



Premessa

Da lavori di ricerca didattica è emerso che l'acquisizione consapevole dei concetti e il superamento di ostacoli epistemologici è facilitato, quando lo studente è in grado di costruire rappresentazioni mentali di un fenomeno. In questo processo è importante evitare o riuscire a correggere misconcezioni che possono provenire da conoscenze pregresse male acquisite o da interpretazioni errate della realtà. Questo risultato si può ottenere "mettendo le mani" sui fenomeni in un ambiente di apprendimento che permette di osservare, formulare congetture, verificarle con un'esperienza e avere da questa un feedback che consenta di rimodularle opportunamente. A questo proposito abbiamo pensato un percorso che si sviluppa secondo la seguente sequenza:



Attraverso questo modo di procedere si deve raggiungere la consapevolezza di:

- ◆ Che cosa osservare
- ◆ Come osservare
- ◆ Come facciamo a sapere che ...

Finalità del percorso didattico:

- Osservare un fenomeno
- Descrivere un fenomeno
- Formulare congetture pertinenti
- Verificare la validità della congettura attraverso i risultati di un esperimento.

Obiettivi specifici

- Sapere che i fenomeni ottici sono dovuti all'interazione luce - materia
- Saper classificare i fenomeni ottici raggruppandoli per tipologia di interazione
- Riconoscere nei fenomeni naturali analogie e differenze con quelli visti in laboratorio

RIFLESSIONE

OSSERVAZIONE PRELIMINARE DEL FENOMENO:

Si fa incidere un fascio di luce prodotto da una torcia a led su uno specchio, invitando gli studenti ad osservare che cosa succede quando si cambia l'angolo secondo cui incide il fascio sullo specchio.



Il fascio di luce non oltrepassa la superficie dello specchio, si propaga, dopo aver interagito, dalla stessa parte da cui proviene. Uno specchio in genere è costituito da un primo strato trasparente, appoggiato sopra un secondo strato metallico liscio, la sua superficie è ben levigata.

Negli specchi è prevalente il fenomeno della riflessione, quindi sono usati per studiarla e ricavare le leggi che la descrivono.

Azione 1: specchio piano

MATERIALI:

proiettore con un solo fascio
reticolo 1 cm x 1 cm (vedere dimensioni opportune),
goniometro ingrandito stampato su trasparenza
specchio piano

Senza lo specchio si fa osservare l'intensità del fascio, poi si mette lo specchio con incidenza normale e si fa osservare che l'intensità è aumentata. Il fascio incidente e quello riflesso si sono sovrapposti.

Si fa incidere il fascio con un angolo diverso e sul reticolo compare il raggio riflesso; sulla circonferenza goniometrica si misura la distanza dalla normale (evidenziata) alla superficie riflettente del raggio incidente e del raggio riflesso. Si ripete l'operazione per angoli diversi facendo annotare il risultato di ogni misura su una lavagna a fogli.

Si fa anche osservare che in tutti questi casi raggio incidente, normale e raggio riflesso sono contenuti nel piano del reticolo e se si va a cercare un altro raggio riflesso fuori da quel piano non lo si trova.

Si definisce angolo di incidenza quello formato dal raggio incidente con la normale al piano dello specchio e angolo di riflessione quello formato dal raggio riflesso con la stessa normale. Si enunciano le due leggi

1° legge: raggio incidente, normale alla superficie riflettente e raggio riflesso giacciono su uno stesso piano

2° legge: l'angolo di incidenza è sempre uguale all'angolo di riflessione

Azione 2: specchio concavo e specchio convesso

MATERIALI: gli stessi, ma specchi curvi

Si fa notare che questa volta il bordo dello specchio è un arco di circonferenza e che la normale è definita in ogni suo punto dal raggio.

Si verifica che sono ancora valide le due leggi stabilite prima.

Si aprono gli altri raggi del proiettore e si fa vedere che i raggi, in un caso, o i loro prolungamenti, nell'altro, convergono tutti in uno stesso punto detto fuoco.

(storia di Archimede che incendia le navi romane.)

COSTRUIAMO UN PERISCOPIO

MATERIALI:

tubo di cartone senza uno spiccio
specchietto da cosmetici
nastro adesivo

Possiamo vedere dietro gli angoli: la luce si propaga in linea retta, ma sfruttando la riflessione possiamo veder anche oggetti che sono nascosti da ostacoli.

Questo strumento è sfruttato nei sommergibili per vedere che cosa succede a terra, stando immersi.

