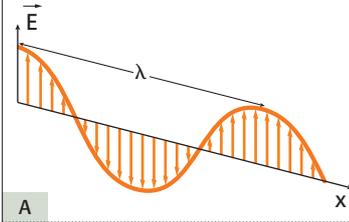


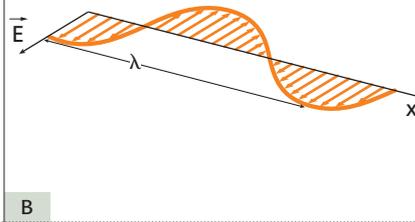
La polarizzazione della luce

In un'onda elettromagnetica, il campo elettrico può oscillare (sempre perpendicolarmente alla direzione del moto dell'onda) in modi molto diversi:

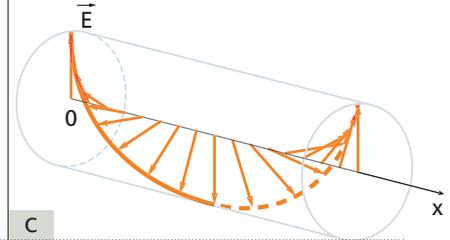
► se \vec{E} oscilla sempre in un piano verticale, l'onda è *polarizzata verticalmente*.



► Se \vec{E} oscilla sempre in un piano orizzontale, l'onda è *polarizzata orizzontalmente*.



► Se \vec{E} ruota attorno alla direzione di propagazione, l'onda è *polarizzata circolarmente*.



Il campo magnetico dell'onda

Visto che il campo magnetico è sempre perpendicolare al campo elettrico e proporzionale a esso, conoscendo \vec{E} si conosce anche \vec{B} . Perciò, in questa trattazione è sufficiente parlare del comportamento di \vec{E} .

Un'onda si dice **polarizzata** quando l'oscillazione dei vettori \vec{E} e \vec{B} ha caratteristiche ben definite.

Nella luce naturale, che è la sovrapposizione di onde luminose emesse in modo casuale da un grande numero di atomi, le direzioni di \vec{E} e \vec{B} , pur sempre perpendicolari tra loro e alla direzione di propagazione, si distribuiscono in modo qualunque; quindi si tratta di *luce non polarizzata*.

Nei primi due esempi precedenti l'onda elettromagnetica si dice *polarizzata linearmente*. Ogni vettore \vec{E} giace nel piano perpendicolare alla direzione di propagazione dell'onda e può quindi essere scomposto in due componenti orizzontale e verticale. È sufficiente allora studiare questi due casi, perché qualunque altra onda polarizzata si ottiene come opportuna sovrapposizione di un'onda polarizzata orizzontalmente e di un'onda polarizzata verticalmente.

Il polarizzatore

Esistono particolari filtri, detti **polarizzatori**, che permettono il passaggio soltanto di un determinato tipo di luce polarizzata.

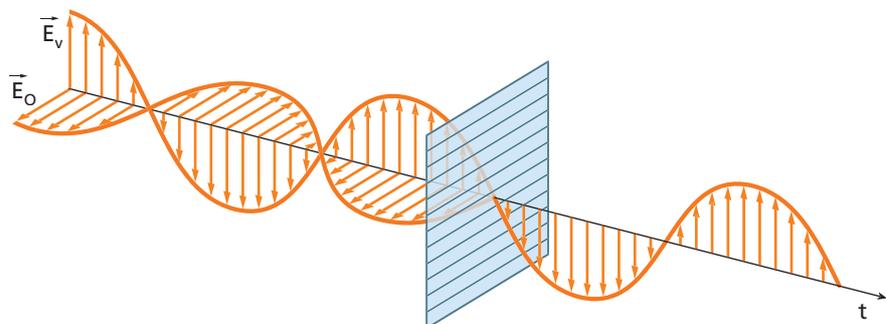
Se si fa incidere sul polarizzatore luce naturale di intensità $\mathcal{E}_e^{(0)}$, la luce uscente da esso ha un'intensità

$$\mathcal{E}_e = \frac{1}{2} \mathcal{E}_e^{(0)},$$

perché, in media, metà delle onde con polarizzazione casuale che incidono sul polarizzatore sono eliminate.

Un **polarizzatore lineare** può essere attraversato soltanto da luce polarizzata linearmente nella direzione dell'*asse di trasmissione* del polarizzatore.

