

## **LUCE - UN PERCORSO PER CAPIRE**

(da Facciamo un esperimento, CUEN , 1990 - M. Gagliardi, P. Guidoni, F. Volpe "*Capire si può*")

INTRODUZIONE *La luce, gli oggetti, l'occhio*

Esperienza 1L *Trasparente/opaco*

COMMENTO INTRODUTTIVO ALLE ESPERIENZE 2L, 3L, 4L *La luce e i colori*

Esperienza 2L *Il colore delle cose*

Esperienza 3L *Il colore della luce*

Esperienza 4L *Il colore nella luce*

COMMENTO CONCLUSIVO ALLE ESPERIENZE 2L, 3L, 4L *La spiegazione dei colori e l'interpretazione dei fatti*

Esperienza 5L *Spazi d'ombra e figure d'ombra*

Esperienza 6L *Che forma avrà l'ombra?*

Esperienza 7L *Quante ombre per un quadrato!*

Esperienza 8L *Vedere attraverso/vedere riflesso*

Esperienza 9L *Gli scherzi dell'acqua*

COMMENTO INTRODUTTIVO ALLE ESPERIENZE 10L, 11L *La costruzione di un modello*

Esperienza 10L *Riflessione, Diffusione, Trasmissione, Assorbimento*

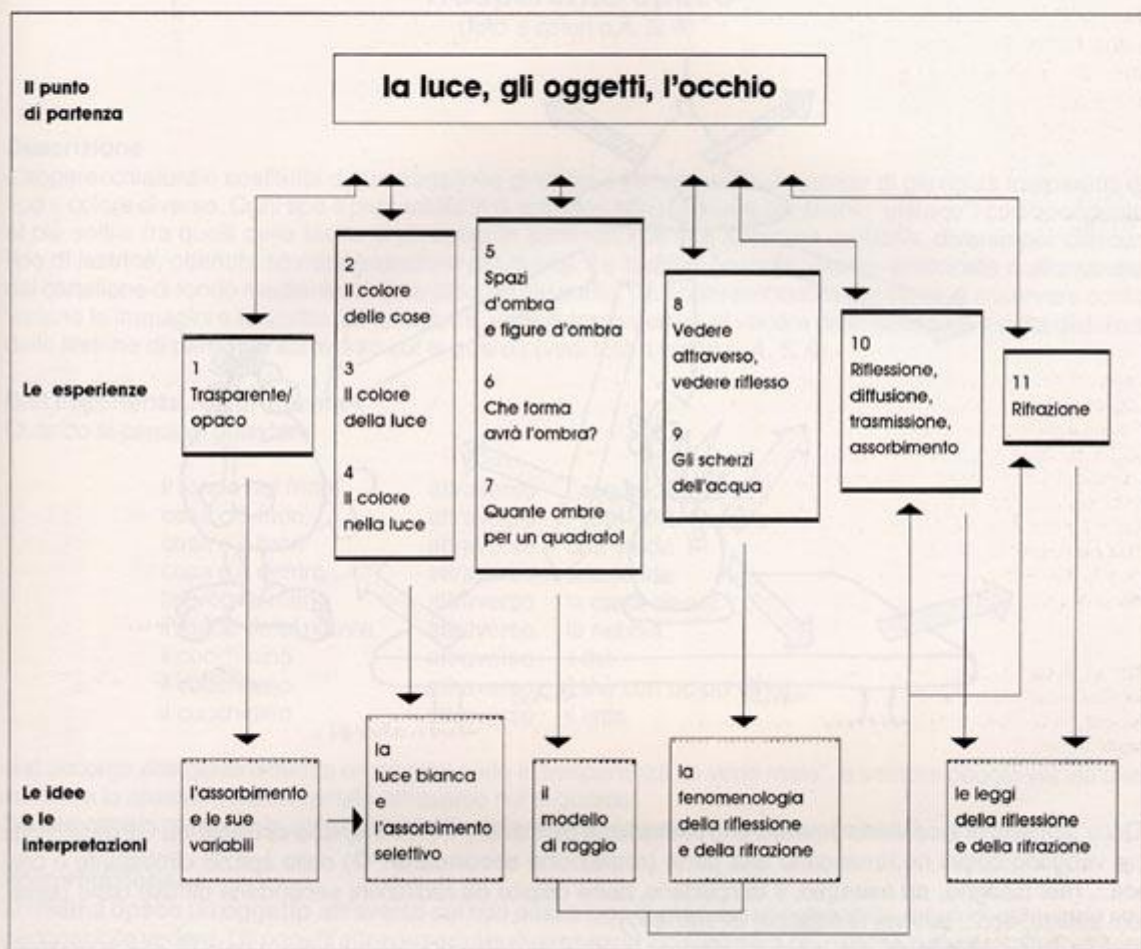
Esperienza 11L *Rifrazione*

LA LUCE, L'OCCHIO, L'IDEA

## LO SCHEMA DEL PERCORSO DELLA MOSTRA

Facciamo un Esperimento 43

### LUCE - UN PERCORSO PER CAPIRE



## La luce, gli oggetti, l'occhio



Dalle sorgenti di luce viene emessa una radiazione primaria nello spazio circostante. Gli oggetti che ne vengono colpiti ne rimandano una parte (radiazione secondaria) nello spazio circostante e così via... (nel disegno, ad esempio, il lampadario viene colpito da radiazioni secondarie diffuse dalle pareti, dal soffitto, ecc... e rinvia radiazioni terziarie). Noi vediamo gli oggetti dai cui punti partono radiazioni (primarie, secondarie, terziarie che siano) che arrivano al nostro occhio. Le esperienze che seguono guidano il visitatore in un percorso di scoperta della spiegazione scientifica di "quello che si vede" (trasparenza e opacità; colori; ombre; immagini riflesse e rifratte) attraverso la costruzione di "modelli" per l'interazione fra la luce e gli oggetti (ottica geometrica; composizione della luce; assorbimento, trasmissione e diffusione, selettivi e non selettivi).

