

## Polarizzatori

In occasione di questo Congresso, abbiamo deciso di includere nella cartella congressuale un gadget costituito da quattro piccole lastre polarizzatrici lineari della luce. Queste consentono di realizzare immediatamente alcune semplici esperienze, fra cui sperimentare la visione stereoscopica -tema che si può collegare con discipline artistiche (Storia dell'Arte)-.

Precisiamo che:

**-ciascuna lastra, su ognuna delle due facce, ha una pellicola protettiva (simile a quella che protegge i display di smartphone ed orologi) che deve essere rimossa;**

**-i lati delle lastre potrebbero avere delle irregolarità** conseguenti al taglio manuale con cui sono state ricavate. **Per realizzare l'esperimento 4**, che richiede l'affiancamento di due lastre, **si possono facilmente rettificare i lati con le forbici.**

Descriviamo nel seguito le caratteristiche di base della luce polarizzata e proponiamo alcuni semplici esperimenti. La teoria e la parte sperimentale può essere facilmente integrata con le innumerevoli risorse che possono essere reperite online, invitando i lettori a servirsi in questo caso dei motori di ricerca, data la notorietà e la vastità dell'argomento.

### Brevi richiami sulla luce polarizzata

Consideriamo un fascio di luce non necessariamente monocromatico, sufficientemente collimato da poter assumere con ragionevole approssimazione che le onde elettromagnetiche si stiano propagando da sinistra a destra (Figura 1). Le onde elettromagnetiche sono formate da una composizione di campi elettrici (vettori in tratto pieno) e magnetici (vettori tratteggiati), che oscillano con direzioni casuali (fermo restando che ad ogni componente di vettore di campo elettrico ne corrisponde una di campo magnetico ortogonale al primo), perpendicolari alla direzione di propagazione.

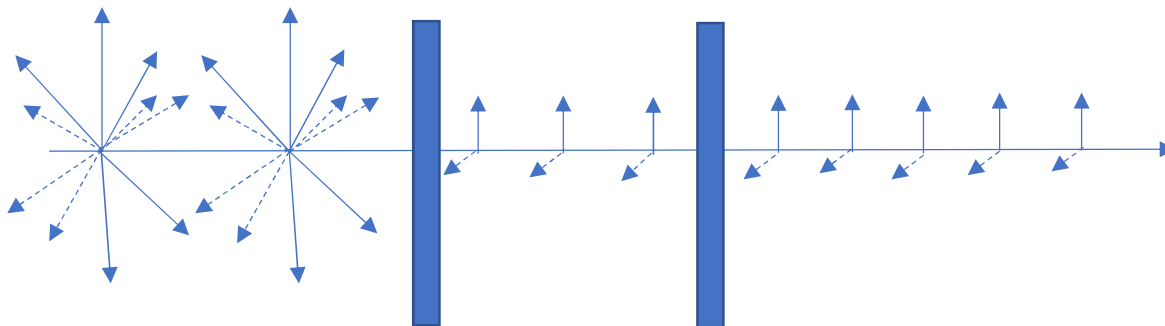


Figura 1. Un fascio di luce si propaga da sinistra a destra. La prima lastra, nel ruolo di polarizzatrice, polarizza la luce verticalmente, la seconda, nel ruolo di analizzatrice, trasmette la massima intensità possibile, se orientata in modo tale che il piano di polarizzazione se fosse usata come polarizzatrice sia parallelo a quello della luce polarizzata incidente.

Dopo aver attraversato un polarizzatore lineare, le onde hanno il campo elettrico che oscilla lungo un'unica direzione; il piano individuato dalla direzione del campo elettrico e dalla direzione di propagazione è detto *piano di polarizzazione*. Ovviamente anche il campo magnetico ha un'unica direzione, perpendicolare a quella del campo elettrico. Si dice che la luce trasmessa dalla lastra polarizzatrice è polarizzata linearmente. Quando la luce polarizzata incontra una seconda lastra, questa trasmette il fascio con la massima intensità  $I_{\max}$ , se è orientata in modo tale da polarizzare un fascio su un piano parallelo a quello della luce incidente. Altrimenti, se la lastra è orientata in modo da polarizzare la luce su un piano che forma un angolo  $\alpha$  con il piano di polarizzazione della luce incidente, l'intensità della luce trasmessa vale  $I_{\max} \cos^2\alpha$ . In realtà, un materiale polarizzatore non è mai perfetto, quindi se  $\alpha = 90^\circ$  l'intensità di radiazione trasmessa non è nulla, ma molto ridotta (ad esempio 1% del valore massimo); inoltre –cosa qui trascurata– la luce incidente viene parzialmente sia riflessa che assorbita.

### Semplici esperienze con le lastre fornite

Le lastre che fanno parte di questo gadget polarizzano linearmente la luce: il fascio trasmesso è polarizzato con il campo elettrico parallelo ad uno dei lati (siccome ogni lastra è approssimativamente quadrata a seguito di ritaglio a mano, non possiamo dichiararvi con certezza a quale lato è parallelo il campo elettrico, seppur l'intenzione fosse quello di renderlo parallelo al lato maggiore di un rettangolo di dimensioni 24 mm x 25 mm).

Proponiamo delle semplici esperienze, invitando i lettori ad ampliarle facendo riferimento alla grande quantità di materiale reperibile online. Alcuni di questi esperimenti possono essere realizzati in modo migliore costruendo con del cartoncino degli occhialini su cui si attaccano con nastro adesivo ai bordi due delle quattro lastre, con la possibilità di ruotarne una od entrambe. Le esperienze sono descritte supponendo che si tengano le lastre analizzatrici davanti agli occhi con le mani.