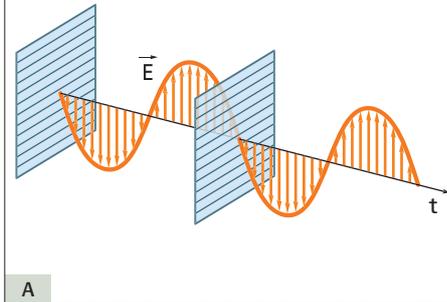
Esso contiene al suo interno delle fibre conduttrici allineate tra loro. Quando la luce incide sul filtro, il componente del campo elettrico parallelo alle fibre viene assorbito, perché è in grado di muovere i portatori di carica presenti nelle fibre e compiere lavoro su di essi (figura seguente).



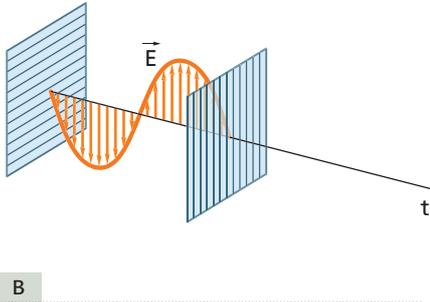
Quindi

passa soltanto la parte di radiazione il cui campo elettrico oscilla in direzione perpendicolare alle fibre e, così, la luce in uscita risulta polarizzata.

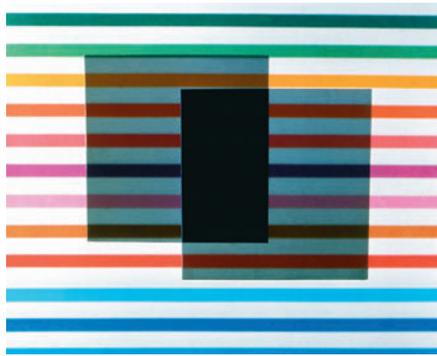
► Questa luce polarizzata è trasmessa inalterata da un secondo polarizzatore con asse di trasmissione parallelo a quello del primo.



► Lo stesso polarizzatore, ruotato di 90°, farebbe passare soltanto luce polarizzata orizzontalmente e, quindi, blocca quella che proviene dal filtro verticale.

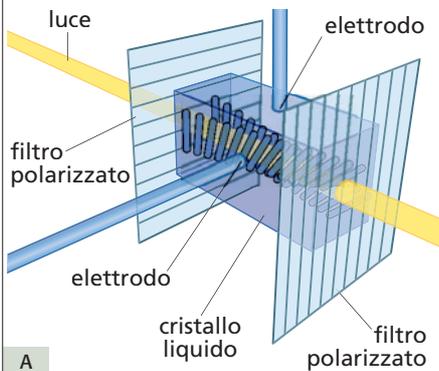


La foto seguente mostra due filtri polarizzatori lineari con gli assi di trasmissione perpendicolari: si vede che ciascuno di essi è trasparente alla luce di frequenza, e quindi di colori, diversi, ma la zona in cui essi sono sovrapposti è scura.

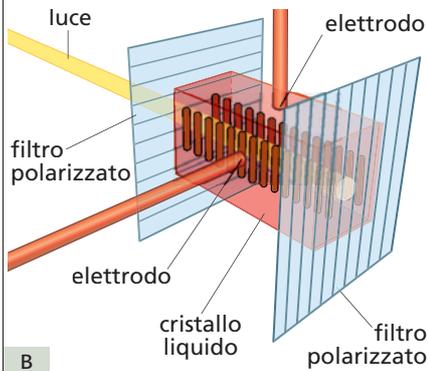


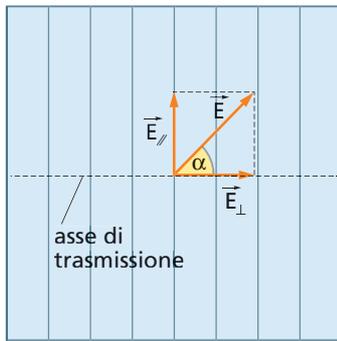
Questo fenomeno è sfruttato negli schermi a cristalli liquidi. In essi sono utilizzati due filtri polarizzatori perpendicolari tra loro; i cristalli liquidi presenti tra i due filtri hanno la capacità di ruotare progressivamente il piano di polarizzazione della luce che li attraversa.