[torna a "Luce - Un percorso per capire"](#)

## Trasparente/opaco



foto a colori n.4, 5, 6

### **Descrizione**

L'apparecchiatura è costituita da un cartellone di fondo e da una serie di lastre di plexiglas trasparenti di tipo e colore diverso. Ogni tipo è presentato in due diversi spessori: uno spessore ("unitario") corrispondente al più sottile fra quelli delle lastre di plexiglas in commercio e uno spessore variabile, diverso per ciascun tipo di lastre, ottenuto sovrapponendone più di una. Le lastre possono essere avvicinate o allontanate dal cartellone di fondo mediante un'asta (tipo "calcio balilla"). L'apparecchiatura consente di osservare come variano le immagini e le scritte del cartellone, viste in trasparenza, al variare dello spessore e della distanza delle lastre di plexiglas attraverso cui si guarda (vedi foto a colori n. 4, 5, 6).

### **Dall'esperienza..al problema**

Quando si cerca di guardare:

il fondo del mare attraverso l'acqua del mare  
cosa c'è fuori attraverso i vetri della finestra  
cosa c'è fuori attraverso una tenda  
cosa c'è dentro attraverso una tenda  
la propria mano attraverso la carta oleata  
il fondo della piazza attraverso la nebbia  
il cucchiaino attraverso il thè

il cucchiaino attraverso il thè con un po' di latte  
il cucchiaino attraverso il latte

ci si accorge che generalmente un oggetto visto in trasparenza "si vede male", e sempre peggio via via che aumenta lo spessore del materiale attraverso cui si guarda. Da che cosa dipende se e come si riesce a vedere qualcosa attraverso qualcos'altro?

### **Interpretazione**

Si chiama **opaco** un oggetto attraverso cui non passa luce in maniera apprezzabile, e quindi attraverso cui è impossibile vedere. Gli oggetti attraverso cui può passare la luce (**oggetti** più o meno **trasparenti**) possono avere due tipi di comportamento: quelli trasparenti **diafani** ("limpidi") permettono di vedere nitidamente attraverso di essi, indipendentemente dalla distanza a cui sono posti da ciò che si sta guardando, guardando invece attraverso quelli trasparenti **traslucidi** ("torbidi") la visione è tanto meno nitida quanto più lontano da essi è l'oggetto che si sta osservando. La trasparenza è diafana o traslucida a seconda delle caratteristiche strutturali del materiale e della lavorazione delle superfici (sono diafane le lastre incolori e colorate a superfici lisce; sono traslucide sia quelle color bianco-latte a superfici lisce che quelle incolori a superficie ruvida).

**Qualunque materiale assorbe** una parte della luce che lo attraversa, e la frazione di luce assorbita dipende da tipo e spessore del materiale (come è evidenziato dal confronto fra le diverse lastre). In particolare per spessori sufficientemente piccoli qualunque materiale è trasparente, mentre per spessori sufficientemente grandi qualunque materiale diviene opaco. La visibilità complessiva attraverso un particolare oggetto trasparente dipende in definitiva dalla sovrapposizione in esso dei vari effetti (maggiore o minore assorbimento, che può essere selettivo per il colore; maggiore o minore limpidezza "strutturale"; stato delle superfici ecc...). N.B. Per diversi aspetti di questa esperienza che qui non vengono presi in considerazione, e i relativi approfondimenti, cfr. le esperienze successive.

[torna a "Luce - Un percorso per capire"](#)

# La luce e i colori

Commento introduttivo alle esperienze 2L - 3L - 4L

Le tre unità espositive che seguono (il colore delle cose, il colore della luce, il colore nella luce) si riferiscono alla percezione visiva dei colori, e al problema di trovare un modello per il comportamento della luce che possa darne ragione. Le esperienze aiutano a individuare alcune "regole" per tre diversi tipi di situazioni di interazione fra oggetti colorati, luce ed occhio (Queste regole sono enunciate nelle schede relative ad ognuna delle tre esperienze. L'interpretazione dei tre tipi di fenomeni esaminati sulla base di un modello unitario è invece rimandata a un apposito commento conclusivo (*La spiegazione dei colori e l'interpretazione dei fatti*)).

