

S.S.I.S. a.a. 2003-2004

RELAZIONE di

Maria Lepore

I anno, Classi 47-48-59

- **PREREQUISITI:**

- I numeri in fisica: le cifre significative
- Concetto di grandezze fisiche fondamentali e derivate
- Sistemi di unità di misura
- Equivalenze tra misure omogenee
- Strumenti di misura e sensibilità degli strumenti
- Errori e precisione della misura
- Trattazione errori
- Propagazione degli errori
- Energia e trasformazioni
- Geometria: retta perpendicolare ad un piano, parallele e similitudine fra triangoli

- **ARGOMENTI DA TRATTARE**

- Propagazione della luce in linea retta
- Riflessione e rifrazione
- Lenti e specchi
- Costruzione dell'immagine
- ESPERIMENTO e legge dei punti coniugati
- Vediamo tutto con il nostro occhio (visione cervello; lente cristallino; retina schermo): breve descrizione dell'occhio e collegamenti con l'ottica geometrica.
- Approfondimento: le malattie dell'occhio

- **NODI CONCETTUALI:**

- La propagazione della luce
- Costruzione delle immagini
- Funzionamento delle lenti
- Dipendenza lineare tra $1/p$ e $1/q$
- Schema di funzionamento dell'occhio

- **MEDIAZIONE DIDATTICA:**

- Trattazione prerequisiti in classe cercando di “fare vedere con mano” ai ragazzi ciò di cui si sta parlando, con esempi pratici e reali
- Esperimento
- Discussione finale per trarre le conclusioni, possibilmente guidata dall’insegnante (che con domande appropriate dovrebbe indurre a focalizzare i punti fondamentali), ma tenuta dai ragazzi.

- **ESPERIMENTO NELLA CLASSE:** dopo qualche ora dedicata dando loro nozioni di ottica, l’esperimento della candela diventa il momento in cui i ragazzi possono acquisire forse le maggiori nozioni, perché possono toccare con mano quello che stanno apprendendo. La collaborazione del docente è necessaria per la costruzione del loro ambiente di apprendimento. A questo punto, a seconda del tempo a disposizione, sono possibili due approcci:

- L’insegnante lascia osservare, studiare e ragionare i ragazzi da soli, in modo che da soli “scoprano” le leggi dell’ottica, e in questo modo capiscano cosa ci vogliono dire.
- Come nell’esperimento della candela svolto da noi, l’insegnante guida i ragazzi indirizzandoli verso ciò che devono osservare; li invita poi a trarre le conclusioni in riferimento a ciò che è stato fino ad allora studiato insieme.

I due approcci possono coesistere: il modo migliore per affrontare l’argomento sarebbe utilizzando il primo approccio in una prima lezione, ed il secondo la volta dopo. Purtroppo per svolgere in questo modo l’argomento bisognerebbe avere molto tempo a disposizione.

Spesso proprio per problemi di tempo si rinuncia ad affrontare in modo efficace alcuni argomenti.

L’argomento si può trattare alla fine della seconda media o in terza media (visti i prerequisiti). Nella relazione sono presenti, oltre ai contenuti, anche le osservazioni didattiche (approcci, esempi, esperimenti,...)

Dando per buoni i prerequisiti indicati nello schema del progetto, ho pensato di iniziare questa unità didattica partendo da alcune nozioni di ottica geometrica prima di procedere con l'esperimento in laboratorio.

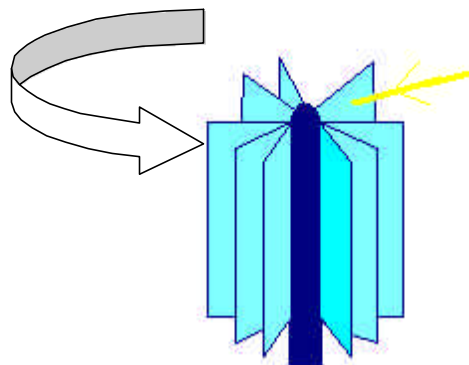
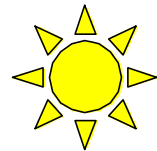
Durante le spiegazioni sarebbe opportuno "fare vedere" ai ragazzi cosa si sta spiegando, in modo che le nozioni non rimangano dei concetti astratti, ma che vengano connesse a ciò che i ragazzi osservano tutti i giorni.

Ottica Geometrica

Innanzitutto bisogna dare una idea ai ragazzi di due fatti importanti, utilizzando semplici esperimenti spendibili in classe, e cioè che la luce trasporta energia e che si propaga in linea retta.

La Luce trasporta energia

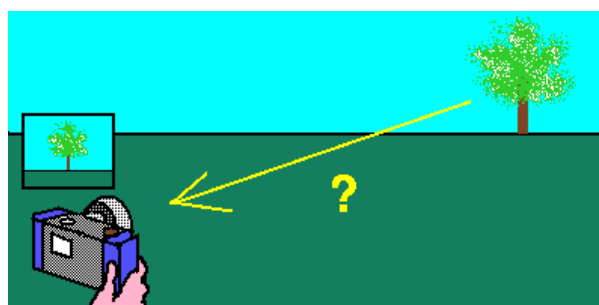
Per spiegare il fatto che trasporta energia si potranno utilizzare quei meccanismi a pale che si muovono quando vengono "colpiti" dalla luce.



In questo modo si dovrebbe dar loro l'idea che, per far muovere le pale dell'oggetto, la luce deve necessariamente trasportare energia (in questo caso si vede come si trasforma in energia meccanica).

Si può anche semplicemente fare osservare che, con l'esposizione ai raggi del sole abbiamo un "contatto diretto" con energia proveniente dal sole: come faremmo ad abbronzarci (e a volte a bruciarci) al sole se i suoi raggi non trasportassero energia? Infatti una parte dell'energia trasportata dal sole è energia termica.

Anche un altro esempio può servire a capire che la luce trasporta energia: quando facciamo una fotografia la luce emessa o riflessa da un oggetto riesce a cambiare lo stato fisico della pellicola. Dunque la luce trasporta energia.



La Propagazione della Luce avviene in linea retta

Pensiamo alla luce del sole che la mattina attraversa i fori delle persiane e illumina la stanza buia, o alla luce che attraversa un foro.

Per rendere più chiaro questo fatto si potrebbe utilizzare una pila con fascio collimato: creando il buio nella classe e accendendo la pila i ragazzi possono osservare la natura rettilinea della luce, osservando la proiezione del raggio sul muro, ma soprattutto per vedere meglio il raggio si può sbattere il cancellino impregnato di gesso vicino al raggio: in questo modo la polvere che si viene a creare evidenzia quello che chiameremo *raggio luminoso*.

Riflessione e Rifrazione

Cosa si può osservare quando si guarda attraverso il vetro di una finestra? Vedremo non solo quello che c'è dall'altra parte del vetro, ma anche la nostra immagine riflessa nel vetro (soprattutto se dall'altra parte del vetro c'è buio), proprio come quando ci troviamo davanti ad uno specchio. In generale questi fenomeni avvengono ogni qual volta un raggio luminoso passa da una sostanza ad un'altra (nel caso di sopra le due sostanze sono aria e vetro).

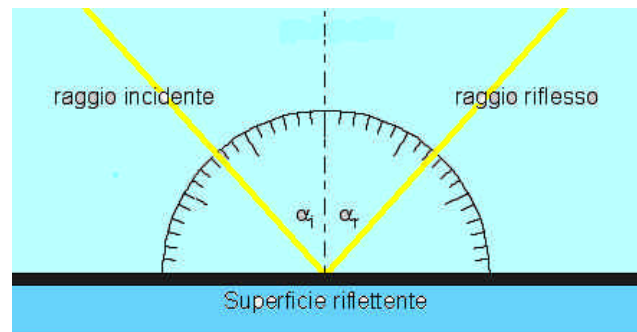
Far fare anche solo questa semplice osservazione potrebbe chiarire di cosa si sta parlando.

In questa situazione avvengono due fenomeni che prendono il nome di **riflessione** e **rifrazione**, che si manifestano alla superficie di separazione tra due materiali diversi

La Riflessione

Un caso comune è quello della superficie che separa una superficie lucida dall'aria: se il piano è molto liscio esso si comporta come uno specchio, e per questo motivo viene detta *superficie speculare o riflettente*.

Il raggio luminoso che colpisce la superficie speculare è detto *raggio incidente*, mentre quello che esce dalla superficie stessa è detto *raggio riflesso*.



