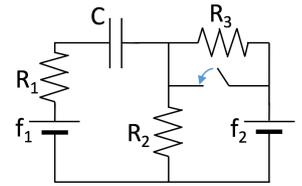


### 13° ESERCITAZIONE – mercoledì 19 dicembre 2018 (e altri esercizi)

1) Il circuito in figura è inizialmente a regime con l'interruttore aperto. Calcolare il lavoro compiuto dal generatore  $f_1$  dall'istante in cui si chiude l'interruttore fino al raggiungimento della nuova condizione d'equilibrio.

Dati:  $f_1 = 9 \text{ V}$ ,  $f_2 = 16 \text{ V}$ ;  $R_1 = 100 \Omega$ ,  $R_2 = 50 \Omega$ ,  $R_3 = 150 \Omega$ ;  $C = 10 \mu\text{F}$ .

>>> soluzione: -1,08 mJ



2) In una giornata di sole, a mezzogiorno, la radiazione solare cede ad un centimetro quadrato di superficie terrestre 6 J al minuto. Calcolare i valori massimi di E e B dell'onda che trasporta tale energia supponendo che sia piana, armonica e che incida perpendicolarmente alla superficie terrestre.

>>> soluzione: 868 V/m; 2,9  $\mu\text{T}$

3) Una sorgente di potenza media  $P_0 = 6 \text{ kW}$  emette isotropicamente onde elettromagnetiche monocromatiche ( $\lambda = 2 \text{ m}$  in aria).

Qual è la massima distanza alla quale può essere utilmente posto un ricevitore in grado di funzionare solo con campi elettrici oscillanti di ampiezza superiore a  $E_{\min} = 10 \text{ mV/m}$ ?

>>> soluzione: 60 km

4) Una sottile barretta di plastica ( $\epsilon_r = 3$ ) lunga  $L = 20 \text{ cm}$  e sezione  $S = 1 \text{ mm}^2$  è investita da un'onda radio monocromatica di intensità  $I = 1 \mu\text{W/m}^2$  polarizzata parallelamente alla barretta. Calcolare il massimo valore del momento di dipolo elettrico oscillante indotto nella barretta posta in aria.

>>> soluzione:  $98 \times 10^{-21} \text{ Cm}$

5) Un'onda elettromagnetica piana non polarizzata di intensità  $I_0 = 80 \text{ W/m}^2$  viaggiando nel vuoto attraversa perpendicolarmente due filtri polarizzatori i cui assi ottici formano un angolo di  $60^\circ$ .

Determinare: 1) il valore massimo del campo B nella regione di spazio compresa fra i due filtri; 2) l'intensità dell'onda all'uscita del secondo filtro

>>> soluzione: 0,58  $\mu\text{T}$ ;  $10 \text{ W/m}^2$

### Interferenza

6) In un punto dello spazio arrivano onde elettromagnetiche da due sorgenti polarizzate nella stessa direzione. L'intensità dovuta alla prima sorgente è  $10 \text{ W/m}^2$ ; quella della seconda  $40 \text{ W/m}^2$ . Le due onde interferiscono. Quanto possono valere l'intensità minima e massima?

>>> soluzione:  $(50 \pm 40) \text{ W/m}^2$

7) Un raggio luminoso verde ( $\lambda_0 = 552 \text{ nm}$ ) incide perpendicolarmente su una superficie speculare ricoperta da uno strato uniforme di materiale di indice  $n = 1,38$ . Quale spessore minimo deve avere lo strato affinché la luce riflessa dallo specchio interferisca distruttivamente con quella riflessa dal rivestimento?

>>> soluzione: 0,1  $\mu\text{m}$

8) Due onde elettromagnetiche piane polarizzate nel piano y, di uguali intensità  $I_0$ , numero d'onda k e fase iniziale, viaggiano nel vuoto lungo l'asse x in versi opposti. Determinare, in seguito all'interferenza fra le due onde, l'intensità massima e minima risultante e la distanza fra due massimi consecutivi.