## ESPERIENZA 2L

### Il colore delle cose

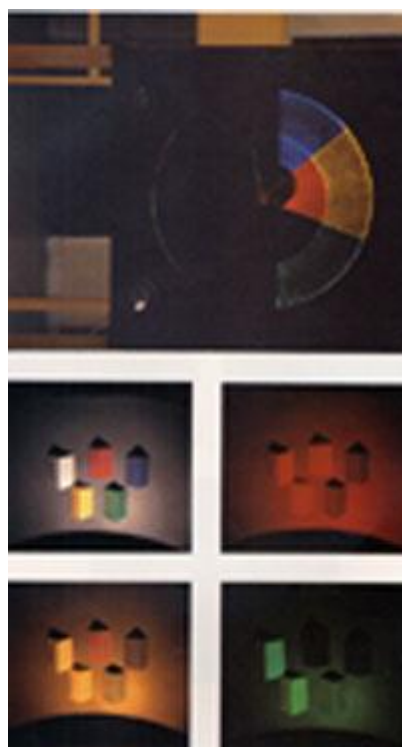


foto a colori n.7, 8, 9,10,11

### Descrizione

L'apparecchiatura è costituita da un grande parallelepipedo che contiene degli oggetti colorati (rosso, verde, blu, giallo, bianco, nero). Sulla parete anteriore del parallelepipedo è praticata una finestra circolare chiusa da due cerchi concentrici mobili di diametro diverso. Ogni cerchio è composto da un supporto di plexiglas trasparente su cui sono incollati 6 spicchi di plexiglas trasparente di colori diversi (rosso, giallo, blu, verde, grigio e incolore). Si osserva come variano i colori apparenti degli oggetti quando li si guarda attraverso uno o due spicchi trasparenti colorati (si

possono ottenere tutte le combinazioni possibili dei colori presenti facendo ruotare i cerchi mediante le apposite maniglie). Le foto a colori n.7, 8, 9, 10, 11, riportano rispettivamente l'intera apparecchiatura, vista dall'esterno, e gli oggetti interni fotografati attraverso lo spicchio di plexiglas trasparente incolore, lo spicchio rosso, quello giallo e quello verde.

### **Dall'esperienza..al problema**

Quando si guardano i colori del paesaggio..

attraverso gli occhiali da sole  
attraverso una tenda colorata  
ad occhio nudo  
attraverso la nebbia

ci si accorge che generalmente i colori appaiono diversi.  
Come variano?

### **Cosa si può osservare**

Un'osservazione attenta dei colori degli oggetti quando sono visti attraverso uno o due spicchi dei cerchi mobili, al variare del colore di questi ultimi, permette di trovare alcune regole:

- 1) attraverso qualsiasi lastrina o combinazione di lastre l'oggetto nero si vede sempre nero;
- 2) ciascun oggetto (eccezion fatta per quello bianco e quello giallo) si vede praticamente nero se osservato attraverso una lastrina di colore diverso (a meno che non sia grigia o gialla);
- 3) il colore di ciascun oggetto praticamente non cambia se è osservato attraverso una o due lastre trasparenti del suo stesso colore (oggetto rosso attraverso il rosso... oggetto blu attraverso il blu...);
- 4) attraverso le lastre trasparenti incolore e grigia si riesce a riconoscere il colore di ognuno degli oggetti, anche se attraverso la lastrina grigia essi appaiono attenuati (il bianco "attenuato" diventa grigio...);
- 5) guardati attraverso le lastre gialle, gli oggetti verde e rosso subiscono solo una lieve variazione della tonalità di colore, mentre l'oggetto blu appare nero;
- 6) se si osserva il colore di un oggetto attraverso la combinazione di due lastre, la variazione osservata non dipende dal loro ordine.

### **Interpretazione**

Vedi il commento conclusivo alle esperienze 2L, 3L, 4L  
(*La spiegazione dei colori l'interpretazione dei fatti*).

[torna a "Luce - Un percorso per capire"](#)

## Il colore della luce

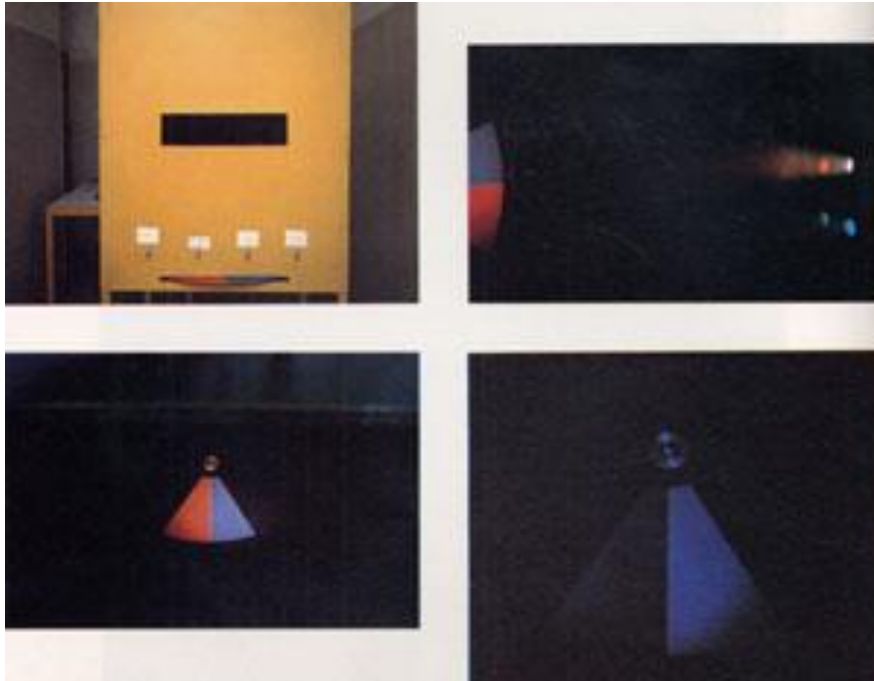


foto a colori n.12, 13,14,15

### Descrizione

L'apparecchiatura è costituita da un cerchio mobile orizzontale diviso in sei settori circolari di colore rispettivamente bianco, nero, rosso, blu, giallo, verde. Il cerchio è alloggiato sul fondo di un grande parallelepipedo ed è schermato da una copertura che permette la visione (attraverso un'apertura praticata nella faccia anteriore del parallelepipedo) di uno od al più due settori contigui alla volta. All'interno della faccia superiore del parallelepipedo sono fissati quattro riflettori che puntano sul fondo. In tre di essi le lampade sono schermate da filtri dei colori rosso, blu, verde. È possibile, a scelta del visitatore, accendere uno o più riflettori e vedere come cambiano i colori degli spicchi che si stanno osservando. Le foto a colori n .12,13,14,15 illustrano rispettivamente l'esterno dell'apparecchiatura; il suo interno con i quattro settori colorati visibili attraverso la copertura che costituisce il "pavimento"; i settori colorati rosso e blu come appaiono illuminati dal riflettore a luce bianca; gli stessi due settori come appaiono illuminati dal riflettore schermato con il filtro blu.