Se si considera la retta perpendicolare alla superficie speculare nel punto in cui incide il raggio, la Legge della riflessione afferma che *i due angoli formati dal raggio incidente e la perpendicolare, e dal raggio riflesso e la perpendicolare (in figura α_i ed α_r) sono uguali*.

Questo vuol dire che se il raggio incidente cade perpendicolarmente (e quindi l'angolo incidente $\alpha_i = 0$), anche il raggio riflesso α_r sarà perpendicolare, e i due nel disegno risulteranno sovrapposti.

Si può proporre ai ragazzi di vedere il fenomeno della riflessione munendosi di macchina fotografica con flash (magari digitale, per poter osservare subito i risultati) e di un grande specchio, e di chiedere loro in che posizione devono mettersi per ottenere foto migliori. In seguito, fatte le foto si può far osservare loro che in quelle dove ci si è messi perpendicolarmente allo schermo il risultato non è dei migliori!

La Rifrazione

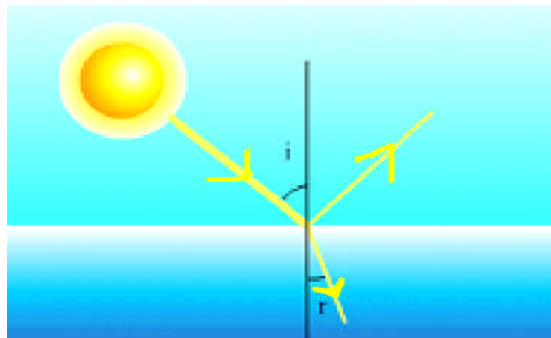
Quando un raggio passa da una sostanza ad un'altra non segue più un percorso rettilineo, ma cambia direzione. Questo fenomeno è detto *rifrazione*.

Anche la rifrazione è soggetta a leggi ben precise: i raggi perpendicolari alla superficie di separazione non vengono deviati e proseguono dritti, mentre per i raggi inclinati l'entità della deviazione del raggio luminoso dal suo percorso rettilineo dipende dalla natura delle sostanze a contatto.

Se immaginiamo per esempio che un raggio luminoso passi dall'aria all'acqua quello che avviene è quello mostrato in figura, con $a_r < a_i$:



In termini di energia possiamo dire: sappiamo che il raggio incidente trasporta energia, una parte di questa energia la ritroviamo nel raggio riflesso in aria, il resto nel raggio che prosegue deviato in acqua.

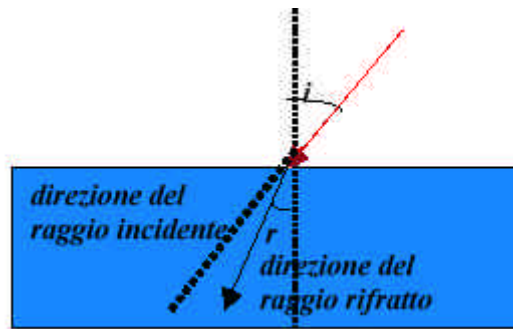


Per capire meglio questo fenomeno vediamo cosa succede mettendo un cucchiaino in un bicchiere d'acqua: ci sembra "spezzato".

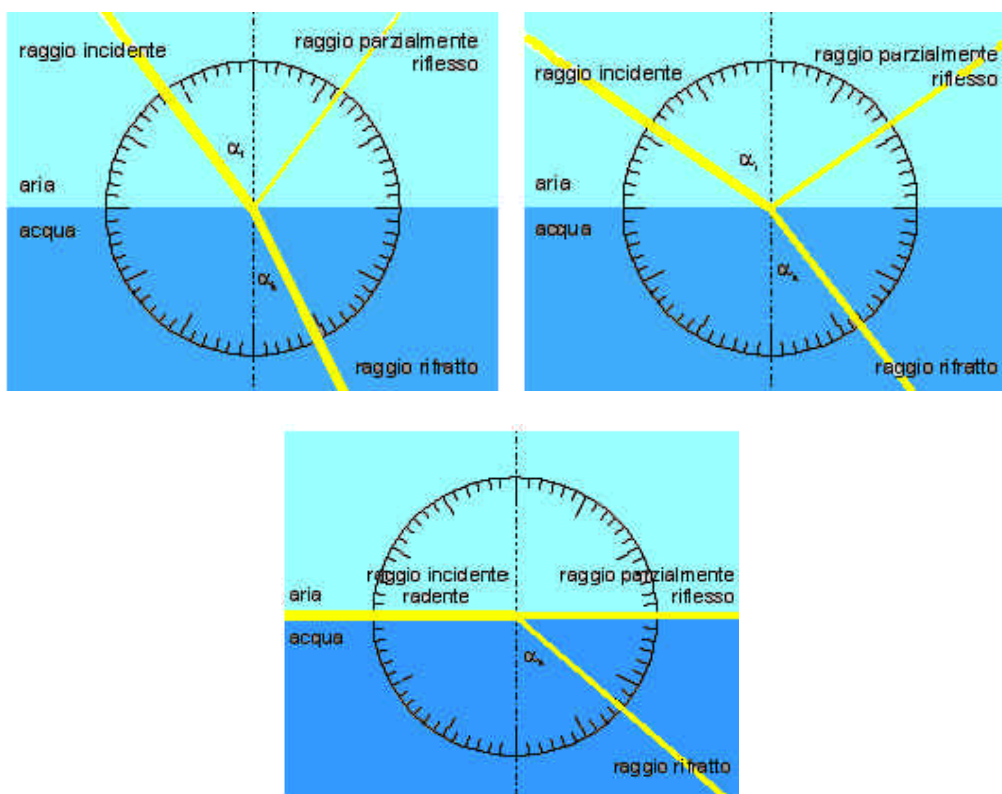
Questo strano fenomeno avviene a causa della rifrazione.



Il raggio rifratto, infatti, come detto, non segue il cammino di quello incidente, come si vede dalla figura seguente:



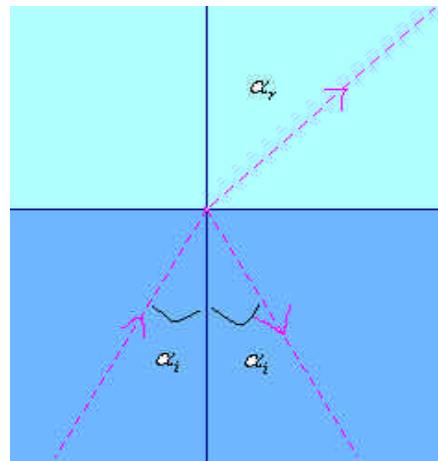
Quello che succede è che quanto il raggio incidente si allontana dalla normale (e in questo caso si avvicina all'acqua), tanto più il raggio rifratto si avvicina all'aria (e quindi si scosta dalla normale).



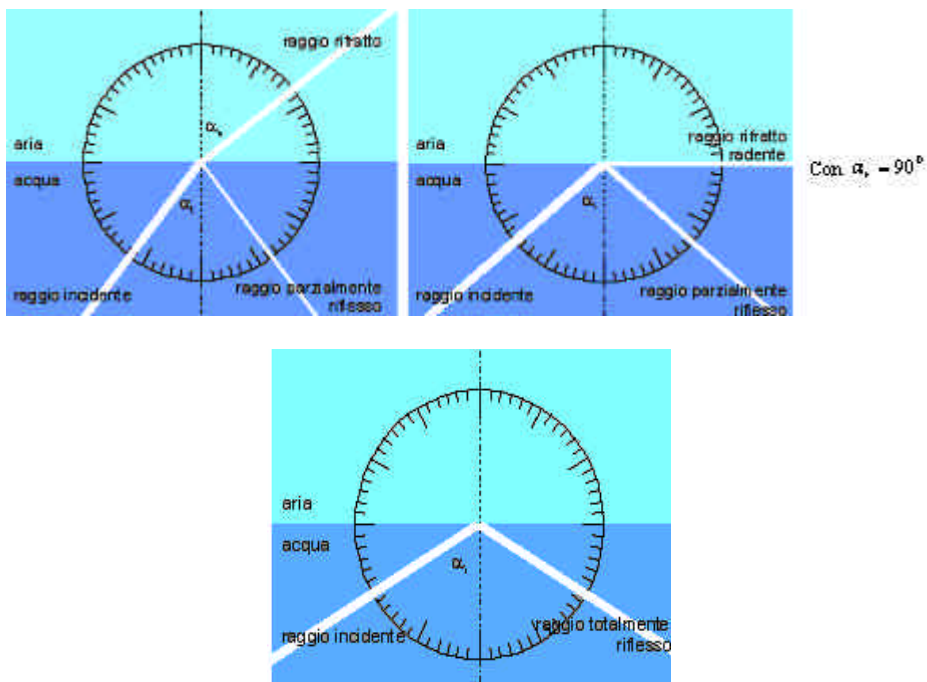
In questo modo vediamo il cucchiaino in una posizione diversa da dove è realmente.