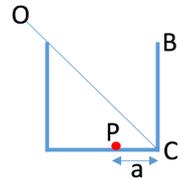
>>> soluzione: 0;  $4I_0$ ;  $\pi/k$

9) Un apparato di Young viene modificato inserendo nel percorso due polarizzatori disposti in modo tale che le due sorgenti mostrino la stessa fase e intensità  $I_0$  ma con piani di polarizzazione ruotati, l'uno rispetto all'altro, di un angolo  $\alpha$ . Determinare l'intensità minima e massima che si può osservare su uno schermo posto a grande distanza dalle sorgenti.

>>> soluzione:  $2I_0 (1 \pm \cos\alpha)$

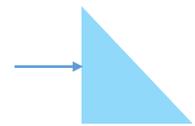
### Snell

10) Un recipiente cubico di lato  $L = 30$  cm con pareti opache è posto in maniera che un osservatore posto in O non ne vede il fondo ma vede tutta la parete BC. Quanta acqua di indice di rifrazione  $n = 1,33$  occorre versare nel recipiente affinché l'osservatore possa vedere nel punto C l'oggetto P posto sul fondo a distanza  $a = 10$  cm dalla parete BC?

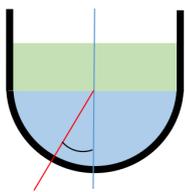


>>> soluzione: 27 cm

11) Un raggio luminoso incide, come in figura, sulla superficie di un prisma di vetro ( $n = 1,5$ ) cosa succede all'uscita del prisma se è immerso: a) in aria ( $n_0 = 1$ ); b) in acqua ( $n_{H_2O} = 1,33$ )?



>>> soluzione: riflessione totale,  $53^\circ$



12) Un raggio luminoso viene inviato dal basso sul centro di curvatura del fondo semisferico di una provetta di vetro ( $n_{\text{vetro}} = 1,5$ ) messa in posizione verticale. La provetta contiene acqua ( $n_{H_2O} = 1,33$ ) e olio silconico ( $n_{Si} = 1,4$ ;  $\rho = 0,96$  g/cm<sup>3</sup>). Determinare il valore minimo dell'angolo di incidenza, rispetto all'asse della provetta, per il quale il raggio non arriva all'aria.

>>> soluzione:  $48,7^\circ$

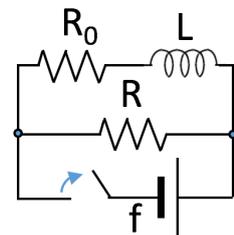
13) Un raggio luminoso con due componenti cromatiche, rossa e blu, viaggia all'interno di una lastra trasparente ( $n_{\text{BLU}} = 1,8$   $n_{\text{ROSSO}} = 1,7$ ). Sulla superficie di separazione con l'aria l'angolo di incidenza corrisponde all'angolo limite per una delle due componenti che quindi viene riflessa totalmente. Determinare l'angolo rispetto alla normale formato dall'altra componente.

>>> soluzione:  $70,8^\circ$

### ALTRI

14) Determinare l'energia dissipata nella resistenza R dall'apertura dell'interruttore fino al raggiungimento della nuova condizione di equilibrio.

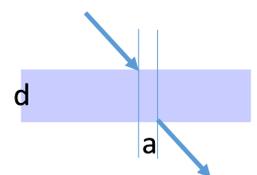
>>> soluzione:  $\frac{1}{2} L (f/R_0)^2 R/(R+R_0)$



15) Una sorgente puntiforme irradia onde sferiche sinusoidali in modo isotropo nel vuoto con potenza media P. Determinare l'ampiezza di  $B_0$  a distanza R dalla sorgente.

