

INTERFERENZA DA LAMINA SOTTILE

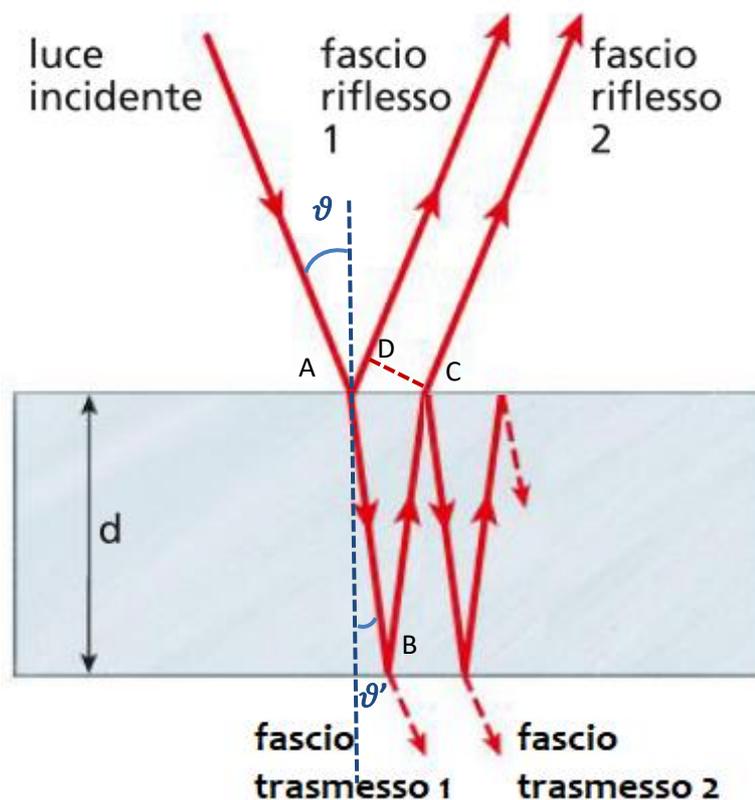
Aloise Irene, Ferrarese Leonardo, Piazza Irene

L'interferenza da lamine sottili ci spiega la colorazione iridescente delle bolle di sapone, delle chiazze d'olio e delle ali di insetti.

Per osservare questo fenomeno lo spessore della lamina deve essere dell'ordine delle lunghezze d'onda.

Tutto si basa sul fatto che noi vediamo la luce riflessa da una superficie. Siccome quando osserviamo un raggio luminoso che incide su una lamina sottile a facce parallele le semplici riflessioni sono due, le due onde prodotte interferiscono tra di loro, in modo costruttivo o distruttivo. Fissato lo spessore della lamina, l'effetto dipende dalla lunghezza d'onda.

Possiamo osservare interferenza anche in trasmissione, infatti come si osserva nell'immagine i raggi doppiamente rifratti escono paralleli dalla lamina.



Analizziamo l'interferenza in riflessione.

Se un raggio luminoso incide in A sulla prima superficie di separazione con angolo di incidenza ϑ , viene in parte riflesso e in parte rifratto con angolo di rifrazione ϑ' . Il raggio rifratto viene parzialmente riflesso in B dalla seconda superficie di separazione e riemerge, dopo essere stato rifratto dalla prima superficie, parallelo al primo raggio riflesso. La differenza di cammino ottico fra i due raggi riflessi è data da:

$$\delta = n(AB + BC) + AC \sin \vartheta + \frac{\lambda}{2}$$

Dove viene aggiunto il termine $\frac{\lambda}{2}$ in quanto il raggio 1 viene sfasato di π a causa della riflessione su un mezzo che ha un indice di rifrazione maggiore rispetto all'indice di rifrazione del mezzo in cui si propaga.

Quindi: $\delta = 2nd \cos \theta' + \frac{\lambda}{2}$

Si ha pertanto interferenza costruttiva se:

$$\delta = 2nd \cos \theta' + \frac{\lambda}{2} = m\lambda \quad \rightarrow \quad 2nd \cos \theta' = \left(m - \frac{1}{2}\right)\lambda$$

Considerando un'incidenza normale alla lamina si ottiene:

$$d = \left(m - \frac{1}{2}\right) \frac{\lambda}{2n} = (2m - 1) \frac{\lambda}{4n}$$

Nel caso di una lamina verticale di acqua saponata, visto lo spessore variabile dovuto alla gravità, si osservano frange di interferenza.

Per vedere tali frange si prende un anello portachiavi e lo si immerge nell'acqua saponata, dopodiché si osserva la superficie della sottile pellicola all'interno dell'anello.

Al passare del tempo la lamina diventa più spessa verso il basso a causa della gravità, di conseguenza lo spessore non uniforme della lamina provoca la formazione di sottili frange di interferenza (altrimenti si vedrebbe interferenza distruttiva o costruttiva).