Lo stesso discorso si può fare per un raggio luminoso che passa dall'acqua all'aria ; in questo caso l'angolo di rifrazione \mathbf{a}_r sarà più grande dell'angolo di incidenza (e quindi di riflessione) \mathbf{a}_i :

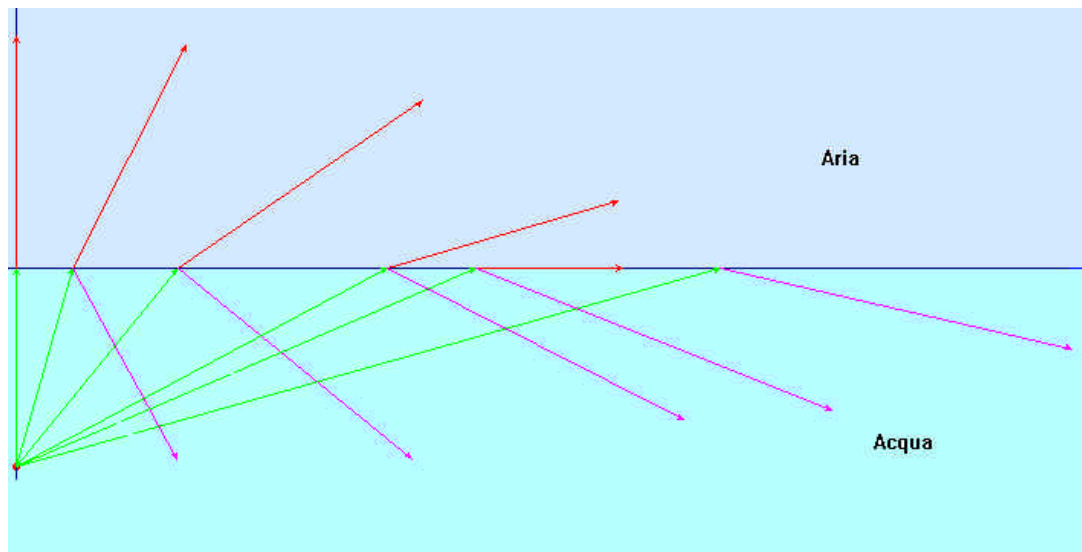
$$\mathbf{a}_r > \mathbf{a}_i .$$



Ad un certo punto il raggio incidente raggiunge una posizione *limite* oltre la quale non avviene più il fenomeno della rifrazione, ma i raggi vengono totalmente riflessi.



Quello che succede può essere schematizzato in questa figura:

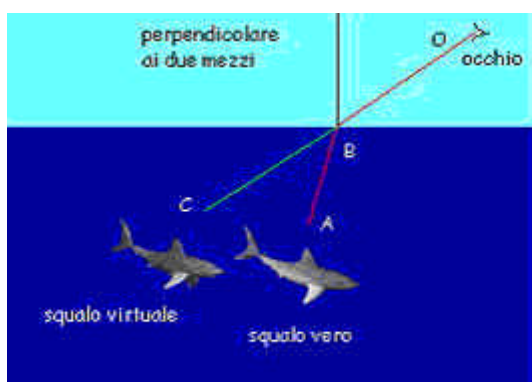


Proviamo a capire meglio con un esempio più "accattivante" per i ragazzi.

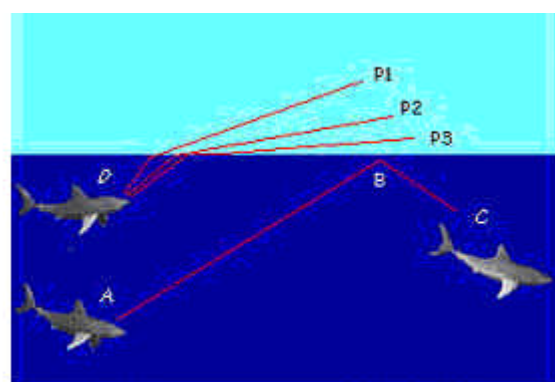
Immaginiamo di essere in un acquario o in mare aperto, e che in acqua ci siano degli squali.

Per la legge della rifrazione se un raggio luminoso (nella figura di seguito è colorato in rosso) incide sulla superficie di un acquario seguendo la traiettoria OB proseguirà il suo cammino in modo da avvicinarsi alla perpendicolare alla superficie di separazione dai due mezzi cioè lungo la traiettoria BA.

Ora immaginiamo uno squalo che nuota poco sotto la superficie di una grande vasca (figura 1); se riusciamo a vederlo significa che i raggi di luce che lo investono vengono riflessi dal suo corpo e da questo raggiungono i nostri occhi. Tuttavia vedremo lo squalo in una posizione differente da quella che occupa realmente. Infatti seguiamo a ritroso il percorso del raggio luminoso dallo squalo al nostro occhio: la rifrazione fa sì che proseguiremo con lo sguardo lungo una immaginaria traiettoria BC (il tratto colorato in verde), e quindi vedremo lo squalo in una posizione differente da quella reale.



Dal nostro punto di vista



Dal punto di vista degli squali

Ora poniamoci dal punto di vista degli squali (figura 2).

Lo squalo D per esempio vedrà oltre la superficie del mare oggetti che occupano posizioni differenti a seconda di dove puntano i suoi occhi: come mostra la figura vedrà gli oggetti posti in P1 in P2 o in P3. In particolare più la linea d'osservazione dello squalo si avvicina alla superficie di separazione acqua-aria più gli oggetti che può vedere sono vicini alla superficie dell'acqua.

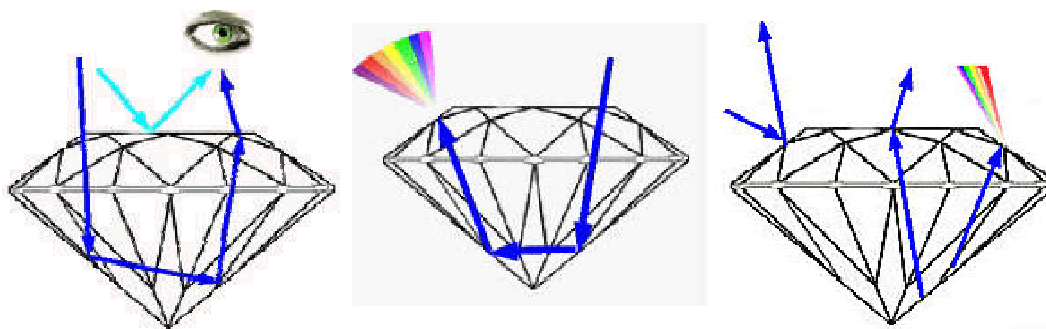
Se poi la linea d'osservazione supera un certo angolo detto angolo limite come avviene per lo squalo posto in A i raggi luminosi che vedrà saranno solo quelli provenienti dal suo squalo collega posto in C.

Riassumendo: se la linea d'osservazione intercetta la superficie di separazione acqua-aria con un angolo limite o superiore non si ha più rifrazione ma riflessione totale della luce. In queste condizioni tutta l'energia del raggio incidente finisce nel raggio riflesso.

Si possono a questo punto fare alcuni esempi di quanto sia importante la riflessione totale. Si può ad esempio parlare di come le fibre ottiche trasportino energia grazie al meccanismo della riflessione totale (vedi figura) : i ragazzi ne avranno sicuramente sentito parlare.



Un altro esempio che si può spendere in classe è quello di come vengono tagliati i diamanti: sicuramente avranno sentito che quello del tagliatore di diamanti è un lavoro molto difficile. Quello che probabilmente non sanno è che questa difficoltà è dovuta dal fatto che devono tagliare le pietre in modo che la luce che entra al loro interno venga riflessa totalmente: solo così il diamante diventa una pietra preziosa per la sua luminosità.