1. *Analisi dell'ambiente che ci circonda*: con un occhio chiuso e ponendo una lastra davanti all'altro, provate a guardare l'ambiente che vi circonda ruotando la lastra. La maggior parte della luce non cambia intensità, ma quella riflessa da alcune superfici "lucide" (non levigate) con elevati angoli di incidenza potrebbe avere una componente dominante polarizzata (quindi

l'intensità varia a seconda di come è orientata la lamina). Tutti i display a cristalli liquidi e molti monitor che non utilizzano tubi a raggi catodici producono luce polarizzata, pertanto vi sono orientamenti della lamina che fanno apparire tali display completamente oscuri. Vi suggeriamo di disporvi in modo da vedere i riflessi dovuti a luce che incide radente su una superficie piana, liscia, orizzontale (tavolo, cartelletta di plastica, pavimento piastrellato, specchio d'acqua). Osservate con un solo occhio, con davanti un polarizzatore; ruotate il polarizzatore fino vedere il riflesso attenuato al massimo. Notate in quale posizione del polarizzatore si è ottenuto questo risultato. Ripetete l'esperimento con riflessi da una superficie metallica (una moneta, un vassoio, uno specchio). Si riesce ad attenuare il riflesso?

2. *Generazione di luce polarizzata*: collocate una lastra di fronte ad una torcia a led come quelle degli smartphone, assicurandovi che tutta la luce emessa attraversi il polarizzatore. Illuminando un ambiente buio, potete verificare il comportamento degli oggetti dapprima ad occhio nudo, ruotando il polarizzatore per verificare se l'intensità la luce riflessa/diffusa dagli oggetti illuminati dipende dalla polarizzazione. Successivamente, ponete un'altra lastra davanti ad un occhio e tenete l'altro occhio chiuso. Ruotando una delle due lastre, verificate quali oggetti riflettono/diffondono la luce depolarizzandola e quali riflettono la luce preservando parzialmente o completamente la polarizzazione. Se avete un puntatore laser: indirizzate la luce verso una parete, mentre tenete un polarizzatore davanti alla sorgente (non guardare direttamente il laser!). Ruotate il polarizzatore e osservate se e quanto si attenua la luce proiettata sul muro. Le esperienze appena descritte si prestano per verificare l'angolo di Brewster.

3. *Avete un occhio dominante?*: guardatevi allo specchio, tenendo davanti agli occhi due polarizzatori orientati ortogonalmente l'uno rispetto all'altro. Osservate con un solo occhio alla volta, poi con entrambi gli occhi. Se avete un occhio dominante, questa prova ve lo farà notare.

4. *Visione di un punto e/o trattini in rilievo*: questa esperienza motiva perché sono state fornite 4 lastre: considerate i due pallini e i due trattini disegnati di seguito (Figura 2) e replicati nell'area di questo foglio dedicata all'esperienza (Figura 3):

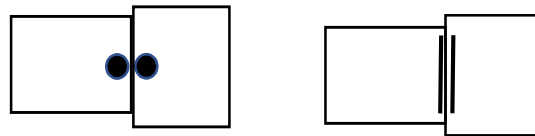


Figura 2. Due pallini e due trattini con sopra le lamine disposte in modo da conferire alle luci riflesse dalla parte dei fogli sottostanti, due polarizzazioni reciprocamente perpendicolari.

disponete due lastre sui pallini in modo che le luci riflesse dal foglio sotto le lastre abbiano polarizzazioni ortogonali. Osservate i due pallini ponendo davanti agli occhi le altre due lastre disposte in modo tale che l'occhio sinistro veda solo il pallino di destra e che l'occhio destro veda solo il pallino di sinistra. Rilassate la vista finché i pallini appaiono sovrapposti: appena ciò accade percepirete la visione di unico pallino in rilievo. Ciò accade perché l'angolo con cui ciascun occhio vede il pallino è compatibile con una sua posizione virtuale più vicina all'occhio rispetto a quella reale sul foglio. Potete ripetere l'esperienza con i trattini. Su questo principio si basa uno dei metodi con cui si realizzano i *filmati 3D*: su uno schermo si proiettano con polarizzazioni incrociate le immagini che devono essere percepite separatamente dall'occhio sinistro e da quello destro, rispettivamente. Gli "occhialini per la visione 3D" montano le due lastre che -usate come analizzatrici- fanno percepire a ciascun occhio l'immagine a questo destinata. Poiché se lo spettatore inclina la testa (o gli occhialini) la discriminazione delle immagini viene perduta, si preferisce ricorrere a polarizzazioni circolari. In altri casi, la discriminazione delle due immagini avviene su base cromatica, senza ricorrere alla polarizzazione, ma con conseguente ovvia alterazione dei colori percepiti.



Figura 3. I pallini e le lineette preparate per sovrapporre le lamine polarizzatrici e provare la visione tridimensionale

5. *Il comportamento di lastre generiche*: sovrapponetevi due polarizzatori ad angolo retto (incrociati), in modo che l'attenuazione della luce trasmessa attraverso la coppia sia massima.

Nello spazio tra i due polarizzatori, inserite e ruotate:

- un terzo polarizzatore posto a 45°
- una paletta di plexiglass del genere usato per mescolare il caffè
- un righello di plastica trasparente (provate a fletterlo)
- un foglio di acetato con incollati pezzi di nastro adesivo trasparente, variamente sovrapposti.

Se in uno o più di questi casi il fascio all'uscita dell'ultimo polarizzatore aumenta d'intensità. Significa che la lastra interposta ha depolarizzato parzialmente o totalmente la luce, oppure ha ruotato il suo piano di polarizzazione.