Riportiamo due immagini di frange di interferenza in trasmissione e riflessione:



Figura 1: frange di interferenza in trasmissione

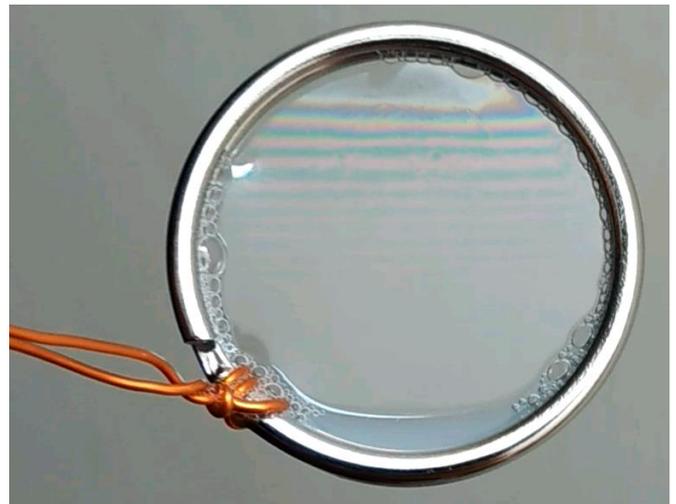


Figura 2: frange di interferenza in riflessione

Nella *Figura 2* si osserva che vengono separate le componenti della luce bianca, infatti le diverse lunghezze d'onda della luce visibile vengono rifratte con angolo leggermente differente dall'acqua saponata, il cui indice di rifrazione dipende dalla lunghezza d'onda.

Nel filmato allegato si osserva come la frange di interferenza scendono verso il basso con il passare del tempo. Questo perché a causa della gravità l'acqua saponata nell'anello tende a scendere verso il basso e la lamina si assottiglia sempre di più partendo dall'alto. Quando lo spessore della lamina diventa minore dello spessore minimo per l'interferenza costruttiva non si osservano più frange scure.

Dopo un certo tempo la lamina si rompe.

È possibile calcolare lo spessore minimo della lamina per avere interferenza costruttiva in riflessione:

$$d = \frac{\lambda}{4n}$$

Considerando l'indice di rifrazione dell'acqua saponata $n = 1,33$ e il valor medio della lunghezza d'onda della luce visibile $\lambda = 5 \cdot 10^{-7} \text{ m}$ si ottiene:

$$d = \frac{5 \cdot 10^{-7}}{4 \cdot 1,33} = 9,4 \cdot 10^{-8} \text{ m}$$

APPLICAZIONE DELL'INTERFERENZA DA LAMINA SOTTILE:

Lenti antiriflesso

Si considera un caso che può permettere di schematizzare il trattamento antiriflesso degli occhiali: una pellicola di materiale trasparente posta a separare una superficie di vetro dall'aria.

Se si considera la luce proveniente da una sorgente puntiforme monocromatica, questa passa in tre mezzi con indice di rifrazione differente: $n_{aria} = 1$, $n_{pellicola}$, n_{vetro} .

N.B. l'indice di rifrazione della pellicola è minore di quello del vetro.

La differenza di cammino ottico tra due raggi riflessi è data da:

$$\delta = \frac{4\pi}{\lambda} n_p d \cos \vartheta$$

Avremo interferenza costruttiva tra le due onde se $\delta = 2m\pi$ e distruttiva se $\delta = (2m + 1)\pi$.

Per il trattamento antiriflesso ci interessa il caso di interferenza distruttiva che equivale alla situazione per cui l'intensità della luce riflessa si riduce a 0. Esso equivale a:

$$\delta = \frac{4\pi}{\lambda} n_p d \cos \vartheta = (2m + 1)\pi$$

Che per $m = 0$ si riduce a:

$$\delta = \frac{4}{\lambda} n_p d \cos \vartheta = 1$$

Se poi si considera che la luce incida con un angolo di incidenza vicino allo zero allora si può considerare pari a 1 il termine in coseno e scrivere:

$$\delta = \frac{4}{\lambda} n_p d = 1$$

Da cui segue che lo spessore d del trattamento antiriflesso deve essere:

$$d = \frac{\lambda}{4n_p}$$

Quindi se su una lente si deposita uno spessore d di materiale antiriflesso di indice di rifrazione minore di quello del vetro la luce riflessa ad incidenza normale viene soppressa quasi completamente per interferenza. Affinché la distruzione sia completa è necessario che le ampiezze delle due onde siano il più possibile uguali, condizione che si realizza se l'indice di rifrazione del film antiriflesso è tale che:

$$n_p = \sqrt{n_v n_a}$$