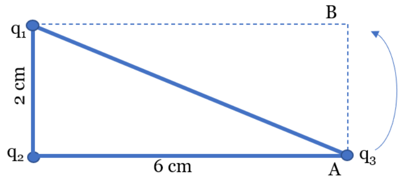
Solucionario del Examen ORDINARIO

El presente documento de debe tomar como una ayuda a los correctores y para concretar de la forma más uniforme posible los criterios específicos de corrección. No es un documento docente que pretenda enseñar a nadie a resolver los problemas, con lo que en ocasiones faltarán detalles en las explicaciones y pasos matemáticos en los desarrollos que es esperable que tengan los exámenes de los alumnos. En algunos casos puede haber otras maneras distintas y válidas de resolver los problemas. Los correctores adaptaran la filosofía de estos criterios específicos a esos casos cuando sean leves variantes. En los casos en que las diferencias sean notables lo comunicarán al coordinador y a los demás correctores durante las sesiones de evaluación de manera que pueda unificarse también la baremación de esas otras alternativas.

Sección 1: Problemas (elegir 2). Puntuación máxima 3 puntos cada uno.

1. Tres cargas están situadas en los vértices de un triángulo rectángulo como indica la figura.
   a. Determina la energía potencial electrostática de la carga q_3.
   b. Calcula la fuerza que siente la carga q_2 y su módulo $|\vec{F}|$.
   c. ¿Cuánto trabajo costaría llevar la carga q_3 desde su ubicación inicial (A) a la ubicación alternativa (B)? Indica si sería necesaria una fuerza externa para ello.



Datos: q_1= 2 mC ; q_2= -1 mC ; q_3= -5 mC ; K=$9\cdot10^9$ Nm^2/C^2

Apartado (a)	Puntos
La energía potencial eléctrica de un par de cargas puntuales separadas una distancia r_{ij} viene dada por $Ep = K\frac{q_i \cdot q_j}{r_{ij}}$	0.25
En este caso la carga q_3 interacciona con q_1 y con q_2, y por el principio de superposición será $E_{p3} = K\left(\frac{q_1 q_3}{r_{13}} + \frac{q_2 q_3}{r_{23}}\right)$	0.25
Del esquema r_{23} =6 cm, y la distancia entre 1 y 3 la sacamos con el teorema de Pitágoras: r_{13}=6.32 cm	0.25
Sustituimos los valores en la expresión teniendo en cuenta los signos negativos de q_2 y q_3 y obtenemos E_{p3}=-6.73 ·10^5 J	0.25

Apartado (b)	Puntos
La fuerza electrostática entre un par de cargas puntuales separadas una distancia r_{ij} viene dada por la ley de Coulomb $\vec{F} = K\frac{q_i \cdot q_j}{r_{ij}^2}\vec{u}_{ij}$. Lo aplicamos a $\vec{F}_{21}$y $\vec{F}_{23}$ q_1 y q_2 tienen signos opuestos y se atraen. La fuerza irá en sentido vertical ascendente $$\vec{F}_{21} = \left(0, 9\cdot10^9\frac{1\cdot10^{-3}\cdot2\cdot10^{-3}}{0.02^2}\right) = (0, 4.5\cdot10^7)\ N$$ La fuerza entre q_2 y q_3 es repulsiva al ser ambas negativas. Sobre q_2 ira en sentido horizontal negativo $$\vec{F}_{23} = \left(9\cdot10^9\frac{1\cdot10^{-3}\cdot5\cdot10^{-3}}{0.06^2}\right) = (-1.25\cdot10^7, 0)\ N$$ *Esta es una operación previa para determinar la F total, y que no se pide explícitamente. Si no se expresa vectorialmente no se descuenta nada. En cambio, este tratamiento vectorial sí es imprescindible en el siguiente apartado.*	0.25 0.25
La fuerza total será la suma **vectorial** de ambas fuerzas $$\vec{F}_2 = (0{,}4.5\cdot10^7) + (-1.25\cdot10^7, 0) = (-1.25{,}4.5)\cdot10^7\ N$$ *(sumar los módulos es error grave: 0 puntos en este subapartado)*	0.25
Obtenemos el módulo de la fuerza resultante: $\|\vec{F}\| = 4.67\cdot10^7 N$	0.25

