

SPETTROMETRO A RETICOLO DI DIFFRAZIONE

(Ottavia Celli, Michele Setti, Antonio Fabiano)

In questo esperimento si studia il fenomeno della dispersione della luce sfruttando uno spettrometro a reticolo di diffrazione. In particolare, si studiano due casi differenti, uno in cui il reticolo lavora in trasmissione ed uno in cui lavora in riflessione.

In entrambi i casi, per costruire lo spettrometro, si sono utilizzati i seguenti materiali:

- Scotch scuro, in modo che blocchi il passaggio della luce il più possibile;
- Un corpo cilindrico, ad esempio un tubo di cartone;
- Un CD (per osservare il fenomeno in trasmissione è necessario che sia spellato).

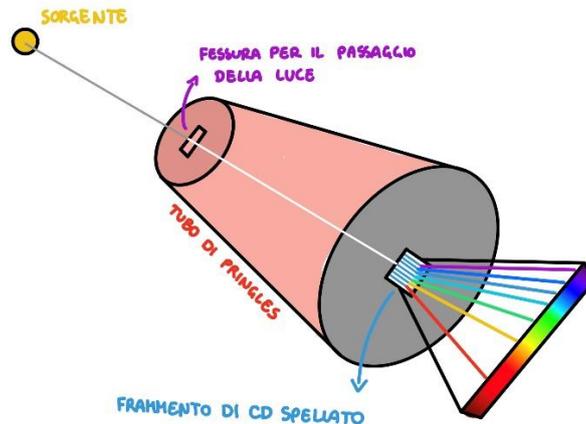
Spettrometro a reticolo di diffrazione in trasmissione

Per la costruzione dello spettroscopio a trasmissione sono stati seguiti i seguenti passaggi:

- Per prima cosa è stato preso un tubo di cartone dotato di un tappo trasparente;
- Si è poi passati a praticare un'incisione rettangolare sul fondo in alluminio del tubetto che servirà come apertura in cui far passare la luce;
- Successivamente è stato praticato un foro quadrato sul tappo di plastica trasparente della larghezza adatta, per fare in modo che la fotocamera del telefono potesse entrare perfettamente;
- È stata poi spellata e tagliata una parte di un vecchio CD che è stata poi posizionata, tramite nastro adesivo, nella parte interna del tappo trasparente in corrispondenza del foro fatto in precedenza;
- Per la conclusione dello strumento è stato oscurato il tappo trasparente (ad esclusione della fessura fatta precedentemente) tramite del nastro adesivo americano in modo da non introdurre luce nel tubo se non attraverso la fenditura sul fondo.

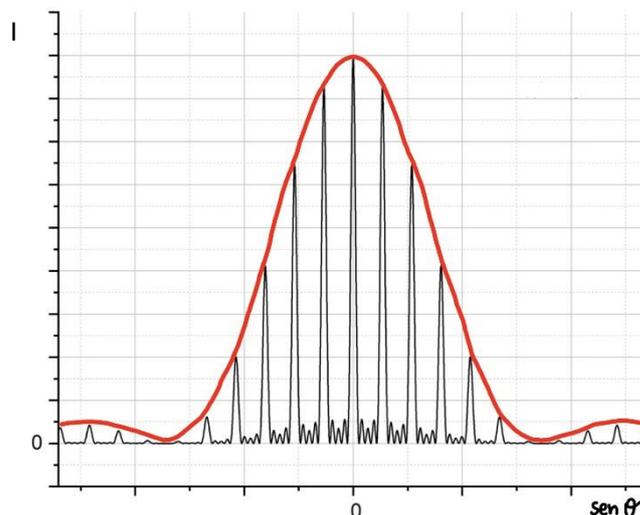


Di seguito è riportata un'illustrazione che schematizza l'apparato sperimentale e il fenomeno in esame:



In questo caso si può vedere la distribuzione della luminosità in trasmissione e per comprendere il fenomeno, è utile conoscere il funzionamento di un reticolo di diffrazione.

