## Ejercicio 1

[a] Escribe la ecuación de la elongación de un movimiento vibratorio armónico simple y comenta el significado físico de las magnitudes que aparecen en dicha ecuación *(1 punto)*.

Una partícula realiza un movimiento armónico simple de 10 cm de amplitud y tarda 2 s en efectuar una oscilación completa. Si en el instante t = 0 se encuentra en el punto de velocidad cero y elongación positiva, calcula:

[b] La expresión matemática que representa la elongación en función del tiempo. *(0,5 puntos)*

[c] La velocidad y la aceleración de oscilación en el instante t = 0,5 s. *(1 punto)*

*NOTA: Considera que los desplazamientos respecto a la posición de equilibrio son positivos cuando el muelle está estirado.*

## Respuesta

[a] Consulta el libro de Física.

[b] Vamos buscando una expresión del tipo: $x(t) = A \cdot sen(\omega t + \phi_o)$, donde A, $\omega$ y $\phi_o$son las constantes que hay que calcular a partir de los datos del enunciado. Sabemos que: $A = 0,1(m)$; $T = 2(s)$ y $\omega = \frac{2\pi}{2} = \pi(\frac{rad}{s})$. Además, en el instante inicial la partícula se encuentra en x = A (punto de velocidad cero), por lo que $A = A\ sen\phi_o$; $sen\phi_o = 1$; $\phi_o = \frac{\pi}{2}(rad)$. En consecuencia, la expresión de la elongación en función del tiempo es $x(t) = 0,1\ sen\ (\pi t + \frac{\pi}{2})(m)$.

La ecuación de la velocidad se obtiene derivando esta expresión con respecto al tiempo: $v(t) = \frac{dx}{dt} = 0,1 \cdot \pi\ \cos\ (\pi t + \frac{\pi}{2})(\frac{m}{s})$. Derivando nuevamente con respecto al tiempo se consigue la ecuación de la aceleración: $a(t) = -0,1 \cdot \pi^2\ sen\ (\pi t + \frac{\pi}{2})\left(\frac{m}{s^2}\right)$.

Puede comprobarse ahora, a partir de la expresión de la velocidad, que en el instante inicial la velocidad es cero.

[c]

Para t = 0,5 s, estas funciones adquieren los valores:

$$x(0,5) = 0,1sen(\pi) = 0(m)$$
$$v(0,5) = 0,1\pi\cos(\pi) = -0,1\pi\left(\frac{m}{s}\right)$$
$$a(0,5) = -0,1\pi^2 sen(\pi) = 0\left(\frac{m}{s^2}\right)$$

Estos resultados son coherentes con el hecho de que dicho instante corresponde a un cuarto de periodo (T/4 = 0,5 s) y la partícula se encuentra en el origen de coordenadas moviéndose hacia la izquierda.

## Ejercicio 2

[a] Un tubo de longitud L = 34 cm tiene uno de los extremos abierto a la atmósfera y el otro extremo cerrado. Calcula la menor frecuencia de excitación sonora para la que se formará una onda estacionaria en el interior del tubo. *(1,25 puntos)*

[b] ¿Cuál sería su frecuencia si suponemos ahora que el tubo tiene sus dos extremos abiertos a la atmósfera? *(1,25 puntos)*

*Dato: Velocidad de propagación del sonido en el aire v = 340 m/s.*

## Respuesta

[a] Para un tubo cerrado por un extremo la menor frecuencia, que coincide con la frecuencia fundamental, es $f_1 = \frac{v}{4L} = \frac{340(m/s)}{4 \cdot 0{,}34(m)} = 250(Hz)$.

[b] Las frecuencias de las ondas estacionarias en un tubo de longitud L abierto por los dos extremos están dadas por $f_n = \frac{nv_s}{2L}$ $(n = 1, 2, 3, ...)$. La frecuencia menor es, entonces, $f_1 = \frac{340}{2 \cdot 0{,}34} = 500(Hz)$.

## 𝒞𝓈 Ejercicio 3

Un satélite artificial de masa m = 800 kg describe una órbita circular en torno a la Tierra a una altura h = 400 km sobre su superficie.