Apartado (c)	Puntos
El trabajo para llevar una carga desde A hasta B será igual a la diferencia de energía potencial electrostática entre ambos puntos, cambiada de signo: $W_{A\to B}=-(E_p(B)-E_p(A))$	0.25
La Energía potencial en A ya la tenemos el apartado (a), es E_{p3}. Calculamos la energía en B. Ojo porque la distancia r_{13} es ahora 6 cm y r_{23} es ahora 6.32 cm por el cambio de posición relativo. $E_B = K\left(\frac{q_1 q_3}{r_{13}} + \frac{q_2 q_3}{r_{23}}\right) = 9\cdot10^9\left(\frac{-5\cdot10^{-3}\cdot2\cdot10^{-3}}{0.06} + \frac{-5\cdot10^{-3}\cdot-1\cdot10^{-3}}{0.0632}\right)$ =-7.88·10^5 J $W_{A\to B}$=-(-7.88-(-6.73))·10^5=1.15·10^5 J	0.25 0.25
Puesto que la carga en B tiene menos energía (es más negativa) que en A, el proceso lo realizan las fuerzas del campo. Por eso sale W>0. No es necesario aplicar una fuerza externa.	0.25

2. El primer exoplaneta detectado en 1995, Dimidio, presenta una órbita circular alrededor de su estrella con una velocidad de 136 km/s y a una distancia de 7.78 millones de km (de centro a centro). Su radio es de 132800 km y su masa $9\cdot10^{28}$ kg.
   a. Calcula la masa que tiene la estrella en torno a la que orbita, deduciendo la expresión necesaria
   b. ¿Durante cuántos días tenemos que observar la estrella para registrar 5 tránsitos completos del planeta (es decir 5 vueltas completas alrededor de su estrella) y confirmar su existencia?
   c. ¿Qué velocidad mínima deberíamos proporcionar a una sonda que se hubiera posado en el planeta para que pudiese escapar de la atracción del planeta? Deduce razonadamente la expresión.

Dato: $G=6.67\cdot10^{-11}$ Nm²/kg²

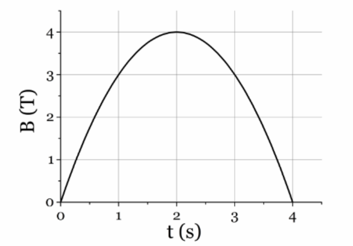
Apartado (a)	Puntos
Igualamos la fuerza gravitatoria (Newton) a masa por aceleración centrípeta. $$G\frac{Mm}{d^2} = ma_c = m\frac{v^2}{d}$$	0.5
Despejamos la masa de la estrella $M = \frac{v^2 d}{G}$ *(o se escribe de memoria sin ninguna justificación)*	0.25
Sustituimos valores con las unidades apropiadas $M=2.16\cdot10^{30}$ kg.	0.25

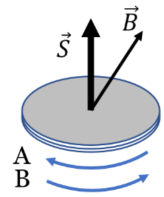
Apartado (b)	Puntos
El periodo es el cociente entre el perímetro de la circunferencia (2πd) y la velocidad (También podría llegarse a la expresión desde la 3ª ley de Kepler) T=2πd/v	0.5
Sustituimos y convertimos el resultado a días T=359435 s= 99.8 h=4.16 días	0.25
Para 5 vueltas simplemente multiplicamos lo anterior por 5→ t=5T=20.8 días	0.25

