

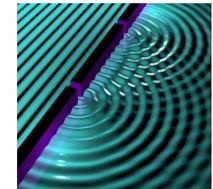
GIOCARE CON LA LUCE

DIFFRAZIONE E INTERFERENZA DELLA LUCE

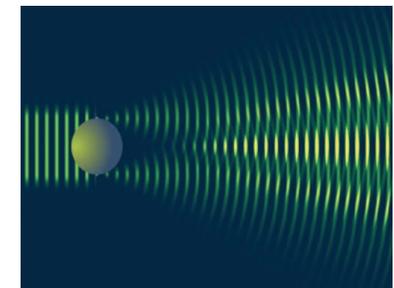
Tutor: Sarah Bollanti, Daniele Murra
E-mail: sarah.bollanti@enea.it, daniele.murra@enea.it

Introduzione all'argomento

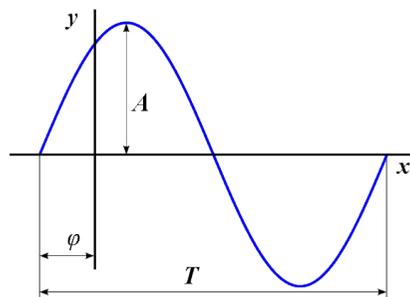
Diffrazione ed **interferenza** sono fenomeni che si osservano quando un'onda incontra un ostacolo e/o interagisce con altre onde. La luce è un'onda **elettromagnetica**, pertanto è soggetta a diffrazione ed interferenza.



Il punto di partenza per comprendere questi fenomeni è il **principio di Huygens-Fresnel**: se un'onda incontra un ostacolo, ogni punto del suo bordo diventa una sorgente elementare di onde sferiche (foto a destra in alto), che componendosi tra loro, determinano la forma del fronte d'onda dopo l'ostacolo. Consideriamo l'immagine a destra, in basso: un'onda **piana** (per cui il fronte d'onda è "piatto") colpisce una sfera: subisce il fenomeno della "**diffrazione**". Le due estremità della sfera diventano sorgenti puntiformi di onde sferiche, che si propagano oltre la sfera stessa, componendosi tra loro a formare un nuovo fronte d'onda, più complesso, che comunque a grande distanza dalla sfera risulterà solo parzialmente distorto.



A = ampiezza
T = lunghezza d'onda
 φ = fase



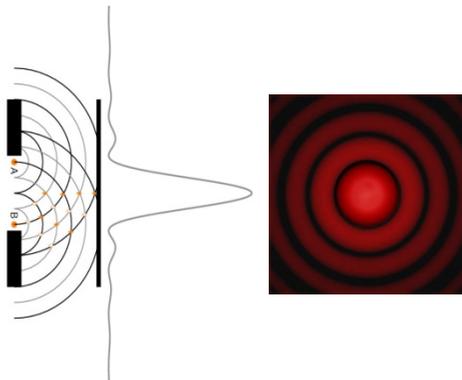
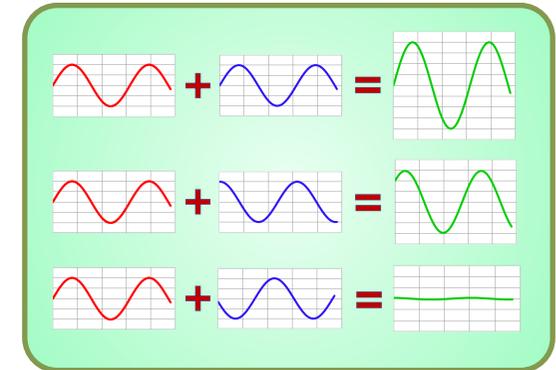
Per capire come le onde si ricompongono è necessario comprendere il concetto di "**fase**" dell'onda, alla base del concetto di "**interferenza**". Due onde "identiche", con la stessa frequenza e la stessa ampiezza, possono avere diversa fase se sono "partite dallo zero" in momenti diversi. La 'fase' della luce emessa dalle comuni sorgenti (sole, lampadine...) non è costante ma variabile nel tempo. Una sorgente a fase costante è, invece, il laser.

Introduzione all'argomento

Se osserviamo le onde in figura, nella prima riga le onde rossa e blu hanno la stessa fase, cioè la sinusoidale che rappresenta l'onda passa per lo zero nello stesso momento in entrambe. La somma di due onde "in fase" (riga 1) dà come risultato un'onda con ampiezza doppia (in verde).

Se le onde hanno fase differente (riga 2), la somma dei valori di ampiezza punto per punto fornisce sempre una sinusoidale, ma la ampiezza risultante non è doppia.

