

UNIVERSIDADES DE ANDALUCÍA
SELECTIVIDAD. FÍSICA. JUNIO 11

OPCIÓN A

1. a) Campo eléctrico de una carga puntual.
b) Dos cargas eléctricas puntuales positivas están situadas en dos puntos A y B de una recta. ¿Puede ser nulo el campo eléctrico en algún punto de esa recta? ¿Y si las dos cargas fueran negativas? Razone las respuestas.
2. a) Movimiento armónico simple; características cinemáticas y dinámicas.
b) Razone si es verdadera o falsa la siguiente afirmación: En un movimiento armónico simple la amplitud y la frecuencia aumentan si aumenta la energía mecánica.
3. Un satélite artificial de 400 kg describe una órbita circular a una altura h sobre la superficie terrestre. El valor de la gravedad a dicha altura es la tercera parte de su peso en la superficie de la Tierra.
a) Explique si hay que realizar trabajo para mantener el satélite en esa órbita y calcule el valor de h .
b) determine el periodo de la órbita y la energía mecánica del satélite.
 $g = 9,8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$; $R_T = 6,4 \cdot 10^6 \text{ m}$
4. La fisión de un átomo de ${}_{92}^{235}\text{U}$ se produce por captura de un neutrón, siendo los productos principales de este proceso ${}_{56}^{144}\text{Ba}$ y ${}_{36}^{90}\text{U}$.
a) Escriba y ajuste la reacción nuclear correspondiente y calcule la energía desprendida por cada átomo que se fisiona.
b) En una determinada central nuclear se liberan mediante fisión $45 \cdot 10^8 \text{ W}$. Determine la masa del material fisionable que se consume cada día.
 $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$; $m_U = 235,12 \text{ u}$; $m_{Ba} = 143,92 \text{ u}$; $m_{Kr} = 89,94 \text{ u}$; $m_n = 1,008665 \text{ u}$;
 $1 \text{ u} = 1,7 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$.

OPCIÓN B

1. a) Conservación de la energía mecánica.
b) Se lanza hacia arriba por un plano inclinado un bloque con una velocidad v_0 . Razone cómo varían su energía cinética, su energía potencial y su energía mecánica cuando el cuerpo sube y, después, baja hasta la posición de partida. Considere los casos: i) que no haya rozamiento; ii) que lo haya.
2. a) Explique la teoría de Einstein del efecto fotoeléctrico.
b) Razone si es posible extraer electrones de un metal al iluminarlo con luz amarilla, sabiendo que al iluminarlo con luz violeta de cierta intensidad no se produce el efecto fotoeléctrico. ¿Y si aumentáramos la intensidad de la luz?
3. Una espira conductora de 40 cm^2 se sitúa en un plano perpendicular a un campo magnético uniforme de $0,3 \text{ T}$.
a) Calcule el flujo magnético a través de la espira y explique cuál sería el valor del flujo si se girara la espira un ángulo de 60° en torno a un eje perpendicular al campo.
b) Si el tiempo invertido en ese giro es de $3 \cdot 10^{-2} \text{ s}$, ¿cuánto vale la fuerza electromotriz media inducida en la espira? Explique qué habría ocurrido si la espira se hubiese girado en sentido contrario.
4. Una onda electromagnética tiene en el vacío una longitud de onda de $5 \cdot 10^{-7} \text{ m}$.
a) Explique qué es una onda electromagnética y determine la frecuencia y el número de onda de la onda indicada.
b) Al entrar la onda en un medio material su velocidad se reduce a $3c/4$. Determine el índice de refracción del medio y la frecuencia y la longitud de onda en ese medio.
 $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$

SELECTIVIDAD. FÍSICA.

JUNIO 2011

SOLUCIÓN.

OPCIÓN A

1. a) **Campo eléctrico de una carga puntual.**
b) **Dos cargas eléctricas puntuales positivas están situadas en dos puntos A y B de una recta. ¿Puede ser nulo el campo eléctrico en algún punto de esa recta? ¿Y si las dos cargas fueran negativas? Razone las respuestas.**

- a) (Esta pregunta corresponde a un apartado completo del tema de campo electrostático, y es bastante ambiguo. No queda claro si se refiere al campo eléctrico en general, con todas sus características (intensidad de campo, potencial, energía almacenada), o sólo al vector intensidad de campo eléctrico \vec{E} , también llamada “campo eléctrico”)

Entendiendo la pregunta en el sentido más amplio, habría que hablar sobre:

- Concepto de campo eléctrico.
- Intensidad de campo eléctrico creado por una carga puntual. Fórmula, módulo, dirección, sentido y unidades.
- Líneas de campo. Distinción entre cargas positivas y negativas
- Fuerza que ejerce el campo eléctrico sobre una partícula cargada.
- Potencial electrostático. Definición, unidades. Relación con el campo eléctrico
- Expresión del potencial eléctrico generado por una carga puntual. Superficies equipotenciales
- Energía almacenada por una partícula cargada dentro del campo electrostático.

