

# Esercizi di Fisica LB - Ottica

Esercitazioni di Fisica LB per ingegneri - A.A. 2003-2004

## Esercizio 1

Calcolare la larghezza della frangia centrale della figura di interferenza generata da un fascio di luce di lunghezza d'onda  $\lambda = 5 \cdot 10^{-6} m$  in un esperimento di Young sapendo che la distanza fra le due fenditure è pari a  $d = 1 mm$  e che lo schermo dista  $L = 0.5 m$ .

## Esercizio 2

Un sistema ottico centrato è costituito (da sinistra a destra) da una lente sottile biconcava (l'indice di rifrazione della lente è  $n_l = 1.5$ ) simmetrica di raggio  $R_l = \pm 1 m$  e da uno specchio concavo anch'esso di raggio  $R_s = 2 m$  distante dalla lente  $\Delta x = 0.5 m$ . Calcolare la posizione dell'immagine (è reale?) di un oggetto che viene posto  $3 m$  a sinistra della lente e il suo ingrandimento lineare.

## Esercizio 3

Un'onda elettromagnetica piana monocromatica di propaga nel vuoto lungo l'asse  $x$  di un sistema di riferimento cartesiano. Sapendo che il campo elettrico oscilla come  $E(x, t) = E_0 \sin(kx - \omega t)$  lungo l'asse  $y$ , calcolare come variano nel tempo le componenti non nulle del campo magnetico.

## Esercizio 4

Verificare che, per le onde elettromagnetiche piane (prendere l'onda dell'esercizio precedente), la densità di energia dovuta alla presenza del campo elettrico è uguale alla densità di energia dovuta alla presenza del campo magnetico.

## Esercizio 5

Calcolare il flusso ed il flusso medio nel tempo del vettore di Pointing di un onda elettromagnetica piana il cui campo elettrico varia secondo la legge  $\vec{E}(x, t) = E_y \cos(kx - \omega t) \hat{j}$  attraverso una superficie ortogonale alla direzione di propagazione dell'onda di area  $L^2$  e disposta ad  $x = 0$ . Calcolare poi l'intensità  $S$  dell'onda definita come la rapidità con cui l'energia attraversa l'area unitaria ovvero la quantità di energia media che attraversa la superficie unitaria nell'unità di tempo.

## Esercizio 6

Sia data una lente sottile biconvessa simmetrica rispetto al suo asse e di raggio  $\pm R = 1 m$ . Sapendo che la convergenza della lente è di  $2 diottrie$  calcolare l'indice di rifrazione della stessa. Calcolare l'ingrandimento lineare corrispondente ad un piano che dista  $d = 3 m$  dalla lente ed il suo piano coniugato.

### Esercizio 7

Un'onda piana monocromatica nel vuoto è composta da un campo elettrico che varia secondo la legge  $\vec{E}(x, t) = E_0 \hat{j} \cos(kx - \omega t)$  e da un campo magnetico. Si immagini che il flusso dell'onda si possa schematizzare come un flusso di particelle di energia pari a  $E = \hbar\omega$  essendo  $\hbar$  la costante ridotta di Planck ( $\hbar = 1.054 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{sec}$ ) distribuite uniformemente nello spazio occupato dall'onda, prive di massa e con una velocità costante pari a quella della luce. Calcolare quante particelle (*fotoni*) attraversano una superficie di area  $A$  disposta ortogonalmente alla loro direzione del moto nel periodo  $\Delta t$ .

### Esercizio 8

Sapendo che a ciascun fotone si può associare una quantità di moto pari a  $p = \frac{E}{c}$  calcolare l'accelerazione di un'astronave di massa  $M$  che emette un'onda elettromagnetica piana d'intensità  $S$  costante dal suo propulsore di area  $A$ .

### Esercizio 9

Un fascio di luce non polarizzato viene fatto incidere su una lastra di vetro (indice di rifrazione  $n_V = 1.5$ ). Calcolare quanto deve essere l'angolo di incidenza  $\theta_i$  affinché l'onda riflessa sia completamente polarizzata.

### Esercizio 10

Un fascio di luce polarizzata circolarmente attraversa un polarizzatore disposto ortogonalmente alla direzione di propagazione dell'onda. Calcolare il rapporto fra l'intensità incidente e l'intensità dell'onda polarizzata linearmente che esce dal polarizzatore.

### Esercizio 11

Un'onda piana è ottenuta tramite la sovrapposizione coerente di due onde monocromatiche che si propagano lungo l'asse  $x$ . Il campo elettrico della prima onda elettromagnetica varia come  $\vec{E}_1(x, t) = (0, 0, E_1 \cos(kx - \omega t))$  mentre il campo magnetico della seconda varia come  $\vec{B}_2(x, t) = (0, 0, B_2 \sin(kx - \omega t))$ . Calcolare lo stato di polarizzazione dell'onda risultante.

### Esercizio 12

Un'onda piana monocromatica (lunghezza d'onda  $\lambda$ ) che si propaga lungo l'asse  $x$  è polarizzata circolarmente. Ad un certo istante essa attraversa una lamina di ritardo disposta ortogonalmente alla sua direzione di propagazione (asse veloce parallelo all'asse  $y$ ) larga  $\Delta x = 3 \cdot \lambda_0$ . Sapendo che la differenza fra l'indice di rifrazione dell'asse lento e l'indice di rifrazione di quello veloce è  $\Delta n = 1/5$  indicare lo stato di polarizzazione dell'onda uscente dalla lamina ed il campo elettrico  $\vec{E}(t)$  uscente.