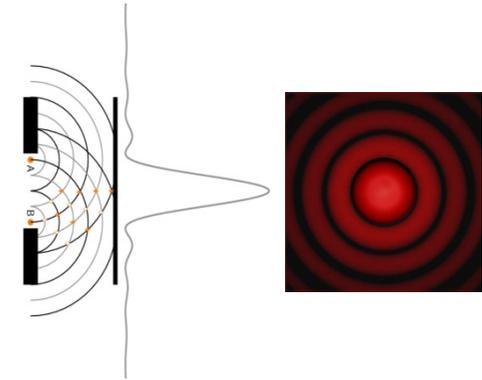
Si può arrivare al caso estremo per cui le onde sono in "opposizione di fase" (riga 3), quando al massimo di un'onda corrisponde il minimo dell'altra, e i contributi delle 2 onde si annullano reciprocamente dando come risultato lo zero.



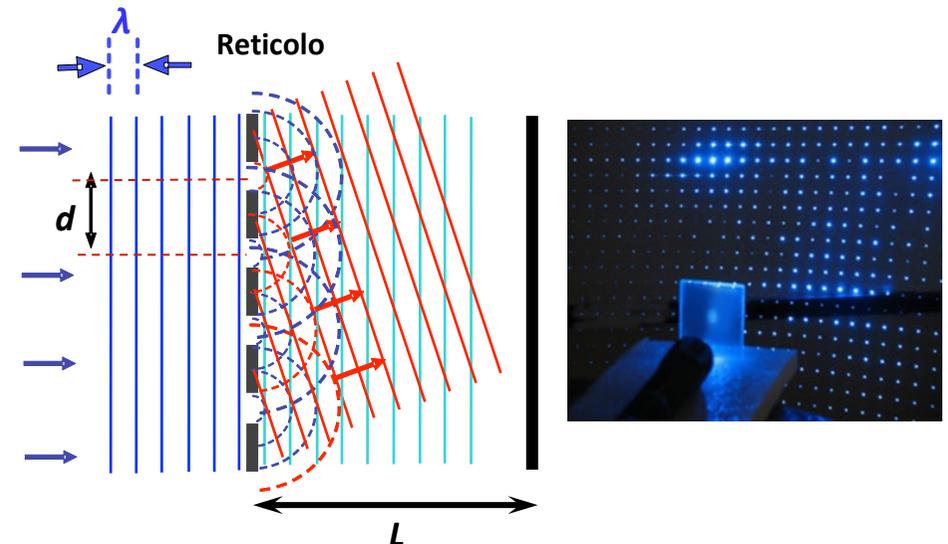
Se si mette uno schermo dopo un foro, per motivi di simmetria al centro ci sarà un massimo di intensità, mentre allontanandosi dal centro ci sarà un'alternanza di minimi e massimi, dovuti al fatto che i punti che generano le onde sono a differente distanza dallo schermo e quindi la luce arriva con percorsi di diversa lunghezza, che si traducono in differenze di fase, a seconda del punto dello schermo, passando da condizioni di concordanza di fase (interferenza costruttiva → massimi di intensità) a opposizione di fase (interferenza distruttiva → minimi di intensità).

Introduzione all'argomento

Se si mette uno schermo dopo un foro, per motivi di simmetria al centro ci sarà un massimo di intensità, mentre allontanandosi dal centro ci sarà un'alternanza di minimi e massimi, dovuti al fatto che i punti che generano le onde sono a differente distanza dallo schermo e quindi la luce arriva con percorsi di diversa lunghezza, che si traducono in differenze di fase, a seconda del punto dello schermo, passando da condizioni di concordanza di fase (interferenza costruttiva → massimi di intensità) a opposizione di fase (interferenza distruttiva → minimi di intensità).



Lo stesso accade se le aperture sono due o più: le onde che vengono dai singoli fori producono interferenza su uno schermo a grande distanza, generando tipiche figure regolari. I parametri in gioco sono la distanza tra i fori d , la distanza dallo schermo L e la lunghezza d'onda λ della luce. Noti due di questi tre parametri è possibile ricavare il terzo. Quindi è ad esempio possibile misurare una distanza con un laser osservando quanto distano tra loro i massimi di intensità presenti sullo schermo.