En mi opinión, muy largo para ser sólo un apartado de una pregunta)

- b) Para estudiar el campo electrostático producido por varias cargas puntuales aplicamos el principio de superposición. El campo total en un punto del espacio será igual a la suma de los campos producidos por cada una de las cargas.

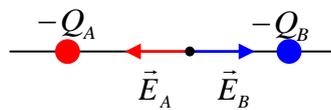
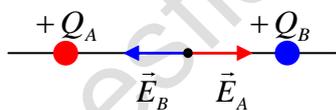
$$\vec{E} = \vec{E}_A + \vec{E}_B$$

Para que el campo total sea nulo, tiene que cumplirse que $\vec{E}_A + \vec{E}_B = 0 \rightarrow \vec{E}_A = -\vec{E}_B$

Es decir, ambos campos deben:

- Tener el mismo módulo $\frac{K|Q_A|}{r_A^2} = \frac{K|Q_B|}{r_B^2}$ De aquí obtenemos la relación entre las distancias a las cargas A y B. El punto se encontrará más cerca de la carga de menor valor absoluto.
- Ir en la misma dirección. Esto significa que el punto debe estar en la misma recta que une A y B.
- Ir en sentidos contrarios. Si las cargas son del mismo signo (ya sean positivas como negativas) este punto se encuentra en la zona entre las dos cargas, como puede observarse en los esquemas.

Como ya hemos comentado, el punto será el mismo en los dos casos, tanto si las cargas son positivas o si son negativas. Sólo cambia el sentido de cada campo, pero tendrán el mismo módulo, y se anularán igualmente.



2. a) **Movimiento armónico simple; características cinemáticas y dinámicas.**
b) **Razone si es verdadera o falsa la siguiente afirmación: En un movimiento armónico simple la amplitud y la frecuencia aumentan si aumenta la energía mecánica.**

a) (Esta pregunta corresponde a todo un apartado de un tema (o incluso a un tema completo), en el que normalmente se invierten de dos a tres días de clase en su tratamiento. No sé exactamente qué aspectos considerará más importantes la ponencia de selectividad. Creo que al menos había que hablar sobre:

- Definición de movimiento armónico simple (m.a.s.)
- Ecuación de movimiento $y(t) = A \cdot \text{sen}(\omega t + \varphi_0)$
- Magnitudes cinemáticas del m.a.s.: Periodo, frecuencia, fase, fase inicial, velocidad de vibración, aceleración de vibración. Definición, fórmula y unidades
- Relación entre elongación y aceleración (ecuación fundamental del m.a.s) $a_y = -\omega^2 \cdot y$
- Magnitudes dinámicas: fuerzas presentes en un m.a.s. (por ejemplo, un muelle horizontal unido a una masa). Relación frecuencia angular – constante elástica – masa.
- Energías presentes en un m.a.s. Energías cinética y potencial elástica. Variaciones de energía durante un periodo. Energía mecánica del m.a.s.

Con todo, me parece larguísimo, para ser un apartado de una pregunta. Y muy poco especificado)

- b) (Esta pregunta es bastante ambigua, sobre todo porque no nos dicen cómo se está aumentando la energía mecánica, ni de qué tipo de m.a.s. se trata.)

Suponiendo el movimiento armónico simple descrito por una masa unida a un resorte, en el que no variamos ni la masa ni la constante elástica, la frecuencia angular de oscilación es una característica propia del sistema (llamada frecuencia de

oscilación natural) y viene dada por $\omega = \sqrt{\frac{K}{m}}$ $\nu = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{K}{m}}$

Por lo tanto, la frecuencia de oscilación no variará si aumentamos la energía mecánica del sistema.

La energía mecánica del m.a.s. se mantiene constante durante todo el movimiento, ya que sólo actúan fuerzas conservativas. Coincide con la energía potencial máxima

$$E_M = \frac{1}{2} K \cdot A^2$$

Vemos que un aumento de la energía mecánica se traduce en un aumento de la amplitud A del movimiento, ya que la constante elástica no cambiará.

