

Cognoms i Nom:

Codi:

**Examen parcial de Física ONES**  
**10 de gener del 2012**

**Model A**

**Qüestions (50% de l'examen)**

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

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

1.- Sabent que el camp magnètic associat a una ona electromagnètica plana, harmònica i linealment polaritzada és de la forma  $\mathbf{B}(x,t) = (B_0\mathbf{k})\sin(kx - \omega t)$ , determineu quina de les següents afirmacions és certa:

- a) l'ona avança en el sentit negatiu de les  $x$  i el camp elèctric és  $\mathbf{E}(x,t) = -(E_0\mathbf{j})\sin(kx - \omega t)$
- b) l'ona avança en el sentit negatiu de les  $x$  i el camp elèctric és  $\mathbf{E}(x,t) = (E_0\mathbf{j})\sin(kx - \omega t)$
- c) l'ona avança en el sentit positiu de les  $x$  i el camp elèctric és  $\mathbf{E}(x,t) = -(E_0\mathbf{j})\sin(kx - \omega t)$
- d) l'ona avança en el sentit positiu de les  $x$  i el camp elèctric és  $\mathbf{E}(x,t) = (E_0\mathbf{j})\sin(kx - \omega t)$

2.- Una estació de comunicacions emet ones esfèriques amb una potència  $P=1$  kW. Si disposem d'un detector de camps magnètics capaç de detectar camps d'amplitud mínima  $B_0=0.5 \cdot 10^{-9}$  T, a quina distància màxima de l'estació podrem detectar aquests senyals?

( $\mu_0=4\pi \cdot 10^{-7}$  Tm/A,  $c=3 \cdot 10^8$  m/s)

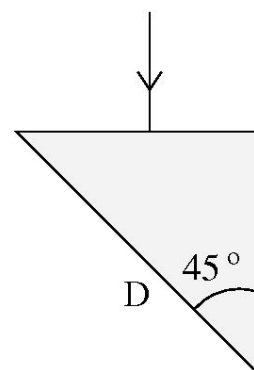
- a)  $d=10^9$  m.
- b)  $d=8921$  m.
- c)  $d=1633$  m.
- d)  $d=3 \cdot 10^8$  m.

3.- Un raig de llum solar d'intensitat  $I_0$  incideix sobre una sèrie de deu polaritzadors lineals, tals que l'angle (desconegut) entre els eixos de polarització de dos polaritzadors consecutius sempre és el mateix. Si la intensitat sortint és  $0.3 I_0$ , aquest angle val:

- a)  $39.23^\circ$
- b)  $19.68^\circ$
- c)  $13.58^\circ$
- d)  $20.72^\circ$

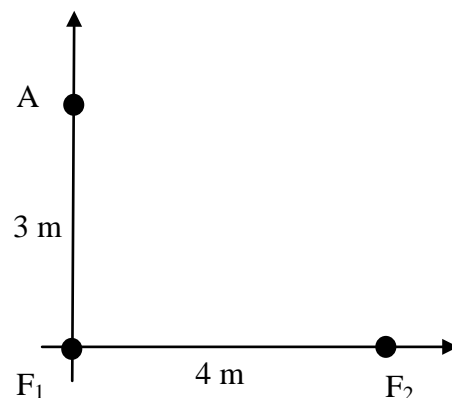
4.- Un feix de llum incideix perpendicularment sobre una de les cares d'un prisma de vidre com el de la figura. El valor mínim de l'índex de refracció del vidre necessari per tal que un observador no vegi llum emergent per la cara D del prisma és:

- a)  $n=1.41$
- b)  $n=1.33$
- c)  $n=1.28$
- d)  $n=1.54$



5.- Els dos focus puntuals de la figura emeten llum monocromàtica i en fase. Si al punt A es produeix interferència destructiva, quin és el màxim valor possible de la longitud d'ona?

- a) 1 m.
- b) 2 m.
- c) 3 m.
- d) 4 m.



