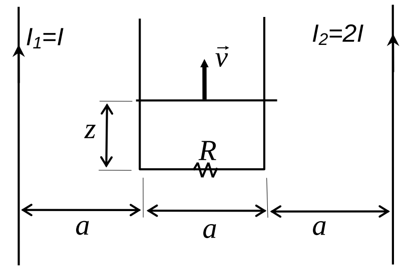
Tercer parcial de FFI **16 de Enero de 2017** Curso 2016/17	Dpto. Física Aplicada

1. La espira rectangular de la figura, de lados a y z, se encuentra en el mismo plano que dos conductores rectilíneos, indefinidos y paralelos, situados como se indica en la figura, por los cuales circulan intensidades $I_1=I$ e $I_2=2I$ en el mismo sentido. El lado superior de la espira se mueve con velocidad constante en el sentido indicado en la figura. Determina en función de z (medida del lado de longitud variable):

a) La expresión del flujo magnético a través de la espira del campo magnético que crea el hilo 1.
b) La expresión del flujo magnético a través de la espira del campo magnético que crea el hilo 2.
c) La expresión del flujo magnético total a través de la espira.
d) Fuerza electromotriz inducida en la espira.
e) Intensidad de corriente en la espira, **justificando** su sentido, si la resistencia eléctrica es R.
f) Coeficiente de inducción mutua entre el hilo 2 y la espira rectangular.

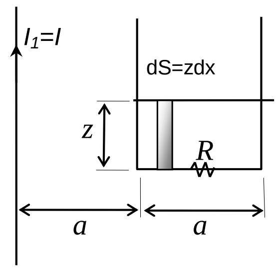
3 puntos



a) El campo magnético que crea una corriente que circula por un conductor rectilíneo indefinido a una distancia x del conductor, es $B=\frac{\mu_0 I}{2\pi x}$; La dirección del campo magnético originado por una corriente es perpendicular a la dirección de la corriente ($d\vec{\ell}$) y a la dirección de la línea que une la corriente con el punto problema ($\vec{r}$), ley de Biot y Savart $d\vec{B}=\frac{\mu_0 I}{4\pi}\frac{d\vec{\ell}\times\vec{r}}{r^3}$. En este caso el campo magnético creado por el **conductor 1** en la zona de la espira aplicando la regla de la mano derecha a dicho producto vectorial será perpendicular al papel y hacia dentro.

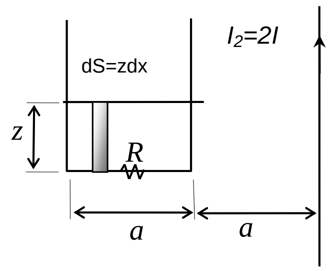
$\vec{B}=\frac{\mu_0 I_1}{2\pi x}\left(-\vec{k}\right)$, siendo *x* la distancia de cada punto al conductor 1.

Al calcular el flujo deberemos tomar una superficie elemental en la que el campo sea uniforme: una superficie rectangular de altura *z* y amplitud *dx* en la que el valor de *B* es constante, y que podremos desplazar sobre la espira desde una distancia *a* del conductor hasta una distancia *2a*. De este modo, el elemento de superficie viene dado por *dS = zdx*. Consideramos el sentido del vector superficie elemental contrario al del del campo (podríamos haber considerado lo contrario),



así, $\Phi_1=\int_S \vec{B}\cdot d\vec{S}=-\int_S BdS=-\int_a^{2a}\frac{\mu_0 I}{2\pi x}zdx=-\frac{\mu_0 Iz}{2\pi}\ln\left(\frac{2a}{a}\right)=-\frac{\mu_0 Iz}{2\pi}\ln 2$ (flujo entrante)

b) En este caso el campo magnético creado por el **conductor 2** en la zona de la espira aplicando la regla de la mano derecha será perpendicular al papel y hacia fuera.



$\vec{B}=\frac{\mu_0 I_2}{2\pi x}\left(\vec{k}\right)=\frac{\mu_0 2I}{2\pi x}\left(\vec{k}\right)$, siendo *x* la distancia de cada punto al conductor 2.

El flujo tendrá signo contrario al creado por el conductor 1.