[a] Calcula el módulo del momento angular del satélite respecto al centro de la Tierra. Si la órbita está en el plano ecuatorial, ¿qué dirección tiene el vector momento angular $\vec{L}$. ¿Es $\vec{L}$ un vector constante? ¿Por qué? *(1,5 puntos)*

[b] Determina la cantidad de energía que será necesario suministrarle para que pase a estar en una nueva órbita con una altura h = 800 km. *(1 punto)*

*DATOS: G = 6,67·10$^{-11}$ Nm²kg$^{-2}$; $M_{Tierra}$ = 5,97·10$^{24}$ kg; $R_{tierra}$ = 6371 km.*

## Respuesta

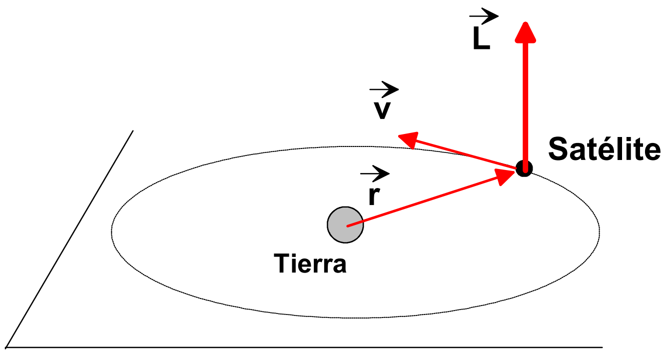
[a] En primer lugar, se calcula la rapidez del satélite en su órbita circular. El radio de la órbita del satélite es: $r = R_T + h = 6{,}37 \cdot 10^6 + 0{,}4 \cdot 10^6 = 6{,}77 \cdot 10^6(m)$. La fuerza gravitatoria sobre el mismo se comporta como fuerza centrípeta, por lo que $G\frac{M_T m}{r^2} = m\frac{v^2}{r}$, de donde se deduce que $v^2 = \frac{GM_T}{r}$; $v = \sqrt{\frac{GM_T}{r}} = \sqrt{\frac{6{,}67 \cdot 10^{-11} \cdot 5{,}97 \cdot 10^{24}}{6{,}771 \cdot 10^6}} = 7{,}67 \cdot 10^3(\frac{m}{s})$.

El módulo del momento angular se calcula entonces mediante:

$L = rmv = 6{,}771 \cdot 10^6(m) \cdot 800(kg) \cdot 7{,}67 \cdot 10^3(\frac{m}{s}) = 4{,}15 \cdot 10^{13}\left(\frac{kg \cdot m^2}{s}\right)$.

La dirección del momento angular es perpendicular al plano de la órbita, esto es, perpendicular al plano ecuatorial. Se trata de un vector constante, ya que el momento angular del satélite respecto al centro de la Tierra se conserva.

La conservación del momento angular es debido a que el momento de la fuerza gravitatoria (fuerza central) sobre el satélite, respecto al centro de la Tierra, es cero. El sentido del momento angular se muestra en la siguiente figura.



[b] La energía necesaria que hay que suministrar al satélite es la diferencia entre las energías mecánicas final e inicial: $\Delta E = E_{m,\,final} - E_{m,\,inicial}$.
Por otro lado, la energía mecánica de un objeto de masa $m$ que describe una órbita circular de radio $r$ en torno a la Tierra está dada por: $E_m = -\frac{GM_Tm}{2r}$; en consecuencia,

$$\Delta E = -\frac{GM_Tm}{2r_f} + \frac{GM_Tm}{2r_i} = GM_Tm\left(-\frac{1}{2r_f} + \frac{1}{2r_i}\right)$$

Como $r_i = R_T + h_i = 6,371 \cdot 10^6 + 0,4 \cdot 10^6 = 6,771 \cdot 10^6(m)$ y
$r_f = R_T + h_f = 6,371 \cdot 10^6 + 0,8 \cdot 10^6 = 7,171 \cdot 10^6(m)$ queda finalmente:

$$\Delta E = 6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 5,97 \cdot 10^{24} \cdot 800\left(\frac{-1}{2\cdot 7,171\cdot 10^6} + \frac{1}{2\cdot 6,771\cdot 10^6}\right) = 1,31 \cdot 10^9(J)$$

## Ejercicio 4

[a] Explica el concepto de energía potencial gravitatoria. ¿Qué energía potencial gravitatoria tiene una partícula de masa m situada a una distancia r de otra de masa M? *(1 punto)*
[b] El nano satélite Lume-1, desarrollado en la Universidad de Vigo, de masa m = 2,1 kg, describe una órbita en torno a la Tierra a una altura h = 481,44 km sobre su superficie. Si suponemos que la órbita es circular, calcula su rapidez y su periodo. *(1,5 puntos)*

*DATOS: G = 6,67·10$^{-11}$ Nm²kg$^{-2}$; M$_{Tierra}$ = 5,97·10$^{24}$ kg; R$_{tierra}$ = 6371 km.*

## Respuesta

[a] Consulta el libro de Física.

