

**Cognoms i Nom:**

**Codi:**

**Examen parcial de Física ONES  
1 de juny del 2011**

**Model A**

**Qüestions (50% 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).

**1.-** Considereu una ona electromagnètica harmònica, plana i linealment polaritzada que es propaga en el buit. Quin parell de vectors amplitud ( $\mathbf{E}_0$ ,  $\mathbf{B}_0$ ) és físicament possible si la propagació és en el sentit negatiu de l'eix de les y's

- a)  $\mathbf{E}_0 = (3 \text{ V/m}) \mathbf{k}$  ;  $\mathbf{B}_0 = (10^{-8} \text{ T}) \mathbf{i}$
- b)  $\mathbf{E}_0 = (3 \text{ V/m}) \mathbf{k}$  ;  $\mathbf{B}_0 = -(10^{-8} \text{ T}) \mathbf{i}$
- c)  $\mathbf{E}_0 = (3 \text{ V/m}) \mathbf{i}$  ;  $\mathbf{B}_0 = -(10^{-8} \text{ T}) \mathbf{k}$
- d)  $\mathbf{E}_0 = -(3 \text{ V/m}) \mathbf{i}$  ;  $\mathbf{B}_0 = (10^{-8} \text{ T}) \mathbf{k}$

**2.-** Una emissora de TV emet ones electromagnètiques esfèriques, i una antena receptora que es troba a 20 km les rep amb una intensitat mitjana de  $5 \times 10^{-6} \text{ W/m}^2$ . Quina és la potencia mitjana d'emissió i quina és la intensitat que rep una segona antena que es troba a 10 km de l'emissora?

- a) 25.1 kW i  $20 \times 10^{-6} \text{ W/m}^2$
- b)  $25.1 \text{ W/m}^2$  i  $20 \times 10^{-6} \text{ kW}$
- c) 1.25 W i  $10 \times 10^{-6} \text{ W/m}^2$
- d)  $1.25 \text{ W/m}^2$  i  $10 \times 10^{-6} \text{ W}$

**3.-** Un feix de llum natural (no polaritzada) d'intensitat  $8 \text{ W/m}^2$  travessa tres filtres polaritzadors consecutius. Si els eixos de transmissió (o polarització) de dos filtres consecutius formen un angle de  $30^\circ$ , quina és la intensitat del feix després de passar pels tres filtres?

- a)  $0.5 \text{ W/m}^2$
- b)  $2 \text{ W/m}^2$
- c)  $2.25 \text{ W/m}^2$
- d)  $3 \text{ W/m}^2$

**4.-** Considereu un got de vidre ple d'aigua. Si un raig de llum que es propaga pel vidre incideix a la superfície vidre-aigua amb un angle d'incidència superior a  $60^\circ$  es produeix la reflexió total interna. Si un raig que es propaga pel vidre incideix amb un angle de  $45^\circ$ , quin serà l'angle de refracció quan passi a l'aigua?

- a) El raig no es refracta perquè hi ha reflexió total interna
- b)  $37.76^\circ$
- c)  $45^\circ$
- d)  $54.7^\circ$

**5.-** La longitud d'ona de la llum vermella d'un làser a l'aire és de 630 nm, quant valen la longitud d'ona ( $\lambda'$ ) i la freqüència ( $f'$ ) quan aquesta llum entra en una fibra òptica d'índex de refracció  $n=1.5$ ?

- a)  $\lambda' = 420 \text{ nm}$ ,  $f' = 3.17 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$
- b)  $\lambda' = 420 \text{ nm}$ ,  $f' = 4.76 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$
- c)  $\lambda' = 630 \text{ nm}$ ,  $f' = 3.17 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$
- d)  $\lambda' = 630 \text{ nm}$ ,  $f' = 4.76 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$

**Cognoms i Nom:**

**Codi:**

**Examen parcial de Física ONES  
1 de juny del 2011**

**Model B**

**Qüestions (50% 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).

**1.-** Considereu una ona electromagnètica harmònica, plana i linealment polaritzada que es propaga en el buit. Quin parell de vectors amplitud ( $\mathbf{E}_0$ ,  $\mathbf{B}_0$ ) és físicament possible si la propagació és en el sentit negatiu de l'eix de les y's

- a)  $\mathbf{E}_0 = (3 \text{ V/m}) \mathbf{k}$  ;  $\mathbf{B}_0 = - (10^{-8} \text{ T}) \mathbf{i}$
- b)  $\mathbf{E}_0 = (3 \text{ V/m}) \mathbf{k}$  ;  $\mathbf{B}_0 = (10^{-8} \text{ T}) \mathbf{i}$
- c)  $\mathbf{E}_0 = (3 \text{ V/m}) \mathbf{i}$  ;  $\mathbf{B}_0 = - (10^{-8} \text{ T}) \mathbf{k}$
- d)  $\mathbf{E}_0 = -(3 \text{ V/m}) \mathbf{i}$  ;  $\mathbf{B}_0 = (10^{-8} \text{ T}) \mathbf{k}$

**2.-** Una emissora de TV emet ones electromagnètiques esfèriques, i una antena receptora que es troba a 20 km les rep amb una intensitat mitjana de  $5 \times 10^{-6} \text{ W/m}^2$ . Quina és la potencia mitjana d'emissió i quina és la intensitat que rep una segona antena que es troba a 10 km de l'emissora?