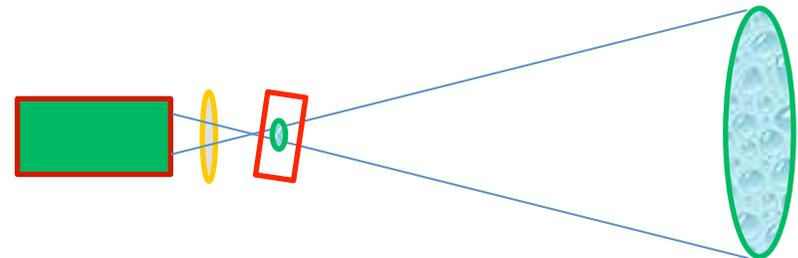
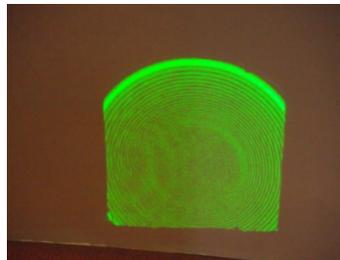
Descrizione attività da svolgere durante l'Open Day

Sul tavolo dedicato alla polarizzazione della luce saranno collocati due apparati realizzati dagli studenti che hanno seguito un corso di alternanza scuola-lavoro in ENEA. Uno di questi è un **interferometro**, ovvero un sistema ottico in cui un fascio laser viene sperato e poi fatto ricombinare su uno schermo. Poiché i due rami dell'interferometro hanno lunghezze leggermente differenti, la luce arriverà con fasi diverse. Inclinando un fascio rispetto all'altro le diverse porzioni dei due fasci avranno differenze di fase crescenti, e il risultato è quello di ottenere delle frange di interferenza parallele.

Il secondo apparato è un **microscopio-laser** che utilizza sempre un fascio laser, al quale è stata applicata una lente convergente a focale molto corta. Il fascio di luce, quindi, dapprima converge, arriva sul punto di fuoco e poi diverge, allargandosi sempre di più.

Ponendo un materiale plastico nelle vicinanze del punto di fuoco, l'intensità del laser (pari alla potenza diviso la superficie) è talmente elevata che scioglie una piccola porzione di plastica, provocando un foro di dimensioni estremamente ridotte. In questo modo si crea artificialmente un foro molto piccolo e già perfettamente allineato con il fascio, il quale, passando per il foro, creerà delle frange di interferenza circolari.

Questo apparato, oltre che a far vedere delle frange molto spettacolari, può essere utilizzato come microscopio. Inserendo un campione su vetrino nella zona del fascio che si sta allargando, la luce che arriverà sullo schermo mostrerà il campione ingrandito, senza l'ausilio di lenti o oculari.



Discorso/spiegazione da fare ai visitatori

Inizialmente, lo studente dovrà parlare della natura della luce, spiegando ai visitatori che essa è un'onda, caratterizzata da alcuni parametri come l'ampiezza (intensità), lunghezza d'onda (colore) e fase, quest'ultima rivelabile solo attraverso esperimenti di diffrazione ed interferenza. Lo studente spiegherà il concetto di diffrazione ed interferenza, con esempi riconducibili al movimento delle onde del mare, e dirà che, per osservare bene questi fenomeni è necessaria una luce con fase ben definita, quindi un laser.

Quindi mostrerà l'interferometro, costituito da una sorgente di luce, un beam-splitter che separa la luce in due fasci, due specchi piani e uno schermo. Bloccando alternativamente prima uno e poi l'altro ramo dell'interferometro, farà vedere la macchia di luce, uniforme, sullo schermo. Quando i rami sono entrambi liberi, invece, al posto di avere una macchia con intensità doppia si vedono delle frange. Agendo sull'inclinazione degli specchi lo studente mostrerà come sia possibile aumentare e diminuire l'ampiezza delle frange, ruotarle e farle anche scomparire, qualora l'angolo di convergenza dei due rami luminosi sia eccessivo.

Si passerà, poi, al secondo apparato che lo studente mostrerà dapprima aperto, per far capire come è fatto all'interno, e poi, una volta chiuso, posizionerà una lastra di gelatina sul fuoco del laser, a luce spenta, dopodiché accenderà il laser e farà vedere che la luce improvvisamente si trasforma da una macchia ad una serie di anelli concentrici chiari e scuri. Il motivo di ciò è che l'intensità luminosa è talmente elevata da fondere un piccolo cerchio sullo strato di gelatina che presenterà, a quel punto, un cerchio chiaro, in cui passa il laser, dentro una regione scura in cui il laser non passa. In questo modo ha ottenuto di far passare il laser in un foro molto piccolo da cui esce per diffrazione mostrando i cerchi di interferenza. Completata questa dimostrazione, prendendo un vetrino da laboratorio con un campione depositato sopra, posizionandolo ad una certa distanza dal fuoco farà vedere il campione ingrandito sullo schermo. Muovendo lateralmente il vetrino potrà mostrare diverse regioni del campione, muovendolo longitudinalmente otterrà di aumentare o diminuire l'ingrandimento. A differenza del microscopio ottico, in cui c'è un obiettivo, un oculare e l'oggetto è visto in modo diretto, questo microscopio-laser sfrutta una sola lente ed il fatto che la luce, dopo aver attraversato il campione, si allarga e mostra il campione, in trasparenza, su uno schermo.