Cognoms i Nom:

Codi:

**Examen parcial de Física ONES**  
**10 de gener del 2012**

**Model B**

**Qüestions (50% de l'examen)**

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

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

1.- Sabent que el camp magnètic associat a una ona electromagnètica plana, harmònica i linealment polaritzada és de la forma  $\mathbf{B}(x,t) = (B_0\mathbf{k})\sin(kx - \omega t)$ , determineu quina de les següents afirmacions és certa:

- a) l'ona avança en el sentit positiu de les  $x$  i el camp elèctric és  $\mathbf{E}(x,t) = - (E_0\mathbf{j})\sin(kx - \omega t)$
- b) l'ona avança en el sentit negatiu de les  $x$  i el camp elèctric és  $\mathbf{E}(x,t) = (E_0\mathbf{j})\sin(kx - \omega t)$
- c) l'ona avança en el sentit positiu de les  $x$  i el camp elèctric és  $\mathbf{E}(x,t) = (E_0\mathbf{j})\sin(kx - \omega t)$
- d) l'ona avança en el sentit negatiu de les  $x$  i el camp elèctric és  $\mathbf{E}(x,t) = - (E_0\mathbf{j})\sin(kx - \omega t)$

2.- Una estació de comunicacions emet ones esfèriques amb una potència  $P=1$  kW. Si disposem d'un detector de camps magnètics capaç de detectar camps d'amplitud mínima  $B_0= 0.5 \cdot 10^{-9}$  T, a quina distància màxima de l'estació podrem detectar aquests senyals?

( $\mu_0=4\pi \cdot 10^{-7}$  Tm/A,  $c = 3 \cdot 10^8$  m/s )

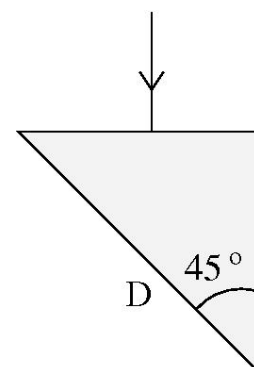
- a)  $d = 1633$  m.
- b)  $d = 8921$  m.
- c)  $d = 10^9$  m.
- d)  $d = 3 \cdot 10^8$  m.

3.- Un raig de llum solar d'intensitat  $I_0$  incideix sobre una sèrie de deu polaritzadors lineals, tals que l'angle (desconegut) entre els eixos de polarització de dos polaritzadors consecutius sempre és el mateix. Si la intensitat sortint és  $0.3 I_0$ , aquest angle val:

- a)  $39.23^\circ$
- b)  $19.68^\circ$
- c)  $20.72^\circ$
- d)  $13.58^\circ$

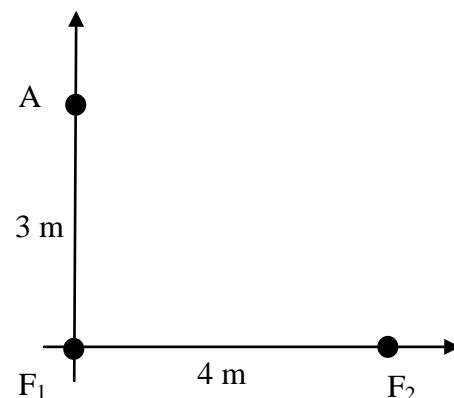
4.- Un feix de llum incideix perpendicularment sobre una de les cares d'un prisma de vidre com el de la figura. El valor mínim de l'índex de refracció del vidre necessari per tal que un observador no vegi llum emergent per la cara D del prisma és:

- a)  $n = 1.54$
- b)  $n = 1.33$
- c)  $n = 1.28$
- d)  $n = 1.41$



5.- Els dos focus puntuals de la figura emeten llum monocromàtica i en fase. Si al punt A es produeix interferència destructiva, quin és el màxim valor possible de la longitud d'ona?

- a) 4 m.
- b) 3 m.
- c) 2 m.
- d) 1 m.