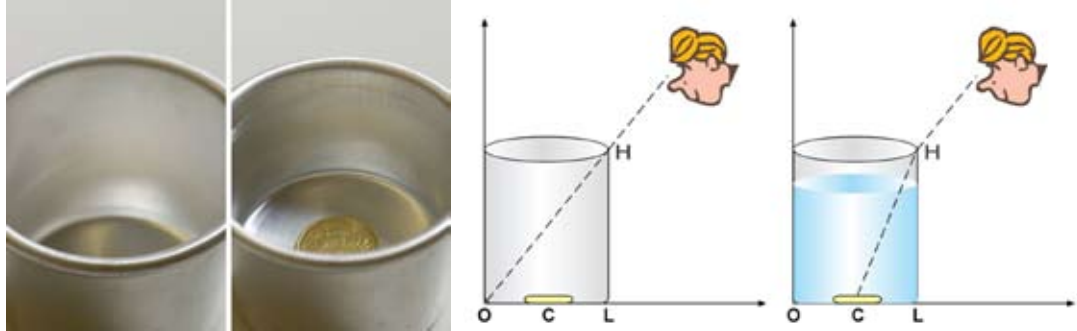


RIFRAZIONE

OSSERVAZIONE PRELIMINARE DEL FENOMENO

Spesso sulle porte a vetri vengono dipinti motivi colorati per evitare di sbatterci contro. Il vetro, come altre sostanze trasparenti diventano visibili solo in particolari condizioni di illuminazione, ad esempio quando si formano riflessi sulla sua superficie. Ma trasparente non è sinonimo di invisibile.

IL BICCHIERE DI EUCLIDE

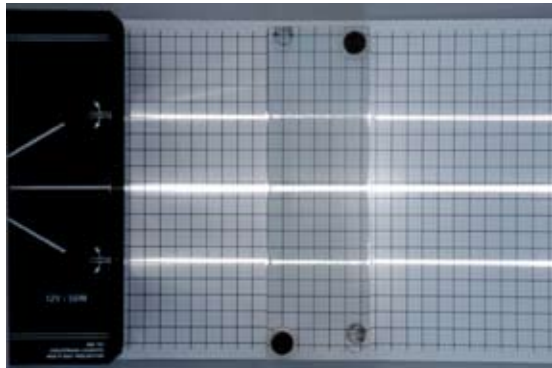


AZIONE 3

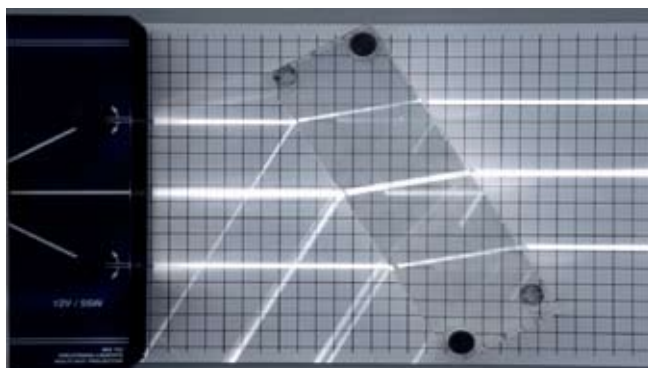
MATERIALI:

proiettore, macchinina Jacopo, pezzo di moquette
parallelepipedo trasparente, corpi ottici
reticolo
goniometro stampato su trasparenza

Si illumina la lastra in direzione normale e si osserva che cosa accade.



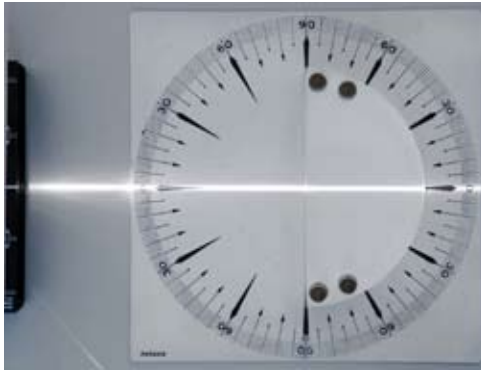
I raggi passano praticamente inalterati dall'aria al plexiglas. Che cosa succede se la direzione dei raggi incidenti non coincide con quella della normale alla superficie di separazione dei due mezzi?
Si illumina la lastra facendola ruotare di un certo angolo