Apartado (c)	Puntos
La mínima velocidad será aquella que haga que la suma de energía cinética y potencial gravitatoria sea nula (para E>0 orbita no ligada). Para el caso E=0 la velocidad es la velocidad de escape $$\frac{-GMm}{d} + \frac{mv_e^2}{2} = 0$$	0.5
Despejamos de lo anterior la velocidad $v_e = \sqrt{\frac{2GM}{d}}$ *(o se escribe de memoria sin ninguna justificación)*	0.25
Sustituimos valores con las unidades apropiadas v_e=300676 m/s= 300.7 km/s	0.25

Una bobina circular de radio 15 cm y 50 espiras se coloca de manera que su eje forma un ángulo de 30º con un campo magnético uniforme cuyo valor varía en el tiempo según $B(t)=4-(t-2)^2$ T. La resistencia total de la bobina son 5 Ω.

a. Calcula el valor del flujo magnético en t=2 s.
b. Determina el valor la corriente inducida en la bobina en función del tiempo.
c. Calcula el valor de la corriente inducida en t=1 s y en t=3 s, y razona si el sentido en cada caso será el indicado en el esquema como "A" (horario visto desde arriba) o el "B" (antihorario visto desde arriba). Explica por qué no son iguales si el valor del campo es en ambos momentos igual (3 T).



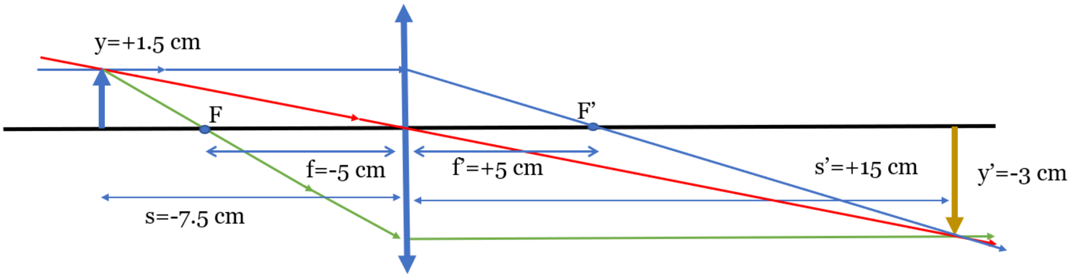


Apartado (a)	Puntos
El flujo magnético viene dado por $\Phi = \vec{B} \cdot \vec{S} = B \cdot S \cdot \cos\theta$, donde	0.25
S= N π r² B=4-(t-2)² y θ=30º en este caso $\Phi = N \pi r^2 (4-(t-2)^2) \cos 30^o$	0.50
Sustituyendo para t=2 queda Φ=12.24 Wb	0.25

Apartado (b)	Puntos
Según la ley de Faraday la fuerza electromotriz es $\varepsilon = -\frac{d\Phi}{dt}$	0.25
En este caso queda al derivar $\varepsilon = -N\pi r^2 \cos\theta \left(-2(t-2)\right) = 2N\pi r^2 \cos\theta\,(t-2)$ = 6.12 (t-2) V	0.5
La intensidad de corriente por la ley de Ohm será I=ε/R y como R=5 Ω → I=1.22(t-2) A	0.25