[b] En primer lugar, se calcula la rapidez del satélite en su órbita circular. El radio de la órbita del satélite es: $r = R_T + h = 6,371 \cdot 10^6 + 0,48144 \cdot 10^6 = 6,85244 \cdot 10^6(m)$. La fuerza gravitatoria sobre el mismo se comporta como fuerza centrípeta, por lo que $G\frac{M_Tm}{r^2} = m\frac{v^2}{r}$, de donde se deduce que $v^2 = \frac{GM_T}{r}$; $v = \sqrt{\frac{GM_T}{r}} = \sqrt{\frac{6,67\cdot 10^{-11}\cdot 5,97\cdot 10^{24}}{6,85244\cdot 10^6}} = 7,62 \cdot 10^3(\frac{m}{s})$.
La forma más sencilla de calcular el periodo es mediante $T = \frac{2\pi r}{v} = \frac{2\cdot\pi\cdot 6,85244\cdot 10^6}{7,62\cdot 10^3} = 5,65 \cdot 10^3(s)$.

## Ejercicio 5

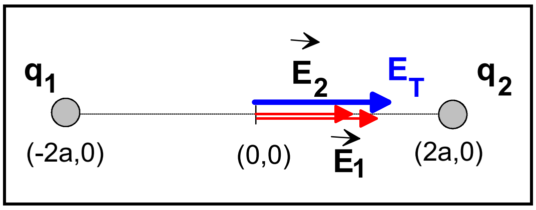
[a] ¿Qué potencial electrostático crea una carga puntual q en cualquier punto de su entorno? Explica el significado físico del potencial. *(1 punto)*
[b] Dos partículas puntuales de cargas $q_1 = 30\,\mu C$ y $q_2 = -20\,\mu C$ están situadas respectivamente en los puntos de coordenadas (-2a,0) y (2a,0) con a = 10 cm. Determina el vector campo electrostático (módulo, dirección y sentido) en el punto (0,0). *(0,75 puntos)*
[c] ¿Qué trabajo realiza el campo para, en presencia de las cargas citadas, trasladar una carga puntual $q = 0,2\,\mu C$ desde el punto (0,0) al punto (a,0)? *(0,75 puntos)*

*DATOS: K = 9.10$^9$ N·m²·C$^{-2}$, $1\mu C = 10^{-6}C$*

## Respuesta

[a] Consulta el libro de Física.

[b] Se dibuja, en primer lugar, los vectores intensidad del campo eléctrico debidos a cada una de las cargas: $\vec{E}_1$ y $\vec{E}_2$.



En segundo lugar, se calcula los módulos de dichos vectores:
$E_1 = 9 \cdot 10^9 \frac{30 \cdot 10^{-6}}{4 \cdot 10^{-2}} = 6,75 \cdot 10^6 (\frac{N}{C})$; $E_2 = 9 \cdot 10^9 \frac{20 \cdot 10^{-6}}{4 \cdot 10^{-2}} = 4,5 \cdot 10^6 (\frac{N}{C})$.
Por el principio de superposición, la intensidad del campo eléctrico resultante es la suma vectorial de las dos intensidades anteriores. Por lo tanto, el módulo de la intensidad del campo eléctrico resultante en el punto (0,0) es: $E_T = 1,125 \cdot 10^7 (\frac{N}{C})$, su dirección es la recta que une las cargas y su sentido hacia la carga $q_2$. (Los vectores se han dibujado separados para mayor claridad).

