



## Associazione per l'Insegnamento della Fisica



### Gli occhiali a reticoli incrociati

Questi occhiali sono stati scelti e distribuiti dall'A.I.F. perché possono essere usati come strumento di misura e consentire interessanti esperimenti quantitativi con un costo molto modesto ed inoltre sono divertenti e permettono a chiunque di fare osservazioni immediate e piacevoli.

#### *Osservazioni immediate*

Indossate gli occhiali. Il cartoncino della montatura può essere piegato in tre misure diverse per adattarsi tanto al viso di un adulto che a quello di un bambino.

Osservate una sorgente luminosa: una lampada a incandescenza, la luce di una torcia, un tubo fluorescente... l'immagine appare moltiplicata e ogni figura si distende in un arcobaleno di colori.

Attenzione: **non guardate mai direttamente il disco solare!**

Notate la differenza tra i colori che si formano quando si osservano sorgenti di natura diversa.

Per osservare con più comodo la luce di una torcia o di una pila a LED bianchi, potete porvi in una stanza oscurata davanti a uno specchio e dirigere la luce verso lo specchio stesso. Confrontate, in particolare, la luce emessa da una lampada a incandescenza, da un tubo fluorescente, da una lampada compatta a risparmio energetico.

#### *Osservazioni più elaborate*

**A.** Procuratevi della carta trasparente colorata (involucro di caramelle...) o fogli colorati di plastica (per esempio, cartellette da ufficio). Osservate una lampada fluorescente con gli occhiali e notate quali colori vengono cancellati se si pone il foglio colorato davanti alla lampada.

**B.** Procuratevi un piccolo puntatore **laser**. Facendo **attenzione a non rivolgere il raggio verso di voi o contro superfici riflettenti**, orientate la luce verso il soffitto o verso una parete chiara, così che si formi una piccola macchia luminosa. Osservate la macchia indossando gli occhiali. Ora togliete gli occhiali e ponete una delle "lenti" degli occhiali immediatamente davanti all'apertura del laser: osservate quale figura si forma sulla parete (o sul soffitto) e confrontate il risultato con quello che avevate osservato prima, con gli occhiali sul naso.

#### *Osservazioni e misure*

**A.** Per questa prova serve una lavagna luminosa. Disporre la lavagna a circa metà della distanza dallo schermo alla quale si è messa a fuoco una trasparenza posta sul piano di proiezione. Sul piano stesso, disporre un foglio di cartone o di carta nera nel quale, al centro, sia stato praticato un foro circolare con un perforatore da ufficio. Collocare una delle "lenti" degli occhiali a contatto con la lente superiore della lavagna luminosa e osservare la figura colorata sullo schermo.

**B.** Per questa prova serve un proiettore per le diapositive. Dovete anche procurarvi un foglio di cartoncino nero opaco (va bene anche un foglio di quella carta speciale che si usa per separare le lastre radiografiche); dovrete montarne un ritaglio in un telaietto da diapositive vuoto, dopo aver praticato, al centro del ritaglio, un piccolo foro del diametro di  $1\div 2$  mm. Inserite la diapositiva nel proiettore, mettete a fuoco l'immagine del foro su una parete lontana e, poi, dirigete la luce del proiettore verso uno schermo distante 2 m o meno dall'obiettivo. Ponete una delle "lenti" degli occhiali sul percorso del fascio luminoso e osservate l'immagine sullo schermo. Ora potete misurare la distanza tra la "lente" e lo schermo ( $L$ ), poi la distanza tra il centro (bianco) della figura luminosa e il centro (giallo) di una delle prime immagini multicolori poste attorno ( $y$ ). Si tratterà, è evidente, di una misura grossolana, ma cercate ugualmente di eseguirla nel modo migliore possibile.

Un calcolo approssimativo permette di individuare di che ordine è il passo  $d$  del nostro reticolo (vedi anche la spiegazione più avanti):

$$d = \lambda \frac{L}{y},$$

dove si può assumere  $\lambda = 5,9 \times 10^{-7}$  m come lunghezza d'onda della luce gialla.

Il venditore dichiara che vi sono 13500 linee al pollice (1 in = 2,54 cm): vi torna?

L'esperimento descritto sopra può essere ripetuto con il puntatore laser, la cui radiazione ha tipicamente lunghezza d'onda di 650 nm (il valore effettivo potrebbe variare, a seconda del diodo impiegato, tra 635 e 675 nm).

#### *Come sono fatti*

Questi occhiali hanno, come "lenti", dei reticoli di diffrazione incrociati. Su di essi sono state realizzate linee equispaziate, disegnate in due direzioni ortogonali. Gli usuali reticoli, al contrario, hanno righe in una sola direzione.

Le righe sono state prodotte con tecnica olografica su una matrice, dalla quale è stato impresso poi il foglio di plastica del reticolo vero e proprio. Il venditore non indica quale materiale sia stato impiegato – comunemente si usa "acetato" (il materiale col quale si fabbricano i fogli per la lavagna luminosa).

Il venditore, nella sua pubblicità, menziona per i reticoli degli occhiali un valore di 13500 righe al pollice. In verità, le prove fatte da noi con un piccolo laser indicano un valore assai diverso, di circa 5000 righe al pollice (200 righe al millimetro). Poiché un valore commerciale comune per i reticoli (non incrociati) è di 4985 righe al pollice, potrebbe essere questa l'effettiva frequenza spaziale dei nostri reticoli incrociati. Lasciamo ai nostri soci l'onere di una determinazione più precisa.

#### *Ancora un suggerimento sperimentale*

Se avete a disposizione due reticoli (non incrociati) con righe di eguale passo, potete ottenere una figura di diffrazione analoga a quella prodotta dal reticolo incrociato ponendoli a contatto, con gli assi ortogonali, e facendoli attraversare dal raggio del puntatore laser.

Ma è più appariscente un'altra prova: su un foglio trasparente adatto, con la stampante del computer (a getto o laser) realizzate una zona grigia al 50% di gradazione. La figura ottenuta sarà costituita da una trama regolare di puntini neri equispaziate, che può essere vista bene con una lente d'ingrandimento e si può mostrare su uno schermo se se ne ricava una diapositiva e la si proietta. Illuminate ora il foglio con il puntatore laser e osservate la figura che si proietta sul muro a due o tre metri di distanza...

#### *La relazione da usare per il calcolo*

L'espressione che abbiamo suggerito per trovare l'ordine di grandezza del passo reticolare  $d$  è approssimata ed è applicabile quando  $y \ll L$ . In realtà è noto che i massimi della figura di

diffrazione, nelle condizioni di Fraunhofer  $\left( \frac{d^2}{\lambda L} \ll 1 \right)$ , si ottengono per:

$$\sin \alpha = n \frac{\lambda}{d}.$$

Riferendosi al primo massimo ( $n = 1$ ), l'approssimazione si ottiene ponendo  $\sin \alpha \cong \tan \alpha = \frac{y}{L}$ .

Diversamente si deve calcolare:

$$d = \frac{\lambda}{\sin \left( \arctan \left( \frac{y}{L} \right) \right)}.$$