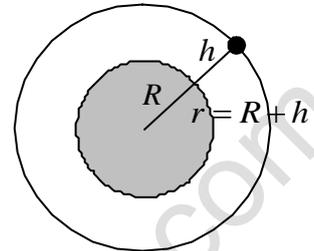
3. Un satélite artificial de 400 kg describe una órbita circular a una altura h sobre la superficie terrestre. El valor de la gravedad a dicha altura es la tercera parte de su valor en la superficie de la Tierra.

a) Explique si hay que realizar trabajo para mantener el satélite en esa órbita y calcule el valor de h .

b) Determine el periodo de la órbita y la energía mecánica del satélite.

$$g = 9,8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2} ; R_T = 6,4 \cdot 10^6 \text{ m}$$

a) Un satélite es un objeto que describe órbitas en torno a un astro, y cuyo movimiento está sometido únicamente a la fuerza gravitatoria. El satélite está constantemente en caída libre, solo que su trayectoria no choca con la Tierra. Una vez puesto en órbita, y suponiendo que no existe rozamiento, no es necesario realizar ningún gasto de energía (no hay que aportar energía mediante trabajo) para mantenerla. Ya que la única fuerza que actúa, la gravitatoria, es conservativa, la energía mecánica del satélite se mantendrá constante ($\Delta E_M = W_{FNC} = 0 \rightarrow E_M = cte$). Si la órbita es elíptica, se producirá una transformación de energía potencial gravitatoria en cinética conforme se acerca a la Tierra, y de cinética en potencial gravitatoria conforme se aleja. Y si es circular, todas las energías del satélite se mantendrán constantes. No es necesario, por tanto, realizar ningún trabajo para mantener la órbita (como tampoco es necesario hacerlo con la Luna, por ejemplo).



En el caso que nos ocupa, el de una órbita circular, la aceleración gravitatoria (en módulo) que sufre el satélite se mantiene constante, y es igual a $g = \frac{GM_T}{r^2}$, donde M_T es la masa de la Tierra, G es la constante de gravitación universal, y r es el radio de la órbita, medido desde el centro de la Tierra.

(Nota: Existe un error, o al menos una imprecisión, en uno de los datos que nos proporcionan. Aparece $g = 9,8 \text{ ms}^{-2}$. Siendo tan conocido el dato de la gravedad superficial terrestre, se entiende que nos quieren decir el valor de g_0 , o g_{Sup} o $g(r=R_T)$, pero tal y como nos lo dicen, no significa eso. La magnitud g se usa para indicar el módulo del campo gravitatorio en cualquier punto)

Ya que nos dicen que la gravedad g en la órbita es la tercera parte que en la superficie (g_0)

$$g = \frac{g_0}{3} \rightarrow \frac{GM_T}{r^2} = \frac{GM_T}{3R_T^2} \rightarrow r = \sqrt{3} \cdot R_T = 1,1085 \cdot 10^7 \text{ m}$$

Y la altura h sobre la superficie será $h = r - R_T = 4,685 \cdot 10^6 \text{ m}$

b) El periodo de revolución del satélite podemos calcularlo aplicando la tercera ley de Kepler al movimiento del mismo. "La relación entre el cuadrado del periodo de revolución y el cubo del radio medio de la órbita, es una constante para todo satélite que describa órbitas en torno a un astro central."

La constante depende de la masa del astro central (La Tierra en este caso) demostró Newton. $\frac{T^2}{r^3} = \frac{4\pi^2}{GM_T} \rightarrow T = \sqrt{\frac{4\pi^2 r^3}{GM_T}}$ como

La masa de la Tierra la calculamos a partir del dato de la gravedad superficial y del radio terrestre. $g_0 = \frac{GM_T}{R_T^2} \rightarrow M_T = \frac{g_0 \cdot R_T^2}{G} = 6,018 \cdot 10^{24} \text{ kg}$

Sustituyendo $T = \sqrt{\frac{4\pi^2 r^3}{GM_T}} = 11574,29 \text{ s} \approx 3,22 \text{ h}$