$\Phi_2=\int_S \vec{B}\cdot d\vec{S}=\int_S BdS=\int_a^{2a}\frac{\mu_0 2I}{2\pi x}zdx=\frac{\mu_0 2Iz}{2\pi}\ln\left(\frac{2a}{a}\right)=\frac{\mu_0 2Iz}{2\pi}\ln 2$ (flujo saliente)

c) El flujo magnético total a través de la espira será la suma algebraica de los dos:

$$\Phi=\Phi_1+\Phi_2=-\frac{\mu_0 Iz}{2\pi}\ln 2+\frac{\mu_0 2Iz}{2\pi}\ln 2=\frac{\mu_0 Iz}{2\pi}\ln 2 \qquad \text{(flujo saliente)}$$

d) La fuerza electromotriz inducida la calculamos utilizando la ley de Faraday. Teniendo en cuenta que la única variable que depende del tiempo es *z*, el valor absoluto de la fem será:

$$\left|\varepsilon_i\right|=\frac{d\Phi}{dt}=\frac{\mu_0 I}{2\pi}\ln(2)\frac{dz}{dt}=\frac{\mu_0 I}{2\pi}\ln(2)v$$

e) Aplicamos la ley de Lenz para obtener el sentido de la corriente inducida: al mover el lado superior *z* aumenta, y el flujo saliente total, que es proporcional a *z*, aumentará también. La corriente se opondrá a esta variación creando un campo en sentido contrario al total. Aplicando la regla de la mano derecha a la espira, el sentido de la corriente inducida es el de las agujas del reloj (horario). Su valor es:

$$i = \frac{\varepsilon_i}{R} = \frac{\mu_0 I}{2\pi R}\ln(2)v$$

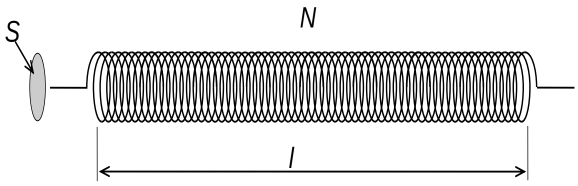
f) El coeficiente de inducción mutua entre la espira y el hilo 2, es la relación entre $\emptyset_2$ *e* I_2:

$$M = \frac{\emptyset_2}{I_2} = \frac{\frac{\mu_0 2Iz}{2\pi}\ln 2}{2I} = \frac{\mu_0 z}{2\pi}\ln 2$$

2. Un solenoide formado por 20000 espiras tiene una sección 5 cm^2 y una longitud de 10 cm. Si el solenoide es recorrido por una corriente de 1 A, calcula:
a) El campo magnético en su interior, admitiendo que es uniforme dentro del solenoide.
b) El flujo magnético que atraviesa el solenoide.
c) Su coeficiente de autoinducción.

1,5 puntos

a) $B = \frac{\mu_0 NI}{l} = \frac{4\pi\times10^{-7}\times20.000\times1}{0,1} = 0,25\ T$ (0,5 puntos)



b) $\Phi = N\int_S BdS = NB\int_S dS = NBS$

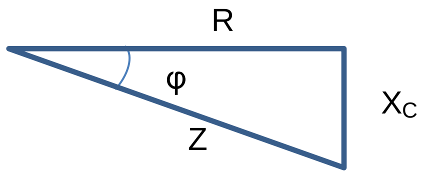
$\emptyset = NBS = 20.000 \times 0,25 \times 5 \times 10^{-4}$= 2,5 W (0,5 puntos)

c) $L = \frac{\emptyset}{I} = \frac{2,5}{1} = 2,5\ H$ (0,5 puntos)

3. Por un circuito compuesto por dos elementos puros en serie alimentados por una fuente de tensión $u(t) = 40\cos(1000t - 20°)\ V$, circula una intensidad de corriente $i(t) = 2\cos(1000t + 10°)\ A$.
a) Determina los mencionados elementos y dibuja el triángulo de impedancias.
b) Determina la tensión en bornes de dichos elementos.

2 puntos

a) Fijándonos en el desfase tensión- intensidad $\varphi = \varphi_u - \varphi_i = -20° - 10° = -30°$ deducimos que se trata de una resistencia y un condensador, al ser el desfase negativo.
Del triángulo de impedancias también conocemos Z,



$$Z = \frac{U_m}{I_m} = \frac{40}{2} = 20\ \Omega$$
$$R = Z\cos\varphi = 20\cos 30° = 17,32\ \Omega$$
$$X_C = \frac{1}{C\omega} = Z\sin\varphi = 20\sin 30° = 10\ \Omega$$
$$C = \frac{1}{10\cdot1000} = 100\ \mu F$$

b) $u_R(t) = RI_m\cos(1000t + 10°) = 34,64\cos(1000t + 10°)\ V$ (0,5 puntos)

$u_c(t) = \frac{1}{C\omega}I_m\cos(1000t - 80°) = 20\cos(1000t - 80°)V$ (0,5 puntos)

