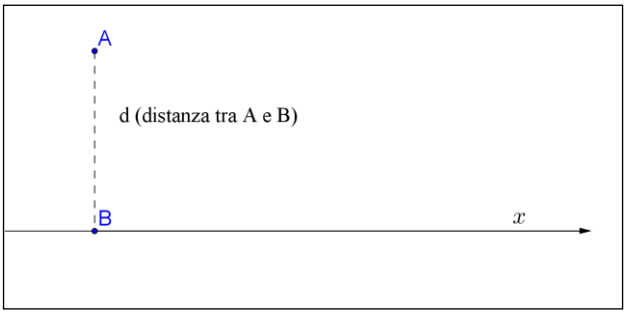
Onde, ottica e suono

I testi sono tratti da " Le Olimpiadi della Fisica", problemi dalla gare italiane e internazionali, Zanichelli

1. ***"Due altoparlanti", selezione regionale, 1992***

Due altoparlanti A e B sono disposti, come nella figura, a distanza d = 4 m fra loro ed emettono in fase onde sonore con lunghezza d'onda λ = 1 m. Spostandosi lungo la semiretta x si notano alcuni minimi.



Determinare quanti sono e in quali posizioni si notano i minimi.

R: $x_1 = 15.75\,\text{m}$, $x_2 = 4.58\,\text{m}$, $x_3 = 1.95\,\text{m}$ e $x_4 = 0.54\,\text{m}$.

2. ***"Un disco nell'acqua, sul fondo", selezione regionale, 1991.***

In una macchina fotografica la distanza di *messa a fuoco* riportata sull'obiettivo è intesa come distanza tra il soggetto fotografato e il piano della pellicola. Per semplicità tratteremo l'obiettivo come una lente sottile, anche se nella realtà questo generalmente non è corretto. La macchina, formato 24 x 36 (lati del fotogramma in mm), monta un teleobiettivo di 180 mm di focale.

1. Dire a che distanza dall'obiettivo si trova il soggetto che si vuole fotografare, quando l'indice di *messa a fuoco* indica una distanza di 2 m.

Stando in barca, presso una spiaggia, si vuol fotografare un oggetto, a forma di disco, adagiato orizzontalmente sul fondo del mare. Si supponga naturalmente che la superficie dell'acqua sia piana.
Tenendo la macchina fotografica sulla verticale dell'oggetto, con l'obiettivo a 30 cm dalla superficie del mare, l'indice della messa a fuoco dà ancora un valore di 2 m.

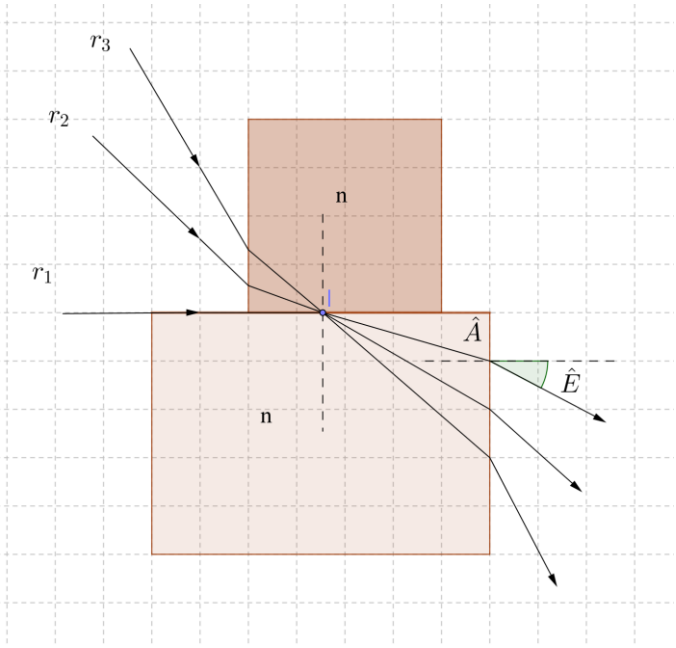
2. Determinare la profondità (dal livello del mare) a cui si trova l'oggetto.

3. Calcolare il diametro dell'oggetto, sapendo che l'immagine è contenuta esattamente nel campo del fotogramma.

R: 1. la distanza è $x = 1.8\,\text{m}$, 2. l'oggetto si trova a 2.0 m di profondità, 3. il diametro del disco è di 216 mm.

3. *"Il rifrattometro di Pulfrich", selezione regionale, 1992*

Il rifrattometro è uno strumento per la determinazione dell'indice di rifrazione delle sostanze. Il principio di funzionamento è spesso basato sulla misura dell'angolo limite.



Nel rifrattometro di Pulfrich un fascio di luce convergente colpisce la superficie di separazione tra un campione di indice di rifrazione incognito n e un prisma di indice di rifrazione n' ($n' > n$) per poi riemergere dall'altro lato del prisma, come indicato in figura.

Determinare l'indice di rifrazione incognito, con i dati: $n' = 1.5$; $n_{aria} = 1.0$; $\hat{A} = 90°$; $\hat{E} = 30°$.

R: l'indice di rifrazione è $n = 1.4$.