La energía mecánica del satélite es igual a la suma de sus energías cinética y potencial gravitatoria

$$E_M = E_c + E_{p_g} = \frac{1}{2} m \cdot v_{orb}^2 - \frac{GM_T m}{r} \quad \text{como la velocidad orbital es } v_{orb} = \sqrt{\frac{GM_T}{r}}$$

$$E_M = E_c + E_{p_g} = \frac{1}{2} m \left(\sqrt{\frac{GM_T}{r}} \right)^2 - \frac{GM_T m}{r} = \frac{1}{2} \frac{GM_T m}{r} - \frac{GM_T m}{r} = -\frac{GM_T m}{2r}$$

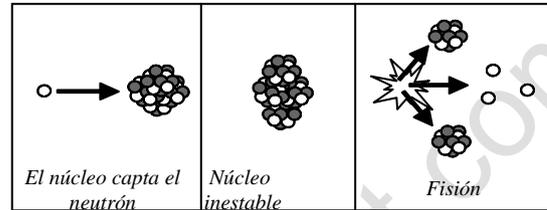
Sustituyendo, obtenemos $E_M = -1,448 \cdot 10^{10} \text{ J}$

4. La fisión de un átomo de ${}_{92}^{235}\text{U}$ se produce por captura de un neutrón, siendo los productos principales de este proceso ${}_{56}^{144}\text{Ba}$ y ${}_{36}^{90}\text{Kr}$.

a) Escriba y ajuste la reacción nuclear correspondiente y calcule la energía desprendida por cada átomo que se fisiona.
b) En una determinada central nuclear se liberan mediante fisión $45 \cdot 10^8 \text{ W}$. Determine la masa del material fisionable que se consume cada día.

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} ; m_{\text{U}} = 235,12 \text{ u} ; m_{\text{Ba}} = 143,92 \text{ u} ; m_{\text{Kr}} = 89,94 \text{ u} ; m_{\text{n}} = 1,008665 \text{ u} ; 1 \text{ u} = 1,7 \cdot 10^{-27} \text{ kg}.$$

a) La fisión nuclear consiste en la ruptura de un núcleo de un elemento pesado (por número másico por encima del hierro) en otros más ligeros, normalmente al ser bombardeado con neutrones. Al captar el neutrón, el núcleo se vuelve inestable y se descompone en dos núcleos, desprendiéndose además uno o varios neutrones. En los núcleos pesados, como es el caso del uranio, este proceso desprende energía.



La reacción nuclear correspondiente, teniendo en cuenta que debe cumplirse la conservación de la suma de los números atómicos (Z) y másicos (A) al principio y al final de la reacción, queda.



La energía liberada en este proceso se debe a la transformación de masa en energía. En una reacción nuclear, la energía total se conserva, pero no así la masa. Parte de la masa se transforma en energía (o viceversa), de acuerdo con la teoría de la Relatividad de Einstein (1905). La energía absorbida o desprendida en la reacción viene dada por la expresión

$$E_r = \Delta m \cdot c^2$$

donde Δm es el defecto másico $\Delta m = \sum m_{\text{PRODUCTOS}} - \sum m_{\text{REACTIVOS}}$
y c es la velocidad de la luz en el vacío.

Así, para esta reacción

$$\Delta m = (m_{\text{Ba}} + m_{\text{Kr}} + 2 \cdot m_{\text{n}}) - (m_{\text{U}} + m_{\text{n}}) = 235,87733 \text{ u} - 236,12867 \text{ u} = -0,251335 \text{ u}$$

El signo negativo nos indica que se ha producido una pérdida de masa, lo que se traduce en un desprendimiento de energía (en este caso energía cinética de los núcleos y partículas resultantes).

Pasamos a kg el defecto másico: $-0,251335 \text{ u} = -4,272695 \cdot 10^{-28} \text{ kg}$

Y la energía desprendida $E_r = \Delta m \cdot c^2 = -4,272695 \cdot 10^{-28} \text{ kg} \cdot (3 \cdot 10^8 \text{ ms}^{-1})^2 = -3,8454255 \cdot 10^{-11} \text{ J}$

Por cada núcleo de uranio fisionado se desprenden (redondeando) $3,845 \cdot 10^{-11} \text{ J}$.

b) Si en la central se liberan $45 \cdot 10^8 \text{ W}$, significa que se desprenden $45 \cdot 10^8 \text{ J}$ por segundo. En un día se desprenderán

$$\frac{45 \cdot 10^8 \text{ J}}{1 \text{ s}} \cdot \frac{86400 \text{ s}}{1 \text{ día}} = 3,888 \cdot 10^{14} \text{ J por día}$$

Por lo tanto, sabiendo que:

La fisión de un núcleo de uranio desprende $3,845 \cdot 10^{-11} \text{ J}$

Masa de un núcleo de U-235 = $235,12 \text{ u}$

$1 \text{ u} = 1,7 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$.

