

Cognoms i Nom:

Codi:

Examen parcial de Física - ONES
22 de Desembre de 2015

Model A

Qüestions: 100% de l'examen

A cada qüestió només hi ha una resposta correcta. Encerceleu-la de manera clara.

Puntuació: correcta = 1 punt, incorrecta = -0.25 punts, en blanc = 0 punts.

T1) Descrivim una ona amb la funció $y(x, t) = A \cos(kx - \omega t)$. Si la velocitat màxima transversal és $v_{\max} = 0.5 \text{ ms}^{-1}$, la longitud d'ona és $\lambda = 200 \text{ m}$ i l'amplitud de l'ona és $A = 1.75 \text{ m}$, la velocitat de propagació de l'ona és:

- a) $v = 0.63 \text{ ms}^{-1}$. b) $v = 4.32 \text{ ms}^{-1}$. c) $v = 9.09 \text{ ms}^{-1}$. d) $v = 3.74 \text{ ms}^{-1}$.

T2) Una ona electromagnètica es propaga en el sentit positiu de l'eix z . En un punt de l'espai i en un instant donat el camp elèctric val $\vec{E} = 0.081 \hat{j} \text{ Vm}^{-1}$. En aquest punt, el camp magnètic és:

- a) $\vec{B} = 2.70 \cdot 10^{-10} \hat{j} \text{ T}$. b) $\vec{B} = 2.43 \cdot 10^6 \hat{j} \text{ T}$.
c) $\vec{B} = -2.43 \cdot 10^6 \hat{j} \text{ T}$. d) $\vec{B} = -2.70 \cdot 10^{-10} \hat{i} \text{ T}$.

T3) El camp elèctric d'una ona electromagnètica és $\vec{E}(z, t) = E_0 \cos(kz + \omega t)(\hat{i} + \hat{j})$. Aleshores, el camp magnètic de l'ona és:

- a) $\vec{B}(z, t) = (E_0/c) \cos(kz - \omega t)\hat{k}$.
b) $\vec{B}(z, t) = (E_0/c) \cos(kz + \omega t)(\hat{i} - \hat{j})$.
c) $\vec{B}(z, t) = (E_0/c) \cos(kz - \omega t)(\hat{i} + \hat{j})$.
d) $\vec{B}(z, t) = (E_0/c) \cos(kz + \omega t)(-\hat{i} + \hat{j})$.

T4) L'amplitud del camp magnètic d'una ona electromagnètica harmònica val $3.3 \cdot 10^{-7} \text{ T}$. Si l'ona incideix perpendicularment sobre una superfície de 10 cm^2 , la potència incident val:

- a) $1.7 \cdot 10^{-7} \text{ W}$. b) $1.3 \cdot 10^{-2} \text{ W}$. c) $2.7 \cdot 10^{-2} \text{ W}$. d) 100 W .

T5) La nau espacial Voyager 1, en viatge interplanetari, utilitza una freqüència $f = 8.4 \text{ GHz}$ quan emet ones de ràdio cap a la Terra, des d'una distància actual de $d = 20000$ milions de Km. La potència d'emissió és de 19 W , i l'ona és dirigida amb gran precisió cap a la Terra, de forma que quan aquesta arriba a nosaltres (després de 18.5 hores de viatge) el senyal s'ha repartit sobre una superfície que és només $1/150000$ de la superfície d'una esfera de radi igual a la distància Voyager-Terra. El valor màxim del camp elèctric de la radiació electromagnètica provinent de la nau en arribar a nosaltres és doncs aproximadament:

- a) $E_0 = 6.5 \cdot 10^{-10} \text{ Vm}^{-1}$. b) $E_0 = 2.7 \cdot 10^{-11} \text{ Vm}^{-1}$.
c) $E_0 = 5.8 \cdot 10^{-9} \text{ Vm}^{-1}$. d) Cap dels anteriors.