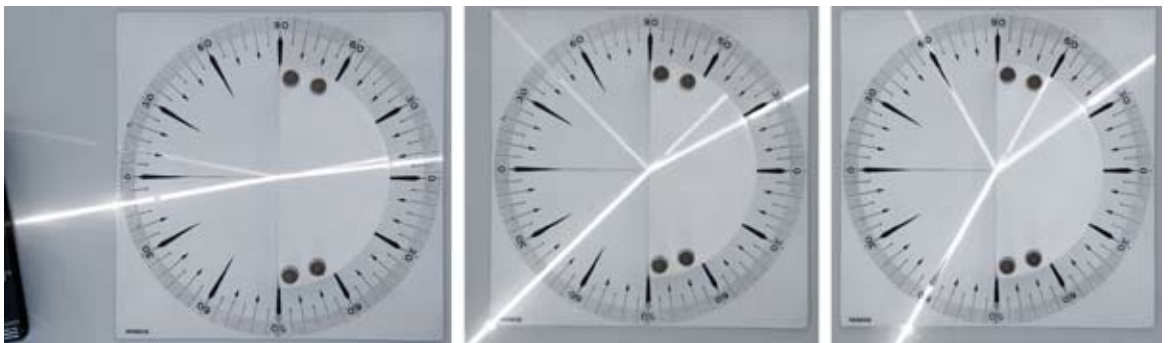
il raggio incidente viene suddiviso in una parte riflessa perché la superficie di separazione è molto



regolare mentre una parte viene trasmessa. Il raggio trasmesso viene deviato e in parte si riflette sulla seconda superficie di separazione e in parte fuoriesce dalla lastra, spostato rispetto al raggio incidente ma ad esso parallelo. Questo fenomeno è abbastanza complicato da descrivere, perciò cerchiamo un caso più semplice, dove ci sia una sola deviazione del raggio incidente.



In questo caso il raggio trasmesso entra ed esce dal plexiglas con la stessa direzione. Quindi possiamo dire che quando il raggio incide perpendicolarmente alla superficie di separazione dei due mezzi, non viene deflesso. Dobbiamo quindi fare in modo che il raggio trasmesso sia sempre perpendicolare alla superficie di uscita. Per questo usiamo un corpo ottico semicilindrico, facciamo il raggio entrante nel centro e in questo modo il raggio trasmesso uscirà senza subire ulteriori cambiamenti della sua direzione. Facciamo variare l'angolo di incidenza e misuriamo sulla circonferenza goniometrica quanto distano dalla normale il raggio incidente e quello rifratto. Questa volta le distanze non sono uguali, ma il loro rapporto mantiene sempre lo stesso valore al variare dell'angolo di incidenza.



Enunciamo le leggi della rifrazione:

1° raggio incidente normale alla superficie di incidenza e raggio rifratto sono contenuti in un unico piano

2° il rapporto fra la lunghezza dei segmenti misurati si mantiene costante ed è caratteristica dei mezzi attraversati.

Ma perché il raggio devia dalla sua direzione di propagazione iniziale? Perché cambiando il mezzo in cui si propaga cambia la sua velocità. Ad esempio la velocità della luce nel vuoto 300000 Km/s (cioè impiegherebbe 1 s per compire 7,5 giri dell'equatore terrestre), mentre nell'acqua è 225564 Km/s. L'ampiezza della deviazione del raggio dipende dalla coppia di materiali che attraversa.

Per renderci conto di come una variazione di velocità determini una variazione della direzione di propagazione, proviamo a lanciare una automobilina in direzione trasversale rispetto al bordo del pezzo di moquette. Quando la macchina passa dal pavimento liscio alla moquette, dove viaggia più lentamente, la sua traiettoria si incurva, perché le ruote che si trovano già sulla moquette viaggiano ad una velocità inferiore rispetto a quelle che si trovano ancora sul pavimento liscio. Possiamo supporre che il raggio di luce si comporti proprio come l'automobilina.

Il rapporto fra la velocità della luce nell'aria e quella nel mezzo trasparente si chiama **indice di rifrazione**.