**Examen parcial de Física ONES**  
**10 de gener del 2012**

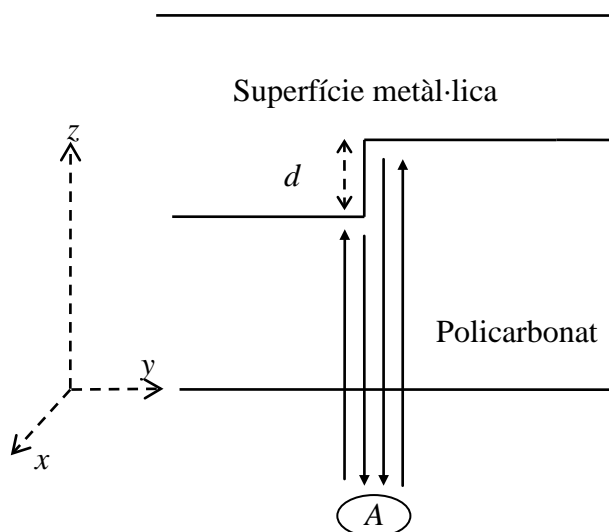
**Problema (50% de l'examen)**

La figura representa part d'un CD-ROM format per una superfície metàl·lica amb forats recoberta de policarbonat, sobre el qual incideix perpendicularment un feix de llum infraroja emès per un làser. El feix es propaga per l'aire en el sentit positiu de l'eix  $z$ , amb una longitud d'ona de 780 nm. La potència és de 5 mW, i a l'instant  $t = 0$  el camp elèctric del feix incident assoleix un màxim (en el sentit positiu de  $y$ ) al punt  $z = 0$  (frontera entre l'aire i el policarbonat).

a) Quants fotons hi ha en un segment del feix de llargada 1 mm?

$$(h = 6.63 \cdot 10^{-34} \text{ Js}, c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s})$$

b) Quines són les funcions d'ona dels camps elèctric i magnètic del feix incident?



Quan el feix incideix sobre el recobriment de policarbonat, una part es reflectida i la resta es transmet a l'interior del policarbonat.

c) Al reflectir-se, el camp elèctric inverteix la fase (passa a orientar-se en sentit oposat al d'incidència), i el mòdul de la seva amplitud passa a ser  $E_{0R} = |(1-n)/(1+n)|E_{0I}$ , on  $E_{0I}$  és el mòdul de l'amplitud del camp elèctric incident, i  $n = 1.55$  és l'índex de refracció del policarbonat. Quines són les funcions d'ona de la radiació reflectida?

d) Digueu tres possibles valors de la distància  $d$  per tal que hi hagi interferència destructiva en la situació que es representa a l'esquema.

**RESOLEU EN AQUEST FULL:**

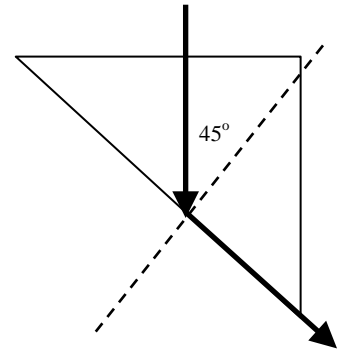
## Respostes correctes de les qüestions del test (MATÍ)

Qüestió	Model A	Model B
1	d	c
2	c	a
3	c	d
4	a	d
5	d	a

- Es propaga en el sentit positiu de  $x$ , i l'amplitud del camp elèctric està dirigida segons el sentit positiu de  $y$ .
- Per una banda  $P = I 4\pi r^2$ , i també  $I = c u = c B_0^2 / (2\mu_0)$ , de forma que  

$$P = c B_0^2 / (2\mu_0) 4\pi r^2 \Rightarrow r^2 = (\mu_0 P) / (c B_0^2 2\pi) \Rightarrow r = 1633 \text{ m}$$
- Tindrem que el primer polaritzador redueix la intensitat a la meitat i la resta de polaritzadors un factor  $\cos^2\theta$  cadascun, de forma que  $I_0/2 (\cos^2\theta)^9 = 0.3 I_0$ , d'on obtenim  $\theta = 13.58^\circ$
- El valor mínim es produirà quan hi hagi refracció total interna, de forma que el raig surti paral·lel a la superfície D, com es veu a l'esquema.

