

Cognoms i Nom:

Codi

Examen parcial de Física - ONES  
5 de juny del 2019

Model A

**Qüestions: 100% de l'examen**

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

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

( $\varepsilon_0 = 8.854 \cdot 10^{-12} \text{ C V}^{-1} \text{ m}^{-1}$  ,  $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ T m/A}$  ,  $h = 6.63 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$  )

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

- a)  $\vec{B}(y, t) = B_0 \cos(ky + \omega t)(-\hat{j})$ .
- b)  $\vec{B}(y, t) = B_0 \cos(ky + \omega t)(-\hat{k})$ .
- c)  $\vec{B}(y, t) = B_0 \cos(ky + \omega t)(\hat{k})$ .
- d)  $\vec{B}(y, t) = B_0 \cos(ky + \omega t)(\hat{j})$ .

**T2)** Un feix de llum incideix sobre una superfície. L'angle d'incidència amb la normal és de 30 graus, l'angle entre els raigs reflectits i refractats és de 100 graus. Quin és l'angle de refracció?

- a)  $50^\circ$
- b)  $70^\circ$
- c)  $100^\circ$
- d)  $30^\circ$

**T3)** Segons la nova normativa europea que té com a objectiu reduir les emissions de  $\text{CO}_2$ , la potència màxima de les llums en mode de permanència (standby) està limitada a 0,5 W. Calculeu la quantitat màxima de fotons que pot emetre un llum vermell (longitud d'ona 650 nm) en modo de permanència en 1 minut.

- a)  $1.6 \times 10^{21}$
- b)  $1.6 \times 10^{18}$
- c)  $9.8 \times 10^{22}$
- d)  $9.8 \times 10^{19}$

**T4)** El làser Vulcan, que s'utilitza en experiments de fusió nuclear, emet llum amb una longitud d'ona de 633 nm en polsos de  $10^{-12}$  s. Si durant un pols emet  $3.18 \cdot 10^{21}$  fotons, quina és la potència del làser aproximadament?

- a) 10 mW
- b)  $10^{10}$  W
- c)  $10^5$  W
- d)  $10^{15}$  W

**T5)** Dues ones procedents d'una font de llum coherent violeta ( $\lambda = 400 \text{ nm}$ ) arriben a un punt determinat, havent seguit dos camins diferents, amb una diferència de camí de  $\Delta\lambda = 1,2 \mu\text{m}$ . En aquest punt:

- a) es produeix interferència destructiva total
- b) es produeix interferència constructiva parcial
- c) es produeix interferència destructiva parcial
- d) es produeix interferència constructiva total

- T6)** Una ona harmònica té una funció d'ones  $y(x, t) = A \sin\{2\pi[(x/2) - (t/4)]\}$  on  $x$  s'expressa en cm i  $t$  en segons. Podem afirmar que la diferència de fase
- en un cert punt, en un interval de 3 s és de  $45^\circ$ .
  - en un cert punt, en un interval de 2 s és de  $180^\circ$ .
  - entre 2 punts separats 4 cm és de  $90^\circ$ .
  - entre 2 punts separats 0.5 cm és de  $45^\circ$ .
- T7)** Quins paràmetres d'una ona electromagnètica (camp elèctric  $\vec{E}$ , camp magnètic  $\vec{B}$ ) **no** són possibles?
- $\vec{E}_0 = 2 \text{ V/m } \hat{j}$ ,  $\vec{B}_0 = 6.6 \times 10^{-9} \text{ T } \hat{k}$ , propagant-se en el sentit negatiu de l'eix  $x$
  - $\vec{E}_0 = 6 \text{ V/m } (-\hat{k})$ ,  $\vec{B}_0 = 2 \times 10^{-8} \text{ T } \hat{j}$  propagant-se en el sentit positiu de l'eix  $x$
  - $\vec{E}_0 = 12 \text{ V/m } (-\hat{i})$ ,  $\vec{B}_0 = 4 \times 10^{-8} \text{ T } \hat{j}$ , propagant-se en el sentit negatiu de l'eix  $z$
  - $\vec{E}_0 = 20 \text{ V/m } \hat{j}$ ,  $\vec{B}_0 = 6.6 \times 10^{-8} \text{ T } (-\hat{i})$ , propagant-se en el sentit positiu de l'eix  $z$
- T8)** Un satèl·lit emet ones electromagnètiques linealment polaritzades amb una potència mitjana de 12 kW de tal manera que les ones emeses només arriben a una zona de la Terra que cobreix una superfície de  $9 \cdot 10^6 \text{ km}^2$ , on és perfectament vàlida l'aproximació d'ones planes. Quins són els valors més aproximats de les amplituds dels camps elèctric i magnètic dels senyals a la superfície de la Terra?
- 0.001 V/m i  $3.3 \cdot 10^{-12} \text{ T}$
  - 0.001 V/m i  $2.04 \cdot 10^{-10} \text{ T}$
  - 0.087 V/m i  $2.59 \cdot 10^{-7} \text{ T}$
  - 0.087 V/m i  $2.89 \cdot 10^{-10} \text{ T}$
- T9)** Si comparem la radiació infraroja amb la llum visible en el buit, quina de les afirmacions següents és certa?
- La longitud d'ona infraroja és més petita que la de la llum visible.
  - La radiació infraroja és propaga més ràpid que la llum visible.
  - El nombre d'ona infraroig és més petit que el de la llum visible.
  - La freqüència infraroja és més gran que la de la llum visible.
- T10)** Un feix de llum natural (no polaritzada) d'intensitat  $8 \text{ W/m}^2$  travessa tres filtres polaritzadors consecutius, amb un angle  $\theta$  entre eixos de transmissió (o polarització) de dos filtres consecutius. Si a la sortida es detecta una intensitat de  $2.25 \text{ W/m}^2$ , quin és el valor de l'angle  $\theta$  ?
- $30^\circ$
  - $45^\circ$
  - $15^\circ$
  - $60^\circ$

