



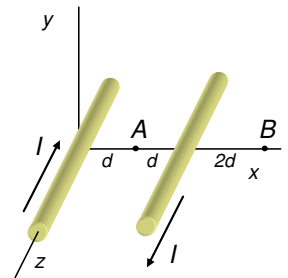
- 1.** (1,5 points) A coil is made with **500** turns, **20 cm** length and radius **5 cm**. It's flowed by a current **I=5 A**. By assuming that magnetic field is uniform inside the coil, compute:
- Magnetic field at a point of its axis.
  - Magnetic flux through the coil.
  - Self-inductance coefficient of coil.

- 1.** (1,5 puntos) Un solenoide tiene **500** espiras, **20 cm** de longitud, y **5 cm** de radio. Está recorrido por una corriente **I=5 A**. Admitiendo que el campo magnético es uniforme en su interior, calcula:
- El campo magnético en un punto de su eje.
  - El flujo magnético que lo atraviesa.
  - Su coeficiente de autoinducción.

- a) By considering the magnetic field uniform inside the coil  $B = \mu_0 \frac{500}{20 \cdot 10^{-2}} 5 = 12,5 \mu_0 10^3 = 5\pi 10^{-3} T$
- b)  $\phi = BNS = 12,5 \mu_0 10^3 500 \pi (5 \cdot 10^{-2})^2 = 15,625 \mu_0 \pi 10^3 = 6,25 \pi^2 10^{-3} Wb$
- c)  $L = \frac{\phi}{I} = \frac{15,625 \mu_0 \pi 10^3}{5} = 3,125 \mu_0 \pi 10^3 = 1,25 \pi^2 10^{-3} H$

- 2.** (2 points) Let's have two parallel and infinite conductors, placed at a distance **2d** each other, with two currents **I** having opposite directions. Compute the magnetic field produced by both conductors
- at point **A(d,0,0)**
  - at point **B(4d,0,0)**
  - at point **A** if both currents would change their directions.

- 2.** (2 puntos) Sean dos conductores paralelos indefinidos, separados una distancia **2d**, y con dos corrientes **I** de sentidos contrarios. Calcula el campo magnético producido por ambos conductores
- en el punto **A(d,0,0)**
  - en el punto **B(4d,0,0)**
  - en el punto **A** si las dos corrientes cambiaran sus sentidos.

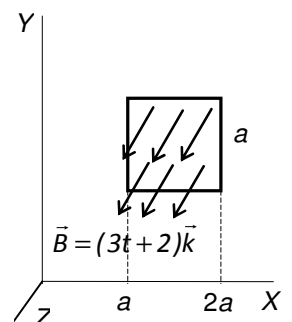


At any point, the magnetic field will be the vector addition of magnetic field produced by each conductor.

- a)  $\vec{B}_A = -\frac{\mu_0 I}{2\pi d} \vec{j} - \frac{\mu_0 I}{2\pi d} \vec{j} = -\frac{\mu_0 I}{\pi d} \vec{j}$
- b)  $\vec{B}_B = -\frac{\mu_0 I}{2\pi 4d} \vec{j} + \frac{\mu_0 I}{2\pi 2d} \vec{j} = \frac{\mu_0 I}{8\pi d} \vec{j}$
- c) If both currents would change their directions, both magnetic fields at point A would be opposite to those we have got on first paragraph:  $\vec{B}'_A = \frac{\mu_0 I}{2\pi d} \vec{j} + \frac{\mu_0 I}{2\pi d} \vec{j} = \frac{\mu_0 I}{\pi d} \vec{j}$

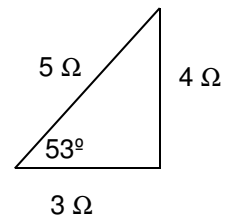
- 3.** (2,5 points) A squared loop with side **a** and resistance **R** is placed inside a uniform magnetic field varying on time according  $\vec{B} = (3t+2)\vec{k}$  T being **t** the time (in seconds). For any time **t**, compute:
- Flux of magnetic field through the loop as a function of time **t**.
  - The induced electromotive force on loop.
  - The induced current on loop, giving clearly and reasoning its direction.

- 3.** (2,5 puntos) Una espira cuadrada de lado **a** y resistencia **R** se encuentra en el interior de un campo magnético uniforme que varía con el tiempo según la expresión  $\vec{B} = (3t+2)\vec{k}$  T siendo **t** el tiempo en segundos. Para un instante de tiempo **t** cualquiera, calcula:
- Flujo del campo magnético a través de la espira en función del tiempo.
  - La fuerza electromotriz inducida en la espira.
  - La corriente inducida en la espira, indicando clara y razonadamente su