Cognoms i Nom:

Codi:

Examen parcial de Física - ONES
22 de Desembre de 2015

Model B

Qüestions: 100% de l'examen

A cada qüestió només hi ha una resposta correcta. Encerclou-la de manera clara.

Puntuació: correcta = 1 punt, incorrecta = -0.25 punts, en blanc = 0 punts.

T1) El camp elèctric d'una ona electromagnètica és $\vec{E}(z, t) = E_0 \cos(kz + \omega t)(\hat{i} + \hat{j})$. Aleshores, el camp magnètic de l'ona és:

- a) $\vec{B}(z, t) = (E_0/c) \cos(kz - \omega t)(\hat{i} + \hat{j})$.
- b) $\vec{B}(z, t) = (E_0/c) \cos(kz - \omega t)\hat{k}$.
- c) $\vec{B}(z, t) = (E_0/c) \cos(kz + \omega t)(-\hat{i} + \hat{j})$.
- d) $\vec{B}(z, t) = (E_0/c) \cos(kz + \omega t)(\hat{i} - \hat{j})$.

T2) L'amplitud del camp magnètic d'una ona electromagnètica harmònica val $3.3 \cdot 10^{-7}$ T. Si l'ona incideix perpendicularment sobre una superfície de 10 cm^2 , la potència incident val:

- a) $1.7 \cdot 10^{-7}$ W.
- b) 100 W.
- c) $1.3 \cdot 10^{-2}$ W.
- d) $2.7 \cdot 10^{-2}$ W.

T3) La nau espacial Voyager 1, en viatge interplanetari, utilitza una freqüència $f = 8.4$ GHz quan emet ones de ràdio cap a la Terra, des d'una distància actual de $d = 20000$ milions de Km. La potència d'emissió és de 19 W, i l'ona és dirigida amb gran precisió cap a la Terra, de forma que quan aquesta arriba a nosaltres (després de 18.5 hores de viatge) el senyal s'ha repartit sobre una superfície que és només $1/150000$ de la superfície d'una esfera de radi igual a la distància Voyager-Terra. El valor màxim del camp elèctric de la radiació electromagnètica provinent de la nau en arribar a nosaltres és doncs aproximadament:

- a) $E_0 = 6.5 \cdot 10^{-10} \text{ Vm}^{-1}$.
- b) $E_0 = 2.7 \cdot 10^{-11} \text{ Vm}^{-1}$.
- c) $E_0 = 5.8 \cdot 10^{-9} \text{ Vm}^{-1}$.
- d) Cap dels anteriors.

T4) Entre dos filtres polaritzadors, amb els respectius eixos de transmissió perpendiculars entre sí, interposem un tercer polaritzador amb el seu eix de transmissió formant un angle α amb el primer i $90^\circ - \alpha$ amb el segon. Si fem passar llum no polaritzada pel sistema i la intensitat emergent és un 8.5 % de la intensitat inicial, podem deduir que el valor de l'angle α és:

- a) $\alpha = 37.1^\circ$.
- b) $\alpha = 18.0^\circ$.
- c) $\alpha = 27.8^\circ$.
- d) $\alpha = 22.5^\circ$.

T5) Descrivim una ona amb la funció $y(x, t) = A \cos(kx - \omega t)$. Si la velocitat màxima transversal és $v_{\max} = 0.5 \text{ ms}^{-1}$, la longitud d'ona és $\lambda = 200 \text{ m}$ i l'amplitud de l'ona és $A = 1.75 \text{ m}$, la velocitat de propagació de l'ona és:

- a) $v = 4.32 \text{ ms}^{-1}$.
- b) $v = 9.09 \text{ ms}^{-1}$.
- c) $v = 3.74 \text{ ms}^{-1}$.
- d) $v = 0.63 \text{ ms}^{-1}$.

