OPCIÓN DE EXAMEN Nº 2

1. Una fuente sonora isótropa produce un nivel de intensidad sonora de 60 dB a 1 m de distancia. Si el umbral de percepción de intensidad $I = 10^{-12}$ W/m^2. Calcular:

a) [1 PUNTO] La intensidad del sonido de la fuente en ese punto.

b) [1 PUNTO] La potencia emitida por la fuente.

2. A 15 cm a la izquierda de una lente delgada convergente de distancia focal 10 cm se sitúa un cuerpo de 1 cm de altura.

a) [1 PUNTO] Determina la posición de la imagen mediante trazado de rayos.

b) [1 PUNTO] Determina numéricamente la posición, el tamaño y la naturaleza de la imagen.

3. El trabajo de extracción fotoeléctrico del sodio metálico es de 2.0 eV. Determinar:

a) [0,75 PUNTOS] La velocidad máxima con la que son emitidos los electrones, cuando se ilumina con luz de longitud de onda de 400 nm.

b) [0,75 PUNTOS] La frecuencia umbral para que sean emitidos los electrones de la superficie metálica.

c) [0,5 PUNTOS] Explica brevemente las dificultades de la física clásica para explicar el efecto fotoeléctrico.

Dato: 1eV=1,6.10^{-19} J

4. a) [1 PUNTO] ¿Cuál es la velocidad mínima que es preciso comunicar a un objeto de 1000 Kg situado a 1000 Km de altura sobre la superficie terrestre para que escape del campo gravitatorio? ¿En qué sentido?

b) [1 PUNTO] Obtén la energía total del cuerpo, cuando se encuentra en esa órbita y las diferentes contribuciones a esta.

5. Una espira rectangular de 4 cm^2 gira dentro de un campo magnético de 0.5 T dando lugar a una fuerza electromotriz sinusoidal.

a) [0,75 PUNTOS] Dar la expresión de la fuerza electromotriz en función de la frecuencia de rotación de la espira.

b) [0,75 PUNTOS] Si la fuerza electromotriz máxima es de 0.05 V ¿cuál es la frecuencia de rotación de la espira?

c) [0,5 PUNTOS] Enuncia la ley de Faraday.

CONSTANTES FÍSICAS			
Velocidad de la luz en el vacío	$c = 3.0\ 10^8$ m s^{-1}	Masa del protón	$m_{p+} = 1.7\ 10^{-27}$ kg
Constante de gravitación universal	$G = 6.7\ 10^{-11}$ N m^2 kg^{-2}	Masa del electrón	$m_{e-} = 9.1\ 10^{-31}$ kg
Constante de Coulomb	$k = 9.0\ 10^9$ N m^2 C^{-2}	Carga del protón	$q_{p+} = 1.6\ 10^{-19}$ C
Constante de Planck	$h = 6.6\ 10^{-34}$ J s	Carga del electrón	$q_{e-} = -1.6\ 10^{-19}$ C
Radio de la Tierra	$R_T = 6370$ km	Masa de la Tierra	$M_T = 5.97 \cdot 10^{24}$ kg

Nota: estas constantes se facilitan a título informativo.

1.- Una fuente sonora isótropa produce un nivel de intensidad sonora de 60 dB a 1 m de distancia. Si el umbral de percepción de intensidad es I = 10^{-12} W/m^2. Calcular:

a) **(1 p)** La intensidad del sonido de la fuente en ese punto.

De acuerdo a la Ley de Weber – Fechner, la sensación sonora o sonoridad, S, es proporcional a los logaritmos de las intensidades de los estímulos que las provocan:

$$S = 10\ .\ log\ \frac{I}{I_0} \quad \Rightarrow \quad 60 = 10\ .\ log\ \frac{I}{I_0} \quad \Rightarrow \quad 6 = log\ \frac{I}{I_0} \quad \Rightarrow \quad I = 10^6\ .\ I_0 = 10^6\ .\ 10^{-12} = 10^{-6}\ W/m^2$$

b) **(1 p)** La potencia emitida por la fuente.