### Dall'esperienza... al problema

Quando si guarda una stoffa colorata...

- alla luce del sole - in una galleria con le lampade "gialle" (al sodio)
- nei grandi magazzini con le luci al neon
- in una discoteca a luci "psichedeliche"

Quando si guarda il paesaggio...

- in pieno sole
- con tempo nuvoloso
- in un tramonto "rosato"
- quando si fa buio

Ci si accorge che i colori cambiano: come cambiano?



## Cosa si può osservare

Si possono osservare gli spicchi colorati illuminati dalla luce bianca, oppure dalle lampade colorate, una, due, tre alla volta. Procedendo ordinatamente, è possibile trovare alcune regole:

- lo spicchio nero appare sempre nero, in qualsiasi modo lo si illumini;
- lo spicchio bianco, illuminato da una sola lampada, appare del colore della lampada;
- ciascuno spicchio "rimane" del suo colore se è illuminato dalla lampada bianca, dalla lampada del suo stesso colore o dalle tre lampade colorate assieme;
- escluso il nero, ciascuno spicchio "cambia" colore, apparendo praticamente nero, se è illuminato da una lampada di colore diverso dal suo;
- sovrapporre una o più luci colorate alla bianca provoca solo lievi cambiamenti nelle tonalità di colore.

## Interpretazione

Vedi il commento conclusivo alle esperienze 2L, 3L, 4L  
(*La spiegazione dei colori e l'interpretazione dei fatti*).

[torna a "Luce - Un percorso per capire"](#)

## Il colore nella luce

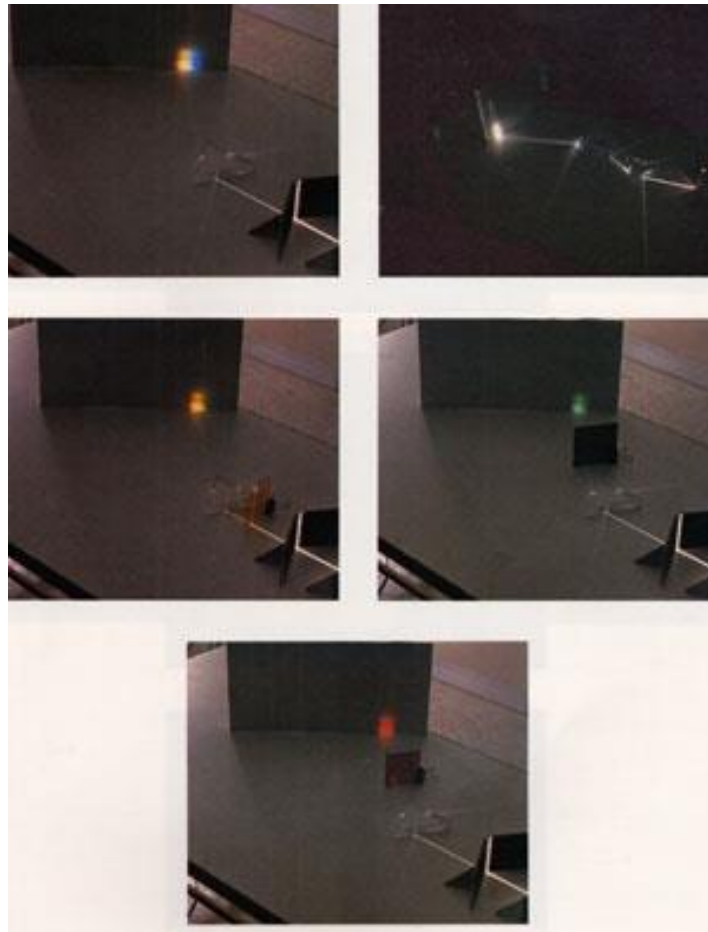


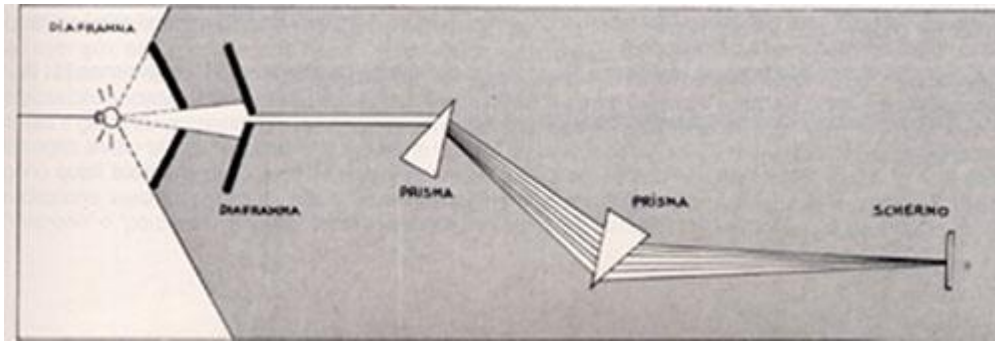
foto a colori n.16, 17,18, 19, 20

### Descrizione

L'apparecchiatura è costituita da:

- una sorgente di luce il più possibile puntiforme o monodimensionale (cioè col filamento di dimensioni più piccole possibili, oppure a forma di segmento retto);
- uno o due diaframmi per limitare il fascio luminoso [costituiti da lastre opache a bordi netti da accostare in verticale fino a definire una sottile fenditura (cfr. figura)];
- due prismi isosceli, con angolo al vertice diverso, di plexiglas o di vetro;
- una serie di lastre di plexiglas colorato trasparenti;
- un cartoncino bianco applicato su un supporto mobile di sostegno.