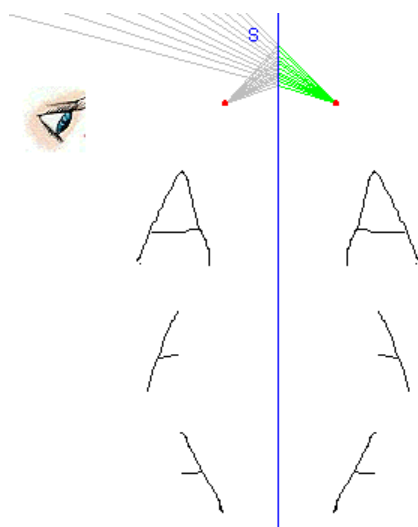
Un errore nel taglio dell'inclinazione della superficie avrebbe come effetto quello di non avere più riflessione totale alla faccia inferiore della pietra preziosa e comporterebbe l'uscita della luce dalla parte opposta agli occhi dell'osservatore.

Dalle leggi della riflessione e della rifrazione di un raggio luminoso si possono dedurre le proprietà degli specchi e delle lenti, e vedere come vengono "ricostruite" le immagini.

Gli specchi

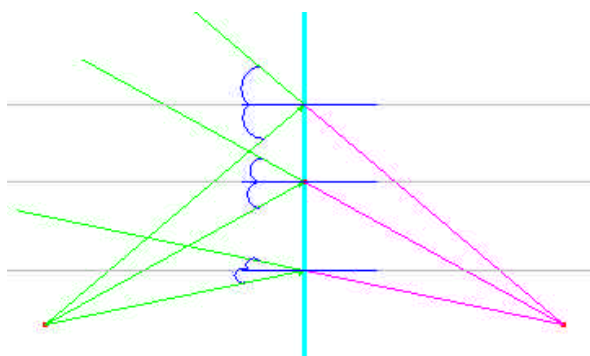
Si può, per esempio, capire che l'immagine che si ottiene per riflessione è posta dietro allo specchio ad una distanza uguale a quella che separa l'immagine reale dallo specchio.

La legge della riflessione vale per qualsiasi superficie speculare, indipendentemente dalla sua forma, ma il tipo di immagine riflessa da uno specchio cambia se la sua superficie è piana o curva.



La maggior parte degli specchi usati comunemente sono *specchi piani* (come quelli della figura di sopra) e restituiscono una immagine non modificata né in dimensione né in forma rispetto all'originale, eccetto per il fatto che il lato destro ci appare come sinistro, e viceversa.

Se, come in figura, prolunghiamo dal lato dello specchio i raggi riflessi, troviamo la posizione del punto "oltre lo specchio", che risulta essere alla stessa distanza dell'immagine reale.



(si può fare osservare che i triangoli formati a destra e a sinistra dello specchio sono uguali).

Gli *specchi curvi* invece modificano sia le dimensioni sia la forma degli oggetti secondo la loro curvatura e la posizione di specchio, oggetto e osservatore.

Sarebbe molto interessante in questo caso portare la classe alla "Città dei Bambini", dove ci sono specchi di ogni tipo.

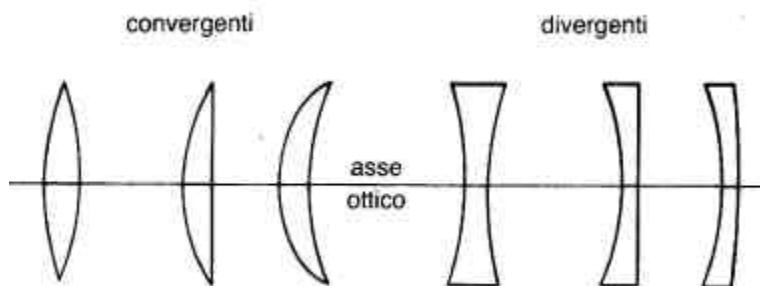
Un cucchiaio è un buon esempio di specchio curvo. Guardato dal lato cavo è uno specchio *concavo*, che fornisce una immagine capovolta e ingrandita. L'altro lato del cucchiaio costituisce uno specchio *convesso*, che fornisce una immagine diritta e rimpicciolita.

Le lenti

Le lenti sono dispositivi che sfruttano la rifrazione per modificare in modo controllato il percorso dei raggi luminosi. Sono costituite da qualsiasi materiale che abbia la capacità di deviare fortemente i raggi luminosi. Molte delle lenti comunemente usate negli occhiali da vista sono di vetro (perché non si rigano, ma sono pesanti) o di plastica (leggere, ma delicate).

Le lenti si dividono in due categorie in base alla loro forma: lenti il cui spessore è minore al centro rispetto ai bordi, dette lenti divergenti, e lenti in cui lo spessore è maggiore al centro e minor ai bordi, dette lenti convergenti.

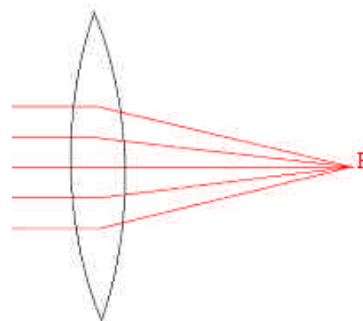
Portando vari tipi di lenti in classe i ragazzi potranno vedere le differenze di cui si sta parlando, magari cominciando a vedere quelle degli occhiali dei ragazzi (che probabilmente saranno divergenti, perché i ragazzi a questa età sono facilmente miopi, v. dopo).



Dalle leggi di riflessione e rifrazione vediamo il funzionamento dei due tipi di lenti.

Lenti convergenti

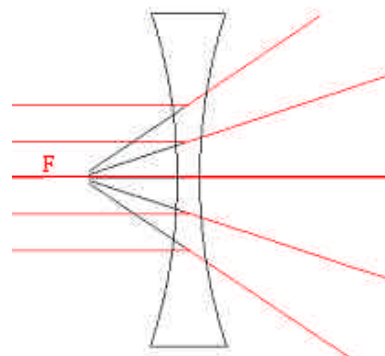
Le lenti convergenti hanno la capacità di far convergere un fascio di raggi luminosi paralleli all'asse ottico, la retta che passa per il centro della lente (vedi figura) in un unico punto detto **fuoco** della lente.



Un esempio può essere interessante: se prendiamo un pezzo di carta e una lente e facciamo in modo che i raggi del sole "attraversino" la lente, vedremo che il pezzo di carta inizierà a bruciare: i raggi vengono "raccolti" come in figura.

Lenti divergenti

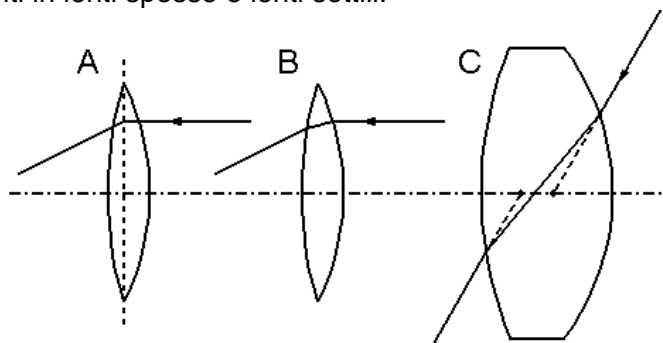
Le lenti divergenti fanno divergere un fascio di raggi luminosi paralleli all'asse ottico (vedi figura) in modo che i raggi sembrano provenire dal fuoco posto dalla stessa parte da cui provengono i raggi.



La costruzione delle immagini

La costruzione delle immagini segue quindi le leggi di riflessione e rifrazione.

Dobbiamo immaginare la lente come un "mezzo" tale che (per la sua forma) la perpendicolare alla superficie in ogni punto passi per il centro della lente. . Come possiamo vedere nella seguente figura distinguiamo le lenti in lenti spesse e lenti sottili.