Teniendo en cuenta que el sonido se propaga en frentes de onda esféricos:

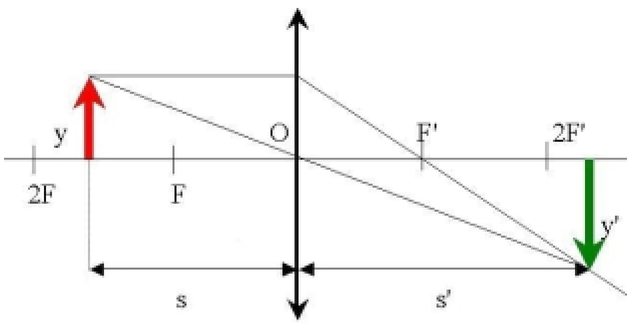
$$I = \frac{P}{S} \quad \Rightarrow \quad P = I\ .\ S = I\ .\ 4\pi r^2 = 10^{-6}\ .\ 4\pi\ .\ (1)^2 = 1,26.10^{-5}\ W$$

2.- A 15 cm a la izquierda de una lente delgada convergente de distancia focal 10 cm se sitúa un cuerpo de 1 cm de altura.

a) **(1 p)** Determina la posición de la imagen mediante trazado de rayos.

Para construir gráficamente las imágenes de una lente delgada es necesario dibujar al menos la trayectoria de dos rayos y hallar su intersección después de refractarse en la lente. Existen tres rayos cuyas trayectorias pueden ser trazadas fácilmente:

- **Un rayo paralelo al eje óptico una vez refractado pasa por el foco imagen F'.**
- **Un rayo que pase por el foco objeto F se refracta paralelo al eje óptico.**
- **Un rayo que pase por el centro geométrico de la lente (centro óptico) no se desvía.**



(El diagrama no está hecho a escala)

b) **(1 p)** Determina numéricamente la posición, el tamaño y la naturaleza de la imagen.

Aplicando la ecuación de las lentes delgadas:

$$\frac{1}{s'} - \frac{1}{s} = \frac{1}{f'} \quad \Rightarrow \quad \frac{1}{s'} - \frac{1}{-15} = \frac{1}{10} \quad \Rightarrow \quad s' = 30\ cm$$

La imagen es real ya que se forma detrás de la lente (distancia imagen positiva).

Aplicando la ecuación del aumento lateral:

$$M_L = \frac{y'}{y} = \frac{s'}{s} \quad \Rightarrow \quad y' = y \,.\, \left(\frac{s'}{s}\right) = 1 \,.\, \left(\frac{30}{-15}\right) = -2 \ cm$$

La imagen es invertida (objeto e imagen tienen distinto signo) y de mayor tamaño que el objeto.

3.- El trabajo de extracción fotoeléctrico del sodio metálico es de 2.0 eV. Determinar:

DATO: 1eV = $1{,}6.10^{-19}$ J

a) **(0,75 p)** La velocidad máxima con la que son emitidos los electrones, cuando se ilumina con luz de longitud de onda de 400 nm.

Si aplicamos la ecuación de Einstein del efecto fotoeléctrico:

$$E_{fotón\ inc.} = W_0 + \left(E_{c,máx}\right)_{electrón\ emitido} \quad \Rightarrow \quad E_{c,máx} = E_{fotón\ inc.} - W_0 = h \,.\, \frac{c}{\lambda} - W_0$$

$$E_{c,máx} = 6{,}6.10^{-34} \,.\, \frac{3.10^8}{400.10^{-9}} - (2 \,.\, 1{,}6.10^{-19}) = 1{,}75.10^{-19} \ J$$

$$E_{c,máx} = \frac{1}{2} \,.\, m \,.\, v_{máx}^2 \quad \Rightarrow \quad v_{máx} = \sqrt{\frac{2 \,.\, E_{c,máx}}{m}} = \sqrt{\frac{2 \,.\, 1{,}75.10^{-19}}{9{,}1.10^{-31}}} = 6{,}2.10^5 \ m/s$$

b) **(0,75 p)** La frecuencia umbral para que sean emitidos los electrones de la superficie metálica.