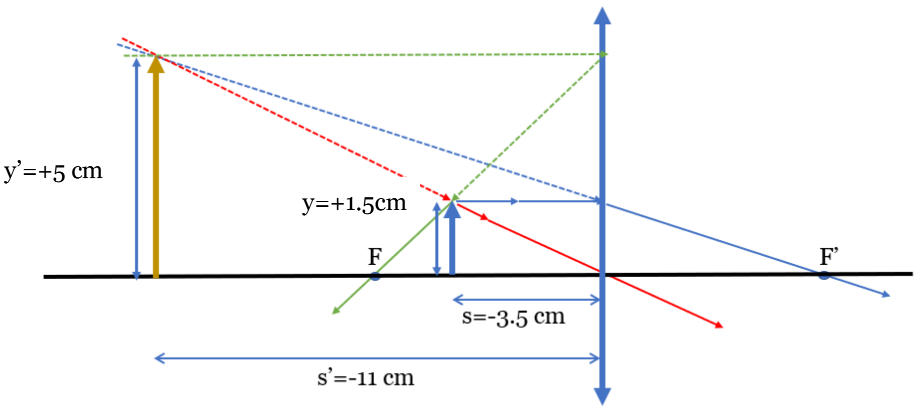
Apartado (c)	Puntos
Sustituyendo t en la expresión anterior por 1 s y 3 s respectivamente queda I(1)=-1.22 A; I(2)=+1.22 A	0.25
Esta parte puede hacerse de dos maneras (ambas válidas). • Según la regla de la mano derecha, y siendo el sentido positivo el marcado por $\vec{S}$, el sentido en t=1 sería el que vaya "hacia abajo", es decir, el horario (A); y para t=3 el opuesto a este: hacia arriba → antihorario → B • Otra forma, que en realidad contesta ya a la otra pregunta que se hace, es basándose en el cambio de flujo. Como B y S forman menos de 90º (en concreto 30º), cuando aumenta B (como es el caso en t=1) aumenta el flujo, y la corriente irá en sentido opuesto a este incremento "hacia arriba" (ley Lenz) por tanto para t=1 s el sentido será horario (A). En cambio, en t=3 s el campo B está disminuyendo con t, y con él el flujo por lo que la corriente inducida tratará de aumentar el flujo. Para ello tiene que tener el sentido antihorario (B) *Si sólo se da el sentido sin ninguna explicación no se puntúa nada en esta sección. En la medida en que la explicación sea más o menos completa damos 0.25 ó 0.50.*	0.5
A pesar de tener el mismo valor B en ambos momentos, lo importante para la inducción es el ritmo de cambio del flujo. En t=1 s está aumentando y en t=3 s disminuyendo. De ahí la diferencia de signo *Esta cuestión puede entenderse por contestada según se haya discutido lo anterior*	0.25

4. A una distancia de 15 cm a la derecha de una lente convergente de 5 cm de focal se registra una imagen óptica de 3 cm de alto en posición invertida.
   a. Realiza un trazado de rayos para localizar la posición y tamaño del objeto que produce dicha imagen, explicando las reglas de trazado para los rayos que uses.
   b. Determina numéricamente el tamaño y posición del objeto, así como el aumento lateral de este sistema óptico.
   c. ¿Qué características de la imagen cambian si el objeto se sitúa a 3.5 cm a la izquierda de la lente? Realiza un trazado de rayos para ilustrarlo y determina la posición de la imagen y el aumento lateral para este caso, indicando razonadamente si la imagen es real o virtual.

Apartado (a)	Puntos
Realiza el trazado de rayos completo para este caso. *(Debe ser cualitativamente correcto aunque no se realice a escala)* 	0.5
Explica **al menos dos** reglas de trazado de rayos: (con 2 bien explicados ya damos 0.5 aquí) • El rayo que llega a la lente paralelo al eje óptico sale pasando por el foco imagen (f') • El rayo que pasa por el foco objeto sale de la lente paralelo al eje óptico • El rayo que incide en el centro de la lente no se desvía	0.5

Apartado (b)	Puntos
La fórmula de Gauss de las lentes delgadas establece (criterio DIN) $\frac{1}{s'}-\frac{1}{s}=\frac{1}{f'}$	0.25
En este caso nos dan datos para disponer de f'=+5 cm; f=-5 cm; s'=+15 cm; y'=-3 cm Despejamos s= -7.5 cm (**posición del objeto**)	0.25
El aumento lateral es y'/y=A. Además sabemos que A está relacionado con las posiciones A=s'/s. Por tanto y=y'·s/s'=1.5 cm (**tamaño objeto**)	0.25
El **aumento lateral** es A=y'/y=-3 cm/1.5 cm = -2	0.25

Nota: En caso de no utilizar este criterio de signos la fórmula de Gauss sería $\frac{1}{s'}+\frac{1}{s}=\frac{1}{f'}$ *y el aumento lateral A=y'/y=-s'/s . En este caso s' sería >0 y sale s=+7.5 cm y A=-2 (igual). Si se mantiene con coherencia este criterio también es válido. Lo mismo para el apartado siguiente, donde A sería positivo y s'<0 al ser virtual.*

