SIMULAZIONE II PROVA DI FISICA ESAME DI STATO LICEI SCIENTIFICI.

SOLUZIONI QUESITI

Soluzione quesito 1

1 Detta P_{ma} la potenza media assorbita, la potenza elettrica media emessa sarà:

$$P_m = P_{ma} \times \frac{2,0}{100} = 1,0 \cdot 10^2 \times 0,02 = 2,0\,W$$

L'intensità è uguale alla potenza per unità di superficie per cui l'intensità media è data da:

$$I_m = \frac{P_m}{S}$$

dove con S abbiamo indicato la superficie. Supposto che la sorgente emetta uniformemente in tutte le direzioni S sarà la superficie di una sfera di raggio $d = 2,0\,m$; per cui:

$$I_m = \frac{P_m}{4\pi \cdot d^2} = \frac{2,0}{4\pi \times 2,0^2} = 4,0 \cdot 10^{-2}\,W/m^2$$

Considerando che:

$$I_m = c\varepsilon_0 E_{eff}^2$$

dove con c abbiamo indicato la velocità della luce,con ε_0 la costante dielettrica nel vuoto, con E_{eff} l'intensità del campo elettrico efficace, sarà:

$$E_{eff} = \sqrt{\frac{I_m}{c\varepsilon_0}} = \sqrt{\frac{4,0 \cdot 10^{-2}}{3,00 \cdot 10^8 \times 8,85 \cdot 10^{-12}}} = 3,9\,N/C$$

Per calcolare l'intensità del campo magnetico efficace B_{eff} utilizziamo:

$$E_{eff} = c \cdot B_{eff}$$

da cui:

$$B_{eff} = \frac{E_{eff}}{c} = \frac{3,9}{3,00 \cdot 10^8} = 1,3 \cdot 10^{-8}\,T$$

Riguardo le considerazioni sulle ipotesi semplificative possiamo dire che la presenza dell'aria, ad una distanza di due metri, non incide significativamente nel calcolo dell'intensità luminosa. Aver considerato la lampadina una sorgente puntiforme non è effettivamente una condizione reale in quanto il filamento ha un'estensione finita. Inoltre, nella parte posteriore del bulbo è presente l'attacco della lampadina al filo di alimentazione per cui la radiazione non viene emessa uniformemente in tutte le direzioni.

Soluzione quesito 2

Posto:

$l = 5{,}0\ cm = 5{,}0\ \cdot 10^{-2}\ m$ il lato delle armature

$s_0 = 1{,}0\ mm = 1{,}0\ \cdot\ 10^{-3}\ m$ la distanza delle armature al tempo $t = 0$

$v = 0{,}1\ mm/s = 0{,}1\ \cdot 10^{-3}\ m/s$ la velocità con cui si allontanano le armature

$V = 1{,}0\ \cdot\ 10^{3}\ V$ la differenza di potenziale tra le armature

$\varepsilon_0 = 8{,}85\ \cdot\ 10^{-12}\ F/m$ la costante dielettrica nel vuoto

La formula per il calcolo della corrente di spostamento è data dalla seguente:

$$i_s = \varepsilon_0 \frac{d\ \Phi(E)}{dt} \qquad (1)$$

dove E, l'intensità del campo elettrico all'interno del condensatore, è data da:

$$E = \frac{V}{s}$$

Nella precedente formula con s abbiamo indicato la distanza tra le armature.
Il flusso di E all'interno del condensatore è dato da:

$$\Phi(E) = A_s\ \cdot E$$

dove

$$A_s = l^2$$

è la superficie delle armature.
Nel caso in esame

$$A_s = l^2 = (5{,}0 \cdot 10^{-2})^2 = 25 \cdot\ 10^{-4}\ m^2$$

mentre la distanza tra le armature varia nel tempo secondo la legge oraria:

$$s(t) = s_0 + v\ \cdot t$$

Nelle condizioni indicate dalla traccia E dipende dal tempo secondo la seguente:

$$E(t) = \frac{V}{s(t)} = \frac{V}{s_0 + v\ \cdot t}$$

quindi la velocità di variazione del campo elettrico sarà:

$$\frac{dE(t)}{dt} = V\ \cdot \frac{d\left(\frac{1}{s_0 + v\ \cdot t}\right)}{dt} = V\ \cdot\ \frac{-v}{(s_0 + v\ \cdot t)^2}$$

Dalla (1)

$$i_s(t) = \varepsilon_0 \frac{d\,\Phi(E)}{dt} = \varepsilon_0 \cdot A_s \cdot \frac{dE(t)}{dt} = \varepsilon_0 \cdot A_s \cdot V \cdot \frac{-v}{(s_0 + v \cdot t)^2}$$

quindi la corrente di spostamento nell'istante $t = 0$ sarà:

$$i_s(0) = -8{,}85 \cdot 10^{-12} \times 25 \cdot 10^{-4} \times 1{,}0 \cdot 10^3 \times \frac{0{,}1 \cdot 10^{-3}}{(1{,}0 \cdot 10^{-3} + 0{,}1 \cdot 10^{-3} \times 0)^2} = -2 \cdot 10^{-9}\,A$$

Il segno negativo sta a indicare che la carica sulle armature del condensatore diminuisce.