### Esercizio 13

Un osservatore si trova ad un'altezza  $h_+$  rispetto ad una superficie d'acqua (indice di rifrazione  $n_{H_2O} = 1.33$ ) e dista  $d$  da un pesce immerso ad una profondità  $h_-$ . A quale profondità il pesce appare all'osservatore? (Approssimare a piccoli angoli di incidenza e rifrazione...)

### Esercizio 14

Sia dato uno specchio sferico concavo di distanza focale  $f$ . Calcolarne il raggio  $r$ . Supponendo, poi, di appoggiare un oggetto di altezza  $h$  sull'asse ottico a distanza  $2r$  dallo specchio calcolare l'altezza dell'immagine riflessa e specificare se si tratti di un'immagine reale o di un'immagine virtuale, se è dritta o capovolta.

### Esercizio 15

Sia dato un diottro sferico convesso di raggio  $r$  ed indice di rifrazione  $n = 1.5$ . Calcolarne i fuochi. Determinare quindi l'ingrandimento angolare  $K$  relativo ad un piano a distanza  $3r$  dal diottro (nello spazio degli oggetti) ed il suo piano coniugato.

### Esercizio 16

Sia data una lente sottile biconvessa simmetrica rispetto al suo asse e di raggio  $\pm R = 1\text{ m}$ . Sapendo che la convergenza della lente è di  $2\text{ diottrie}$  calcolare l'indice di rifrazione della stessa. Calcolare l'ingrandimento lineare corrispondente ad un piano che dista  $d = 3\text{ m}$  dalla lente ed il suo piano coniugato.

### Esercizio 17

Si consideri un condensatore piano con armature circolari di raggio  $r$  che distano  $d$ . Tale condensatore, inizialmente scarico, viene fatto scaricare su di una resistenza  $R$ . Calcolare il flusso del vettore di pointing attraverso il volume delimitato dal condensatore durante la carica dello stesso. Che cosa rappresenta l'integrale nel tempo (da 0 a  $t$ ) di tale flusso?

## Esercizi avanzati e d'esame

### Esercizio 1

Un'onda piana polarizzata circolarmente  $\vec{E}_i(z, t) = E_{0,i} \cos(\omega t - kz)\hat{i} + E_{0,i} \cos(\omega t - kz)\hat{j}$  si propaga lungo l'asse  $\hat{z}$  di un sistema di riferimento cartesiano opportunamente scelto. L'onda attraversa due polarizzatori il cui asse di polarizzazione è disposto rispettivamente lungo l'asse  $x$  (il primo), lungo una direzione  $\hat{n}$  che forma un angolo pari a  $\theta = \xi \cdot 10^{-3} \frac{\pi}{2}$  con l'asse  $x$  (il secondo). Calcolare il rapporto fra l'ampiezza di oscillazione del campo elettrico uscente  $E_{0,f}$  ed il modulo iniziale  $E_{0,i}$  ( $R_A \equiv E_{0,f}/E_{0,i}$ ), calcolare inoltre il rapporto fra l'intensità luminosa in uscita e quella in entrata nei due polarizzatori ( $R_I \equiv I_f/I_i$ ). (Totale 19/09/2003)

### Esercizio 2

In un esperimento di Young per verificare l'origine non corpuscolare della luce, un'onda piana con lunghezza d'onda pari a  $\lambda = \xi \cdot 10^{-8}\text{ m}$  viene fatta incidere, al solito, su uno schermo su cui sono praticate due fenditure distanti  $d$ . La luce che le attraversa raggiunge poi un secondo schermo parallelo al primo e distante da esso  $D = 4\text{ m}$ . Sapendo che la figura di interferenza che si osserva sul secondo schermo è tale che la distanza fra i massimi e i minimi ad essi adiacenti misura (per piccoli angoli di incidenza)  $\Delta y = 10^{-3}\text{ m}$  calcolare quanto vale  $d$ . (Totale 12/01/2004)

### Esercizio 3

Sia dato un condensatore costituito da due armature circolari di raggio  $r = R \cdot 10^{-3} m$  ad una certa distanza. A partire dall'istante  $t = 0 s$  il condensatore viene caricato. Durante il processo di carica il vettore di poynting sulla superficie cilindrica che delimita il condensatore varia, in modulo, nel tempo come  $|\vec{S}(t)| = (R^{\frac{3}{2}} \cdot W \cdot m^{-2} \cdot s^{-2}) \cdot t^2$ . Calcolare la carica accumulata sulle armature all'istante  $t = R^{\frac{1}{2}} s$ . (*Parziale 12/06/2003*)

### Esercizio 4

Un sistema ottico è costituito da una lente biconvessa di indice di rifrazione  $n = 1 + \frac{\sqrt{R}}{10}$ . I raggi dei due diottri che formano la lente ( $R_1$  ed  $R_2$ ) sono tali che  $|R_1| = |R_2| = 5 \cdot R mm$ . Calcolare a che distanza dalla lente deve essere messo un oggetto delle dimensioni di  $\frac{\sqrt{R}}{10} mm$  per formare un'immagine virtuale delle dimensioni di  $\frac{R}{2} mm$ . (*Parziale 12/06/2003*)