4. Un semiconductor extrínseco tipo n está formado por Si dopado con 10^{20} átomos de Sb/m^3 (Sb es un donador de e^-). La concentración intrínseca del Si a 300 K es n_i=1,5·10^{16} m^{-3} y a 500 K n_i= 3,7 ·10^{20} m^{-3}
a) Calcular la concentración de electrones y huecos en dicho semiconductor a 300 K.
b) Calcular la concentración de electrones y huecos en dicho semiconductor a 500 K.
c) Razona si la carga eléctrica neta del semiconductor en ambos casos en es positiva, negativa, o neutra.
2 puntos

a) $n \cdot p = n_i^2 \Rightarrow n \cdot p = 1{,}5^2 \cdot 10^{32}$

(N_D) es muy grande comparado con la concentración intrínseca (n_i) (10^{20}>>>10^{16}) , entonces

$n \approx N_D = 10^{20}\ e^- / m^3$ $\qquad p = \frac{n_i^2}{n} = \frac{1{,}5^2 \cdot 10^{32}}{10^{20}} = 2{,}25 \cdot 10^{12}\ h / m^3$ (0,8 puntos)

b) En este caso debemos resolver el sistema de ecuaciones

$n \cdot p = n_i^2 \Rightarrow n \cdot p = \left(3{,}7 \cdot 10^{20}\right)^2$

$N_A + n = N_D + p$

$n = 10^{20} + p$, resultando,

$n = 4{,}2 \cdot 10^{20}\ e^- / m^3$

$p = 3{,}2 \cdot 10^{20}\ e^- / m^3$ (0,8 puntos)

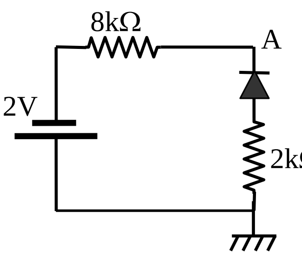
c) Neutra (ley de neutralidad eléctrica) (0,4 puntos)

5. Dado el circuito de la figura, suponiendo una tensión de codo para el diodo de 0,6 V y resistencia 5 Ω, calcula:

a) La corriente que circula por el circuito, utilizando las tres aproximaciones del diodo.

b) La tensión del punto A.

1,5 puntos



El sentido de la corriente será antihorario y su valor dependerá de la aproximación utilizada:

1ª aproximación: Diodo ideal.Tensión umbral y resistencia del diodo nulas.

$$i = \frac{2}{10} = 0{,}2\ mA$$

2ª aproximación: $V_u = 0{,}6\,V \quad r = 0$

$$i = \frac{2 - 0{,}6}{10} = 0{,}14\ mA$$

3ª aproximación: $V_u = 0{,}6\,V \quad r = 5\,\Omega$

$$i = \frac{2 - 0{,}6}{10 + 0{,}005} = 0{,}1399\,mA$$ (1 punto)

El potencial del punto A calculado en el sentido de la corriente, utilizando la intensidad obtenida mediante la 2º aproximación, es:

$$V_A - V_T = I \sum R - \left(\sum \varepsilon\right) = 8 \cdot 0{,}14 - 2 = -0{,}88\,V$$

Si lo hubiéramos calculado en sentido contrario por supuesto obtenemos el mismo resultado:

$$V_A - V_T = I \sum R - \left(\sum \varepsilon\right) = -2 \cdot 0{,}14 - 0{,}6 = -0{,}88\,V$$ (0,5 puntos)

Formulario

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0 I}{4\pi}\frac{d\vec{\ell}\times\vec{r}}{r^3} \qquad B = \frac{\mu_0 I}{2\pi x} \qquad B = \frac{\mu_0 NI}{l} \qquad \Phi = \int_S \vec{B}\cdot d\vec{S}$$

$$|\varepsilon| = \frac{d\phi}{dt} \qquad \phi = L\cdot I \qquad \phi = M\cdot I \qquad W_L = \frac{1}{2}L\cdot I^2 \qquad \mu_0 = 4\pi 10^{-7}\,(\text{S.I.unidades})$$

$$\varphi = \varphi_u - \varphi_i \qquad X_L = L\omega \qquad X_C = \frac{1}{C\omega} \qquad tg\varphi = \frac{L\omega - 1/C\omega}{R} \qquad Z = \frac{U_m}{I_m} = \sqrt{R^2 + (L\omega - 1/C\omega)^2}$$

$$n\cdot p = n_i^2 \qquad N_A + n = N_D + p$$