Cognoms i Nom:

Codi

Examen parcial de Física - ONES  
5 de juny del 2019

Model B

**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.

$$(\varepsilon_0 = 8.854 \cdot 10^{-12} \text{ C V}^{-1} \text{ m}^{-1}, \mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ T m/A}, h = 6.63 \cdot 10^{-34} \text{ Js})$$

**T1)** Un satèl·lit emet ones electromagnètiques linealment polaritzades amb una potència mitjana de 12 kW de tal manera que les ones emeses només arriben a una zona de la Terra que cobreix una superfície de  $9 \cdot 10^6 \text{ km}^2$ , on és perfectament vàlida l'aproximació d'ones planes. Quins són els valors més aproximats de les amplituds dels camps elèctric i magnètic dels senyals a la superfície de la Terra?

- a) 0.001 V/m i  $2.04 \cdot 10^{-10} \text{ T}$                       b) 0.087 V/m i  $2.59 \cdot 10^{-7} \text{ T}$   
c) 0.001 V/m i  $3.3 \cdot 10^{-12} \text{ T}$                       d) 0.087 V/m i  $2.89 \cdot 10^{-10} \text{ T}$

**T2)** Dues ones procedents d'una font de llum coherent violeta ( $\lambda = 400 \text{ nm}$ ) arriben a un punt determinat, havent seguit dos camins diferents, amb una diferència de camí de  $\Delta\lambda = 1,2 \mu\text{m}$ . En aquest punt:

- a) es produeix interferència destructiva total  
b) es produeix interferència constructiva parcial  
c) es produeix interferència constructiva total  
d) es produeix interferència destructiva parcial

**T3)** Quins paràmetres d'una ona electromagnètica (camp elèctric  $\vec{E}$ , camp magnètic  $\vec{B}$ ) **no** són possibles?

- a)  $\vec{E}_0 = 2 \text{ V/m } \hat{j}$ ,  $\vec{B}_0 = 6.6 \times 10^{-9} \text{ T } \hat{k}$ , propagant-se en el sentit negatiu de l'eix  $x$   
b)  $\vec{E}_0 = 20 \text{ V/m } \hat{j}$ ,  $\vec{B}_0 = 6.6 \times 10^{-8} \text{ T } (-\hat{i})$ , propagant-se en el sentit positiu de l'eix  $z$   
c)  $\vec{E}_0 = 12 \text{ V/m } (-\hat{i})$ ,  $\vec{B}_0 = 4 \times 10^{-8} \text{ T } \hat{j}$ , propagant-se en el sentit negatiu de l'eix  $z$   
d)  $\vec{E}_0 = 6 \text{ V/m } (-\hat{k})$ ,  $\vec{B}_0 = 2 \times 10^{-8} \text{ T } \hat{j}$  propagant-se en el sentit positiu de l'eix  $x$

**T4)** El camp elèctric d'una ona electromagnètica és  $\vec{E}(y, t) = E_0 \cos(ky + \omega t)(\hat{i})$ . Aleshores, el camp magnètic de l'ona és:

- a)  $\vec{B}(y, t) = B_0 \cos(ky + \omega t)(-\hat{k})$ .  
b)  $\vec{B}(y, t) = B_0 \cos(ky + \omega t)(-\hat{j})$ .  
c)  $\vec{B}(y, t) = B_0 \cos(ky + \omega t)(\hat{k})$ .  
d)  $\vec{B}(y, t) = B_0 \cos(ky + \omega t)(\hat{j})$ .