d) On time $t=2$ s, compute the magnetic force acting on upper side of loop.	sentido. d) En el instante $t=2$ s, calcula la fuerza magnética que actúa sobre el lado superior de la espira.	
<p>a) <math>\Phi = \int_s \vec{B} \cdot d\vec{S} = \int_s B \cdot dS = B \int_s dS = BS = (3t+2)a^2</math></p> <p>b) <math> \mathcal{E}  = \left  \frac{d\phi}{dt} \right  = \frac{d((3t+2)a^2)}{dt} = 3a^2</math></p> <p>c) <math>i = \frac{\mathcal{E}}{R} = \frac{3a^2}{R}</math></p> <p>As the flux exiting from paper is increasing on time, the induced current should produce a flux entering on paper. It can be got if induced current is clockwise.</p> <p>d) On time <math>t=2</math> s, <math>\vec{B} = (3 \cdot 2 + 2)\vec{k} = 8\vec{k}</math> T. So, force acting on upper side of loop at this time is:</p> $\vec{F}(t=2) = i(\vec{L} \times \vec{B}) = \frac{3a^2}{R} (a\vec{i} \times 8\vec{k}) = -\frac{24a^3}{R} \vec{j}$		

<p><b>4.</b> (2 points) A RLC series dipole is made up by a resistor <math>3 \Omega</math> sized and a <math>2</math> mH sized inductor. Voltage on terminals of dipole is <math>u(t)=100\cos(2000t)</math> V. Compute:</p> <p>a) Impedance and phase lag angle of dipole, drawing its impedance triangle.</p> <p>b) Instantaneous intensity flowing along the dipole.</p> <p>c) Instantaneous voltages on terminals of resistor and inductor.</p>	<p><b>4.</b> (2 puntos) Un dipolo RLC serie está formado por una resistencia de <math>3 \Omega</math> en serie con una autoinducción de <math>2</math> mH. La tensión en el dipolo es <math>u(t)=100\cos(2000t)</math> V. Calcula:</p> <p>a) La impedancia y el ángulo de desfase del dipolo, dibujando su triángulo de impedancias.</p> <p>b) La intensidad instantánea que recorre el circuito.</p> <p>c) Las tensiones instantáneas en terminales de resistencia y autoinducción.</p>
<p>a) <math>X_L = L\omega = 2 \cdot 10^{-3} \cdot 2000 = 4 \Omega</math>    <math>Z = \sqrt{R^2 + (L\omega - 1/c\omega)^2} = \sqrt{3^2 + 4^2} = 5 \Omega</math></p> $\text{tg } \varphi = \frac{L\omega}{R} = \frac{4}{3} \Rightarrow \varphi \approx 53^\circ$ <p>b) <math>I_m = \frac{U_m}{Z} = \frac{100}{5} = 20</math> A    <math>i(t) = 20 \cdot \cos(2000t - 53^\circ)</math> A</p> <p>c) <math>U_{mR} = I_m R = 20 \cdot 3 = 60</math> V</p> <p>On a resistor <math>\varphi = \varphi_u - \varphi_i = 0^\circ</math> and then <math>u_R(t) = 60 \cdot \cos(2000t - 53^\circ)</math> V</p> <p><math>U_{mL} = I_m X_L = 20 \cdot 4 = 80</math> V</p> <p>On an inductor <math>\varphi = 90^\circ</math> and then <math>u_L(t) = 80 \cdot \cos(2000t + 37^\circ)</math> V</p>	



<p><b>5.</b> (2 points) An <b>extrinsic n type</b> semiconductor is made up by silicon doped with <math>4 \cdot 10^{20}</math> atoms of arsenic/cm<sup>3</sup> (donor). If the intrinsic carrier density of silicon at 300 K is <math>n_i = 1,5 \cdot 10^{16}</math> cm<sup>-3</sup>:</p> <p>a) ¿Which is the density of free electrons (n) and holes (p) in this semiconductor at 300 K?</p> <p>b) ¿Which would be the density of free electrons (n) and holes (p) at 300 K if the semiconductor wasn't doped?</p>	<p><b>5.</b> (2 puntos) Un semiconductor <b>extrínseco tipo n</b> está formado por silicio con un dopado de <math>4 \cdot 10^{20}</math> átomos de arsénico/cm<sup>3</sup> (donador). Si la concentración intrínseca del silicio a 300 K es <math>n_i = 1,5 \cdot 10^{16}</math> cm<sup>-3</sup>:</p> <p>a) ¿Cuál es la concentración de electrones libres (n) y huecos (p) en este semiconductor a 300 K?</p> <p>b) ¿Cuál sería la concentración de electrones libres y huecos a 300 K si el semiconductor no estuviera dopado?</p>
<p>a) As semiconductor is doped with a density of donor atoms around <math>10^4</math> times the intrinsic carrier density, we can suppose that the density of free electrons equals the donor density:</p> $n \approx N_D = 4 \cdot 10^{20} \text{ e/cm}^3 \quad \text{And according mass action law} \quad p = \frac{n_i^2}{n} = \frac{(1,5 \cdot 10^{16})^2}{4 \cdot 10^{20}} = 0,56 \cdot 10^{12} \text{ holes/cm}^3$ <p>b) If semiconductor wasn't doped, the density of electrons and holes at 300 K would be the intrinsic carrier density: <math>n = p = 1,5 \cdot 10^{16}</math> carrier/cm<sup>3</sup></p>	