LENTI

OSSERVAZIONE PRELIMINARE DEL FENOMENO

quando guardiamo un oggetto dentro una boccia sferica piena di acqua lo vediamo piccolo o grande a seconda che sia vicino alla parete anteriore o posteriore del vaso. L'acqua, che assume la forma del contenitore funziona da lente di ingrandimento

Azione 4

MATERIALI

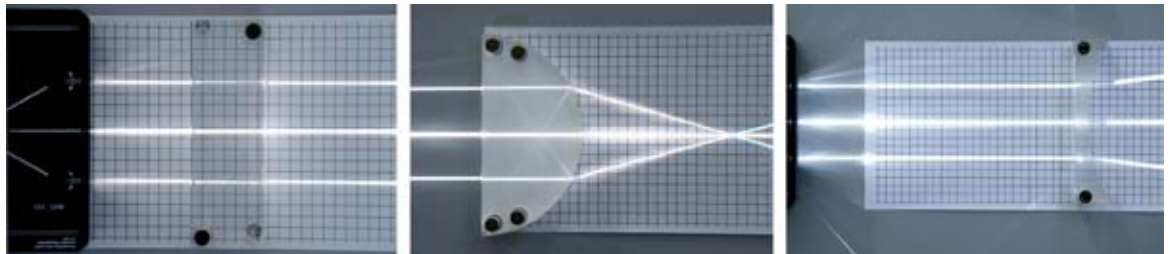
boccia dei pesci con acqua e dentro un oggetto

corpi ottici concavi e convessi

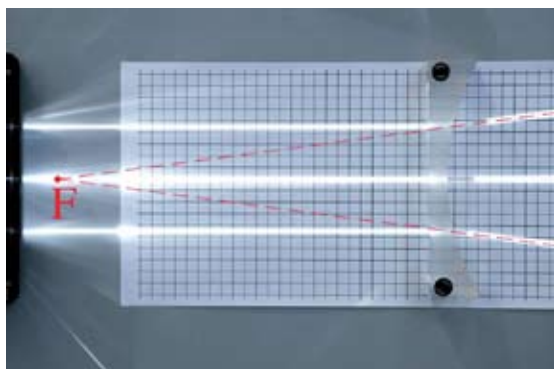
proiettore

reticolo

la forma della lente e il materiale di cui è fatta determinano il percorso dei raggi luminosi, infatti osserviamo i casi in cui i raggi incidono su un blocchetto di plexiglass delimitato da superfici di forma diversa.



i fasci di luce provenienti dalla sorgente sono paralleli ma dopo essere passati attraverso il semi-cilindro di plexiglass convergono tutti in un punto detto fuoco. Nel terzo caso invece i raggi divergono, ma se li prolunghiamo al di qua della superficie piana vediamo che anche in questo caso sembrano provenire tutti da uno stesso punto, che è ancora detto fuoco.



Possiamo costruire delle lenti utilizzando contenitori diversi. Se riempiamo di acqua questa boccia di plastica otteniamo una lente convergente, che ingrandisce gli oggetti che guardiamo attraverso essa





se invece immergiamo la lente della stessa forma piena d'aria in acqua, questa diventa una lente di tipo divergente.



Possiamo concludere che un oggetto a forma convessa si comporta come una lente convergente quando il mezzo di cui è costituita ha un indice di rifrazione maggiore di quello del mezzo in cui è immersa, mentre si comporta come lente divergente se il mezzo da cui è costituita ha indice di rifrazione minore di quello del mezzo che la circonda.

RIFLESSIONE TOTALE

OSSERVAZIONE PRELIMINARE DEL FENOMENO

Se osservate dal basso la vaschetta piena di acqua vedete la mia mano "doppia"



Azione 4

MATERIALI

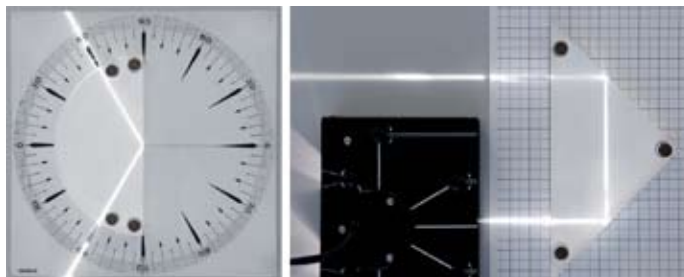
vaschetta piena di acqua

prisma

proiettore

Per spiegare questo fenomeno facciamo ricorso ancora una volta a un dispositivo che produce lo stesso fenomeno, ma in modo semplificato.

Questo dispositivo è un prisma.



Un raggio luminoso che si propaga da un mezzo con indice di rifrazione maggiore e incide sulla superficie di separazione con un mezzo a indice di rifrazione minore, viene deflesso allontanandosi dalla normale alla superficie di separazione, e in certi casi ritorna nel primo mezzo. Questo fenomeno si chiama riflessione totale. Questo fenomeno viene sfruttato per la costruzione delle fibre ottiche.