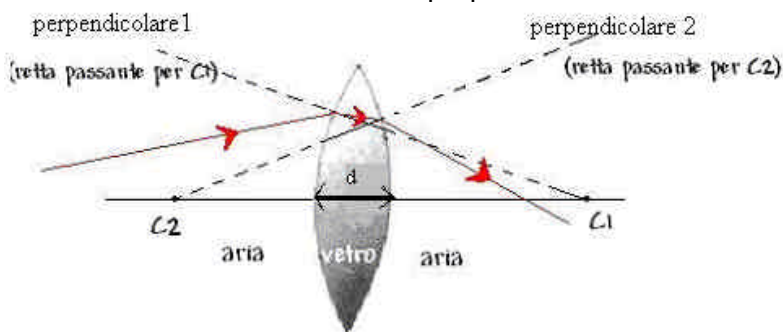


Percorso della luce nelle lenti sottili e spesse:

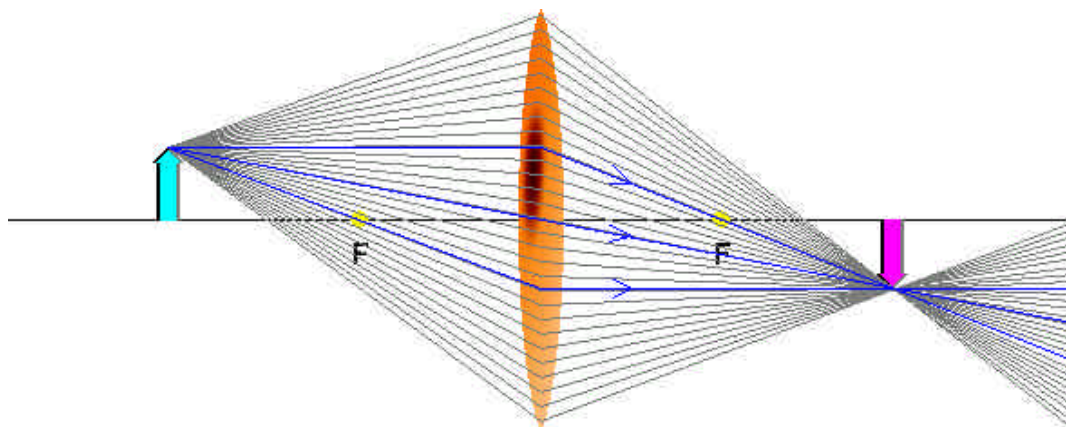
A - lente sottile (priva di spessore)

B - C - lente reale o spessa

Nelle lenti spesse i raggi per due volte passano da una sostanza all'altra (quindi c'è una doppia rifrazione): nel primo passaggio *aria* – *vetro* i raggi si avvicinano alla perpendicolare, mentre nel secondo passaggio *vetro* – *aria* si allontanano dalla perpendicolare.



In seguito vengono trattate solo le lenti sottili (di più semplice comprensione) cioè quelle in cui la distanza d segnata in figura risulta essere molto piccola ($d \ll R$, raggio di curvatura della lente). Vediamo con una lente concava come si otteniamo le immagini attraverso le lenti.



I raggi che passano per il centro della lente continuano il loro percorso rettilineo: avevamo infatti detto che i raggi che cadono perpendicolarmente alla superficie di separazione non subiscono riflessione.

Il raggio che da sinistra arriva parallelamente all'asse ottico viene fatto convergere dalla lente in modo da passare per il fuoco (indicato con F).

Allo stesso modo l'ultimo dei tre raggi evidenziati in blu segue lo stesso percorso, ma dall'altra parte la lente è convessa anche a destra e quindi devia i raggi che da destra nello stesso modo di quella a sinistra.

Le immagini possono risultare ingrandite, rimpicciolite o uguali a seconda della distanza lente – oggetto. La distanza del punto F dal centro della lente viene detta *distanza focale*.

Le immagini di sotto ci danno una idea di come possono andare le cose, ma in laboratorio le cose saranno molto più chiare, perché i ragazzi, spostando la candela e la lente, riusciranno a vedere che effettivamente l'immagine riprodotta sullo schermo può risultare ingrandita o rimpicciolita, o sparire dallo schermo (in questo caso avvicinandoci alla lente, ma dall'altro lato, cioè guardando verso la candela, possiamo usarla come lente di ingrandimento).

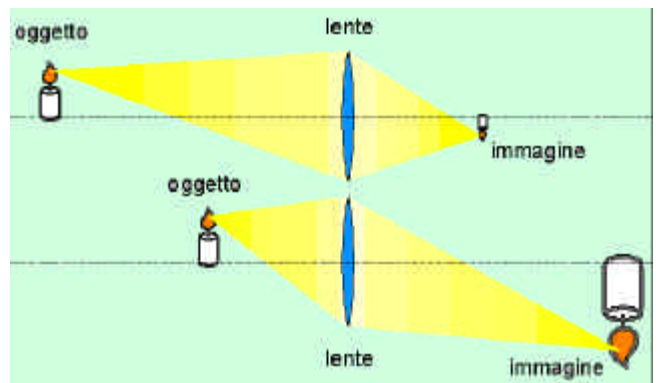
Esistono anche dei siti in internet dove viene ricreata la stessa situazione del laboratorio e i ragazzi possono spostare le frecce della figura di sopra a loro piacimento vedendo cosa succede.

Le immagini di oggetti che si possono osservare tramite una lente sono di due tipi, *reali* e *virtuali*.

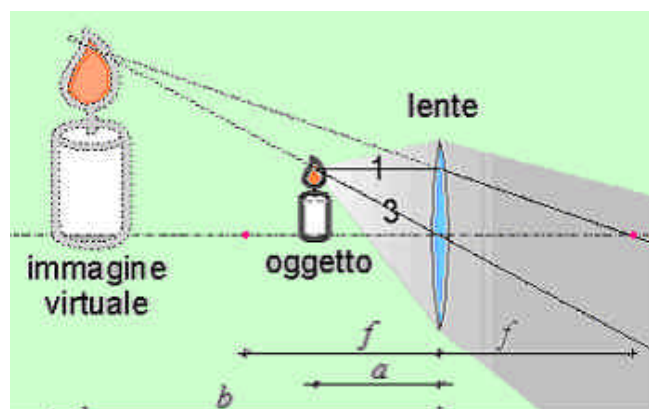
Se i raggi uscenti da una lente (che trasportano energia) si incontrano in qualche punto dello spazio, l'immagine di un oggetto può essere raccolta su uno schermo. Quest'immagine formata dalla lente viene detta immagine *reale*; mentre nel caso in cui i raggi uscenti non si incontrino in nessun punto dello spazio, ma lo fanno solo i loro prolungamenti (che invece non trasportano energia) nel verso opposto a quello di propagazione, allora l'immagine non può essere raccolta su uno schermo e l'immagine viene detta *virtuale*.

In questa figura le immagini sono reali, capovolte, rimpicciolite nella prima, e ingrandita nella seconda (in laboratorio i ragazzi potranno vedere quando si presenta il primo caso e quando il secondo).

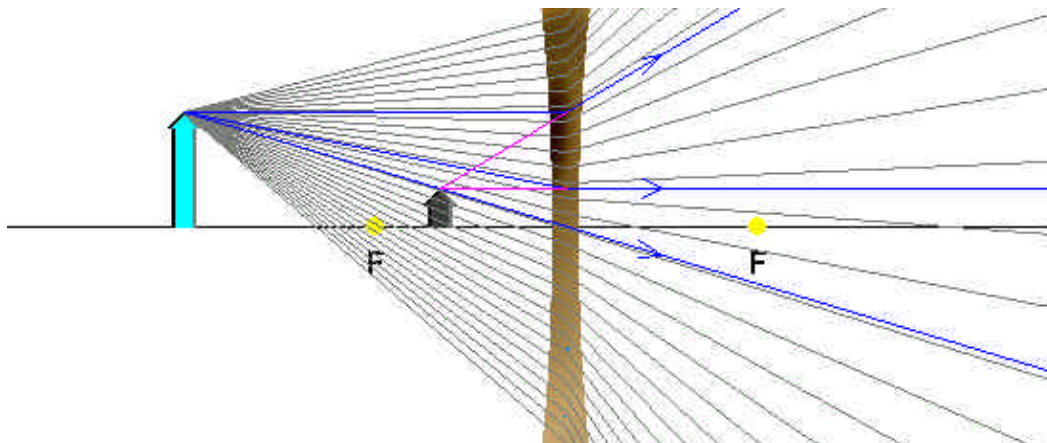
Se al posto dello schermo mettiamo una macchina fotografica l'energia dei raggi impressiona la pellicola.



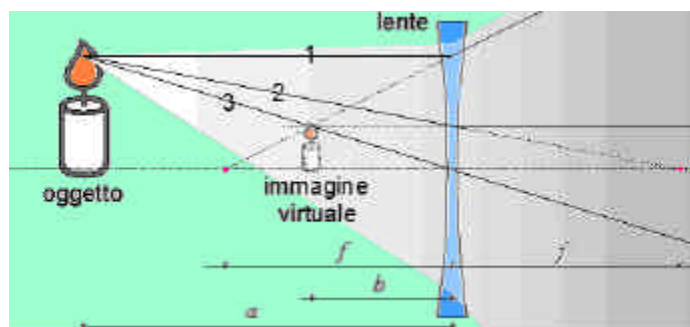
Nella figura di sotto, invece, vediamo che le immagini riprodotte sono costruite sui prolungamenti dei raggi luminosi, che non si incontrano dalla parte opposta delle lenti. Queste vengono dette immagini virtuali. A differenza delle altre in queste non c'è energia: ritornando all'esempio iniziale della macchina fotografica possiamo dire che tali immagini non rimangono impressionate sulla pellicola. (Il concetto di immagine virtuale mi sembra abbastanza complicato da spiegare se non in questo modo, o in laboratorio).