► Così la luce polarizzata verticalmente dal primo filtro giunge al secondo polarizzata orizzontalmente e passa attraverso di esso. Il punto sullo schermo è chiaro.



► Un campo elettrico cambia la forma dei cristalli liquidi; così la luce dal primo filtro non viene modificata e non attraversa il secondo. Il punto sullo schermo è scuro.





La luce riflessa da superfici isolanti e quella diffusa dall'atmosfera terrestre risultano parzialmente polarizzate. È per questo che certi occhiali da sole hanno lenti che, oltre a essere oscurate, sono provviste di un filtro polarizzatore: esso consente di ridurre in modo efficace, per esempio, un fascio di luce che è riflesso, e quindi polarizzato, da una vetrina posta a fianco della strada e che potrebbe «accecare» un autista che lo riceve direttamente.

■ La legge di Malus

Se un fascio di luce polarizzato linearmente incide, con un'intensità $\mathcal{E}_e^{(0)}$, su un filtro polarizzatore che ha l'asse di trasmissione inclinato di un angolo α rispetto al piano di polarizzazione della luce, l'intensità della luce uscente dal filtro è

$$\mathcal{E}_e = \mathcal{E}_e^{(0)} \cos^2 \alpha$$

Questa formula è detta **legge di Malus**, dal nome del fisico francese Étienne-Louis Malus (1775-1812).

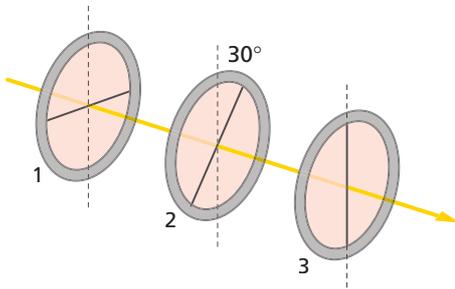
DOMANDA

L'asse di trasmissione di un filtro è ruotato di 60° rispetto al piano in cui oscilla il campo elettrico di un fascio di luce polarizzata linearmente.

- ▶ Quanto vale il rapporto tra l'intensità della luce uscente dal filtro e quella della luce incidente su di esso?

ESERCIZI

- 1 Cancellate le alternative sbagliate.**
- a) Se un'onda elettromagnetica è polarizzata, il campo elettrico \vec{E} oscilla lungo una direzione ben precisa che è comunque *perpendicolare/parallela* al campo magnetico.
- b) Se \vec{E} ruota intorno alla direzione di propagazione dell'onda elettromagnetica, l'onda è polarizzata *circolarmente/orizzontalmente*.
- 2 Vero o falso?**
- a. Utilizzando due polarizzatori lineari, è impossibile rendere nullo l'irradiamento della radiazione trasmessa. V F
- b. Quando un fascio di luce incide su un filtro polarizzatore, passa solo la parte di radiazione il cui campo elettrico oscilla perpendicolarmente alle fibre conduttrici del polarizzatore. V F
- 3 Pensa come un fisico.**
Tre polarizzatori lineari sono disposti come in figura.



Il polarizzatore 1 ha l'asse di trasmissione orizzontale, il polarizzatore 2 ha l'asse di trasmissione inclinato di 30° rispetto alla verticale e il polarizzatore 3 ha l'asse di trasmissione verticale. Un fascio di luce non polarizzata incide sul polarizzatore 1 da sinistra.

► L'intensità della luce che esce dal polarizzatore 3 è zero o è diversa da zero? Spiega perché.

- 4** Alice si trova in barca in un giorno di sole. La luce solare riflessa dall'acqua è polarizzata in direzione parallela alla superficie dell'acqua. Alice porta occhiali da sole con lenti Polaroid con asse di polarizzazione verticale e ha la testa inclinata in avanti di 60° rispetto alla verticale.
- Quanto vale il rapporto fra l'irradiamento della luce trasmessa dagli occhiali di Alice e quello della luce incidente?
- 5** L'asse di trasmissione di un filtro è ruotato di 30° rispetto al piano in cui oscilla il campo elettrico di un fascio di luce polarizzata linearmente.
- Quanto vale il rapporto tra l'irradiamento della luce uscente dal filtro e quello della luce assorbita da esso?

[3]