DISPERSIONE

OSSERVAZIONE PRELIMINARE DEL FENOMENO

Spesso ci accade di osservare che se la luce bianca colpisce un oggetto trasparente e sfaccettato quando ne riemerge è suddivisa in raggi colorati. Questo fenomeno è detto dispersione. Il fenomeno naturale che avviene perché si verifica la dispersione della luce è l'arcobaleno. Cerchiamo di capire come avviene.

Azione 5

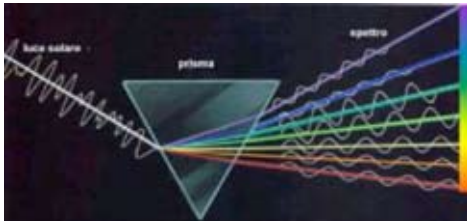
MATERIALI

Proiettore a 1 fascio

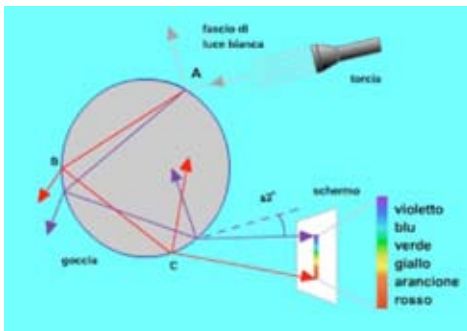
Prisma

Pannello bianco

La goccia dell'acqua che permette la formazione dell'arcobaleno agisce allo stesso modo del prisma per quanto riguarda la parte del fenomeno legata alla dispersione.



I raggi luminosi, quando incidono sulla parete del prisma, vengono in parte riflessi e in parte rifratti al suo interno. Per effetto della rifrazione le componenti della luce bianca, a ciascuna delle quali corrisponde una percezione di colore diverso, sono separate in misura differente.



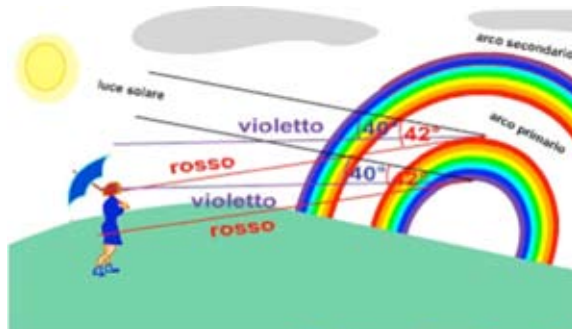
Le componenti della luce seguono, all'interno della goccia, percorsi leggermente differenti, quindi incidono, una seconda volta, sulla sua parete in punti distinti, dove vengono in parte trasmessi e in parte riflessi. Quando escono definitivamente dalla goccia, dalla stessa parte da cui sono entrati, le singole componenti rimangono separate. Non è facile spiegare perché la forma ad arco dell'arcobaleno è quella che vediamo.

Possiamo dire che solo alcune gocce sono nelle condizioni adatte a produrre gli effetti che osserviamo: si tratta di quelle che diffondono con un angolo di 42° la luce proveniente dal Sole nella direzione in cui si trova il nostro occhio.

Dato che generalmente colui che osserva si trova più in basso rispetto al Sole, l'immagine vista



sarà una semicirconferenza che costituisce la base di un cono in cui l'osservatore occupa il vertice, come mostrato nel disegno.



La dispersione della luce solare mediante un prisma trasparente è un fenomeno studiato già nel XVII secolo da Newton. Un raggio di luce solare che attraversa un prisma trasparente ne emerge scomposto nelle diverse componenti "colorate" dello spettro. Se si seleziona una componente "colorata" e si fa attraversare un secondo prisma, essa è deviata, ma non ulteriormente scomposta. Questo esperimento mette in evidenza il fatto che le diverse componenti della luce bianca sono deviate con angoli differenti perché viaggiano nel mezzo trasparente con velocità diverse, mentre nel vuoto hanno tutta la stessa velocità.

DIFFUSIONE

OSSERVAZIONE PRELIMINARE DEL FENOMENO

Si osserva la luce di un fascio dopo che ha interagito con una superficie rugosa e con un vetro smerigliato.