Vediamo allo stesso modo cosa succede con una lente concava.



Anche in questo caso i raggi che passano per il centro della lente continuano il loro cammino in linea retta, mentre gli altri (nella figura ne sono evidenziati due), seguono la traiettoria deviata dalla lente concava, secondo quanto visto in precedenza.



In questo esempio quella che si forma è una immagine virtuale, diritta e ingrandita.

Il laboratorio

A questo punto si può inserire l'attività di laboratorio, in cui i ragazzi diverranno parte attiva.

Lo scopo sarà quello di trovare una relazione tra p e q (la distanza candela – lente e la distanza lente – schermo).

I ragazzi dovranno raccogliere i dati come descritto nell'esperienza, fare la trattazione degli errori, e disegnare un grafico di q in funzione di p .

Dopo l'insegnante può suggerire loro di cercare il legame tra $1/p$ e $1/q$ anziché p e q e, dopo aver tracciato un grafico opportuno, di osservare che queste due grandezze sono direttamente proporzionali e che hanno una dipendenza lineare, in quanto il grafico che si ottiene è una retta.

Dopo aver capito che esiste una relazione di dipendenza tra p e q (per la precisione q è in funzione di p), si può suggerire ai ragazzi di cambiare lente, e vedere se le posizioni dove le immagini erano a fuoco restano tali o se si deve spostare lo schermo: in questo modo (usando magari, se possibile, diverse lenti), li si può aiutare a capire che q dipende anche dalla lente. In questo modo si può dare una spiegazione "diretta" di cosa sia la distanza focale, e di quello che è stato spiegato loro sulle immagini "proiettate" attraverso una lente.

Dopo aver svolto la parte di fisica si può trovare il collegamento tra quanto detto sull'ottica e il funzionamento dell'occhio umano.

La parte potrà essere ulteriormente arricchita dal legame "occhio-cervello", che in questo lavoro non è stato trattato, anche per la vastità dell'argomento.

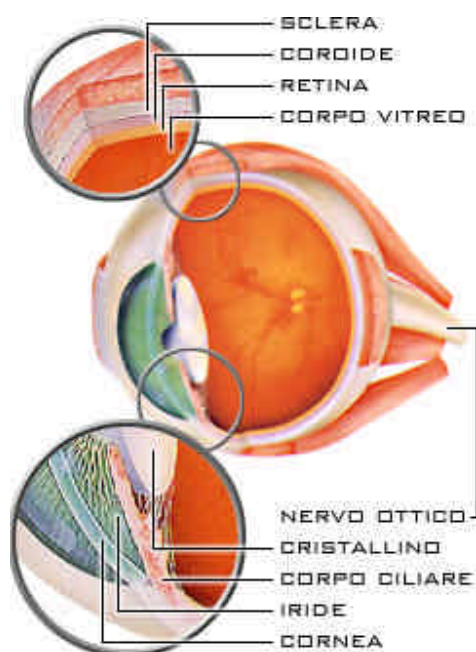
Viene qui di seguito fatta una descrizione dell'occhio nei dettagli; in seguito si possono collegare quelle che sono le parti principali dell'occhio con quanto visto in laboratorio, e cioè la connessione tra lente e cristallino e tra retina e schermo.

Infine si può fare un approfondimento su un argomento che può essere interessante per i ragazzi perché spesso li riguarda in prima persona: le malattie dell'occhio.

L'occhio e la vista

La funzione della vista (cioè la raccolta degli stimoli luminosi) è affidata nell'uomo a due organi identici, gli occhi, situati in due cavità nella regione anteriore del cranio e disposti simmetricamente rispetto alla linea mediana del corpo.

Ciascun occhio è formato da una parete esterna costituita a sua volta da tre membrane sovrapposte, che sono (dalla più esterna alla più interna) la **sclera**, la **coroide** e la **retina** (nella parte posteriore).



La **sclera** è una membrana molto robusta, di colore bianco che ricopre il bulbo oculare nella sua parte interna; nella parte anteriore diviene perfettamente trasparente e forma la **cornea**. Questa è una struttura anatomica trasparente, avascolare, ricca di terminazioni nervose ed è una lente altamente convergente. Presenta cinque strati, di cui quello più esterno, l'epitelio, è costituito da cinque, sei strati di cellule di diverso spessore. Serve a far convergere la luce in esso incidente sul cristallino.

La **coroide** è una membrana che si estende a stretto contatto con la sclera nella parte radialmente più interna dell'occhio e contiene un insieme di vasi sanguigni che portano la maggior parte del nutrimento all'occhio.

Ai suoi estremi anteriori la coroide si divide in due parti: il **corpo ciliare**, che ha la funzione di modificare la forma del cristallino, e il diaframma dell' **iride**, la parte colorata posta dietro la cornea e anteriormente al cristallino che - allargandosi o restringendosi - permette che più o meno luce penetri nel cristallino in modo da proteggerlo da una elevata intensità luminosa (che potrebbe danneggiarlo) o da permettere il massimo assorbimento luminoso in caso di scarsa visibilità; può avere colore diverso da individuo a individuo (il famoso "colore degli occhi").

L'iride presenta un foro centrale, la **pupilla**, che serve a fare passare i raggi luminosi, e la cui ampiezza varia in relazione all'intensità della luce. Il diametro della pupilla è regolato da riflessi nervosi involontari: essa si allarga automaticamente quando la luce diminuisce e si restringe

automaticamente con l'aumentare dell'intensità luminosa. Dietro l'iride e la pupilla è situato il **cristallino**. Il cristallino è una *lente* a fuoco variabile contenuta nell'occhio, situata subito dietro *l'iride*.



È costituito da una piccola lente membranosa biconvessa dello spessore di circa 3,6 mm costituito da sostanza elastica perfettamente trasparente (composta dal 60% al 70% di acqua, dal 6% di grassi e una gran quantità di proteine, molto più che in qualunque altra parte dell'occhio).

Ha l'importante funzione di mettere a fuoco l'immagine sulla retina grazie ai muscoli e ai legamenti del corpo ciliare che lo circondano, con cui può variare la propria forma: se l'oggetto da mettere a fuoco è lontano i muscoli si tendono in modo da farlo appiattire, se è vicino si contraggono per farlo curvare il più possibile. In questo modo riesce a correggere la "messa a fuoco" quando si osservano oggetti posti a distanze diverse dall'occhio.

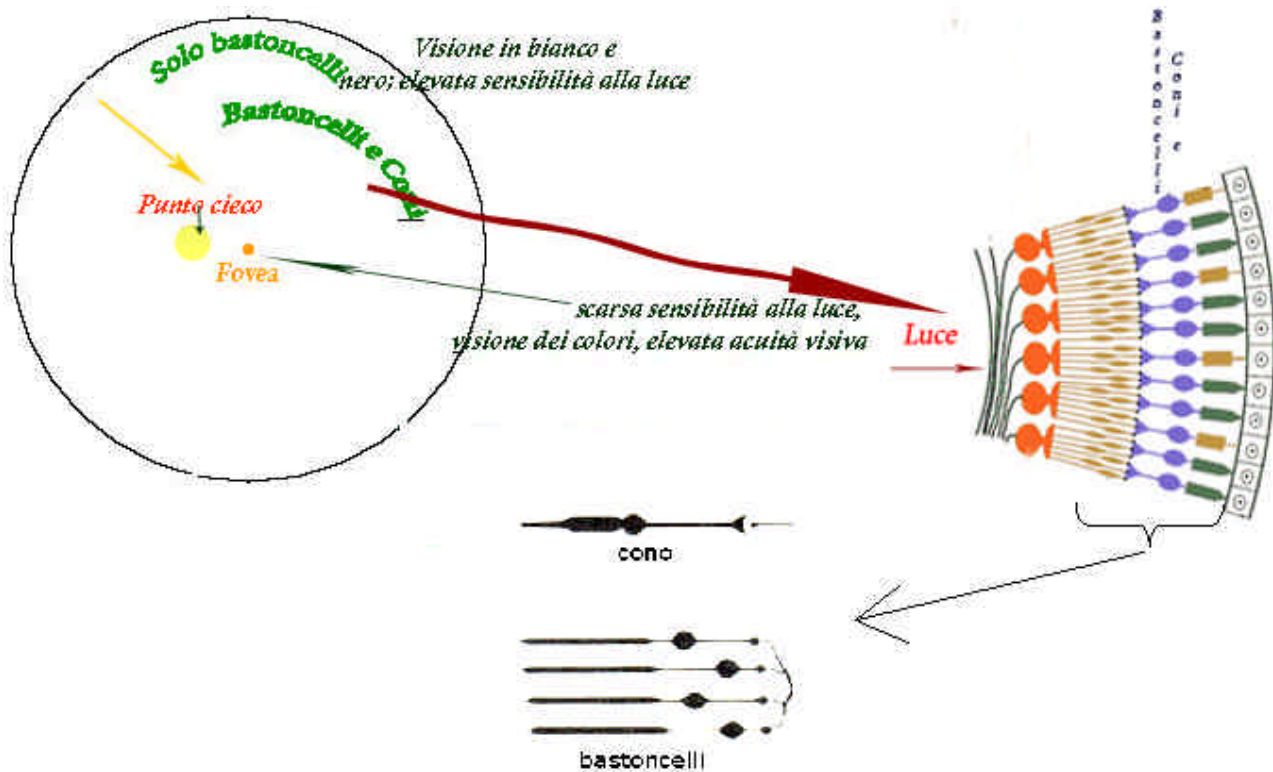
Questo meccanismo è chiamato *accomodazione*.