T6) Una font F emet ones de ràdio a l'entrada del tub esquematitzat a la figura. Una part de les ones viatja a través de la part semicircular del tub i la resta a través de la part recta. Quan $r = 17.5$ cm el receptor D detecta una intensitat nul·la. Llavors, la longitud d'ona de les ones pot valer, aproximadament,

- a) 40 cm.
- b) 20 cm.
- c) 10 cm.
- d) 75 cm.



T7) Un punter làser emet llum de longitud d'ona $\lambda = 635$ nm amb una potència 4 mW . Si enviem un pols de 0.3s de durada, quants fotons s'han emès? ($h = 6.63 \cdot 10^{-34}$ Js, $c = 3 \cdot 10^8$ ms⁻¹)

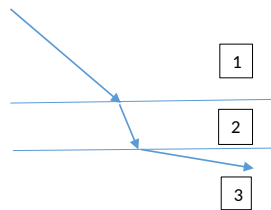
- a) $N = 5.81 \cdot 10^{14}$.
- b) $N = 5.81 \cdot 10^{17}$.
- c) $N = 3.83 \cdot 10^{16}$.
- d) $N = 3.83 \cdot 10^{15}$.

T8) La profunditat dels forats practicats en la làmina metàl·lica dels CD-ROM és $d = 125$ nm. Sabent que aquesta làmina està recoberta per una capa de policarbonat d'índex de refracció $n_p = 1.5$, que a la zona de lectura hi incideixen $4 \cdot 10^{16}$ fotons/s i que la constant de Planck val $h = 6.63 \cdot 10^{-34}$ Js, el làser utilitzat en la seva lectura té aproximadament una potència de

- a) 10.6 mW.
- b) 71 mW.
- c) 2.6 mW.
- d) 7.1 mW.

T9) El gràfic mostra un raig de llum que es propaga a través de tres medis diferents. Per les velocitats de la llum en aquests tres medis es verifica que

- a) $v_2 > v_1 > v_3$.
- b) $v_3 > v_2 > v_1$.
- c) $v_1 > v_2 > v_3$.
- d) $v_3 > v_1 > v_2$.



T10) Una ona electromagnètica es propaga en el sentit positiu de l'eix z . En un punt de l'espai i en un instant donat el camp elèctric val $\vec{E} = 0.081 \hat{j}$ Vm⁻¹ . En aquest punt, el camp magnètic és:

- a) $\vec{B} = 2.70 \cdot 10^{-10} \hat{j}$ T.
- b) $\vec{B} = -2.70 \cdot 10^{-10} \hat{i}$ T.
- c) $\vec{B} = -2.43 \cdot 10^6 \hat{j}$ T.
- d) $\vec{B} = 2.43 \cdot 10^6 \hat{j}$ T.

Respostes correctes

Qüestió	Model A	Model B
T1)	c	d
T2)	d	c
T3)	b	a
T4)	b	c
T5)	a	b
T6)	a	a
T7)	c	d
T8)	c	a
T9)	b	d
T10)	a	b

Resolució del Model A

T1) La velocitat transversal màxima és:

$$\frac{\partial y}{\partial t} = \omega A \sin(kx - \omega t) \rightarrow v_{\max} = A\omega$$

i

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi \frac{v}{\lambda} \rightarrow v_{\max} = 0.5 = 2\pi \frac{A v}{\lambda}$$

Aleshores,

$$v = 0.5 \frac{\lambda}{2\pi A} = 9.0945 \text{ m/s}$$

T2) Podem calcular \vec{B} a partir de

$$\vec{B} = \frac{\hat{u} \times \vec{E}}{c} = \frac{\hat{k} \times 0.081 \hat{j}}{3 \times 10^8} = -2.7 \cdot 10^{-10} \hat{i} \text{ T}$$

T3) D'acord amb l'expressió del camp elèctric, l'ona es propaga cap a les z negatives. Per tant, el vector unitari que indica la direcció de propagació és $\hat{u} = -\hat{k}$. Considerant que $\vec{B} = (\hat{u} \times \vec{E})/c$ s'obté

$$\vec{B}(z, t) = (E_0/c) \cos(kz + \omega t)(\hat{i} - \hat{j})$$

T4) La intensitat mitjana de l'ona és $\bar{I} = cB_0^2/(2\mu_0) = 13 \text{ Wm}^{-2}$. La potència incident serà $P = \bar{I} \cdot (10 \cdot 10^{-4}) = 1.3 \cdot 10^{-2} \text{ W}$.