Lampada, diaframmi e prismi sono appoggiati su un piano di lavoro ricoperto da un fondo bianco diffondente; lampada e diaframmi sono fissi mentre i prismi possono essere spostati. Sul fondo sono disegnate due posizioni per i prismi in corrispondenza alle quali si osservano in condizioni ottimali (vedi foto n.16 e 17) la scomposizione e la ricomposizione della luce bianca della lampadina. Il fondo bianco diffondente consente di osservare una sezione orizzontale del fascio luminoso (praticamente un "raggio") lungo tutto il percorso della luce, mentre il cartoncino montato sul supporto mobile consente di osservare sezioni verticali in qualunque posizione lungo il percorso. Si può osservare l'effetto sulla luce delle varie lastre di plexiglas interponendole sul cammino del fascio luminoso (prima, tra l'uno e l'altro, o dopo i due prismi).



### Dall'esperienza...al problema

Da dove vengono i colori, a volte cangianti, che si vedono...

- nell'arcobaleno
- nei cristalli dei lampadari
- nelle gocce di rugiada
- nel bordo molato di uno specchio
- nelle conchiglie di madreperla
- nelle macchie di benzina sull'asfalto
- nelle penne di pavone
- nella luce di una candela guardata con gli occhi socchiusi
- nella luce che attraversa un acquario...?

### Che cosa si può osservare

Il sottile pennello di luce proveniente dalla lampadina schermata appare, dopo aver attraversato il prisma, come un ventaglio di colori ("i colori dell'arcobaleno"; vedi foto a colori n18). Disponendo opportunamente sul cammino del fascetto "colorato" il secondo prisma (vedi foto a colori n19) si riottiene luce "bianca". Interponendo una lastrina verde, blu o rossa sul cammino del fascio luminoso, in qualunque posizione rispetto ai due prismi ed alla sorgente, si può notare che la luce trasmessa contiene solo radiazioni del colore della lastrina. Sovrapponendo in qualsiasi ordine due lastrine scelte tra queste tre, non passa più luce. Con la lastrina grigia vengono trasmesse, anche se abbastanza attenuate, tutte le radiazioni con quella gialla l'unica radiazione che non viene trasmessa è quella blu (vedi foto a colori n20).

### Interpretazione

**La dispersione** (scomposizione nei colori dell'arcobaleno) della luce bianca è una conseguenza del fatto che la luce che i nostri occhi percepiscono come "bianca" è in realtà una mescolanza (sovrapposizione) di radiazioni (**spettro della sorgente luminosa**): queste, percepite separatamente, appaiono colorate dei colori dell'arcobaleno (**radiazioni monocromatiche**). Le diverse radiazioni monocromatiche subiscono deviazioni di entità diverse sulla superficie di passaggio da un mezzo ottico ad un altro (vedi esperienza 11 L sulla rifrazione). La diversa angolatura delle due facce del prisma rispetto ai raggi luminosi incidenti fa sì che le deviazioni dovute alle rifrazioni che avvengono su di esse si rinforzino mutuamente dando luogo ad una notevole dispersione del fascio luminoso uscente. Con un blocco a due facce piane e parallele, invece, (vedi esperienza 11 L), la dispersione dei raggi rifratti dalla prima faccia è compensata da una ricombinazione effetto della rifrazione sulla seconda faccia e pertanto il raggio uscente non presenta dispersione. La scomposizione della luce bianca in componenti cromatiche separate si può verificare per motivi molto diversi: ci sono fenomeni di **dispersione** (come nel prisma, nell'arcobaleno, nei cristalli e nelle gocce), **interferenza** (come nelle macchie di benzina sull'acqua), **diffrazione** (come quando si guarda fra le ciglia). Interferenza e diffrazione sono fenomeni complessi, che nascono dalla sovrapposizione, in condizioni particolari, di fasci luminosi diversi (dei fenomeni ricordati all'inizio

della scheda tutti, tranne i primi quattro, sono dovuti ad interferenza o diffrazione).

N.B. Per altri aspetti interpretativi vedi anche il successivo commento conclusivo alle tre esperienze 2L, 3L, 4L.