- T5)** Si comparem la radiació infraroja amb la llum visible en el buit, quina de les afirmacions següents és certa?
- La radiació infraroja és propaga més ràpid que la llum visible.
  - La freqüència infraroja és més gran que la de la llum visible.
  - La longitud d'ona infraroja és més petita que la de la llum visible.
  - El nombre d'ona infraroig és més petit que el de la llum visible.
- T6)** Segons la nova normativa europea que té com a objectiu reduir les emissions de  $\text{CO}_2$ , la potència màxima de les llums en mode de permanència (standby) està limitada a 0,5 W. Calculeu la quantitat màxima de fotons que pot emetre un llum vermell (longitud d'ona 650 nm) en modo de permanència en 1 minut.
- $9.8 \times 10^{22}$
  - $1.6 \times 10^{18}$
  - $9.8 \times 10^{19}$
  - $1.6 \times 10^{21}$
- T7)** Un feix de llum natural (no polaritzada) d'intensitat  $8 \text{ W/m}^2$  travessa tres filtres polaritzadors consecutius, amb un angle  $\theta$  entre eixos de transmissió (o polarització) de dos filtres consecutius. Si a la sortida es detecta una intensitat de  $2.25 \text{ W/m}^2$ , quin és el valor de l'angle  $\theta$  ?
- $60^\circ$
  - $15^\circ$
  - $30^\circ$
  - $45^\circ$
- T8)** El làser Vulcan, que s'utilitza en experiments de fusió nuclear, emet llum amb una longitud d'ona de 633 nm en polsos de  $10^{-12}$  s. Si durant un pols emet  $3.18 \cdot 10^{21}$  fotons, quina és la potència del làser aproximadament?
- $10^5 \text{ W}$
  - $10^{15} \text{ W}$
  - $10^{10} \text{ W}$
  - $10 \text{ mW}$
- T9)** Un feix de llum incideix sobre una superfície. L'angle d'incidència amb la normal és de 30 graus, l'angle entre els raigs reflectits i refractats és de 100 graus. Quin és l'angle de refracció?
- $30^\circ$
  - $100^\circ$
  - $50^\circ$
  - $70^\circ$
- T10)** Una ona harmònica té una funció d'ones  $y(x, t) = A \sin\{2\pi[(x/2) - (t/4)]\}$  on  $x$  s'expressa en cm i  $t$  en segons. Podem afirmar que la diferència de fase
- entre 2 punts separats 4 cm és de  $90^\circ$ .
  - entre 2 punts separats 0.5 cm és de  $45^\circ$ .
  - en un cert punt, en un interval de 3 s és de  $45^\circ$ .
  - en un cert punt, en un interval de 2 s és de  $180^\circ$ .

