b}{a}\right)$

b) Demuestre que en el caso en el que el radio interno sea mucho mayor que el ancho de la sección, $a \gg (b - a)$, $L = \frac{\mu_0 N^2 A}{l}$, donde,

$l = (2\pi \cdot \bar{\rho})$, siendo $\bar{\rho} = \frac{(b+a)}{2}$ y A es el área de la sección, $A = h \cdot (b - a)$.

c) Usando los resultados anteriores, calcule la autoinductancia de un toroide de 500 vueltas, para el cual $a = 10,0[\text{cm}]$, $b = 12,0[\text{cm}]$ y $h = 1,00[\text{cm}]$. Compare los valores obtenidos usando la expresión del inciso a) con el obtenido por medio de la aproximación del inciso b) y calcule la magnitud del error cometido en la aproximación. ¿qué puede decir del valor calculado?

Problema 19 Un solenoide de longitud l y radio R consiste de N vueltas de alambre. Una corriente I pasa a través de la bobina.

- Determine la expresión de la autoinductancia del solenoide
- Encuentre la energía almacenada en el sistema
- Calcule el valor de la autoinductancia y de la energía almacenada si $l = 15.0[cm]$, $R = 6.00[cm]$, $N = 600$ e $I = 0.10[A]$

Problema 20 Un solenoide de 120 vueltas está uniformemente enrollado alrededor de un núcleo de madera, de diámetro 10.0 [mm], y longitud 9.00 [cm].

- Calcule la inductancia del solenoide (busque en tablas los valores correspondientes a la madera)
- ¿Cómo cambia el valor de L si el núcleo de madera es reemplazado por uno de hierro dulce de las mismas dimensiones pero con una permeabilidad magnética $\mu_m = 800\mu_0$? ¿cuál es el nuevo valor de L ?

Problema 21 Suponga un cordón de teléfono enrollado en forma de espiral de 70 vueltas, diámetro de 1,30[cm], y una longitud de 60[cm]. Determine la autoinductancia L del sistema.

Problema 22 En una bobina de tesla, un solenoide largo con longitud L y área transversal A , está estrechamente enrollado con N_1 vueltas de cable. Una bobina con N_2 vueltas rodea al solenoide en su centro como se muestra en la figura. Encuentre la inductancia Mutua.

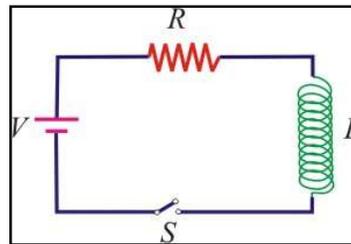
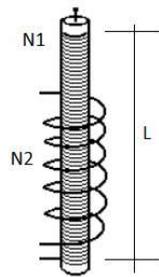


Figura 1

Problema 23 Suponga que en el problema anterior, la corriente que circula por la bobina externa es $i_2 = 2 \times 10^6 \cdot t$ calcular:

- El flujo magnético medio a través de cada vuelta del solenoide producido por la corriente i_2 en el instante $t = 3.0[\mu s]$.
- La fem inducida en el solenoide (bobinado interno).
- Explique por qué a la fem autoinducida en un circuito se la llama “contrafem”.
- ¿qué parámetros afectan la autoinductancia de una bobina? ¿Depende ésta de la corriente?

Problema 24 Para el circuito de la figura 1 ¿puede la contrafem ser mayor que el voltaje, V , de la batería? Explique

Problema 25 Para el circuito de la Figura 1, considere que: $R = 6.00 [\Omega]$, $L = 30.0 [mH]$ y $V = 12.0 [V]$

- Calcule la constante de tiempo del circuito
- Si la llave S se cierra en el instante $t=0s$. Calcule la corriente en el circuito en función del tiempo y representela gráficamente.
- Compare la diferencia de potencial en función del tiempo a través del resistor con la de la observada a través del inductor. Represente el resultado gráficamente.
- Como se puede observar del resultado del inciso anterior los voltajes a través del resistor y del inductor son iguales en algún instante anterior a los 4.00 [ms]. Si deseáramos retrasar (producir un delay) el tiempo en el que los voltajes son iguales, a algún instantes posterior, como ser $t = 10.0 [ms]$, qué parámetro del circuito, L o R , deberíamos ajustar. Indique la variación en término de porcentaje.

Problema 26 Considere dos inductores ideales, L_1 y L_2 , los cuales tienen resistencias internas nulas, y están muy separados de modo que podemos despreciar la inductancia mutua. Demuestre que,

- si los inductores se conectan en serie, la inductancia equivalente es: $L_{eq} = L_1 + L_2$.
- si los inductores se conectan en paralelo, la inductancia equivalente es $L_{eq} = L_1 \cdot L_2 / L_1 + L_2$.