Apartado (c)		Puntos
Realiza el trazado de rayos completo para este caso. *(Debe ser cualitativamente correcto, aunque no se realice a escala)*		0.5

Calcula con las mismas fórmulas antes expuestas la posición, tamaño y aumento lateral. Como en este caso el objeto está a una distancia de la lente **menor** que la focal la imagen sale virtual (s'<0) y derecha (y'>0). Esta es la principal diferencia con el caso anterior. Ahora f'=+5 cm; f=-5 cm; s=-3.5 cm; y=1.5 cm *Como el tamaño "y" viene del apartado anterior, si hubiera un error previo y se pusiese aquí cualquier otro valor (positivo) no se tiene en cuenta. Se mira la coherencia* 1/s'=1/s+1/f=1/(-3.5)+1/5 → s'=-11.7 cm **posición imagen** y'=y·s'/s=5 cm **tamaño imagen** A=y'/y=3.34 **aumento lateral** La imagen es virtual pues queda en el mismo lado de la lente por el que llegan los rayos. No se puede recoger en una pantalla.	0.5

Sección 2: Cuestiones (elegir 3). Puntuación máxima 1 punto cada una.

5. ¿Cuál es la longitud de onda asociada de un electrón cuya velocidad es la mitad de la velocidad de la luz? ¿Y la de una pelota de tenis de 50 g que se mueve a una velocidad de 400 m/s? Teniendo en cuenta que el tamaño de un núcleo atómico es del orden de 10^{-15} m ¿Qué conclusión sacas de los valores calculados para las longitudes de onda?
   Datos: h = $6.63\cdot10^{-34}$ J·s ; $m_e=9.11\cdot10^{-31}$ kg ; $c=3\cdot10^{8}$ m/s

Cuestión 5	Puntos
La longitud de onda asociada a una partícula según De Broglie es λ=h/p=h/mv	0.25
Para el electrón $\lambda_e=\frac{6.63\cdot10^{-34}\ J\cdot s}{9.1\cdot10^{-31}\cdot\frac{1}{2}\cdot3\cdot10^{8} kg\ m/s}=4.85\cdot10^{-12}\ m$	0.25
Para la pelota $\lambda_p=\frac{6.63\cdot10^{-34}\ J\cdot s}{50\cdot10^{-3}\cdot400\ kg\ m/s}=3.31\cdot10^{-35}\ m$	0.25
Dado que el resultado para la pelota es 20 órdenes de magnitud inferior al tamaño de un núcleo, será imposible mediante un experimento poner de manifiesto el carácter ondulatorio asociado a la pelota, mientras que sí podrá manifestarse el correspondiente al electrón, que es 1000 veces mayor al tamaño de un núcleo.	0.25

6. El potencial de detención de un metal es 0.1 V y el trabajo de extracción del metal es 10^{-18} J. ¿Cuánto vale la energía del fotón incidente? ¿Y su frecuencia?
   Datos: $h=6.63\cdot10^{-34}$ J·s ; $q_e = 1.602\cdot10^{-19}$ C

Cuestión 6	Puntos
El potencial de detención refleja la energía cinética del electrón, y se expresa en término de la energía potencial eléctrica necesaria para detenerlo: $E_c=E_p=qV=1.6\cdot10^{-20}$ J	0.25
La fórmula para el efecto fotoeléctrico establece que la energía dada al metal por el fotón incidente E_γ se consume en liberar al electrón de la energía que lo retiene al sólido (trabajo de extracción, W). El resto queda como energía cinética del electrón liberado (que es la determinada antes mediante el potencial de detención) $E_\gamma=W+E_c=10^{-18}+1.6\cdot10^{-20}=1.016\cdot10^{-18}$ J → **energía del fotón**	0.50
Según la ley de Planck esta energía corresponde a una frecuencia ν=E/h=**$1.53\cdot10^{15}$ Hz**	0.25

7. Escribe las reacciones nucleares que tienen lugar cuando el Neptunio (Np-241) se desintegra emitiendo dos partículas β seguidas de una partícula α. Puedes ayudarte del siguiente fragmento de la tabla periódica para obtener información necesaria, incluye los números atómicos.

