

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 lunga la direzione X di un dato riferimento cartesiano.

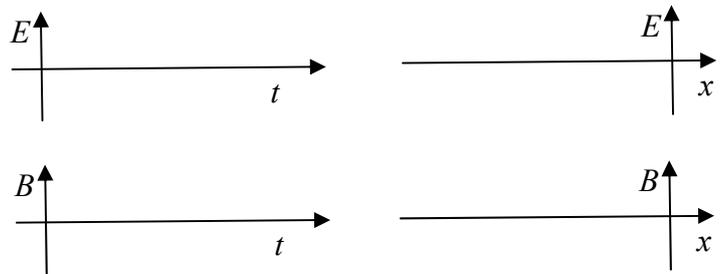
a) Quanto valgono frequenza ν , frequenza angolare ω , periodo T e vettore d'onda \mathbf{k} (componente per componente) dell'onda? [Usate il valore $c = 3.0 \times 10^8 \text{ m/s}$ per la velocità della luce]

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

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 $x \geq 0$?

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

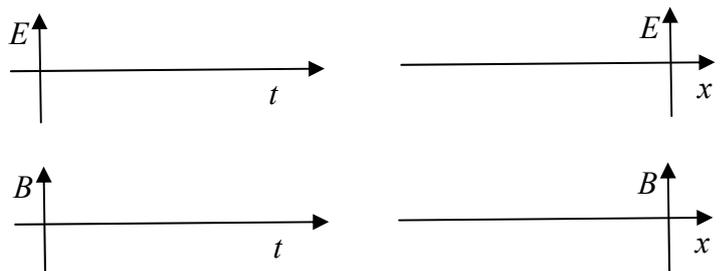
e) Come si scrivono le funzioni d'onda del campo elettrico \mathbf{E}_R e del campo magnetico \mathbf{B}_R dell'**onda riflessa**? [Si intende che l'onda riflessa esiste solo nel semispazio $x < 0$]

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

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]

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

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

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