Usando factores de conversión:

$$3,888 \cdot 10^{14} \text{ J} \cdot \frac{1 \text{ núcleo U}}{3,845 \cdot 10^{-11} \text{ J}} \cdot \frac{235,12 \text{ u}}{1 \text{ núcleo U}} \cdot \frac{1,7 \cdot 10^{-27} \text{ kg}}{1 \text{ u}} = 4,0417 \text{ kg de U-235 se consumen cada día.}$$

(También podemos usar la conversión mediante el nº de Avogadro:

$\text{Mat(U-235)} = 235,12 \rightarrow 1 \text{ mol U-235} = 235,12 \text{ g U-235} = 0,23512 \text{ kg U-235}$

$1 \text{ mol U-235} = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ núcleos U-235}$

$$3,888 \cdot 10^{14} \text{ J} \cdot \frac{1 \text{ núcleo U}}{3,845 \cdot 10^{-11} \text{ J}} \cdot \frac{1 \text{ mol U}}{6,022 \cdot 10^{23} \text{ núcleos U}} \cdot \frac{0,23512 \text{ kg U}}{1 \text{ mol U}} = 3,948 \approx 4 \text{ kg U 235}$$

OPCIÓN B:

1. a) Conservación de la energía mecánica.

b) Se lanza hacia arriba por un plano inclinado un bloque con una velocidad v_0 . Razone cómo varían su energía cinética, su energía potencial y su energía mecánica cuando el cuerpo sube y, después, baja hasta la posición de partida. Considere los casos: i) que no haya rozamiento; ii) que lo haya.

a) La energía mecánica de un cuerpo se definía como la suma de las energías cinética y potencial que posee dicho cuerpo.

$$E_M = E_C + E_P = E_C + (E_{P_g} + E_{P_e} + E_{P_{el}}) \quad \text{En el S.I. se mide en julios (J)}$$

Cuando se produce un cambio en la energía mecánica de un cuerpo, esto será debido a que cambia alguna de las energías que la componen (energía cinética, potencial). Así: $\Delta E_M = \Delta E_C + \Delta E_P$

Según el teorema trabajo-energía cinética, la variación de energía cinética es igual al trabajo total realizado sobre el cuerpo.

$$\Delta E_C = W_{TOT}$$

Y el trabajo realizado por las fuerzas conservativas es igual a la variación (con signo cambiado) de la energía potencial.

$$\Delta E_P = -W_{FC}$$

Con lo cual, nos queda $\Delta E_M = W_{TOT} - W_{FC} = W_{FNC}$

Es decir, *son las fuerzas no conservativas aplicadas al cuerpo las que hacen que cambie su energía mecánica.*

Dicho de otra forma: *Si sobre un cuerpo actúan fuerzas no conservativas y éstas realizan trabajo, la energía mecánica del cuerpo variará.* Esas fuerzas no conservativas pueden hacer que la E_M aumente o disminuya. En ese último caso se dice que la fuerza es *dissipativa* (p.e. el rozamiento)

Principio de conservación de la energía mecánica:

De lo anterior podemos extraer una nueva lectura, que se conoce como “principio de conservación de la energía mecánica”.

Si sobre un cuerpo no actúan fuerzas no conservativas, o éstas no realizan trabajo, la energía mecánica del cuerpo se mantendrá constante.

b) Si consideramos el nivel cero de energía potencial gravitatoria al principio del plano inclinado, vemos que inicialmente la energía mecánica del bloque es únicamente cinética. Consideramos los dos casos que nos indica la cuestión:

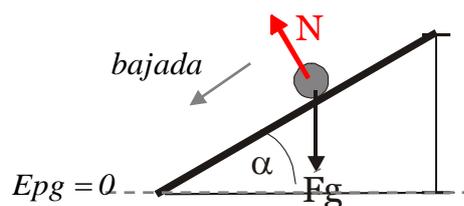
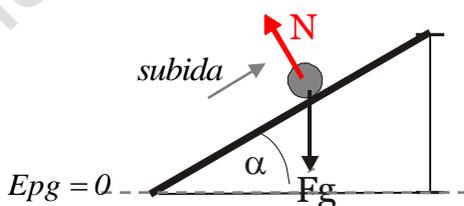
i) Plano sin rozamiento. Sólo actúan sobre el bloque la fuerza gravitatoria, que es conservativa, y la fuerza normal, que es no conservativa, pero no realiza trabajo, ya que es perpendicular al desplazamiento en todo momento.