T5) Calculem la intensitat mitjana de l'ona electromagnètica rebuda a la Terra :

$$\bar{I} = \frac{P}{S} = \frac{150000 \times 19}{4\pi(2 \times 10^{13})^2} = 5.67 \times 10^{-22} \text{ W/m}^2$$

El valor màxim del camp elèctric val doncs

$$\bar{I} = \frac{1}{2} \frac{E_0^2}{\mu_0 c} \rightarrow E_0 = \sqrt{2\bar{I}\mu_0 c} = 6.5 \cdot 10^{-10} \text{ V/m}$$

T6) La intensitat es redueix en un factor $1/2$ en passar per el primer filtre, un segon factor $\cos^2(\alpha)$ en passar per el segon i un nou factor $\cos^2(90^\circ - \alpha) = \sin^2(\alpha)$ en passar pel tercer.

La intensitat emergent és doncs $\frac{1}{2} \cos^2(\alpha) \sin^2(\alpha)$ vegades la intensitat inicial. Les solucions proposades donen com a quocient (0.085, 0.116, 0.062, 0.043) per als valors $\alpha = (27.8^\circ, 37.1^\circ, 22.5^\circ, 18^\circ)$, per tant l'angle amb que hem introduït el filtre polaritzador central és $\alpha = 27.8^\circ$

T7) D'acord amb la llei de Snell, en la primera refracció tenim $n_1 \sin \alpha_1 = n_2 \sin \alpha_2$. Com que l'angle de refracció és menor que el d'incidència, $n_2 > n_1$ i $v_1 > v_2$ (ja que $v_i = c/n_i$). En el pas del segon al tercer medi $n_2 \sin \alpha_2 = n_3 \sin \alpha_3$. Aquí $\alpha_3 > \alpha_2$ i per tant $n_2 > n_3$, de manera que $v_3 > v_2$. De les anteriors equacions tenim també $n_1 \sin \alpha_1 = n_3 \sin \alpha_3$. Com que $\alpha_3 > \alpha_1$, llavors $n_1 > n_3$, i per tant $v_3 > v_1$.

T8) Al detector D es produeixen interferències entre ones que presenten una diferència de fase degut a la diferència dels camins recorreguts. La diferència de camins recorreguts per les ones provinents del camí semicircular i les del camí recte és de $\Delta r = \pi r - 2r$. La condició de mínim és $k \cdot \Delta r_m = (2n + 1)\pi$, de manera que $\lambda = 2\Delta r_m / (2n + 1)$ i per $n = 0$ tenim $\lambda = 40$ cm.

T9) Per la correcta lectura del CD s'ha de verificar que $k \cdot 2d = \pi$ i per tant $\lambda = 4d = 500$ nm. La longitud d'ona a l'aire serà $\lambda_0 = \lambda \cdot n_p = 750$ nm. Trobem la potència del làser fent $P = (4 \cdot 10^{16} \text{ fotons/s}) \cdot E_{\text{foto}}$, és a dir, $P = (4 \cdot 10^{16} \text{ fotons/s}) \cdot (h \cdot c / \lambda_0) = 10.6$ mW.

T10) L'energia total del pols és: $U = (4 \cdot 10^{-3})(0.3) \text{ s} = 1.2 \cdot 10^{-3}$ J. L'energia de cada fotó és: $h f = h c / \lambda = 3.13 \cdot 10^{-19}$ J

Aleshores, el nombre total de fotons és el quocient:

$$N = \frac{U}{h f} = 3.83 \cdot 10^{15}$$