Soluzione quesito 3

La lunghezza d'onda λ è inversamente proporzionale alla frequenza f, ovvero $\lambda \cdot f = c = 3{,}0 \cdot 10^8\ m/s$, quindi la lunghezza d'onda massima per ogni banda si avrà in corrispondenza della frequenza minima.

FM:

$$\lambda_{\max} = \frac{c}{f_{\min}} = \frac{3.0 \cdot 10^8}{88 \cdot 10^6} = 3.4\,m \qquad \lambda_{\min} = \frac{c}{f_{\max}} = \frac{3.0 \cdot 10^8}{108 \cdot 10^6} = 2.8\,m$$

MW:

$$\lambda_{\max} = \frac{c}{f_{\min}} = \frac{3.0 \cdot 10^8}{540 \cdot 10^3} = 5.6 \cdot 10^2\ m \qquad \lambda_{\min} = \frac{c}{f_{\max}} = \frac{3.0 \cdot 10^8}{1600 \cdot 10^3} = 1.9 \cdot 10^2\ m$$

SW:

$$\lambda_{\max} = \frac{c}{f_{\min}} = \frac{3.0 \cdot 10^8}{6.0 \cdot 10^6} = 50\ m \qquad \lambda_{\min} = \frac{c}{f_{\max}} = \frac{3.0 \cdot 10^8}{18 \cdot 10^6} = 17\,m$$

Le onde possiedono la proprietà di "aggirare gli ostacoli" grazie al fenomeno della diffrazione il quale è presente quando le dimensioni degli ostacoli che l'onda incontra sul suo percorso sono minori o uguali alla sua lunghezza d'onda ; ipotizzando quindi che gli ostacoli siano case con dimensioni dell'ordine di grandezza di 10 m, possiamo pensare che le onde migliori siano le onde medie, a seguire le onde corte e infine le onde a maggior frequenza come avviene nella modulazione di frequenza.
(Questo non deve trarre in inganno sul motivo che molte trasmissione di musica siano proprio in FM, infatti la modulazione in frequenza del segnale portante limita molto la presenza dei disturbi elettromagnetici (a differenza della modulazione in ampiezza AM in cui il disturbo si somma all'ampiezza del segnale) e ne aumenta la qualità di trasmissione, inoltre la trasmissione a frequenze maggiori aumenta il numero di informazioni che si possono trasmettere e quindi la qualità della musica trasmessa. La trasmissione delle onde non avviene alla stessa altezza delle case, ma da torri di trasmissione più alte e questo limita il problema che potrebbero avere le case nella propagazione di tali onde. Credo che a tanti sia capitato che in auto la propria radio abbia avuto dei problemi di ricezione in alcuni punti della strada e che poi spostandosi di pochi metri la ricezione sia migliorata proprio per la difficoltà delle onde FM ad aggirare alcuni ostacoli presenti sul loro cammino).

Soluzione quesito 4

Questo problema fa riferimento alla quarta equazione di Amperé-Maxwell, in cui si dimostra che un campo magnetico non solo può essere generato da una corrente elettrica i, qui assente essendo nel vuoto, come previsto dalla legge di Amperé, ma anche dalla variazione nel tempo, del flusso del campo elettrico attraverso un'ipotetica superficie delimitata da una curva chiusa. Il campo magnetico si troverà nel piano della curva e perpendicolare quindi alla direzione lungo cui varia il campo elettrico e con linee di campo di tipo circolare, come se fosse stato generato da un'ipotetica corrente (detta da Maxwell di "spostamento"). Nel nostro caso la curva chiusa può essere solo una circonferenza, per motivi di calcoli che altrimenti non sapremmo fare, lungo la quale consideriamo che il campo elettrico vari in modo costante (ecco perché si parla di variazione media).

L'equazione che ci interessa è quindi: $\Gamma_l(\overrightarrow{B_i}) = \sum_{i=1}^{n} \overrightarrow{B_i} \cdot \overrightarrow{\Delta l_i} = \varepsilon_0 \mu_0 \frac{\Lambda\Phi\left(\overrightarrow{E_x}\right)}{\Delta t}$, da qui considerando il campo magnetico costante lungo la curva si avrà che la sommatoria è la lunghezza della circonferenza di raggio 3,0 cm e quindi la circuitazione sarà $B \cdot 2\pi R$, mentre la variazione del flusso del campo elettrico si ottiene moltiplicando la variazione media del campo elettrico per la superficie delimitata dalla curva . Pertanto avremo:

$$B = \frac{\varepsilon_0 \mu_0 \cdot \frac{\Lambda E_x}{\Delta t} \cdot \pi R^2}{2\pi R} = \frac{\varepsilon_0 \mu_0 \cdot \frac{\Lambda E_x}{\Delta t} \cdot R}{2} = \frac{8.85 \cdot 10^{-12} \cdot 4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 3.0 \cdot 10^{6} \cdot 3.0 \cdot 10^{-2}}{2} = 5,0 \cdot 10^{-13} \ T$$

Come si può vedere dalla formula precedente, il campo magnetico indotto aumenta in modo direttamente proporzionale ad R. In particolare se R fosse 0 cm avremmo un campo magnetico nullo.