En el efecto fotoeléctrico, para cada metal existe una frecuencia luminosa umbral, f_0, por debajo de la cual no se produce la emisión fotoeléctrica, sea cual sea la intensidad de la luz o radiación incidente. Esta frecuencia umbral se corresponde con la de un fotón cuya energía es igual al trabajo de extracción de dicho metal.

$$W_0 = h \,.\, f_0 \quad \Rightarrow \quad f_0 = \frac{W_0}{h} = \frac{2 \,.\, 1{,}6.10^{-19}}{6{,}6.10^{-34}} = 4{,}85.10^{14} \ Hz$$

c) **(0,5 p)** Explica brevemente las dificultades de la física clásica para explicar el efecto fotoeléctrico.

Las siguientes observaciones experimentales acerca del efecto fotoeléctrico no son explicables mediante la teoría ondulatoria de la luz, en la que se supone que la energía llega a la superficie del metal de forma continua:

- **La energía de los electrones emitidos es independiente de la intensidad de la luz incidente. Sin embargo, en la teoría ondulatoria la energía de la luz depende de la intensidad de la misma y, por tanto, la energía de los electrones emitidos debería aumentar con la intensidad de la luz.**
- **Los electrones se emiten de forma instantánea a la llegada de la luz. Sin embargo según la teoría ondulatoria de la luz, si la energía de la luz incidente llegase de manera continua y se repartiese uniformemente entre los átomos de la superficie del metal, éstos tardarían mucho tiempo en tener la energía suficiente para abandonar la superficie.**
- **La energía cinética máxima de los electrones emitidos depende de la frecuencia de la radiación incidente. Por debajo de una frecuencia, f_0, llamada frecuencia umbral, propia de cada metal, no existe emisión electrónica. Sin embargo, según la teoría ondulatoria, cualquier radiación incidente, con el tiempo, llegaría a acumular energía suficiente para extraer electrones de los átomos de la superficie.**

4.-

a) **(1 p)** ¿Cuál es la velocidad mínima que es preciso comunicar a un objeto de 1000 kg situado a 1000 km de altura la superficie terrestre para que escape del campo gravitatorio? ¿En qué sentido?

La velocidad de escape es la velocidad mínima que debemos suministrar a un cuerpo situado dentro de un campo gravitatorio para escapar de la influencia de éste.
La fuerza gravitatoria es una fuerza conservativa, de modo que la energía mecánica se conserva.
Para que un cuerpo lanzado desde un punto dentro de un campo gravitatorio pueda abandonar éste, el cuerpo debe llegar a un punto suficientemente alejado con energía potencial gravitatoria nula (ya que hemos tomado como referencia potencial 0 un punto suficientemente alejado, el infinito, donde la influencia gravitatoria puede considerarse nula) y con energía cinética nula. Cuando el cuerpo alcanza esta situación su energía mecánica es 0, de modo que aplicando el principio de conservación de la energía mecánica:

$$\frac{-G\,.\,M_T\,.\,m}{r}+\frac{1}{2}\,.\,m\,.\,v_e^2=0 \;\Rightarrow\; v_e=\sqrt{\frac{2\,.\,G\,.\,M_T}{r}}=\sqrt{\frac{2\,.\,6,7.10^{-11}\,.\,5,97.10^{24}}{7,37.10^{6}}}=10418,5\ m/s$$

La velocidad de escape no depende de la dirección del lanzamiento (salvo aquellas que harían que el objeto se estrellase sobre la superficie terrestre) ni de la masa del objeto, como hemos podido demostrar al hacer una deducción estrictamente energética.

b) **(1 p)** Obtén la energía total del cuerpo, cuando se encuentra en esa órbita y las diferentes contribuciones a esta.