4. *"Filtri polarizzatori", selezione nazionale, 1989*

Per costruire dei filtri polarizzatori si usa un materiale che trasmette, con una attenuazione in intensità del 30%, la luce polarizzata con vettore del campo elettrico orientato lungo l'asse del filtro, mentre è completamente opaco per luce polarizzata ortogonalmente a tale direzione. La luce messa da una piccola lampada ad incandescenza viene fatta passare successivamente attraverso tre filtri polarizzanti i cui assi ottici sono rispettivamente verticale, inclinato di 30° e nuovamente verticale. Essa incide su uno schermo S ortogonale alla direzione di propagazione della luce, posto a 1 di distanza dalla sorgente, provocandovi un'illuminazione di 1 W m^{-2} nel punto più vicino alla sorgente. Un'altra lampada, identica alla precedente, viene posta alla stessa distanza dallo schermo S, con l'unica differenza che non vi sono filtri polarizzanti.

1. Quanto vale, in questo secondo caso, l'illuminazione dello schermo nel punto più vicino alla sorgente?

2. Ferma restando la posizione dello schermo, qual è l'illuminazione a 1.25 m di distanza dalla sorgente?

Con un opportuno sistema di schermature la luce proveniente dalle due sorgenti descritte viene fatta passare attraverso due forellini; questi hanno un diametro di 0.1 mm e sono posti a 1 mm di distanza tra loro, praticati in uno schermo situato a 50 cm di distanza dallo schermo S.

3. Si dica se, in queste condizioni, è possibile vedere frange di interferenza sullo schermo S, chiarendo perché ed eventualmente in quali circostanze.

R: l'illuminazione nel secondo caso è $E' = 10.37\ \mathrm{W\,m^{-2}}$. Illuminazione a 1.25 m di distanza dalla sorgente $E'' = 5.31\ \mathrm{W\,m^{-2}}$. No, perché le lampade non sono sorgenti coerenti.

5. "Misura di uno spessore d'aria", Olimpiadi internazionali, Cecoslovacchia, 1969

Una lastra di vetro viene posta sopra un cubo di vetro avente lo spigolo di 2.0 cm. Tra la lastra e il cubo resta una sottile intercapedine d'aria. Un fascio di onde elettromagnetiche di lunghezza d'onda compresa tra 0.40 μm e 1.15 μm incide perpendicolarmente sulla lastra e viene riflesso da entrambe le superfici a contatto con l'intercapedine producendo frange di interferenza. All'interno della banda di lunghezze d'onda del fascio si notano due massimi in corrispondenza a due soli valori della lunghezza d'onda: uno di questo λ_1 vale 0.40 μm.

Si determini lo spessore dell'intercapedine d'aria e l'altra lunghezza d'onda λ_2.

R: la seconda lunghezza d'onda è $\lambda_2 = 0.67$ μm, lo spessore risulta $d = 0.50$ μm.

6. "Aberrazione di uno specchio sferico", Olimpiadi internazionali, URSS, 1970

In uno specchio sferico i raggi riflessi di un sottile fascio che si propaga parallelamente all'asse ottico convergono approssimativamente in un punto dell'asse ottico detto fuoco par assiale. Si pone uno schermo sul piano del fuoco par assiale di uno specchio di raggio *r* sul quale incide un fascio di luce parallelo all'asse ottico la cui sezione ha raggio *h* .

1. Si determini il raggio minimo dello schermo per raccogliere tutta la luce riflessa..

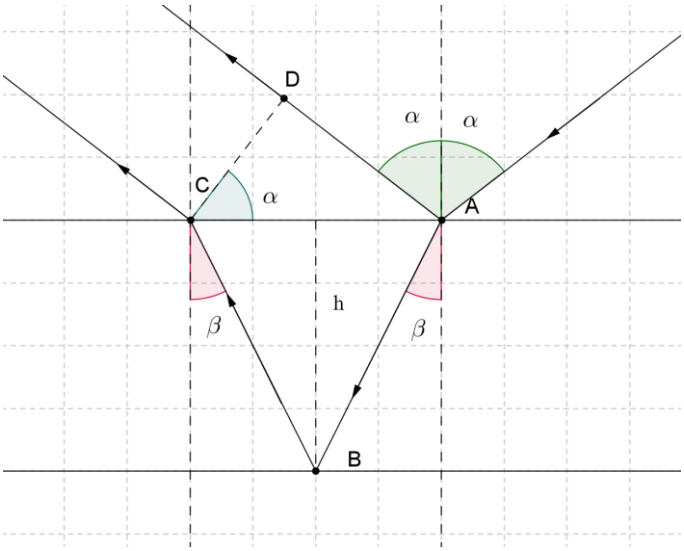
2. Si determini la frazione di luce che illumina lo schermo se il suo raggio viene ridotto a un ottavi del valore calcolato nel caso precedente.

R: Il raggio minimo dello schermo è $x = \dfrac{h^3}{2r^2}$, la frazione di luce intercettata è un quarto di quella precedente.

7. *"Una pellicola d'acqua saponata", Olimpiadi internazionali, Cecoslovacchia, 1977*

Un fascio di luce bianca investe, con un angolo di 30°, la superficie di una pellicola di acqua saponata.

La luce riflessa presenta un colore verde predominante, di lunghezza d'onda λ_0 = 500 nm. L'indice di rifrazione del liquido di cui è costituita la pellicola è n = 1.33.



1. Qual è il minimo spessore possibile della pellicola?
2. Di quale colore appare la pellicola illuminata perpendicolarmente alla sua superficie?

Nota: nell'eseguire i calcoli si tenga conto del cambiamento di fase pari a π subito dall'onda luminosa nella riflessione sulla superficie di un mezzo di indice di rifrazione maggiore di quello dell'aria circostante.

R: 1. lo spessore minimo della pellicola è *0.101* μm . 2. Con luce che incide perpendicolarmente alla superficie il colore predominante è giallo-verde, con lunghezza d'onda di 540 nm.