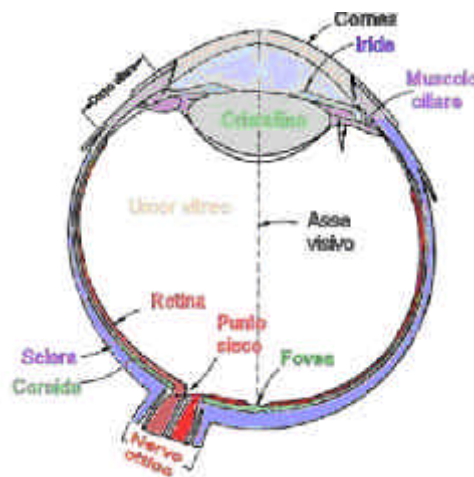
Nella parte più interna del bulbo oculare è situata la **retina**, una membrana molto sottile (circa 5cm x 5cm), molto sensibile, che è l'elemento base su cui si fonda la visione: infatti la luce proveniente da un oggetto, messa a fuoco dal cristallino, forma una immagine sulla retina, ove sono posizionati migliaia di recettori visivi; questi si dividono in due classi: **coni** e **bastoncelli**.

I coni, in numero di 6 o 7 milioni, sono principalmente addensati nella porzione centrale della retina, la **fovea**, e sono fortemente sensibili ai colori: la visione dei coni è detta **fotopica** perché funzionano in luce diurna.

I bastoncelli in numero molto maggiore rispetto ai coni (vanno dai 75 ai 150 milioni), ma ciò implica che molti di questi ricettori sono costretti a collegarsi al medesimo nervo, per cui viene ridotta la capacità di discernere i dettagli. I bastoncelli non vedono i colori ma sono sensibili ad una bassa intensità luminosa, per cui in questo caso si parla di visione **scotopica**.



Il diverso funzionamento di coni e bastoncelli si traduce in una capacità visiva molto flessibile: tramite i primi siamo infatti capaci di poter distinguere bene i dettagli di un oggetto bene illuminato; tramite i secondi, invece, siamo ancora in grado di distinguere vari oggetti a luminosità molto scarse, senza però riuscire a discernere dettagli e colori: ecco allora spiegato il motivo per cui un oggetto che ci appare di un colore acceso alla luce del giorno, di notte ci appare privo di colore.



L'interno del globo oculare è riempito di liquidi trasparenti, indispensabili alla trasmissione nitida delle immagini e a mantenere la forma del globo oculare: fra il cristallino e la cornea si trova l'**umor acqueo**, il liquido contenuto nella camera anteriore dell'occhio, fra cornea, iride e cristallino. Ha il compito di mantenere la tensione interna dell'occhio entro determinati valori; tra la retina e il cristallino si trova l'**umor vitreo**, composto da una sostanza gelatinosa trasparente che riempie il bulbo oculare; ha la funzione di mantenere la retina aderente all'epitelio pigmentato. Il bulbo oculare può muoversi nella cavità oculare grazie alla presenza di muscoli motori. In prima approssimazione l'occhio funziona come una macchina fotografica (o meglio, è la macchina fotografica che funziona come l'occhio): il cristallino è paragonabile all'obiettivo, l'iride e

la pupilla al diaframma (che si può aprire e chiudere), la coroide alle pareti dell'apparecchio (nere perché in tal modo evitano la formazione di riflessi) e la retina alla pellicola sensibile.

La luce proveniente dagli oggetti esterni attraversa la cornea, i diversi liquidi e il cristallino e giunge sulla retina (nella parte posteriore del bulbo oculare), dove forma una immagine rimpicciolita e capovolta degli oggetti stessi.

L'immagine che si forma sulla retina viene raccolta dai recettori, coni e bastoncelli, che trasformano gli stimoli luminosi in impulsi nervosi i quali, attraverso altre cellule nervose della retina (orizzontali, bipolari, gangliari e amacrine) subiscono una prima elaborazione e successivamente tramite il nervo ottico, giungono al cervello che ha il compito di interpretare i segnali che riceve.

Riassumiamo le parti fondamentali:

L'apertura da dove entra la luce si chiama pupilla.

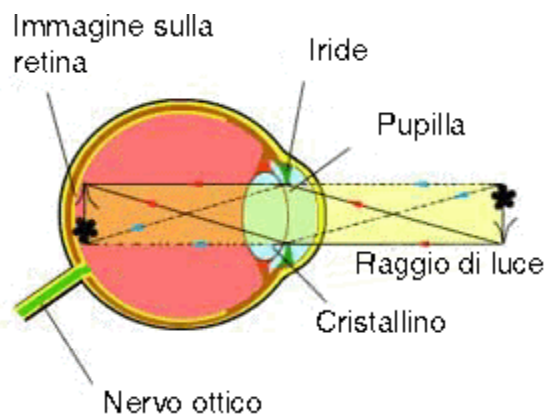
Le sue dimensioni vengono regolate dall'iride che quindi controlla la quantità di luce che entra nell'occhio.

La luce poi passa dal cristallino che è una lente a fuoco variabile che serve a mettere a fuoco l'immagine che infine viene proiettata sulla retina.

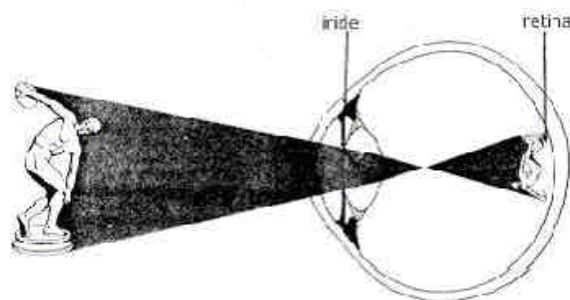
Ogni retina è composta da 7 milioni di coni che rilevano i colori e 12 milioni di bastoncelli che rilevano le forme chiare e scure così come i movimenti.

L'immagine che viene proiettata sulla retina è capovolta rispetto a ciò che sta davanti ai nostri occhi.

Questa immagine viene convertita dalla retina in impulsi sensoriali ed inviati al cervello tramite il nervo ottico.



Quindi: la nostra lente è il cristallino, la retina è lo schermo che raccoglie le immagini. Le immagini arrivano quindi alla retina "capovolte" (come visto in laboratorio).



I due occhi, essendo posti frontalmente, vedono contemporaneamente lo stesso oggetto da due angolazioni diverse, percepiscono cioè due immagini lievemente diverse.

Le due immagini, elaborate dal cervello, forniscono la visione tridimensionale degli oggetti, cioè il rilievo e la profondità di campo.

Anche se gli occhi sono uguali ognuno di noi ne ha uno che il cervello privilegia nel processare le informazioni; questo viene chiamato occhio dominante.

Per scoprirlo eseguiamo un semplice esperimento:

Unisci il pollice e l'indice di una mano a formare un anello e posizionandoli a circa 30 cm dal naso prova a mirare ad un oggetto distante guardandolo attraverso le due dita con entrambi gli occhi aperti.