Problema 27 Una bobina tiene una inductancia de $3 [mH]$, y la corriente que la atraviesa cambia de $0,2 A$ a $1.50 A$, en un intervalo de $0,2$ segundos. Encuentre la magnitud de la *fem* inducida promedio en la bobina durante ese tiempo

Problema 28 Considere el cable coaxial de una línea de transmisión consistente de dos conductores cilíndricos concéntricos que transportan la misma corriente I pero en sentidos contrarios. El conductor interno tiene radio a y el externo, que se puede considerar como un caparazón muy delgado, radio b (considere que la densidad de corriente sobre este conductor es superficial). Calcule la inductancia por unidad de longitud de la línea.

Problema 29 Considere el circuito de la figura. Inicialmente los elementos del circuito están conectados a la batería. Luego de un tiempo $t \gg \tau$ se desconecta la batería y se conecta el circuito de la derecha. La corriente decrece en forma exponencial. Muestre que toda la energía magnética almacenada en el inductor aparece como energía interna en el resistor a medida que la corriente decae a cero.

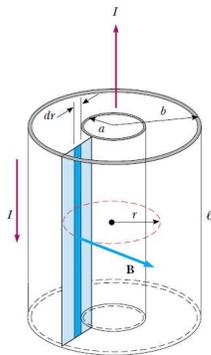


Fig. de Prob. 28

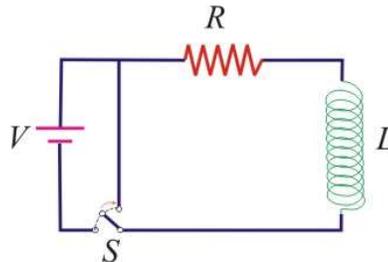


Fig. Prob. 29

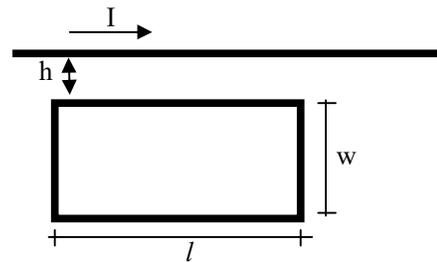


Fig. Prob. 30

Problema 30 Sobre una tarjeta de circuito impreso, un conductor recto, relativamente largo, y una espira rectangular conductora se encuentran en el mismo plano, como se muestra en la figura. Si $h = 0.4 [mm]$, $w = 1.30 [mm]$ y $L = 2.70 [mm]$, calcule la inductancia mutua del sistema.

Problema 31 Dos bobinas están muy cercanas una a la otra. La primera transporta una corriente que varía con el tiempo como $I = I_0 e^{-\beta t} \text{sen}(\alpha t) [A]$, donde, $I_0 = 5,00$, $\alpha = 377$ y $\beta = 0,0250$. A los $0,800 [s]$ la *fem* inducida en la segunda bobina es $-3.20 [V]$ ¿cuál es la inductancia mutua de las bobinas? Desprecie las autoinductancias.

Problema 32 Un circuito RL, donde, $L=4 [H]$ y $R=5 [\Omega]$, está conectado a una batería de $22 [V]$ en $t=0$.

- ¿Qué energía se almacena en el inductor cuando la corriente es de $0.5 A$?
- ¿A qué proporción se almacena la energía en el inductor cuando la corriente es $I = 1,00 [A]$?
- ¿Qué potencia suministra la batería al circuito cuando $I = 0.5 [A]$?

Problema 33 Considere el circuito de la figura 2. Primeramente se carga el condensador al cerrar la llave S_1 . Luego de un tiempo muy grande se desconecta la fuente y se cierra la llave S_2 . Si $V = 20.0 [V]$, $C = 4.50 [pF]$ y $L = 1.41 [mH]$

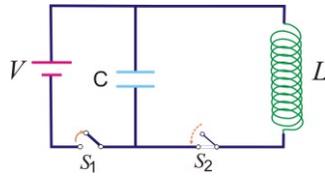


Figura 2

- a) Calcule la frecuencia de oscilación del circuito
- b) ¿Cuáles son los valores máximos de la carga del capacitor y de la corriente en el circuito?
- c) Determine la carga y la corriente en función del tiempo y grafíquelas.

Problema 34 En un circuito LC de la figura 2, la carga del capacitor, en determinados instantes, es cero, pero en tales instantes la corriente en el circuito no es nula. Explique cómo es posible esto.

Problema 35 Si la resistencia del alambre que conforma al circuito LC de la figura 2 no fuera nula, ¿persistiría la oscilación? explique

Problema 36 Un inductor de $2.00[H]$ porta una corriente $I = I_{max}sen(\omega t)$, donde $I_{max} = 5.00[A]$ y $\omega/2\pi = 60.0[Hz]$. Calcule la *contrafem* como función del tiempo.

Problema 37 Un circuito LC se compone de un inductor de $20mH$ y de un capacitor de $0.5\mu F$. Si la máxima corriente instantánea es $0.10 A$. ¿Cuál es la diferencia de potencial más alta en el capacitor?