## Respostes correctes de les qüestions del Test

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

### Resolució del Model A

- T1)** D'acord amb l'expressió del camp elèctric, l'ona es propaga cap a les  $y$  negatives. Per tant, el vector unitari que indica la direcció de propagació és  $\vec{u} = -\hat{j}$ . El camp magnètic tindrà doncs la direcció  $\pm\hat{k}$  (perpendicular al camp elèctric i a la direcció de propagació). Per a determinar el sentit podem utilitzar la regla de la mà dreta o bé considerar que  $\vec{B} = [\vec{u} \times \vec{E}]/c$  d'on s'obté que  $\vec{B}(y, t) = \vec{B}_0 \cos(ky + \omega t)(\hat{k})$ .
- T2)** L'angle de reflexió és igual a l'angle d'incidència de  $30^\circ$ . La suma dels tres angles:  
 (1) de l'angle de reflexió de  $30^\circ$   
 (2) entre els raigs reflectits i refractat de  $100^\circ$   
 (3) l'angle de refracció desconegut  
 és  $180^\circ$  i per tant l'angle de refracció és  $180 - 100 - 30 = 50^\circ$
- T3)** La energia d'un fotó de freqüència  $f = c/\lambda$  és de  $hf = hc/\lambda$ . El nombre de fotons  $N$  està relacionat amb l'energia total transmesa  $E = Pt$  com  $N = E/(hf)$  i el nombre total de fotons és  $N = Pt\lambda/(hc) = 0,5W \cdot 60s \cdot 650 \times 10^{-9}m / (6.63 \times 10^{-34}Js \cdot 3 \times 10^8m/s) = 9.8 \times 10^{19}$
- T4)** Si emet  $N = 3.18 \cdot 10^{21}$  fotons en un pols de  $\Delta t = 10^{-12}$  s, el nombre de fotons emesos per unitat de temps és  $n = N/\Delta t = (3.18 \cdot 10^{21})/(10^{-12}) = 3.18 \cdot 10^{33}$  fotons/s. Com que l'energia d'un fotó és  $E = hf = hc/\lambda = 3.14 \cdot 10^{-19}$  J, la potència d'emissió és  $P = nE = (3.18 \cdot 10^{33})(3.14 \cdot 10^{-19}) = 10^{15}$  W.
- T5)** En aquest cas  $\Delta x/\lambda = 1.2 \times 10^{-6}m / 400 \times 10^{-9}m = 3$  i hi ha una interferència constructiva total.
- T6)** Comparant l'expressió general de la funció d'ona  $y(x, t) = A \sin\{2\pi[(x/\lambda) - (t/T)]\}$  amb la de l'enunciat, és immediat veure que la longitud d'ona és  $\lambda = 2$  cm i  $T = 4$  s. Aleshores, tenint en compte que la diferència de fase entre dos punts separats una distància  $\Delta x$  és  $\Delta\varphi = 2\pi\Delta x/\lambda = 2\pi\Delta x/2$ , per a  $\Delta x = 0.5$  cm tenim  $\Delta\varphi = \pi/2$  rad =  $90^\circ$ , i per a  $\Delta x = 4$  cm tenim  $\Delta\varphi = 4\pi$  rad =  $0^\circ$ . I tenint en compte que la diferència de fase entre dos instants de temps en el mateix punt és  $\Delta\varphi = 2\pi\Delta t/T = 2\pi\Delta t/4$  per a  $\Delta t = 3$  s tenim  $\Delta\varphi = \pi/2$  rad =  $270^\circ$ , i per a  $\Delta t = 2$  s tenim  $\Delta\varphi = \pi$  rad =  $180^\circ$ .

**T7)** La ona electromagnètica descrita en a) no és possible, ja que no compleix la relació entre els vectors del camp elèctric  $\vec{E}$ , magnètic  $\vec{B}$  i la direcció de propagació  $\vec{n}$  :  
 $\vec{E} = c[\vec{B} \times \vec{n}]$ .

**T8)** L'àrea de la superfície terrestre on incideixen les ones és

$$A = (9 \cdot 10^6 \text{ km}^2)(10^3 \text{ m})^2 / (1 \text{ km})^2 = 9 \cdot 10^{12} \text{ m}^2$$

Per tant la seva intensitat mitjana és  $I = P/A = (12 \cdot 10^3)/(9 \cdot 10^{12}) = 1.33 \cdot 10^{-9}$   
 $\text{W/m}^2$

Tenint en comte que  $I = E_0 B_0 / (2\mu_0)$  i  $B_0 = E_0 / c$

$$E_0 = [2Ic\mu_0]^{1/2} = 0.0010 \text{ V/m} \text{ i } B_0 = E_0 / c = 3.33 \cdot 10^{-12} \text{ T}$$

**T9)** L'energia  $E$  d'un fotó infraroig és més petita que la d'un fotó de llum visible, mentre que la velocitat dels dos és la mateixa i igual a  $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ . Per tant, tenint en compte que  $E = hf$ , on  $h$  és la constant de Plank i  $f$  la freqüència, la freqüència infraroja és més petita que la de la llum visible, la longitud d'ona infraroja  $\lambda = cT = c/f$  és més gran, i el nombre d'ones  $k = 2\pi/\lambda$  és més petit.

**T10)** La intensitat resultant  $I$  després que la llum natural (no polaritzada) d'intensitat inicial  $I_{nat}$  travessi el muntatge serà (on els tres factors entre calaudàtors reflecteixen l'efecte dels respectius polaritzadors)

$$I = I_0 [1/2][(\cos \theta)^2][(\cos \theta)^2] \text{ i, per tant, } (\cos \theta)^4 = 2I/I_0, \text{ d'on surt que } \theta = 30^\circ.$$