Chiudendo poi alternativamente gli occhi noterai che quando ne chiudi uno in particolare l'oggetto sarà perfettamente visibile tra le due dita mentre chiudendo l'altro l'oggetto risulterà spostato a destra o a sinistra.

Bene l'occhio che hai chiuso quando l'oggetto non è visibile tra le dita è il tuo occhio dominante!

Gli scienziati che usano il telescopio o il microscopio solitamente preferiscono usare il loro occhio dominante e lo stesso capita per chi mira con una pistola o col fucile!

Si è detto che il cristallino ha la capacità di variare la propria forma (varia la distanza focale!); è questa una proprietà importante perché permette all'occhio di avere una visione sempre nitida, sempre "a fuoco", degli oggetti anche se sono posti a distanze diverse.

Questa possibilità non è tuttavia illimitata: l'uomo non può infatti mettere a fuoco oggetti più vicini di circa 20 cm in media (considerando un soggetto "senza problemi"...))

La variazione della curvatura del cristallino, il processo di *accomodazione dell'occhio*, avviene automaticamente e con estrema velocità. Se proviamo a passare con lo sguardo da un oggetto vicino a uno lontano ci accorgiamo infatti che la visione non diviene mai sfuocata, neppure per un breve istante: segno di un accomodamento veloce ed automatico.

La difficoltà di mettere a fuoco correttamente le immagini sulla retina può essere causa delle malattie dell'occhio.

Facciamo qui una breve descrizione delle principali, a cui i ragazzi possono essere interessati perché "vissute in prima persona".

I principali difetti della vista

I difetti della vista sono di vario tipo, alcuni legati al malfunzionamento del cristallino, o a sue deformazioni, altri legati all'età, altri ancora di tipo ereditario.



Miopia

È l'incapacità di mettere a fuoco gli oggetti lontani.

La miopia è un difetto di vista che si verifica quando il sistema di lenti (cornea, cristallino, acqua, ..) è troppo convergente o l'occhio è più lungo del normale.

In questo tipo di difetto di vista il sistema di lenti dell'occhio mette a fuoco le immagini davanti alla retina.



Qualunque sia la causa, l'effetto è sempre lo stesso: i raggi luminosi che provengono da lontano sono a fuoco in un punto davanti alla retina, cosicché su questa si forma una immagine sfuocata. Per questo motivo le lenti correttive utilizzate dai miopi sono divergenti.

Sia l'allungamento del bulbo che una particolare instabilità del vitreo sono il motivo per cui nelle persone miopi sono spesso presenti delle degenerazioni della retina periferica che possono elevare il rischio di avere un distacco di retina. Per questo motivo è bene che le persone miopi si sottopongano a controlli periodici del fondo dell'occhio dal proprio oculista: controllare che gli occhiali siano corretti non basta!

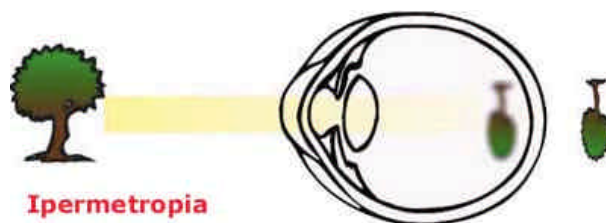
Ipermetropia

È il difetto opposto alla miopia: gli ipermetropi, infatti, non vedono chiaramente gli oggetti vicini.

L'ipermetropia è un difetto di vista che si verifica quando l'occhio è più corto del normale, o il sistema di lenti è poco convergente.

Generalmente l'ipermetropia è causata da un eccessivo schiacciamento del globo oculare: le immagini degli oggetti vicini sono a fuoco dietro la retina, mentre su questa si formano immagini dai contorni confusi.

Tutti i bambini hanno una lieve ipermetropia durante i primi anni di vita, ma questa condizione, in genere, si risolve spontaneamente con la crescita quando l'occhio aumenta le sue dimensioni.



Per vedere a fuoco gli ipermetropi devono spostare più avanti punto dove si formano le immagini grazie all'azione di [lenti](#) convergenti che fanno convergere i raggi luminosi sulla retina.

Con un minimo sforzo chi è ipermetrope può sfruttare la capacità di [accomodazione](#) del cristallino e così vedere nitido sia da lontano che da vicino. Purtroppo questo sforzo anche se minimo è molto faticoso quando viene protratto nel tempo: spesso gli ipermetropi non si lamentano di vedere male da lontano ma accusano fatica quando studiano. Spesso il bambino ipermetrope ha difficoltà a mantenere a lungo l'attenzione visiva a scuola e può sembrare disattento: si tratta invece dell'inconsapevole necessità di interrompere questo sforzo visivo e di lasciar riposare l'occhio. Molto frequentemente, inoltre, a tale sforzo accomodativo consegue la comparsa di mal di testa. Nei casi di ipermetropia più elevata lo sforzo per vedere bene si può accompagnare a strabismo.

Proprio perché il bambino ha la capacità di compensare il proprio difetto visivo, a scapito però di un notevole sforzo, è importante far controllare il bambino da un oculista ai primi anni di scuola. L'ipermetropia infatti può essere facilmente corretta con l'uso di occhiali che riducono la necessità di accomodazione.

Quando l'ipermetropia è molto lieve può passare inosservata fino a quando la capacità di accomodazione si riduce per l'arrivo della [presbiopia](#).

Presbiopia

Ha effetti simili all'ipermetropia e determina l'incapacità di distinguere con chiarezza gli oggetti vicini.

La presbiopia è un difetto che l'occhio acquisisce con il passare degli anni: il cristallino diventa sempre meno elastico e fa sempre più fatica a curvarsi per consentire la messa a fuoco degli oggetti vicini che, di conseguenza, risultano sfuocati.

Quando arriva la presbiopia il miope ha un piccolo vantaggio. Mentre tutti sono costretti ad utilizzare un paio di occhiali diversi per vicino, il miope riesce a vedere da vicino anche senza gli occhiali. Questo succede perché la miopia si corregge con lenti divergenti e la presbiopia con lenti convergenti. Per vicino convergenti e divergenti si annulleranno a vicenda e il risultato sarà la visione per vicino senza occhiali. Purtroppo al miope da lontano gli occhiali servono sempre...

Astigmatismo

È un difetto della vista abbastanza frequente che comporta la visione più o meno deformata sia degli oggetti vicini sia degli oggetti lontani che si verifica quando la cornea ha una curvatura non regolare.

L'occhio ha una forma tondeggiante, quasi sferica: se qualcuno dei suoi elementi non è perfettamente rotondeggiante, cioè è asimmetrico, non è possibile mettere a fuoco le immagini in modo corretto e si presenta l'astigmatismo.

Negli altri difetti di refrazione un oggetto semplice, come un puntino luminoso, viene visto male però mantiene la forma di un puntino sfocato. Nell'astigmatismo a causa della non rotondità del diottero non si riesce ad identificare più la forma del puntino stesso.

Astigmatismo è infatti una parola che viene dal greco antico e significa "visione senza punto".

La causa è in genere legata ad una anormale curvatura della cornea o del cristallino.

Altri difetti

I difetti della vista presi in esame fino ad ora sono tutti legati al cattivo funzionamento del sistema di lenti dell'occhio.

Queste anomalie quindi possono essere facilmente corrette portando occhiali adatti.

Altri difetti hanno una origine del tutto differente. Uno di questi è lo *strabismo*. I muscoli che permettono il movimento dei globi oculari agiscono in perfetta sincronia in modo che ambedue gli occhi possano sempre guardare nella stessa direzione. Se per qualche motivo questi muscoli (generalmente quelli di uno solo dei due occhi) non funzionano come dovrebbero, accade che un occhio guardi in una direzione e il secondo in un'altra: una persona che presenti questo difetto si dice per l'appunto, strabica.

Un difetto della vista ereditario è il *daltonismo*, cioè l'incapacità di distinguere alcuni colori, per esempio il rosso dal verde.

La più frequente alterazione del cristallino è la *cataratta*, una condizione causata dalla perdita della sua normale trasparenza.

La cataratta può presentarsi sia alla nascita, e in questo caso si definisce congenita, che, molto più frequentemente nell'anziano ed in tal caso è chiamata senile. E' molto importante individuare precocemente una cataratta congenita per poter intervenire chirurgicamente il più presto possibile aumentando così le possibilità di un buon sviluppo della visione.

Il *glaucoma* è invece causato dalla pressione idrostatica troppo alta, che preme sui recettori fino a danneggiarli (provocando a volte anche la cecità).