90	91	92	93	94	95	96
Th	**Pa**	**U**	**Np**	**Pu**	**Am**	**Cm**
Torio	*Protactinio*	*Uranio*	*Neptunio*	*Plutonio*	*Americio*	*Curio*

Cuestión 7	Puntos
La partícula α es un núcleo de Helio, por tanto tiene 2 protones (Z) y como además tiene 2 neutrones su masa atómica es 4. Por tanto ${}^{4}_{2}\alpha$ *No es preciso utilizar el mismo formalismo, pero sí conocer la partícula α y sus propiedades Z y A de cara a la emisión*	0.25
La partícula β es un electrón que se genera por la conversión de un protón en un neutrón, por tanto ocasiona un cambio de Z de -1 unidad pero deja la masa atómica total invariable. De esta forma lo representamos como ${}^{0}_{-1}\beta$ *No es preciso utilizar el mismo formalismo, pero sí conocer la partícula β y sus propiedades Z y A de cara a la emisión*	0.25
Mediante la emisión de una partícula α y 2 β el núcleo será (obtenemos su Z de la tabla): ${}^{241}_{93}Np \rightarrow {}^{4}_{2}\alpha + {}^{0}_{-1}\beta + {}^{0}_{-1}\beta + {}^{237}_{93}X$ Donde hemos realizado el cálculo del núcleo producto a partir del balance de A por un lado y Z por otro. Los cambios en Z se compensan con +2-1-1 con lo que el producto sigue siendo Np, pero un isótopo diferente ya que su masa es 237. Núcleo final ${}^{237}_{93}Np$	0.5

8. Calcular para el instante t = T/4 la elongación de un punto cuya distancia a un foco emisor de ondas es x =λ/4 sabiendo que la amplitud de la vibración es 2 cm y que la onda se desplaza de izquierda a derecha. ¿Y si viaja en sentido contrario?

Cuestión 8	Puntos
La expresión general de una onda armónica que viaja de izquierda a derecha es Ψ=A·sen(k·x-ω·t+δ) A=2 cm. Al no dar el valor del desfase ni datos para calcularlo asumimos que es nulo	
Como ω =2π/T, para t=T/4 queda ω·t=2π/4=π/2	0.25
Como k=2π/λ, para x=λ/4 queda k·x=2π/4=π/2	0.25
El valor por tanto será Ψ=2·sin(π/2- π/2)=0	0.25
Si viaja en sentido contrario, el signo de ω·t es el opuesto Ψ=2·sin(π/2+ π/2)=0, también está en ese caso pasando por el punto de equilibrio (elongación nula)	0.25

Nota 1: Al no dar información explicita del desfase, si se deja todo en función de un δ genérico también lo damos por válido.
Nota 2: En caso de tomar función COSENO en la onda los valores serían (con δ=0) de 2 cm cuando viaja hacia la derecha y -2 cm cuando viaja hacia la izquierda. También se da por válido si se toma esta forma.

9. Dos esferas metálicas de radios R_1=R y R_2=2R están cargadas con una carga Q cada una de ellas. Determina la relación entre sus potenciales (V_1/V_2) y si intercambiarán carga entre ellas al ponerlas en contacto: en caso afirmativo indica cuál de ellas da carga y cual recibe; en caso negativo justifica por qué.

