Problemi di Onde e Ottica

Federico Grasselli, FIM-UniMoRe

9 febbraio 2015

Problemi

Problema 1.

È dato un esperimento di Young in cui la distanza tra le due fenditure vale $d = 0.1$ mm, e in cui lo schermo è posto ad una distanza $L = 20$ cm da esse. Si osserva che la distanza sullo schermo tra i due massimi di ordine $K = \pm 10$, nella figura di interferenza generata da luce monocromatica, vale 24 mm. Si calcoli la lunghezza d'onda della radiazione e la larghezza delle frange luminose, e si discuta come varia il sistema di frange se il dispositivo viene immerso in un dielettrico trasparente di indice di rifrazione $n > 1$.

Problema 2.

L'interferometro di Fizeau è composto da due fenditure molto sottili la distanza tra le quali può essere variata dallo sperimentatore, poste innanzi ad una lente *convergente* di grande apertura D. Tale dispositivo può essere impigato per la misura della separazione angolare tra due sorgenti luminose puntiformi (ad esempio due stelle): si punta una di queste, S_1, cosicché la seconda, S_2, vada a formare un angolo θ con l'asse dell'interferometro. La sovrapposizione delle due figure di interferenza è poi osservata su uno schermo che giace nel piano focale della lente (perche?). Supponendo che l'intensità delle due sorgenti sia la stessa, mostrare come è possibile misurare la separazione angolare θ variando la distanza tra le fenditure in modo tale da osservare alternativamente la scomparsa e la ricomparsa della figura di interferenza (globale). Calcolare l'angolo minimo misurabile. Si utilizzino, per una stima numerica appropriata, i seguenti valori: $D = 250$ cm e $\lambda = 550$ nm.

Problema 3.

In una canna d'organo si ha che tre successive frequenze di risonanza valgono

$$\nu_1 = 171.2 \qquad \nu_2 = 239.7 \qquad \nu_3 = 308.2$$

Hertz. Determinare l'apertura o meno dell'altra estremità della canna (una è per forza aperta) e determinarne la lunghezza L. La temperatura dell'aria è di 18 gradi Celsius.

Problema 4.

Un telescopio con un ingrandimento angolare $k = 20$ consiste di due lenti convergenti: un obiettivo con focale $F = 0.5$ m e un oculare che può essere regolato tra i due estremi $D_- = -7$ D e $D_+ = +10$ D (rispetto all'obiettivo). Qual è la distanza minima a dall'obiettivo cui può essere visto un oggetto remoto? Non si considerino eventuali difetti di vista dello sperimentatore.

Problema 5.

Un ragno e una mosca si trovano sulla superficie di una sfera (piena) di vetro trasparente ($n = 1.43$), il cui raggio è molto maggiore della dimensione di ragno e mosca, che posson essere assunti puntiformi. Dove deve trovarsi la mosca per non esser vista dal ragno?

Problema (rapido) 6.

E' possibile utilizzare una lente *divergente* per *aumentare* l'intensità luminosa in qualche regione della superficie d'uno schermo?

Problema (rapido) 7.

Una sorgente luminosa puntiforme è posizionata esattamente sopra a una matita eretta verticalmente sulla superficie dell'acqua. L'ombra della matita può essere vista sul fondo del recipiente contenente l'acqua. Spiegare il seguente fenomeno:
Quando la matita è immersa nell'acqua la dimensione dello *spot* scuro sul fondo aumenta. Quando la matita viene estratta dall'acqua uno *spot* **chiaro** appare anziché uno **scuro**.

Soluzioni ai problemi proposti

Soluzione Problema 1.

Dalla legge sulla differenza dei cammini ottici e dalla condizione di interferenza costruttiva si trova $\lambda_{(n=1)} = 600$ nm e una larghezza di frangia $\Delta x = 0.6$ mm. In un mezzo con $n > 1$ le frange diventano più strette e fitte.

Soluzione Problema 2.

Si trova, lavorando sulle condizioni di interferenza per un minimo(o un massimo) generico di ordine K, si trova

$$\theta = \frac{\lambda}{a_2 - a_1}$$

dove a_2 e a_1 sono le separazioni tra le fenditure che garantiscono la non osservazione di frange di interferenza sullo schermo in modo successivo. L'angolo minimo misurabile, detto anche *potere separatore angolare* vale

$$\theta_{\min} = \frac{\lambda}{2D}.$$

Soluzione Problema 3.

L'estremità dev'esser chiusa; la frequenza fondamentale è 32.24 Hz e la lunghezza della canna vale 2.66 m.

Soluzione Problema 4.

Trattasi di un telescopio di tipo kepleriano. Sfruttando il fatto che per esso l'ingrandimento angolare è pari al rapporto tra le distanze focali di obiettivo e oculare, si trova, tramite la legge delle lenti sottili, $a = 30$ metri.

Soluzione Problema 5.

Supponiamo che il ragno si trovi al polo nord della sfera. La mosca non è visibile al ragno se essa si trova nella metà superiore della sfera, come si trova utilizzando la legge di Snell in condizione limite.