Un cuerpo en órbita tiene energía potencial gravitatoria (que es función de la distancia al centro del objeto de masas del objeto alrededor del cual orbita) y energía cinética (que es función de la velocidad con la que el cuerpo está orbitando). La energía total de este cuerpo es la suma de estas dos energías y reciben el nombre de energía mecánica orbital o energía de enlace.

$$E_p=\frac{-G\,.\,M_T\,.\,m}{r}=\frac{-6,7.10^{-11}\,.\,5,97.10^{24}\,.\,1000}{7,37.10^{6}}=-5,4.10^{10}\ J$$

La fuerza gravitatoria de la Tierra actúa como fuerza centrípeta del movimiento del satélite.

$$G\,.\,\frac{M_T\,.\,m}{R^2}=m\,.\frac{v_O^2}{R}\;\Rightarrow\; v_O=\sqrt{\frac{G\,.\,M_T}{R}}$$

$$E_C=\frac{1}{2}\,.\,m\,.\,(v_O)^2=\frac{1}{2}\,.\,m\,.\left(\sqrt{\frac{G\,.\,M_T}{r}}\right)^2=\frac{G\,.\,M_T\,.\,m}{2r}=\frac{6,7.10^{-11}\,.\,5,97.10^{24}\,.\,1000}{2\,.\,7,37.10^{6}}=2,7.10^{10}\ J$$

$$E_m=E_c+E_p=-5,4.10^{10}+2,7.10^{10}=-2,7.10^{10}\ J$$

5.- Una espira rectangular de 4 cm^2 gira dentro de un campo magnético de 0,5 T dando lugar a una fuerza electromotriz sinusoidal.

a) **(0,75 p)** Dar la expresión de la fuerza electromotriz en función de la frecuencia de rotación de la espira.

Por definición el flujo magnético que atraviesa una superficie es:

$$\phi=\vec{B}\,.\,\vec{S}=B\,.\,S\,.\cos\theta$$

Siendo θ el ángulo formado entre los vectores intensidad de campo magnético y superficie.

Como la espira está girando con movimiento circular uniforme, este ángulo va variando a lo largo del tiempo de acuerdo a:

$$\theta = \theta_0 + \omega \cdot t = \theta_0 + 2\pi \cdot f \cdot t \ (rad/s)$$

El flujo que atraviesa la espira será:

$$\phi = \vec{B} \cdot \vec{S} = B \cdot S \cdot \cos\theta = 0{,}5 \cdot 4 \cdot 10^{-4} \cdot \cos(\theta_0 + 2\pi \cdot f \cdot t) = 2 \cdot 10^{-4} \cdot \cos(\theta_0 + 2\pi \cdot f \cdot t) \ (Wb)$$

Para calcular la f.e.m. inducida aplicamos la ley de Faraday-Lenz:

$$\varepsilon_{ind} = -N \cdot \frac{d\phi}{dt} = -N \cdot \frac{d\left(2 \cdot 10^{-4} \cdot \cos(\theta_0 + 2\pi \cdot f \cdot t)\right)}{dt} = -1\left(2 \cdot 10^{-4} \cdot 2\pi f \cdot -sen\ (\theta_0 + 2\pi \cdot f \cdot t)\right)$$

$$\varepsilon_{ind} = 4 \cdot 10^{-4} \cdot \pi \cdot f \cdot sen\ (\theta_0 + 2\pi \cdot f \cdot t) \ (V)$$

b) **(0,75 p)** Si la fuerza electromotriz máxima es de 0,05 V ¿cuál es la frecuencia de rotación de la espira?

$$(\varepsilon_{ind})_{máx} \Rightarrow sen\ (\theta_0 + 2\pi \cdot f \cdot t) = 1 \Rightarrow 4 \cdot 10^{-4} \cdot \pi \cdot f = 0{,}05 \Rightarrow f = \frac{0{,}05}{4 \cdot 10^{-4} \cdot \pi} = 39{,}8\ Hz$$

c) **(0,5 p)** Enuncia la ley de Faraday.

"La corriente inducida es producida por una fuerza electromotriz inducida que es directamente proporcional a la rapidez con la que varía el flujo y directamente proporcional al número de espiras del inducido"

$$\varepsilon \propto N \cdot \frac{\Delta\emptyset}{\Delta t}$$