Cuestión 9	Puntos
El potencial electrostático de una esfera de radio R cargada con carga Q es V=KQ/R	0.25
Como las cargas son iguales y $R_2=2R_1$ El cociente de potenciales en este caso es $V_1/V_2=\frac{q_1 R_2}{R_1 q_2}=2$	0.25
Al ponerlas en contacto eléctrico intercambiarán carga hasta igualar sus potenciales	0.25
Como $V_1 > V_2$ será la esfera 1 la que cederá carga a la esfera 2	0.25

10. Dos satélites de igual masa: A y B, describen órbitas circulares de diferentes radios alrededor de la Tierra: $r_A > r_B$. Contesta razonadamente a las siguientes preguntas:
    a) ¿Cuál de los dos tiene mayor energía cinética?
    b) Si los dos satélites estuvieran en la misma órbita $r_A = r_B$ y tuviesen distinta masa $m_A < m_B$, ¿Cuál de los dos tendría más energía cinética?

Cuestión 10	Puntos
El equilibrio en una órbita circular se da cuando $F=m\cdot a_c \rightarrow \frac{GMm}{R^2} = \frac{mv^2}{R}$, luego $v^2 = \frac{GM}{R}$ La energía cinética entonces será $E_c = \frac{mv^2}{2} = \frac{GMm}{2R}$	0.25 0.25
Según lo anterior, para una misma masa m al estar R en el denominador, si $R_A > R_B \rightarrow E_{cA}<E_{cB}$	0.25
Si los radios son iguales pero $m_A < m_B$, al ir en el numerador $E_{cA}<E_{cB}$	0.25

Sección 3: Cuestiones experimentales (elegir una). Puntuación máxima 1 punto cada una.

11. En un experimento de refracción de luz hacemos que un haz que viaja por vidrio (n=1.5) llegue a la frontera de separación con el aire (n=1) a distintos ángulos de incidencia (en grados). Copia la siguiente tabla en tu cuadernillo de examen, completa las casillas que puedas y explica por qué alguna(s) tienen que quedarse en blanco.

Θ incidente	**4.4**	25	35	45	55
Θ refractado	6.6	**39.3**	**59.3**	**---**	**---**

Cuestión 11	Puntos
La ley de Snell de la refracción establece la relación entre el ángulo incidente desde el medio 1 y el ángulo transmitido al medio 2: $n_1 sen(\theta_i)=n_2 sen(\theta_t)$	0.25
Aplicamos dicha ley a todos los casos con $n_1=1.5$; $n_2=1$ y se obtienen los valores en rojo de la tabla	0.25
En los casos de $\theta_i=45^o$ y 55^o la ecuación no tiene solución al quedar $sen(\theta_t)>1$ En este caso se produce el fenómeno de reflexión interna total para ángulos incidentes mayores que el ángulo crítico, que es $\theta_c=arcsen(1/1.5)=41.8^o$ *(no se pide calcular este ángulo crítico por lo que no se exige para la máxima puntuación aquí, pero sí la explicación del fenómeno)*	0.5

12. Acercamos a un imán fijo una bobina a la que tenemos conectado un voltímetro, hasta que la bobina queda completamente dentro del imán, y la dejamos ahí unos segundos y la retiramos. Explica razonadamente cómo varían en este proceso el flujo del campo magnético que atraviesa la bobina y la lectura del voltímetro que tenemos conectado.

Cuestión 12	Puntos
El flujo magnético es el producto escalar del campo y el vector representativo de la superficie de la bobina. Conforme se acerca el imán la intensidad del campo en la posición de la bobina, y por tanto el flujo, aumenta de valor. Al pararse el imán el flujo queda en un valor constante, y va disminuyendo cuando alejamos el imán.	0.5
La fuerza electromotriz inducida en la bobina, que es lo que registra el voltímetro, depende según la ley de Faraday del ritmo de cambio del flujo. Por tanto, será distinto de cero al acercar el imán, se hace cero mientras el imán esta parado, y cambia de signo al alejar el imán.	0.5

Nota: Dado que no se dan detalles ni se establece un criterio de signos, no es preciso decir si el flujo o el voltaje son positivos o negativos en cada caso. Lo esencial es que el flujo primero aumenta y luego disminuye (pero siempre con un mismo signo) y la fem cambia de signo entre el acercamiento y el alejamiento.