Azione 6

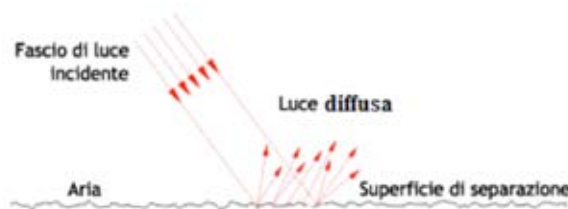
MATERIALI

fascio focalizzato

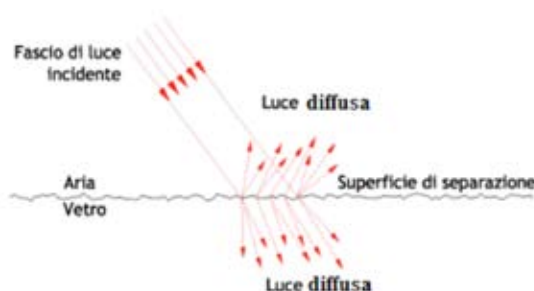
superficie non levigata

lastra di vetro smerigliato

Si possono individuare due diversi tipi di diffusione: per riflessione e per trasparenza. La diffusione per riflessione si verifica, quando un fascio di raggi luminosi incontra un corpo dalla superficie irregolare che produce un insieme di riflessioni disordinate, in tutte le direzioni. A questo fenomeno si deve la visibilità dei corpi opachi illuminati. È il caso che si verifica per il sasso e per la Luna.



Si consideri invece un fascio di luce che incide su un vetro smerigliato.





Questo fenomeno è chiamato diffusione per trasparenza. Il fascio luminoso, nell'attraversamento di un mezzo trasparente, nel quale sono presenti particelle di dimensioni opportune, dette centri diffusori, è trasmesso in tutte le direzioni; le particelle che producono la diffusione possono anche essere le stesse molecole del mezzo. Nella diffusione per trasparenza si possono considerare casi differenti: diffusione operata da gas, da liquidi e da solidi. Consideriamo in modo particolare la diffusione che avviene nei fluidi: le molecole che lo costituiscono fungono i centri diffusori, che agiscono nel processo indipendentemente l'uno dall'altro. Come abbiamo già osservato le componenti della luce bianca, che viaggiano sovrapposte, possono, interagendo con la materia, essere separate, perché ognuna di esse devia in modo differente.

Anche in questo caso, quando la luce colpisce le molecole del fluido, alcune sue componenti sono deviate dalla loro traiettoria originale di propagazione in modo consistente, mentre altre sono trasmesse, proseguendo il cammino lungo la stessa direzione di incidenza. Le componenti rosse, arancio e gialle sono quelle che proseguono sulla loro traiettoria, quelle blu o violette sono le più deflesse. Questo tipo di diffusione della luce è un fenomeno molto comune in natura. In particolare quando i raggi solari attraversano l'atmosfera terrestre la luce colpisce la superficie delle particelle sospese nell'aria ed è da queste diffusa in tutte le direzioni. La diffusione della luce proveniente dal Sole, prodotta dalle goccioline di acqua presenti in atmosfera, conferisce alle nubi il loro colore. La diffusione causata dalle goccioline di acqua più piccole colora le nubi di bianco, mentre la presenza di goccioline d'acqua più grandi che assorbono una quantità maggiore di luce rende le nubi più scure. Questo stesso fenomeno è responsabile del colore blu assunto dal cielo durante il giorno e del colore rosso del tramonto.

Azione 7

Vasca

Acqua

Latte

Proiettore

Si fa osservare il fascio del proiettore frontalmente: la colorazione prevalente è quella rosso – arancio; mentre osservando il fascio lateralmente si vede azzurrato. Le particelle del latte in sospensione nell'acqua hanno il ruolo di centri di diffusione, lo stesso delle goccioline d'acqua nell'atmosfera. Quando le gocce d'acqua in sospensione hanno dimensioni abbastanza grandi si verifica il fenomeno dell'arcobaleno, mentre se hanno dimensioni minori si ha il fenomeno della diffusione. Abbiamo riprodotto in piccolo quanto avviene nell'atmosfera terrestre. Per rendere più evidente il fenomeno abbiamo sostituito i gas dell'atmosfera con l'acqua e le particelle in sospensione nel nostro caso sono costituite dalle molecole di latte. La luce bianca proveniente dalla lampada del proiettore, come quella del sole, è costituita di componenti, che noi percepiamo come colori, che interagendo con degli ostacoli diversificano le direzioni in cui si propagano.

Le componenti rosse tendono a deviare in misura minore, quelle blu e violette in misura maggiore. Al tramonto i raggi che ci arrivano direttamente ci fanno apparire il Sole rosso, mentre guardando il cielo di giorno lo vediamo azzurro perché arrivano ai nostri occhi i raggi più deviati e quindi quelli delle componenti blu.