*(La spiegazione dei colori e l'interpretazione dei fatti).*

La spiegazione dei colori e l'interpretazione dei fatti  
Commento conclusivo alle esperienze 2L - 3L - 4L  
Un oggetto illuminato da luce bianca appare colorato se riinvia nello spazio circostante (per diffusione, riflessione o trasmissione) solo alcune delle radiazioni monocromatiche che lo colpiscono: il colore che noi vediamo dipende da come la vista umana percepisce le diverse possibili sovrapposizioni di radiazioni monocromatiche. Se l'oggetto assorbe praticamente tutte le radiazioni luminose che lo colpiscono, esso appare nero. Il "nero" è perciò assenza totale di luce, e quindi di colore: di notte tutto è nero. Illuminare con luce bianca equivale ad illuminare con una sovrapposizione di "luci" colorate, che contengono in proporzione più o meno definita tutte le radiazioni presenti nei colori dell'arcobaleno: un oggetto bianco (o grigio) è perciò un oggetto che diffonde (con maggiore o minore intensità) tutte le radiazioni che lo colpiscono, senza selezionarle. Con questo modello possiamo interpretare le situazioni delle esperienze precedenti. Per esempio: - qualunque fondo appare sempre del colore con cui lo si osserva direttamente in luce bianca solo se è guardato attraverso lastre che siano del suo stesso colore, incolore, oppure grigie. Ciò avviene perché le lastre incolore e grigie permettono il passaggio di radiazioni monocromatiche di qualunque colore in proporzione uniforme, mentre la lastra che ha lo stesso colore del fondo permette proprio il passaggio delle stesse radiazioni che sono diffuse dal fondo; - sovrapponendo due lastre di colore diverso può accadere di vedere tutto "praticamente nero": ciò avviene quando ognuna delle due assorbe tutte le radiazioni che sono trasmesse dall'altra. (È quello che succede, ad esempio, sovrapponendo la lastra verde alla lastra rossa); - se le lastre sovrapposte lasciano passare entrambe la stessa radiazione monocromatica (o più d'una), è possibile vedere dei colori: per esempio, il fondo bianco appare rosso se guardato attraverso le lastre rossa e gialla sovrapposte, perché entrambe lasciano passare la radiazione rossa. Bisogna anche tenere presente che agli effetti fisici di trasmissione della luce finora discussi, si sovrappongono quelli biologici di percezione visiva del colore. Così il nostro occhio vede "verde" ("arancio") sia una radiazione verde (arancione), sia una sovrapposizione di radiazioni blu e gialle (gialle e rosse); vede marrone o porpora" sovrapposizioni in diverse percentuali di radiazioni blu e rosse; ... e così via.

[torna a "Luce - Un percorso per capire"](#)

## La spiegazione dei colori e l'interpretazione dei fatti

### Commento conclusivo alle esperienze 2L - 3L - 4L

Un oggetto illuminato da luce bianca appare colorato se riinvia nello spazio circostante (per diffusione, riflessione o trasmissione) solo alcune delle radiazioni monocromatiche che lo colpiscono: il colore che noi vediamo dipende da come la vista umana percepisce le diverse possibili sovrapposizioni di radiazioni monocromatiche. Se l'oggetto assorbe praticamente tutte le radiazioni luminose che lo colpiscono, esso appare nero. Il "nero" è perciò assenza totale di luce, e quindi di colore: di notte tutto è nero. Illuminare con luce bianca equivale ad illuminare con una sovrapposizione di "luci" colorate, che contengono in proporzione più o meno definita tutte le radiazioni presenti nei colori dell'arcobaleno: un oggetto bianco (o grigio) è perciò un oggetto che diffonde (con maggiore o minore intensità) tutte le radiazioni che lo colpiscono, senza selezionarle.

Con questo modello possiamo interpretare le situazioni delle esperienze precedenti.

Per esempio:

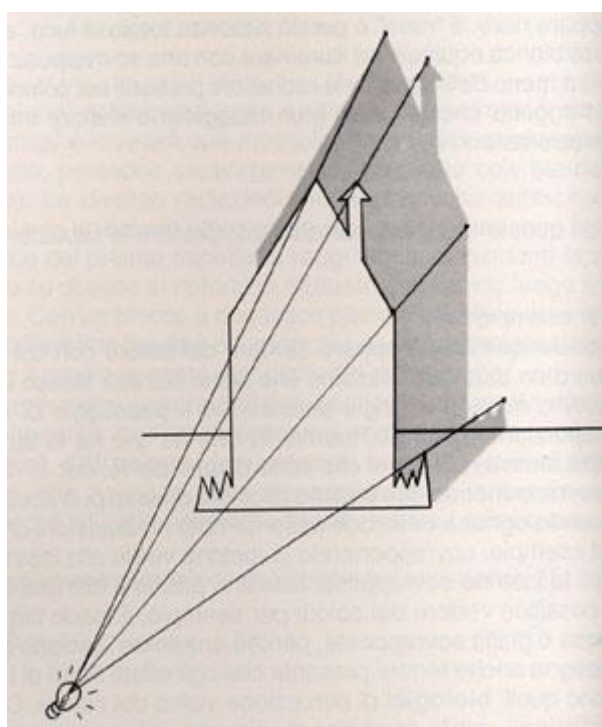
- qualunque fondo appare sempre del colore con cui lo si osserva direttamente in luce bianca solo se è guardato attraverso lastre che siano del suo stesso colore, incolori, oppure grigie. Ciò avviene perché le lastre incolori e grigie permettono il passaggio di radiazioni monocromatiche di qualunque colore in proporzione uniforme, mentre la lastra che ha lo stesso colore del fondo permette proprio il passaggio delle stesse radiazioni che sono diffuse dal fondo;
- sovrapponendo due lastre di colore diverso può accadere di vedere tutto "praticamente nero": ciò avviene quando ognuna delle due assorbe tutte le radiazioni che sono trasmesse dall'altra. (È quello che succede, ad esempio, sovrapponendo la lastra verde alla lastra rossa);
- se le lastre sovrapposte lasciano passare entrambe la stessa radiazione monocromatica (o più d'una), è possibile vedere dei colori: per esempio, il fondo bianco appare rosso se guardato attraverso le lastre rossa e gialla sovrapposte, perché entrambe lasciano passare la radiazione rossa. Bisogna anche tenere presente che agli effetti **fisici** di trasmissione della luce finora discussi, si sovrappongono quelli **biologici** di percezione visiva del colore. Così il nostro occhio vede "verde" ("arancio") sia una radiazione verde (arancione), sia una sovrapposizione di radiazioni blu e gialle (gialle e rosse); vede marrone o porpora" sovrapposizioni in diverse percentuali di radiazioni blu e rosse; ... e così via.