>>> soluzione:  $[(Z_0 P / 2\pi)^{1/2}] / (Rc)$

16) Un raggio luminoso incide nel vuoto su una lastra trasparente spessa  $d = 3$  cm. Il raggio riflesso forma un angolo di  $90^\circ$  rispetto a quello rifratto che poi emerge a distanza  $a = 2$  cm dal punto di ingresso. Calcolare l'indice di rifrazione del materiale della lastra.



>>> soluzione: 1,5

- 1)  $-f_1 f_2 C R_3 / (R_2 + R_3)$
- 2)  $E_0 = (2Z_0 P / \Sigma)^{1/2}$ ;  $B_0 = E/c$
- 3)  $r < [P_0 Z_0 / (2\pi)]^{1/2} / E_{\min}$
- 4)  $p = \epsilon_0 \chi (2 Z_0 I)^{1/2} S L$
- 5)  $I_1 = I_0/2 = E^2/2Z_0$ ;  $B = E/c$ ;  $I_2 = I_1 \cos^2 60^\circ$
- 6)  $[\sqrt{10} \pm \sqrt{40}]^2 = 10+40 \pm 2\sqrt{400} = (50 \pm 40) \text{ W/m}^2$ .
- 7)  $d_m = \frac{1}{4} \lambda_0/n$
- 9)  $(E_1 \pm E_2)^2 / 2Z_0 = [E_1^2 + E_2^2 + 2E_1 E_2] / 2Z_0 = [2E^2 \pm 2E^2 \cos \alpha] / 2Z_0 = 2I_0 (1 \pm \cos \alpha)$
- 10)  $n \sin \theta_i = \sin 45^\circ$ ;  $a = h - h \tan \theta_i$
- 11)  $\arcsin(n \sin 45^\circ / n_{H_2O})$
- 12)  $\arcsin(1/n_{H_2O})$
- 13)  $\theta = \arcsin(n_{ROSSO} / n_{BLU})$
- 14)  $I(t) = I_0 e^{-t/\tau}$  con  $I_0 = f/R_0$ ;  $\tau = L/(R+R_0)$
- 16)  $n = \cotg \theta_t$

### ULTERIORI SUGGERIMENTI

- 1) calcolare la corrente che scorre in  $f_1$  o la variazione di carica di C nel ramo che contiene  $f_1$
- 2)  $I = E_0^2 / 2Z_0 = P / \Sigma = 1 \text{ kW/m}^2$
- 4) nel passaggio fra due materiali la componente di E tangente alla superficie di separazione è la stessa
- 7) lo spessore minimo  $d_m$  è quello per il quale dopo aver percorso la distanza  $2d_m$  la radiazione riemerge sfasata di  $\pi$  rispetto a quella riflessa dalla superficie di ingresso:  $(kr - \omega t') - (kr - \omega t) = \pi \rightarrow \omega \Delta t_{\min} = \omega 2d_{\min} / v = \pi \rightarrow d_{\min} = \frac{1}{4} \lambda = \frac{1}{4} \lambda_0 / n$
- 8) se l'onda progressiva e quella regressiva sono sfasate di  $\pi$  l'intensità è nulla; se sono in fase l'intensità è massima. I massimi di intensità distano  $\lambda/2$  (distanza fra un massimo e il minimo successivo del campo:  $I \propto E^2$ )
- 10) si consideri il percorso che deve seguire in acqua la luce emessa dalla sorgente per arrivare in O come se provenisse, in assenza di acqua, da C
- 11) a) non c'è rifrazione, il raggio emerge in basso; b) il raggio emerge a  $53^\circ$  dalla normale alla superficie inclinata
- 12) nel passaggio olio-aria si ha riflessione totale
- 13) dalla lastra emerge luce blu
- 14) integrare  $R I^2 dt$  da 0 a  $\infty$  o considerare dove viene dissipata l'energia dell'induttanza
- 16)  $\sin \theta_i = \sin \theta_r = \cos \theta_t = n \sin \theta_t$