La luce entra dalla fessura incisa nel tubo, fungente quindi da sorgente di onde elettromagnetiche che colpiscono il CD, caratterizzato da più scanalature, il quale assume la funzione di reticolo di diffrazione con N fenditure equi-distanziate non puntiformi. Di conseguenza, si formerà una figura di interferenza modulata da diffrazione della radiazione luminosa; l'interferenza è dovuta alla molteplicità delle fenditure, mentre la diffrazione è dovuta al fatto che tali fenditure hanno dimensioni non nulle. La curva rappresentante l'andamento dell'intensità luminosa è illustrata di seguito:

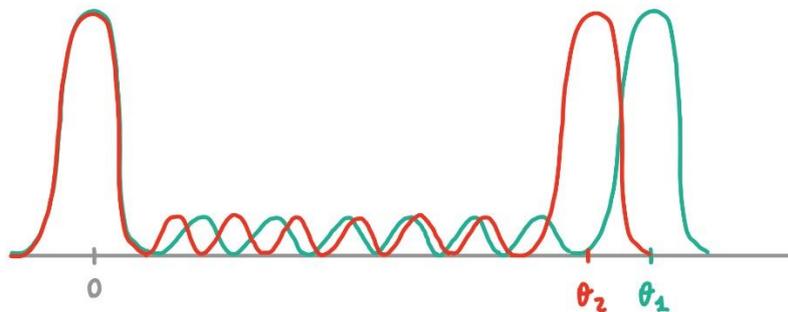


Nota: θ è l'angolo tra la direzione della radiazione luminosa emessa dalle fenditure e la normale al piano delle fenditure

Se si ripete lo spettro illustrato sopra per lunghezze d'onda diverse, per esempio nel caso in cui si utilizza una sorgente di luce bianca, a $\theta = 0$ tutte le onde costituenti la radiazione luminosa non monocromatica si andranno a sovrapporre e si visualizzerà un picco "bianco", mentre i picchi principali d'interferenza di ordine diverso da 0, si separano tra loro al variare della lunghezza d'onda λ , risultando ognuno di un particolare colore presente nello spettro della luce visibile.

Per comprendere meglio il fenomeno, è bene analizzare brevemente il semplice caso in cui si hanno solamente due componenti cromatiche e quindi due diverse lunghezze d'onda, λ_1 e λ_2 .

Si faccia quindi riferimento al seguente disegno rappresentante la figura d'interferenza luminosa in questo caso.



Si può facilmente dedurre che considerando un intervallo continuo di lunghezze d'onda, si visualizzerà una figura priva di zone d'ombra, mentre considerando un intervallo discreto si visualizzeranno picchi luminosi alternati da buio.

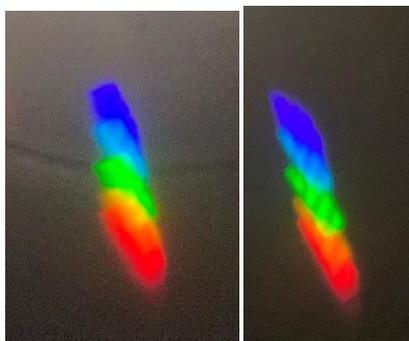
Si è quindi proceduto all'osservazione del fenomeno per più sorgenti luminose, così da poterne constatare le differenze.

1) Luce solare (luce bianca)



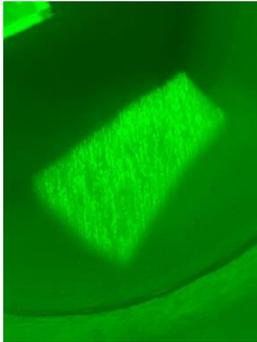
Come ci si aspetta, sono visibili tutti i colori e quindi tutte le frequenze costituenti la luce visibile.

2) Luce di una lampadina a Neon



Anche in questo caso si ha la separazione della radiazione luminosa nelle sue componenti, ma sono presenti delle zone d'ombra tra un colore e l'altro. Probabilmente perché la luce emessa dalla lampadina a Neon non è costituita da tutte le possibili lunghezze d'onda della luce bianca.

3) Luce di un laser "verde" ($\lambda = 520 - 570 \text{ nm}$)

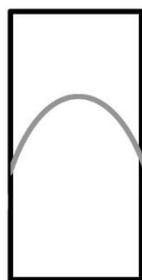


A differenza dei casi precedenti, il laser è una sorgente di luce monocromatica e quindi, l'unico colore visibile risulta essere quello relativo alla lunghezza d'onda della radiazione luminosa in questione.

Spettrometro a reticolo di diffrazione in riflessione

Per realizzare lo spettrometro si sono seguite le seguenti istruzioni:

- Prendere uno dei due rotoli di cartone e praticare un taglio diagonale a 45° (come illustrato in figura);

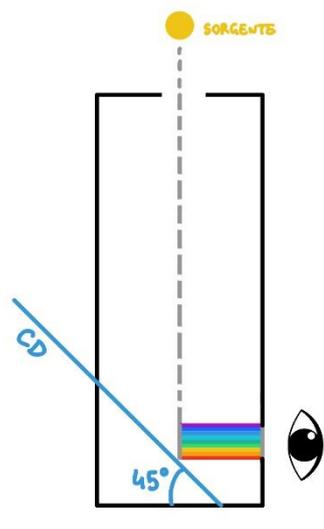


visione frontale



visione laterale

- Unire, dalla parte opposta rispetto al taglio, il secondo rotolo di cartone, in modo tale da formare un tubo più lungo;
- Praticare un foro quadrato (finestra di osservazione) nella parte opposta al taglio diagonale, nel quale va inserito il CD;



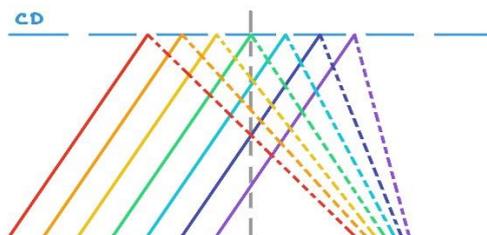
- Chiudere, mediante nastro isolante scuro, la terminazione del tubo sotto il cd e sigillare bene anche i bordi di questo, in modo tale da evitare infiltrazioni di luce;
- Chiudere, lasciando una fessura orizzontale sottile per il passaggio della luce (dalla sorgente scelta), l'altra estremità del tubo;
- Se si vuole aumentarne lo spessore o la rigidità vi si possono applicare due pezzi di cartone.



In questo caso si può vedere la distribuzione della luminosità in riflessione.

La luce entra dalla fessura superiore incisa nel tubo e colpisce il CD, il quale si comporta come un reticolo di diffrazione che opera in riflessione. Le sue incisioni corrispondono ad N superfici riflettenti equidistanti, alternate da zone non riflettenti. Di seguito è descritto il funzionamento di un reticolo di questo tipo.

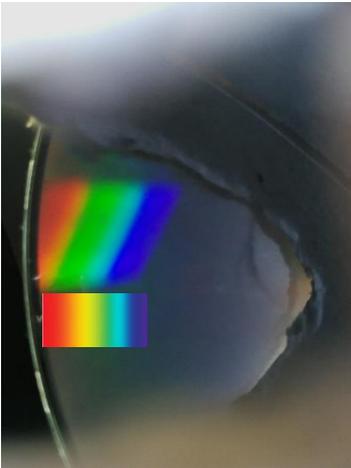
Può risultare utile visualizzare il fenomeno attraverso il seguente schema:



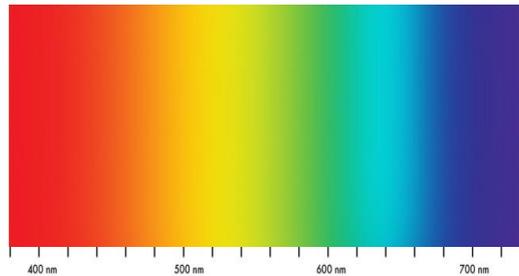
Si veda il caso della luce bianca, costituita da più frequenze, nell'immagine ognuna è caratterizzata da un colore ben preciso. Inoltre, bisogna immaginare che ogni radiazione di una determinata frequenza sia costituita da più raggi paralleli, che illuminano il piano delle superfici riflettenti. Quelli che colpiscono tali superfici riemergono con un angolo diverso da quello incidente ma uguale per tutti, quindi anche i raggi diffratti sono paralleli tra loro. A seconda della lunghezza d'onda della radiazione luminosa l'angolo di diffrazione cambia, perciò nel caso della luce bianca, costituita da tutte le lunghezze d'onda dello spettro visibile, i fasci luminosi di ogni componente riemergono con un angolo diverso e il risultato è la visualizzazione dello spettro della luce visibile, dove ogni colore è separato dagli altri.

Come nel caso studiato in precedenza, si è quindi proceduto all'osservazione del fenomeno per più sorgenti luminose, così da poterne esaminare le differenze.

1) Luce solare (luce bianca)



Il risultato è lo stesso di quello ottenuto con lo spettrometro a trasmissione, ovvero ciò che si osserva è l'intero spettro del visibile.



2) Luce di una lampadina (specifiche ignote)



I colori visibili sono solo il rosso, il verde e il blu, ovvero le tre componenti base che permettono l'emissione di luce bianca come effetto complessivo. Di conseguenza, si potrebbe supporre che la lampadina utilizzata fosse un LED.

3) Luce di una lampadina (dettagli: 6400K 140mA AC220-240V 50/60Hz)



In entrambe le foto, poi, si nota subito una netta separazione tra i colori, sempre perché, a differenza della luce solare, la luce emessa da una lampadina non presenta tutte le frequenze.