[torna a "Luce - Un percorso per capire"](#)

## Spazi d'ombra e figure d'ombra

### Descrizione

L'apparecchiatura, sistemata in una zona scarsamente illuminata da luce diffusa, è costituita da un faretto posto sul pavimento, che può illuminare una sagoma fissa in cui sono stati praticati dei fori di varie forme e dimensioni. Dietro la sagoma, rispetto al faretto, c'è una parete. Accendendo il faretto, l'ombra della sagoma si proietta sul pavimento e sulla parete. Dei fili ben tesi collegano ciascuno un punto caratteristico del contorno della sagoma e il corrispondente punto della figura d'ombra. La zona d'ombra fra sagoma e parete è accessibile al visitatore.



### Dall'esperienza..al problema

Quando fa caldo è piacevole stare all'ombra...

di un albero  
di un ombrellone  
di una tettoia  
di un palazzo

Fin da bambini ci siamo soffermati a guardare l'ombra...

di noi stessi sulla strada  
di un albero su un prato  
di un ombrellone sulla spiaggia  
di un lampione sulla piazza di una meridiana su un muro  
degli oggetti di una stanza illuminata da una lampada, sul pavimento, sulle pareti, sul soffitto

Che relazione c'è fra stare "all'ombra" e guardare "un'ombra"? Da che cosa dipende il contorno di una zona (spazio) d'ombra, o di una figura (superficie) d'ombra?

### **Che cosa si osserva**

Dietro la sagoma, vi è una zona di ombra (spazio d'ombra). È possibile identificarne i contorni camminando in questo spazio o muovendovi degli oggetti o un foglio di carta in modo che risulti parzialmente illuminato e parzialmente in ombra. Sulle pareti e sul pavimento dietro la sagoma si può osservare la sua figura d'ombra. In corrispondenza dei fori sulla sagoma l'ombra è interrotta da "occhielli" luminosi i cui contorni hanno forme che corrispondono a quelle dei fori. Guardando i fili tesi si può constatare l'allineamento fra la lampada, i punti caratteristici della sagoma e i corrispondenti punti della sua figura d'ombra.

### **Interpretazione**

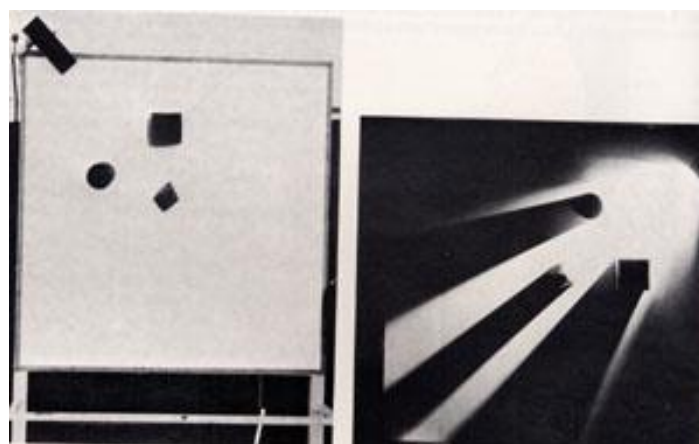
La sagoma impedisce il passaggio della luce proveniente dalla lampada, che è praticamente un "punto" luminoso. Al di là della sagoma si produce di conseguenza una zona d'ombra ("spazio" d'ombra), a contorni definiti. L'intersezione dello spazio d'ombra con le superfici del pavimento, delle pareti, degli oggetti, determina il formarsi di figure d'ombra bidimensionali anch'esse dai contorni definiti (tanto più nitidamente quanto più il filamento delle lampade può essere considerato "puntiforme", vedi esperienza 4L). I fili tesi suggeriscono un modello per la propagazione della luce: possiamo cioè immaginarla come composta da raggi che si "propagano" in linea retta a partire dalla sorgente (ogni filo teso corrisponde a un "raggio" di luce). È possibile immaginare di tendere moltissimi altri fili con lo stesso criterio, fino a delineare completamente i contorni dello spazio e delle figure d'ombra prodotti dalla sagoma. (Nella luce ci sono "infiniti" raggi).

[torna a "Luce - Un percorso per capire"](#)

## Che forma avrà l'ombra?

### Descrizione

L'apparecchiatura è posta in penombra. Essa è composta da un faretto, da una lavagna magnetica su cui è applicato un foglio bianco Velleda, da qualche pennarello, da alcuni oggetti di forma regolare e di altezza maggiore della lampadina, molto leggeri, e con piccoli magneti inseriti in superficie. Il faretto è fissato sulla lavagna, mentre gli oggetti si possono spostare su di essa. I visitatori possono giocare a prevedere quali saranno le ombre degli oggetti sulla lavagna prima di accendere la lampada, disegnandone i contorni con i pennarelli. Accendendo la luce è possibile fare il confronto fra le ombre previste e quelle che si vedono.