Es complirà  $n \cdot \sin(45^\circ) = 1 \cdot \sin(90^\circ) = 1$ , i per tant  $n = 1.41$



- Les distàncies respectives del punt A a cadascun dels focus són:

$$x_1 = 3 \text{ m}, x_2 = (3^2 + 4^2)^{1/2} = 5 \text{ m}$$

si tenim interferència destructiva es complirà:

$$x_2 - x_1 = 2 = (2n+1)\lambda/2, \text{ amb } n = 0, 1, \dots \Rightarrow 2 = (2n+1)\lambda/2, \text{ les longituds d'ona possibles seran } \lambda = 4/(2n+1), \text{ i la més gran correspondrà a } n=0 \Rightarrow \lambda = 4 \text{ m}$$

## Resolució del problema

(tots els apartats valen 2.5 punts)

a)

L'energia total continguda en un segment de longitud  $L$  és

$\Delta U = P \cdot \Delta t$  on  $\Delta t$  és el temps que triga la llum en recórrer una longitud  $L$  ( $\Delta t = L/c$ )

El nombre de fotons és doncs  $N = \Delta U / (h f) = \Delta U \lambda / (h c) = P L \cdot \lambda / (h c^2) = 65359$  fotons

b)

Els camps tindran les expressions següents, amb vectors amplitud com els de la figura

$$\mathbf{B}(z,t) = -B_0 \mathbf{i} \cos(kz - \omega t + \varphi)$$

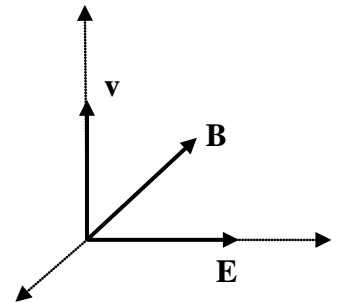
$$\mathbf{E}(z,t) = E_0 \mathbf{j} \cos(kz - \omega t + \varphi)$$

$$\text{on } k = 2\pi/\lambda = 8 \cdot 10^6 \text{ m}^{-1}, \omega = c \cdot k = 2.4 \cdot 10^{15} \text{ s}^{-1},$$

A més per  $t=0$  s,  $z=0$  m tenim  $\mathbf{E}(z,t) = E_0 \mathbf{j} \cos(\varphi)$ , si volem que correspongui a un màxim caldrà  $\cos(\varphi) = 1 \Rightarrow \varphi = 0$  rad, de forma que

$$\mathbf{E}(z,t) = E_0 \mathbf{j} \cos(8 \cdot 10^6 z - 2.4 \cdot 10^{15} t)$$

$$\mathbf{B}(z,t) = -E_0/c \mathbf{i} \cos(8 \cdot 10^6 z - 2.4 \cdot 10^{15} t)$$



c)

Les direccions de les amplituds seran les del segon dibuix de l'esquerra, considerant que camp elèctric i velocitat inverteixen el seu sentit, i per tant el camp magnètic (per la regla de la mà dreta) no ho farà.

Pel que fa als mòduls

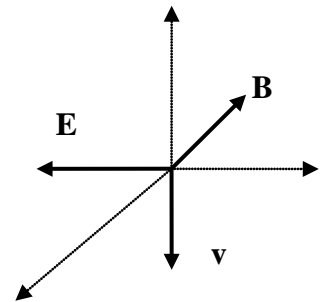
$$E_{0R} = |(1-n)/(1+n)| E_{0I} = |1-1.55/(1+1.55)| E_{0I} = 0.22 E_{0I}$$

$$B_{0R} = E_{0R}/c = 7.2 \cdot 10^{-10} E_{0I}$$

Tindrem

$$\mathbf{E}_R(z,t) = -0.22 E_{0I} \mathbf{j} \cos(8 \cdot 10^6 z + 2.4 \cdot 10^{15} t)$$

$$\mathbf{B}_R(z,t) = -7.2 \cdot 10^{-10} E_{0I} \mathbf{i} \cos(8 \cdot 10^6 z + 2.4 \cdot 10^{15} t)$$



d)

Per tal que hi hagi interferència destructiva caldrà

$2d = (2k + 1) \lambda' / 2$  on  $k = 0, 1, \dots$ , i  $\lambda'$  és la longitud d'ona en el policarbonat, per tant

$d = (2k + 1) \lambda / (4n)$ , i per tant les tres primeres profunditats serien

$\lambda / 4n = 125.8 \text{ nm}$ ,  $3\lambda / 4n = 377.4 \text{ nm}$ ,  $5\lambda / 4n = 629 \text{ nm}$