[c] El trabajo realizado por el campo es igual a la disminución de la energía potencial eléctrica, es decir, $W_{(0,0)\to(a,0)} = -\Delta U = -[U_{(a,0)} - U_{(0,0)}] = -q[V_{(a,0)} - V_{(0,0)}]$;

$$\left.\begin{array}{l} V_{(a,0)} = 9 \cdot 10^9 \left(\frac{30 \cdot 10^{-6}}{0,3} + \frac{-20 \cdot 10^{-6}}{0,1}\right) = 9 \cdot 10^9 (1 \cdot 10^{-4} - 2 \cdot 10^{-4}) = -9 \cdot 10^5 (V) \\ V_{(0,0)} = 9 \cdot 10^9 \left(\frac{30 \cdot 10^{-6}}{0,2} + \frac{-20 \cdot 10^{-6}}{0,2}\right) = 9 \cdot 10^9 (1,5 \cdot 10^{-4} - 1 \cdot 10^{-4}) = 4,5 \cdot 10^5 (V) \end{array}\right\} \text{por lo que}$$

$W_{(0,0)\to(a,0)} = -0,2 \cdot 10^{-6} (-9 \cdot 10^5 - 4,5 \cdot 10^5) = 0,27 (J)$. El trabajo es positivo, lo que confirma que ha sido realizado por las fuerzas del campo. Además, vemos que la carga se ha movido espontáneamente en el sentido de los potenciales decrecientes.

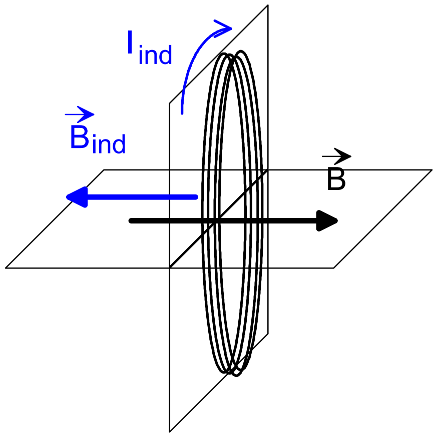
## Ejercicio 6

[a] Enuncia y explica las leyes de Faraday y Lenz sobre inducción electromagnética. *(1 punto)*

Disponemos de una bobina circular de N = 200 espiras y radio R = 0,2 m. Atraviesa dicha bobina un campo magnético de intensidad B = 0,25 T paralelo a su eje, tal como se muestra en la figura.

[b] Calcula la fuerza electromotriz (fem) inducida en los extremos de la bobina cuando, durante un intervalo de tiempo $\Delta t = 100 (ms)$ y de forma lineal, se duplica la intensidad del campo magnético. Indica en el esquema de la figura el sentido de la corriente inducida y justifica tu respuesta. *(1 punto)*

[c] ¿Cuánto valdrá dicha fem si en el mismo intervalo $\Delta t$ invertimos el sentido del campo? *(0,5 puntos)*




# Respuesta

[a] Consulta el libro de Física.

[b] El flujo magnético que atraviesa la bobina es variable, ya que la intensidad del campo magnético se duplica; en consecuencia, se generará en la bobina una fem inducida dada por: $\varepsilon = \left| \frac{\Delta \phi_B}{\Delta t} \right|$, siendo $\Delta \phi_B$ la variación del flujo magnético.
Si asociamos a la superficie de la cada espira un vector paralelo a la intensidad del campo magnético, tendremos que $\Delta \phi_B = N \cdot \Delta B \cdot S = N \cdot \Delta B \cdot \pi R^2$, donde N es el número de espiras de la bobina. El valor medio de la f.e.m. inducida es, entonces, $\varepsilon = \left| \frac{200 \cdot 0,25 \cdot \pi 0,2^2}{0,1} \right| = 62,8 (V)$.

El flujo magnético a través de la bobina está aumentando, por hacerlo la intensidad del campo magnético; el sistema reacciona contra este aumento creando su propio campo magnético, antiparalelo al campo magnético exterior, para compensar ese aumento. La figura muestra el campo magnético inducido y el correspondiente sentido de la corriente inducida.

[c] El valor de la fem no se modifica, ya que no cambia la variación del flujo magnético que atraviesa la bobina. Lo que sí se modifica es el sentido de la corriente inducida que será el contrario al mostrado en la figura.

## ☙ Ejercicio 7

[a] Explica en qué consiste el efecto fotoeléctrico. ¿Qué es la frecuencia umbral? *(1 punto)*
[b] La energía de extracción de electrones (función de trabajo) del cobre es 4,7 eV. Calcula la frecuencia umbral para el efecto fotoeléctrico en este metal. Si se ilumina con luz de 240 nm de longitud de onda, ¿cuál será el potencial de frenado de los electrones arrancados? *(1,5 puntos)*

*DATOS: Constante de Planck h = 6,63·10$^{-34}$ J·s; carga del electrón e = 1,60·10$^{-19}$ C; 1 eV = 1,60·10$^{-19}$ J; velocidad de la luz en el vacío c = 3,00·10$^{8}$ m/s; 1 nm = 10$^{-9}$ m.*

### Respuesta

[a] Consulta el libro de Física.