- a) 1.25 W i  $10 \times 10^{-6} \text{ W/m}^2$
- b) 25.1 W/m<sup>2</sup> i  $20 \times 10^{-6} \text{ kW}$
- c) 25.1 kW i  $20 \times 10^{-6} \text{ W/m}^2$
- d) 1.25 W/m<sup>2</sup> i  $10 \times 10^{-6} \text{ W}$

**3.-** Un feix de llum natural (no polaritzada) d'intensitat  $8 \text{ W/m}^2$  travessa tres filtres polaritzadors consecutius. Si els eixos de transmissió (o polarització) de dos filtres consecutius formen un angle de  $30^\circ$ , quina és la intensitat del feix després de passar pels tres filtres?

- a)  $3 \text{ W/m}^2$
- b)  $2.25 \text{ W/m}^2$
- c)  $2 \text{ W/m}^2$
- d)  $0.5 \text{ W/m}^2$

**4.-** Considereu un got de vidre ple d'aigua. Si un raig de llum que es propaga pel vidre incideix a la superfície vidre-aigua amb un angle d'incidència superior a  $60^\circ$  es produeix la reflexió total interna. Si un raig que es propaga pel vidre incideix amb un angle de  $45^\circ$ , quin serà l'angle de refracció quan passi a l'aigua?

- a) El raig no es refracta perquè hi ha reflexió total interna
- b)  $54.7^\circ$
- c)  $45^\circ$
- d)  $37.76^\circ$

**5.-** La longitud d'ona de la llum vermella d'un làser a l'aire és de 630 nm, quant valen la longitud d'ona ( $\lambda'$ ) i la freqüència ( $f'$ ) quan aquesta llum entra en una fibra òptica d'índex de refracció  $n= 1.5$ ?

- a)  $\lambda' = 630 \text{ nm}$ ,  $f' = 3.17 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$
- b)  $\lambda' = 630 \text{ nm}$ ,  $f' = 4.76 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$
- c)  $\lambda' = 420 \text{ nm}$ ,  $f' = 3.17 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$
- d)  $\lambda' = 420 \text{ nm}$ ,  $f' = 4.76 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$

**Cognoms i Nom:**

**Codi:**

**Examen parcial de Física ONES  
1 de juny del 2011**

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

Una ona electromagnètica harmònica, plana i linealment polaritzada, de longitud d'ona 2 cm es propaga pel buit en el sentit positiu de l'eix de les Y. El camp elèctric té direcció paral·lela a l'eix de la Z i el seu valor màxim és 2V/m. Determineu:

- La freqüència angular, el nombre d'ones i la freqüència.
- Les expressions vectorials dels camps elèctric i magnètic, si sabem que a  $t=0$  els camps són nuls a l'origen de coordenades.
- El valor mig de la densitat d'energia i de la intensitat de l'ona.
- L'ona incideix sobre un polaritzador posat perpendicular a l'eix Y amb l'eix de polarització formant un angle de  $45^\circ$  amb l'eix Z. Calculeu el nombre de fotons que surt d'una superfície de  $5 \text{ cm}^2$  del polaritzador, en un temps total transcorregut de 10 s.

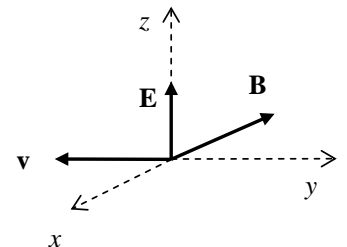
( $h = 6.626 \times 10^{-34} \text{ J/s}$ ,  $\epsilon_0 = 8.85 \cdot 10^{-12} \text{ F/m}$ ,  $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Tm/A}$ )

**RESOLEU EN AQUEST FULL:**

## Respostes correctes de les qüestions del test

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

1.- De tots els parells, l'únic en que la direcció i sentit de  $\mathbf{E}_0 \times \mathbf{B}_0$  és el mateix que el de la velocitat ( $-\mathbf{j}$ ) és:  $\mathbf{E}_0 = (3 \text{ V/m}) \mathbf{k}$  ;  $\mathbf{B}_0 = -(10^{-8} \text{ T}) \mathbf{i}$  (tal i com s'indica a la figura)



2.- Tenim la relació entre potència i intensitat  $P = I \cdot S$ , i en el cas d'ones esfèriques  $S = 4\pi r^2$ . En resulta  $P = I \cdot 4\pi r^2 = 25.1 \text{ kW}$ .