Aplicando el principio de conservación de la energía mecánica, como no existen fuerzas no conservativas que realicen trabajo sobre el bloque, la energía mecánica se mantiene constante.

$$\Delta E_M = W_{FNC} = 0 \rightarrow E_M = cte \rightarrow \Delta E_P = -\Delta E_C$$

Por lo tanto, en la subida por la rampa aumenta la energía potencial gravitatoria ($E_{Pg} = mgh$), al tiempo que disminuye la energía cinética. Cuando llega a su punto más alto, su energía cinética es nula, y la energía potencial gravitatoria es máxima, coincidiendo con la energía cinética inicial.

Durante el movimiento de caída, vuelve a producirse una transformación de energía potencial gravitatoria, que disminuye, en energía cinética, que aumenta hasta hacerse igual a la energía cinética que tenía al principio, antes de la subida.



ii) Plano con rozamiento. Ahora, junto a las fuerzas antes indicadas, actúa la fuerza de rozamiento, que se opone al desplazamiento tanto en la subida como en la bajada. Se trata de una fuerza no conservativa, que hace disminuir la energía mecánica, disipándose parte de ésta mediante calor al medio ambiente. De este modo, en la subida, la energía cinética disminuye mientras aumenta la energía gravitatoria, pero debido a la disipación de energía por el rozamiento, la altura que alcanza es inferior a la que alcanzaría sin rozamiento.

Durante la bajada, se vuelve a producir una transformación de energía potencial en energía cinética. Nuevamente, la disipación de energía al medio ambiente hace que la energía cinética (y por lo tanto la velocidad) con la que vuelve a llegar abajo sea inferior a la de partida.



2. a) **Explique la teoría de Einstein del efecto fotoeléctrico.**

b) **Razone si es posible extraer electrones de un metal al iluminarlo con luz amarilla, sabiendo que al iluminarlo con luz violeta de cierta intensidad no se produce el efecto fotoeléctrico. ¿Y si aumentáramos la intensidad de la luz?**

a) El efecto fotoeléctrico consiste en la emisión de electrones por parte de un metal al incidir sobre él radiación electromagnética. La teoría ondulatoria clásica de Maxwell sobre la luz no podía explicar las características de este fenómeno, como la existencia de una frecuencia umbral, al suponer una transmisión continua de la energía.

Einstein aplicó las hipótesis cuánticas de Planck para explicar el efecto fotoeléctrico. Pero llegó aún más allá en su ruptura con las teorías clásicas. Supuso que no sólo los intercambios de energía están cuantizados, sino que *la propia radiación está constituida por "partículas" (posteriormente llamadas fotones) que transportan la energía de forma discreta, concentrada en cuantos de energía.* Es decir, supuso un comportamiento corpuscular para la luz, al menos en este fenómeno.

La energía de un fotón viene dada por la expresión de Planck $E_f = h \cdot \nu$

Suponiendo que la luz se comporta como una partícula, al chocar ésta con un electrón, le transmite instantáneamente toda su energía. Evidentemente, esta energía que cede al electrón dependerá de la frecuencia de la radiación.

Así, la energía de un fotón se emplea, en primer lugar, en arrancar al electrón del metal. Esta energía necesaria, que depende del tipo de metal, se denomina **trabajo de extracción** o **función trabajo** (W_{extr} , o Φ_0). También puede definirse como la energía mínima que debe tener el fotón para extraer un electrón del metal. Así, tendremos que $W_{extr} = h \cdot \nu_0$,

donde ν_0 es la frecuencia umbral característica del metal.

Si el fotón no posee energía (frecuencia) suficiente, no podrá arrancar al electrón, y el fotón será emitido de nuevo. Esto explica la existencia de la frecuencia umbral.

Si la energía es superior al trabajo de extracción, la energía sobrante se emplea en darle energía cinética (velocidad) a los electrones emitidos. De este modo, llegamos a la expresión:

$$E_f = W_{extr} + Ec_e \rightarrow h \cdot \nu = h \cdot \nu_0 + \frac{1}{2} m \cdot v^2$$

Así, una mayor frecuencia de la radiación significará una mayor energía cinética de los electrones, pero no un mayor nº de electrones emitidos. Y una mayor intensidad de la radiación (mayor nº de fotones) significará un mayor nº de electrones emitidos, pero no una mayor energía cinética.

b) El color (o tipo) de la radiación viene dado por su frecuencia. Una luz violeta tiene mayor frecuencia que la amarilla y, por lo tanto, cada fotón de luz azul tiene mayor energía que un fotón de luz amarilla.

El enunciado nos dice que al incidir la luz azul no se emiten electrones, es decir, que los fotones no tienen energía suficiente (es menor que el trabajo de extracción). Por consiguiente, los fotones de la luz amarilla, de menor energía, tampoco podrán extraerlos.

Si aumentamos la intensidad de la luz amarilla, lo único que haremos es aumentar el número de fotones que inciden sobre el metal, pero no la energía de cada fotón, que depende exclusivamente de la frecuencia. Por lo tanto, tampoco se producirá emisión de electrones.

3. Una espira conductora de 40 cm^2 se sitúa en un plano perpendicular a un campo magnético uniforme de $0,3 \text{ T}$.
- a) Calcule el flujo magnético a través de la espira y explique cuál sería el valor del flujo si se girara la espira un ángulo de 60° en torno a un eje perpendicular al campo.
- b) Si el tiempo invertido en ese giro es de $3 \cdot 10^{-2} \text{ s}$, ¿cuánto vale la fuerza electromotriz media inducida en la espira? Explique qué habría ocurrido si la espira se hubiese girado en sentido contrario.

- a) Nos encontramos ante una espira (un circuito plano cerrado) dentro de un campo magnético. Las líneas de campo magnético atraviesan la superficie encerrada por el circuito.

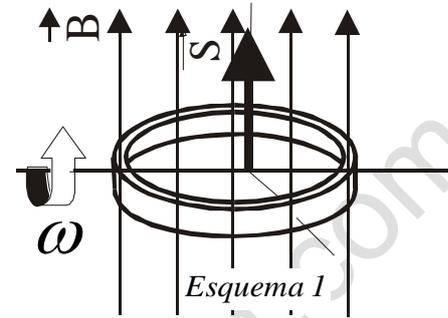
El flujo magnético (Φ) mide la intensidad de líneas de campo magnético que atraviesan la superficie encerrada por la espira. Se calcula con la expresión

$$\Phi_m = \int \vec{B} \cdot \vec{ds}$$

En el caso que nos ocupa, campo magnético uniforme y

superficie plana, el flujo nos queda $\Phi_m = \int \vec{B} \cdot \vec{ds} = \vec{B} \cdot \vec{S} = B \cdot S \cdot \cos \alpha$

Donde B es el módulo del campo, S el área encerrada por el circuito y α es el ángulo que forma el vector superficie con el vector campo. En este caso, como nos muestra el esquema 1, si la espira es perpendicular al campo, su vector superficie será paralelo al mismo, con lo que $\alpha = 0^\circ$.



El flujo entonces será $\Phi_{m1} = B \cdot S \cdot \cos \alpha = 0,3 \text{ T} \cdot 0,004 \text{ m}^2 \cdot \cos 0 = 0,0012 \text{ Wb}$

Si giramos la espira un ángulo de 60° en torno a un eje perpendicular al campo, el vector superficie formará ahora 60° con el vector campo. Las otras dos magnitudes quedan igual. El flujo ahora será

$$\Phi_{m2} = B \cdot S \cdot \cos \alpha = 0,3 \text{ T} \cdot 0,004 \text{ m}^2 \cdot \cos 60^\circ = 0,0006 \text{ Wb}$$

- b) Al girar la espira, se produce una variación del flujo magnético que atraviesa la misma. Estaremos ante un caso de inducción electromagnética, generación de corriente en un circuito por acción de un campo magnético. Aplicando la ley de Faraday-Lenz, se genera corriente inducida en el circuito debido a la variación de flujo magnético que atraviesa el mismo. El sentido de la corriente inducida es tal que genera un campo magnético inducido que se opone a la variación del flujo.

La fuerza electromotriz (ε) generada se calcula con la expresión $\varepsilon = -\frac{d\Phi_m}{dt}$

En este caso nos piden la fuerza electromotriz media, que podemos calcularla directamente calculando la variación de flujo y el tiempo transcurrido

$$\varepsilon = -\frac{\Delta\Phi_m}{\Delta t} = -\frac{\Phi_{m2} - \Phi_{m1}}{\Delta t} = -\frac{0,0006 \text{ Wb} - 0,0012 \text{ Wb}}{3 \cdot 10^{-2} \text{ s}} = 0,02 \text{ V}$$

Si el giro hubiera sido en sentido contrario, pudiera parecer que la corriente inducida tendría sentido contrario a la anterior, pero no es así. En ambos casos partimos de una situación en la que el flujo es máximo (espira perpendicular al campo). Tanto si giramos 60° o -60° , se producirá una disminución del flujo, y el nuevo flujo será de $0,0006 \text{ Wb}$ [tengamos en cuenta que $\cos(-60^\circ) = \cos 60^\circ = 0,5$]. La fuerza electromotriz media será en ambos casos de $0,2 \text{ V}$ y la corriente irá en el mismo sentido.

4. Una onda electromagnética tiene en el vacío una longitud de onda de $5 \cdot 10^{-7} \text{ m}$.

a) Explique qué es una onda electromagnética y determine la frecuencia y el número de onda de la onda indicada.

b) Al entrar la onda en un medio material su velocidad se reduce a $3c/4$. Determine el índice de refracción del medio y la frecuencia y la longitud de onda en ese medio.

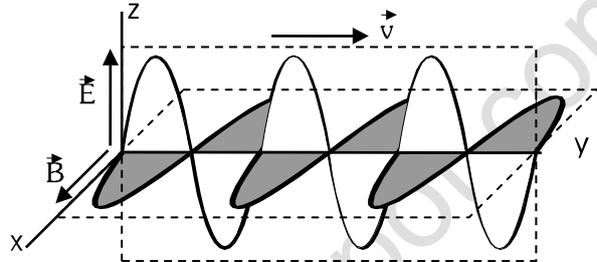
$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$$

a) Se entiende por onda electromagnética a la propagación de una perturbación electromagnética a través de un medio, que puede ser el vacío. A diferencia de las ondas mecánicas, en el caso de las ondas electromagnéticas la perturbación que se propaga consiste en un campo eléctrico y un campo magnético oscilantes, perpendiculares entre sí y perpendiculares a la dirección de propagación. Las ecuaciones de onda serán entonces

$$\vec{E} = \vec{E}_0 \cdot \text{sen}(\omega t \pm kx)$$

$$\vec{B} = \vec{B}_0 \cdot \text{sen}(\omega t \pm kx)$$

Donde E_0 y B_0 son las amplitudes de los campos eléctrico y magnético, ω es la frecuencia angular de oscilación y k es el número de onda



La longitud de onda λ es la distancia más corta entre dos puntos en fase. Está relacionada con la frecuencia (ν : nº de oscilaciones por segundo) y la velocidad de propagación v

mediante la expresión $\lambda = \frac{v}{\nu}$

En el vacío todas las ondas electromagnéticas se propagan a la misma velocidad. $v = c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$

Así, la frecuencia se calcula $\nu = \frac{v}{\lambda} = \frac{3 \cdot 10^8 \text{ ms}^{-1}}{5 \cdot 10^{-7} \text{ m}} = 6 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$

El número de onda lo obtenemos a partir de la longitud de onda $k = \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{2\pi}{5 \cdot 10^{-7} \text{ m}} = 1,257 \cdot 10^7 \text{ rad / m}$

b) Al pasar de un medio a otro, la onda electromagnética se refracta. La velocidad de propagación cambia, ya que esta magnitud depende exclusivamente del medio. En cualquier medio transparente la velocidad de propagación de las ondas electromagnéticas será menor que en el vacío.

El índice de refracción del medio (n) se define como el cociente entre la velocidad de la luz en el vacío (c) y la velocidad de propagación en dicho medio (v). Así

$$n = \frac{c}{v} = \frac{c}{\frac{3}{4}c} = \frac{4}{3} = 1,333$$

La frecuencia de la onda electromagnética es una magnitud que depende exclusivamente del foco emisor, por lo que no cambia en el fenómeno de refracción, cuando pasa a transmitirse por otro medio. Así, la frecuencia en el nuevo medio será la misma que en el vacío $\nu = 6 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$

La longitud de onda depende tanto del foco como del medio, por lo que sí se ve modificada a pasar a propagarse por el nuevo medio. La nueva longitud de onda será

$$\lambda = \frac{v}{\nu} = \frac{\frac{3}{4} \cdot c}{6 \cdot 10^{14} \text{ s}^{-1}} = \frac{2,25 \cdot 10^8 \text{ ms}^{-1}}{6 \cdot 10^{14} \text{ s}^{-1}} = 3,75 \cdot 10^{-7} \text{ m}$$