[b] Sabemos que la energía de extracción está relacionada con la frecuencia umbral mediante la expresión: $\phi_o = hf_o$; por lo que la frecuencia umbral es: $f_o = \frac{\phi_o}{h}$. Por otro lado, como 1 eV = 1,60·10$^{-19}$ J, $\phi_o = 4,7(eV)\cdot\frac{1,60\cdot10^{-19}(J)}{1(eV)} = 7,52\cdot10^{-19}(J)$; la frecuencia umbral es, entonces, $f_o = \frac{\phi_o}{h} = \frac{7,52\cdot10^{-19}(J)}{6,63\cdot10^{-34}(J.s)} = 1,13\cdot10^{15}(Hz)$.

El potencial de frenado está ligado con la frecuencia de la luz incidente y con la energía de extracción mediante la relación: $|e|V_o = hf - \phi_o$. La frecuencia de la luz es: $f = \frac{3\cdot10^{8}(m/s)}{2,4\cdot10^{-7}(m)} = 1,25\cdot10^{15}(Hz)$. Se comprueba que este valor es mayor que la frecuencia umbral, como tiene que ser. Sustituyendo los valores numéricos, queda:

$$1,6\cdot10^{-19}(C)V_o = 6,63\cdot10^{-34}(J.s)\cdot1,25\cdot10^{15}(Hz) - 7,52\cdot10^{-19}(J) = 0,77\cdot10^{-19}(J)$$

$$V_o = \frac{0,77\cdot10^{-19}(J)}{1,6\cdot10^{-19}(C)} = 0,48(V).$$

## ☙ Ejercicio 8

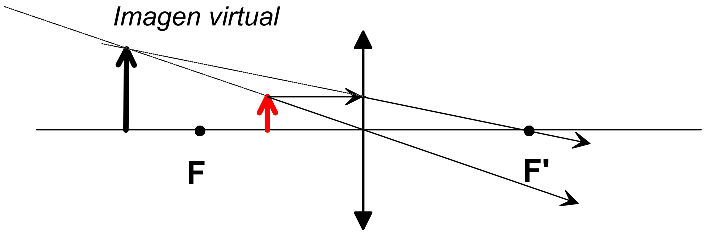
[a] Características de las lentes convergente y divergentes. Mediante una interpretación gráfica indica en qué posición debe colocarse un objeto delante de una lente convergente paara producir una imagen virtual. *(1 punto)*

Se desea proyectar sobre una pantalla la imagen de una diapositiva empleando una lente delgada convergente de focal f′ = 5 cm de forma que la imagen se proyecte invertida y con un tamaño 30 veces mayor que el de la diapositiva.
[b] Calcula las distancias diapositiva-lente y lente-pantalla. *(1 punto)*
[c] Dibuja un trazado de rayos que explique gráficamente este proceso de formación de la imagen. *(0,5 puntos)*

### Respuesta

[a] Consulta un libro de Física.
Después de varios intentos se comprueba que el objeto se debe situar entre la lente y el foco para lograr una imagen virtual, derecha y mayor.

Cuanto más cerca esté del foco, mayor será la imagen obtenida.




[b] Para proyectar una diapositiva se necesita una lente convergente. La ecuación fundamental de las lentes delgadas es: $\frac{1}{s'} - \frac{1}{s} = \frac{1}{f'}$. Por otro lado, respecto al tamaño de la imagen se cumple que: $\frac{y'}{y} = \frac{s'}{s} = -30$ pues la imagen es invertida; $s' = -30s$. Sustituyendo este valor en la ecuación fundamental se llega a: $-\frac{1}{30s} - \frac{1}{s} = \frac{1}{5}$; $-\frac{31}{30s} = \frac{1}{5}$; $s = -\frac{155}{30} = -5,2(cm)$, por lo que la distancia diapositiva-lente es 5,2 (cm). La distancia lente-pantalla es s' = (-30)·(-5,2) = 156 cm.

[c] El trazado de rayos se muestra a continuación: