

Il reticolo di diffrazione

Scopo dell'esperimento

Analizzare le caratteristiche della luce trasmessa da un reticolo di diffrazione nel caso di sorgenti luminose bianche e monocromatiche.

Materiali e strumenti

- Diodo laser verde ($\lambda_{\text{teorico}} = 532 \text{ nm}$) e rosso ($\lambda_{\text{teorico}} = 650 \text{ nm}$)
- Torcia che emette luce bianca
- Spettrometro Spectra-1 della Kvant (range 360-940 nm, risoluzione $< 2\text{nm}$) con cavo flessibile in fibra ottica flessibile per ricevere il segnale ottico
- Alimentatore ad alta tensione per lampade a gas
- Software di acquisizione dati *Spectrometer* della Kvant
- Reticolo di diffrazione (costruito con 600 righe per millimetro)

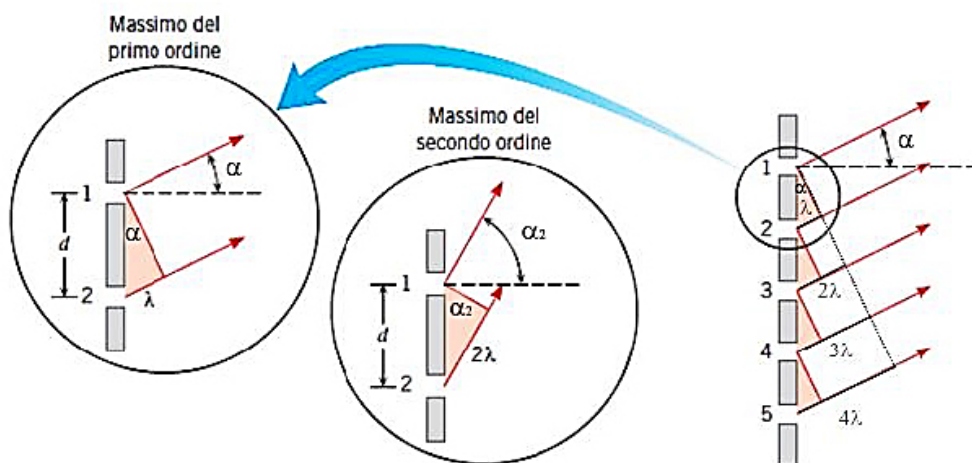
Richiamo teorico

Un **reticolo di diffrazione** è una lastra su cui sono praticate numerose incisioni molto sottili e equispaziate, che si comportano come un insieme di fenditure aventi una distanza reciproca (d) costante, che si chiama *passo reticolare*.

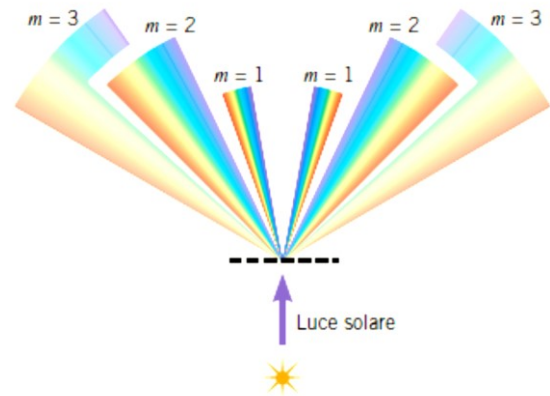
Quando il reticolo è illuminato da una luce monocromatica di lunghezza d'onda λ , esso produce sullo schermo una figura di diffrazione, con frange luminose chiare dovute all'interferenza costruttiva dei raggi che escono dalle fenditure. Come mostrato nella figura sottostante, il massimo del primo ordine si forma per un angolo α tale che la differenza di cammino tra i raggi che provengono da due fenditure successive sia $d \cdot \sin \alpha = \lambda$: in questo modo sono in fase i raggi che escono da tutte le fenditure, perché la differenza di cammino è sempre un multiplo di λ .

Il massimo del secondo ordine si ottiene invece per quei raggi che escono da due fenditure successive con un'inclinazione α_2 tale che $d \cdot \sin \alpha_2 = 2 \lambda$. In generale i massimi di intensità luminosa si hanno per angoli di diffrazione α che soddisfano la relazione:

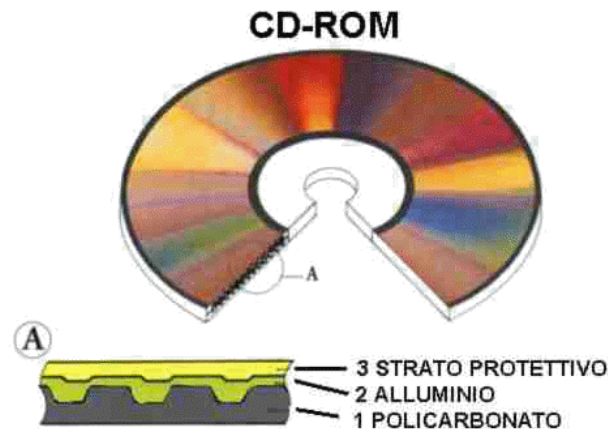
$$d \cdot \sin \alpha = m \lambda \quad (\text{con } m = 0, \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots)$$



Se il reticolo di diffrazione è illuminato da una luce non monocromatica (per esempio la luce solare o la luce bianca di una normale lampadina), si vedono delle frange chiare contenente tutti i colori dell'arcobaleno: questo perché i diversi colori da cui è composta la luce bianca incidente, avendo lunghezze d'onda diversa (crescente dal blu al rosso), hanno i massimi ad angoli diversi. Il reticolo quindi separa e disperde i colori, come un prisma (figura sotto). Il massimo centrale ($m = 0$) è bianco perché i colori si sovrappongono.



Un reticolo di diffrazione che funziona in riflessione (invece che in trasmissione, come quelli di cui abbiamo finora parlato) è la faccia incisa di un CD o di un DVD. Le informazioni sono memorizzate sulla superficie dei dischi mediante microscopiche incisioni, che costituiscono un fitto reticolo; quando un fascio di luce bianca illumina la superficie del disco i massimi principali dei diversi colori sono riflessi ad angoli diversi, quindi il disco appare colorato a bande perché noi vediamo di un determinato colore quelle parti che riflettono verso i nostri occhi il massimo di intensità di quel colore.



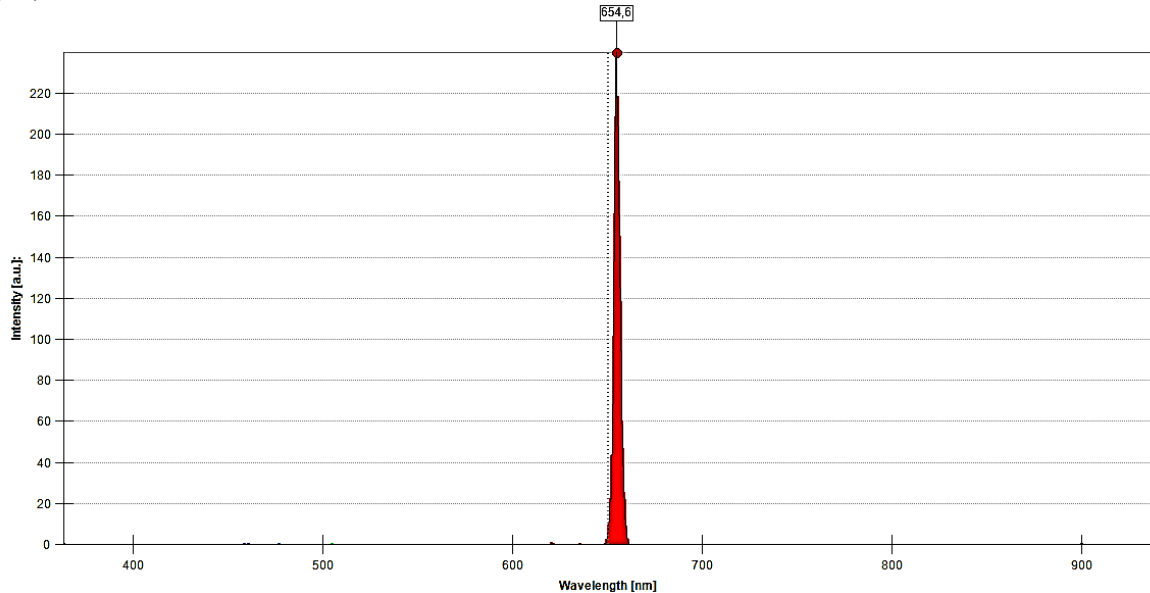
Questo fenomeno si chiama *iridescenza* e riguarda tutte quelle superfici, caratterizzate da microscopiche sfaccettature o variazioni di spessore, che a causa della diffrazione assumono una tonalità di colori differenti in base all'angolo di osservazione: bolle di sapone, felci, farfalle.



Esecuzione dell'esperimento e analisi dati

Prima parte: determinazione della lunghezza d'onda del laser mediante lo spettrometro

- Collegare la fibra ottica allo spettrometro, puntare il laser rosso su un foglio di carta bianco e avvicinare al foglio l'altro capo della fibra, in modo che riceva la luce laser diffusa dal foglio.
Attenzione a non puntare il laser direttamente sulla fibra perché lo strumento verrebbe danneggiato.
- Aprire il software *Spectrometer*, impostare il campo *Scans to average* al valore 5, selezionare il campo *Show peaks* e *Fill chart* e avviare la misura cliccando sul tasto "Play". Si otterrà uno spettro con un picco molto stretto; annotare la corrispondente lunghezza d'onda riportata (vedi figura seguente come esempio).



- Ripetere le stesse operazioni precedenti col laser verde e annotare la rispettiva lunghezza d'onda.

Seconda parte: determinazione del passo reticolare mediante un reticolo di diffrazione

- Porre sul banco ottico il laser rosso, il reticolo di diffrazione e lo schermo.
- Posizionare il reticolo in modo che siano visibili oltre al massimo centrale anche quelli del primo e del secondo ordine, e in modo che gli spot luminosi siano alla massima distanza possibile (per minimizzare l'incertezza relativa), come mostrato nella figura seguente.



- Misurare la distanza (L) tra il reticolo e lo schermo e la distanza tra gli spot luminosi simmetrici rispetto a quello centrale per i massimi del primo ($2y_1$) e del secondo ordine ($2y_2$), come mostrato nella figura a fianco.
- Determinare quindi l'angolo di diffrazione (α) mediante la formula seguente (in questo caso α non è piccolo, quindi non si può fare l'approssimazione $\text{sen}\alpha \approx \text{tg}\alpha$):

$$\text{tg } \alpha = \frac{y}{L}$$

- Determinare il passo reticolare d mediante la legge del reticolo:

$$d \cdot \text{sen}\alpha = m \lambda \quad (m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots)$$

dove λ è la lunghezza d'onda della luce misurata precedentemente, $m = 1, 2$ per massimi del primo e secondo ordine rispettivamente.

- Ripetere la misura posizionando sul banco ottico il laser verde e ripetere la misura del passo reticolare.
- Posizionare sul banco ottico la torcia che emette luce bianca e focalizzare il fascio di luce sul reticolo.
- Fotografare la figura di diffrazione che si ottiene sullo schermo.

Conclusioni

- Determinare il passo reticolare come media aritmetica dei 4 valori ottenuti precedentemente (2 col laser rosso per $m = 1, 2$ e altri 2 col laser verde per $m = 1, 2$) e inviarlo per email al prof. Euro Sampaolesi.
- Assumere come incertezza sul valore sperimentale del passo reticolare la semidispersione dei 4 valori precedenti e confrontarlo con quello teorico $d = (1/600) \cdot 10^{-3}$ metri, fornito dal costruttore.
- Spiegare la successione dei colori ottenuta nella figura di diffrazione con luce bianca.