Soluzione quesito 5

Nella cella sono contenuti otto ioni che formano dodici coppie di carica in modulo pari a q e di segno opposto, separati tra loro da una distanza pari a $d = l/2$. A ciascuno di essi corrisponde una energia coulombiana

$$E_1 = -\frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q^2}{d}.$$

Sono presenti inoltre dodici coppie di ioni con carica di segno uguale separati da una distanza $\sqrt{2}d$, ciascuno con una energia

$$E_2 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q^2}{d\sqrt{2}}.$$

Infine abbiamo quattro coppie di ioni di carica di segno opposto separati da loro da una distanza $\sqrt{\left(\sqrt{2}d\right)^2 + d^2} = \sqrt{3}d$. Ad ognuno compete una energia

$$E_3 = -\frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q^2}{d\sqrt{3}}$$

L'energia totale vale quindi

$$E = E_1 + E_2 + E_3 = -\frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q^2}{d}\left(-12 + \frac{12}{\sqrt{2}} - \frac{4}{\sqrt{3}}\right)$$

cioè per ione

$$\frac{E}{N} = -\frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q^2}{d}0.728 = 3.70 \text{ eV}$$

che rappresenta il 90% del valore sperimentale. La discrepanza è da ricercarsi, oltre che nella presenza di altre interazioni, nell'aver considerato una cella composta da soli otto ioni confrontando il risultato con un campione macroscopico.

Soluzione quesito 6

Indicheremo con il termine “direzione del polarizzatore” quella in cui esso polarizza all'uscita la luce incidente. Sia $\vec{E}_{\text{inc}}$ il vettore campo elettrico incidente su un polarizzatore. Sia β l'angolo che esso forma con la direzione del polarizzatore, I_{inc} l'intensità luminosa associata. Il campo elettrico trasmesso dal polarizzatore, considerando il polarizzatore ideale, coinciderà con la componente di $\vec{E}_{\text{inc}}$ nella direzione del polarizzatore $\vec{E}_{\text{trasm}} = \vec{E}_{\text{inc}} \cos\beta$. L'intensità luminosa è proporzionale, al quadrato del campo quindi $I_{\text{trasm}} = I_{\text{inc}} \cos^2\beta$. Se l'onda incidente non è polarizzata il valore di β varia rapidamente da 0 a 2π e l'intensità percepita è la media su β di questo valore, che, con un calcolo analogo a quello dell'intensità di un'onda piana, risulta essere pari ad $1/2$. L'intensità trasmessa non dipende quindi in questo caso dalla direzione del polarizzatore, ed è $I_{\text{trasm}} = I_{\text{inc}}/2$.
Allo stesso risultato si può pervenire senza molti calcoli ipotizzando che nella radiazione incidente per ogni pacchetto d'onda formante una angolo β_i con il polarizzatore sia presente un secondo pacchetto che forma un angolo $90° - \beta_i$. Dividiamo quindi l'intensità incidente in due parti uguali, la prima formata da pacchetti di angolo β_i, la seconda di angolo $90° - \beta_i$. Ciascun pacchetto della prima fornisce un contributo proporzionale a $\cos^2\beta_i$, mentre il corrispondente del secondo gruppo un contributo proporzionale a $\cos^2(90° - \beta_i) = \sin^2\beta_i$. Il risultato è quindi

$$I_{\text{trasm}} = \frac{I_{\text{inc}}}{2}\cos^2\beta_i + \frac{I_{\text{inc}}}{2}\sin^2\beta_i = \frac{I_{\text{inc}}}{2}.$$

Se l'onda incidente è invece polarizzata l'intensità trasmessa è $I_{\text{trasm}} = I_{\text{inc}}\cos^2\beta$. Sia I_0 l'intensità della luce non polarizzata incidente su P1. Da quanto detto l'intensità luminosa uscente da P1 è $I_1 = I_0/2$. Se α è l'angolo tra P1 e P3 l'intensità all'uscita da P3 sarà $I_3 = I_1 cos^2\alpha$. Poiché l'angolo tra P3 e P2 è $90° - \alpha$ l'intensità all'uscita da P2 sarà

$$I_2 = I_3\cos^2\alpha\sin^2\alpha = \frac{1}{4}I_3\sin^2(2\alpha).$$

L'intensità ha quindi massimo per $2\alpha = 90°$, cioè per $\alpha = 45°$ ed il suo valore è

$$I_2 = \frac{1}{4}I_1 = \frac{1}{8}I_0.$$

Il valore dell'angolo massimo può essere anche dedotto, alternativamente, dalla simmetria della situazione e dal fatto che l'intensità è definita positiva, si annulla per $\alpha = 0$ e $\alpha = 90°$.