Per una antena situada a 10 km tindrem  $I' = P/S' = P/(4\pi(10.000)^2) = 2 \cdot 10^{-5} \text{ W/m}^2$

3.- La intensitat resultant ( $I$ ) després que una intensitat incident  $I_0$  travessa el muntatge serà (on els tres darrers factors entre parèntesi reflecteixen l'efecte dels respectius polaritzadors)

$$I = I_0 \cdot (1/2) \cdot (\cos 30^\circ)^2 \cdot (\cos 30^\circ)^2 = 2.25 \text{ W/m}^2$$

4.- Si  $n_v$  representa l'índex de refracció del vidre i  $n_a$  el de l'aigua, tindrem que en el cas de reflexió total interna es complirà

$$n_v \cdot \sin 60^\circ = n_a \cdot \sin 90^\circ = n_a$$

en el segon cas tindrem (on  $\theta$  representa l'angle que busquem)

$$n_v \cdot \sin 45^\circ = n_a \cdot \sin \theta$$

Si dividim una equació entre l'altra en resulta

$$\sin \theta = \sin 45^\circ / \sin 60^\circ \Rightarrow \theta = 54.7^\circ$$

5.- Tenim que a l'aire  $\lambda = 630 \text{ nm}$ , i per tant la freqüència (si prenem l'índex de refracció de l'aire igual a la unitat) val  $f = c/\lambda = 4.76 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$ .

Al canviar de mitjà la freqüència no varia, per tant  $f' = f$ , i en canvi la longitud d'ona disminueix

$$\lambda' = \lambda/n = 420 \text{ nm}$$

## Resolució del Problema

### a) (2 punts)

$$\lambda = 0.02 \text{ m} \Rightarrow f = c/\lambda = 1.5 \cdot 10^{10} \text{ Hz} \Rightarrow \omega = 2\pi f = 3\pi \cdot 10^{10} \text{ s}^{-1}$$

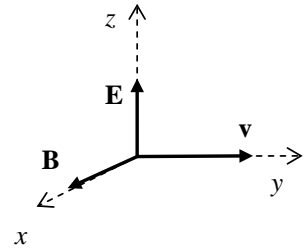
$$\Rightarrow k = 2\pi/\lambda = 100\pi \text{ m}^{-1}$$

### b) (4 punts)

Donat que el mòdul del camp elèctric val  $E_0 = 2 \text{ V/m}$ , tindrem pel camp magnètic

$$B_0 = E_0/c = 2/(3 \cdot 10^8) = 6.67 \cdot 10^{-9} \text{ T}$$

Pel que fa a la direcció dels vectors amplitud, aquests hauran d'estar dirigits com es veu a la figura, de forma que en resultaran les expressions



$$\mathbf{E}(y,t) = 2 \sin(100\pi y - 3\pi \cdot 10^{10}t + \varphi) \mathbf{k} \text{ V/m}$$

$$\mathbf{B}(y,t) = 6.67 \cdot 10^{-9} \sin(100\pi y - 3\pi \cdot 10^{10}t + \varphi) \mathbf{i} \text{ T}$$

Per tal que el camp sigui nul a  $t=0$  caldrà  $\sin(\varphi) = 0 \Rightarrow \varphi = 0, \pi$ , de forma que hi ha dues solucions possibles.

### c) (2 punts)

Valor mig de la densitat d'energia:  $\langle \eta \rangle = \frac{1}{2} \epsilon_0 E_0^2 = 17.7 \cdot 10^{-12} \text{ J/m}^3$

Ídem intensitat:  $\langle I \rangle = c \langle \eta \rangle = 5.31 \cdot 10^{-3} \text{ W/m}^2$

### d) (2 punts)

La intensitat de sortida valdrà  $I_{\text{out}} = I \cos^2 45^\circ = 5.31 \cdot 10^{-3} \cdot 0.5 = 2.66 \cdot 10^{-3} \text{ W/m}^2$ .

La potència total a través d'una superfície  $S$  val  $P = I \cdot S$ , i l'energia corresponent en un temps  $t$  val  $E = P \cdot t = I \cdot S \cdot t$ . Com cada fotó transporta una energia  $E = h \cdot f$ , tindrem

$$E = I \cdot S \cdot t = N \cdot h \cdot f$$

De forma que el nombre de fotons serà

$$N = (I \cdot S \cdot t) / (h \cdot f) = (2.66 \cdot 10^{-3} \cdot 5 \cdot 10^{-4} \cdot 10) / (6.626 \times 10^{-34} \cdot 1.5 \cdot 10^{10}) = 1.3 \cdot 10^{18} \text{ fotons}$$