

## ESERCIZI DI FISICA GENERALE – nr. 39/07

1. Un'onda piana monocromatica e progressiva generata da un laser che opera nell'intervallo spettrale del rosso ha lunghezza d'onda  $\lambda = 628 \text{ nm}$  e si propaga nel vuoto lungo la direzione  $X$  di un dato riferimento cartesiano.

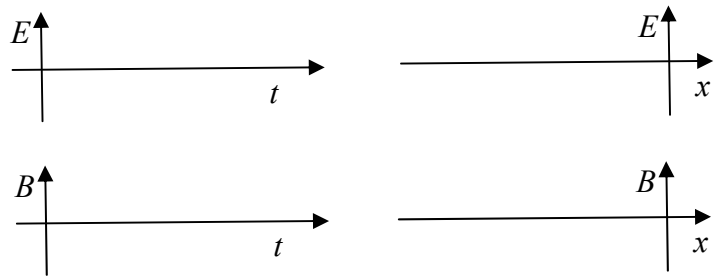
a) Quanto valgono frequenza  $\nu$ , frequenza angolare  $\omega$ , periodo  $T$  e vettore d'onda  $\mathbf{k}$  (componente per componente) dell'onda? [Usate il valore  $c = 3.0 \times 10^8 \text{ m/s}$  per la velocità della luce]

$\nu = \dots\dots\dots = \dots\dots\dots \text{ Hz}$   
 $\omega = \dots\dots\dots = \dots\dots\dots \text{ rad/s}$   
 $T = \dots\dots\dots = \dots\dots\dots \text{ s}$   
 $\mathbf{k} = (\dots\dots\dots, \dots\dots\dots, \dots\dots\dots) = (\dots\dots\dots, \dots\dots\dots, \dots\dots\dots) \text{ 1/m}$

b) Sapendo che all'istante  $t = \pi/(2\omega)$  sul piano  $X = 0$  il campo elettrico associato all'onda assume il suo **valore massimo**, corrispondente ad una ampiezza  $E_0 = 3.0 \text{ V/m}$ , e che l'onda è "polarizzata linearmente", cioè che i campi elettrico e magnetico hanno sempre, istante per istante, una direzione lineare, scrivete le funzioni d'onda per il campo elettrico  $\mathbf{E}$  e per il campo magnetico  $\mathbf{B}$  dell'onda. [Scegliete arbitrariamente le direzioni dei campi, ma tenendo conto delle opportune condizioni!]

$\mathbf{E} = \dots\dots\dots = \dots\dots\dots \text{ V/m}$   
 $\mathbf{B} = \dots\dots\dots = \dots\dots\dots \text{ T}$

c) Disegnate i grafici di  $E$  e di  $B$  (cioè dell'**ampiezza** del campo elettrico e magnetico) in funzione di  $x$  a diversi istanti  $t$  (ad esempio  $t = 0, T/4, T/2, T, 2T, \dots$ ) e in funzione di  $t$  su diversi piani  $YZ$  (ad esempio,  $x = 0, x = -\lambda/4, -\lambda/2, -\lambda, -2\lambda, \dots$ ). Individuate nei grafici il periodo e la lunghezza d'onda.



d) Supponete ora che il piano  $x = 0$  rappresenti la superficie di una lastra di materiale perfettamente conduttore (cioè che esibisce la proprietà di riflettere completamente un'onda incidente). Quanto deve valere il campo elettrico  $\mathbf{E}_+$  nel semispazio  $x \geq 0$ ?

$\mathbf{E}_+ = \dots\dots\dots$

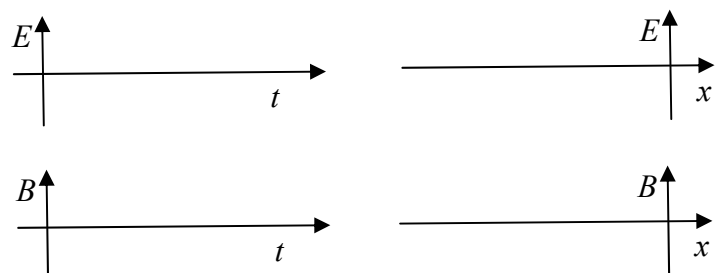
e) Come si scrivono le funzioni d'onda del campo elettrico  $\mathbf{E}_R$  e del campo magnetico  $\mathbf{B}_R$  dell'**onda riflessa**? [Si intende che l'onda riflessa esiste solo nel semispazio  $x < 0$ ]

$\mathbf{E}_R = \dots\dots\dots$   
 $\mathbf{B}_R = \dots\dots\dots$

f) Quanto valgono il campo elettrico  $\mathbf{E}_{TOT}$  e il campo magnetico  $\mathbf{B}_{TOT}$  **totali** nel semispazio  $x < 0$ ? [Ricordate l'identità trigonometrica  $\sin(\alpha \pm \beta) = \sin\alpha \cos\beta \pm \cos\alpha \sin\beta$ ]

$\mathbf{E}_{TOT} = \dots\dots\dots$   
 $\mathbf{B}_{TOT} = \dots\dots\dots$

g) Disegnate i grafici di  $\mathbf{E}_{TOT}$  e di  $\mathbf{B}_{TOT}$  (cioè dell'**ampiezza** del campo elettrico e magnetico) in funzione di  $x$  a diversi istanti  $t$  (ad esempio  $t = 0, T/4, T/2, T, 2T, \dots$ ) e in funzione di  $t$  su diversi piani  $YZ$  (ad esempio,  $x = 0, x = -\lambda/4, -\lambda/2, -\lambda, -2\lambda, \dots$ ). Commentate sulle differenze rispetto a quanto



trovato nel punto c) per un'onda progressiva:

.....

- h) Considerate ora il **vettore di Poynting**  $E \times B / \mu_0$ , che, come si può facilmente dimostrare, rappresenta la potenza trasportata dall'onda su una superficie unitaria. Quanto valgono i vettori di Poynting  $S$ ,  $S_R$ ,  $S_{TOT}$  rispettivamente per l'onda incidente (quella del punto b)), per l'onda riflessa e per il campo elettromagnetico totale nel semispazio  $x < 0$  (quello del punto f))? [Dovete semplicemente eseguire il prodotto vettoriale richiesto ed esprimere anche direzione e verso sfruttando i versori del vostro sistema di riferimento! Può esservi utile ricordare l'identità trigonometrica  $2\sin\alpha \cos\alpha = \sin(2\alpha)$ ]

$$S = \dots\dots\dots$$

$$S_R = \dots\dots\dots$$

$$S_{TOT} = \dots\dots\dots$$

- i) Quanto valgono le **intensità**  $I$ ,  $I_R$ ,  $I_{TOT}$  dell'onda dell'onda rispettivamente incidente, riflessa e totale calcolate sul piano  $x = -\lambda/2$ ? [L'intensità di un'onda elettromagnetica è definita come **valore medio** nel tempo del **modulo** del vettore di Poynting; ricordatevi la definizione di valore medio nel tempo per funzioni periodiche come integrale calcolato tra  $-T$  e  $T$  diviso per  $(2T)$ ] e provate anche a mettere il valore numerico, espresso in  $W/m^2$ , usando l'ampiezza del campo data al punto b), ricordando che  $c = 1/(\mu_0\epsilon_0)^{1/2}$  ed impiegando il valore  $\epsilon_0 = 8.8 \times 10^{-12}$  F/m]

$$I = \dots\dots\dots = \dots\dots W/m^2$$

$$I_R = \dots\dots\dots = \dots\dots W/m^2$$

$$I_{TOT} = \dots\dots\dots = \dots\dots W/m^2$$