### Cosa si può osservare

Ricalcando con un pennarello i contorni effettivi delle ombre e prolungandoli verso la lampada si osserva che essi convergono sul filamento. È possibile seguire il procedimento inverso per prevedere correttamente la forma dell'ombra, tratteggiando il percorso dei "raggi" di luce che partono dal filamento e sono tangenti a bordi degli oggetti posti sulla lavagna).

### Interpretazione

Il modello di propagazione rettilinea della luce, suggerito dall'esperienza 5L, può essere utilizzato per compiere previsioni sulla forma dell'ombra di un qualunque oggetto, anche complesso, una volta fissata la posizione relativa sorgente/oggetto/schermo..

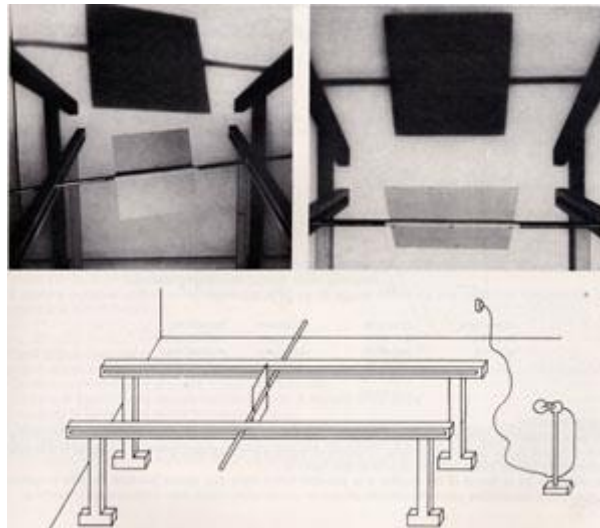
[torna a "Luce - Un percorso per capire"](#)



# Quante ombre per un quadrato!

## Descrizione

L'apparecchiatura è composta da un faretto; una sagoma quadrata fissata su un bastone che può scorrere e ruotare su due guide orizzontali fra loro parallele, fissate al pavimento mediante dei supporti (altezza di 80 cm); e uno schermo fisso verticale ricoperto di foglio bianco Velleda (150x150 cmq), su cui sono stati disegnati i contorni di alcune delle possibili figure d'ombra; qualche pennarello Velleda. Il visitatore può prevedere, osservare, ed eventualmente disegnare, le forme d'ombra proiettate sullo schermo dalla sagoma quadrata illuminata dalla lampadina, facendo variare la posizione della sagoma stessa.



## Dall'esperienza... al problema

la mia ombra...

a volte è molto più lunga di me  
a volte è molto più corta di me  
a volte è molto più larga di me  
a volte è molto più stretta di me  
a volte cambia mentre mi muovo...

Da che cosa dipendono le variazioni in forma e dimensioni dell'ombra?

## Che cosa si può osservare

Seguendo le indicazioni della figura, si possono far compiere alla lastrina tutti i possibili movimenti, osservando le corrispondenti variazioni della forma e delle dimensioni dell'ombra. Si possono trovare, in particolare, i movimenti che consentono di cambiare le dimensioni dell'ombra e non la sua forma, e quelli che ne fanno variare sia la forma che le dimensioni. (Per semplicità, si possono cominciare a trovare le posizioni della lastrina per cui l'ombra si sovrappone esattamente alle sagome disegnate sullo schermo). Si può osservare che tutte le ombre ottenibili sono quadrilateri.

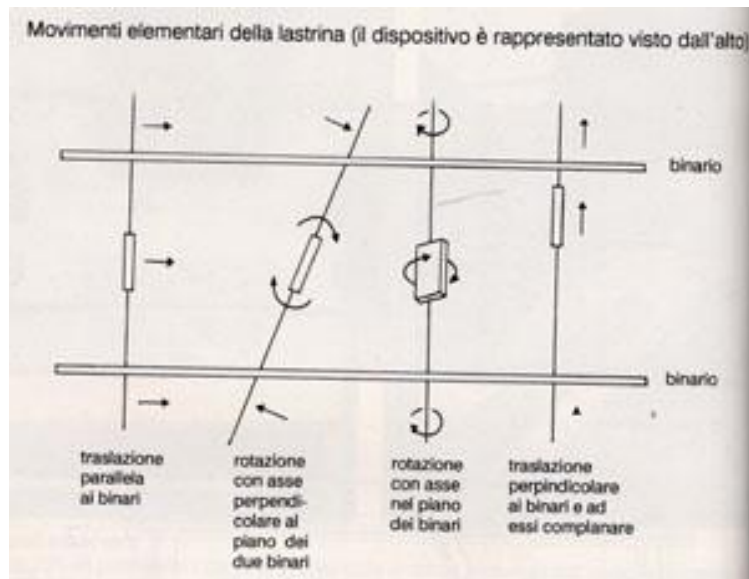


Foto: Movimenti elementari della lastrina (il dispositivo è rappresentato visto dall'alto)

### Interpretazione

Forma e dimensioni delle ombre dipendono dalle posizioni relative della sorgente luminosa, dell'oggetto e dello schermo su cui si proietta l'ombra. Il modello di raggio a propagazione rettilinea consente di spiegare e prevedere tutte le possibili figure d'ombra della lastrina. La relazione fra la forma di un oggetto e le possibili forme della sua ombra prodotte da una sorgente puntiforme, è descrivibile geometricamente attraverso un uso sistematico delle trasformazioni proiettive.

[torna a "Luce - Un percorso per capire"](#)

## Vedere attraverso/vedere riflesso



foto a colori n. 21, 22, 23

### **Descrizione**

L'apparecchiatura è costituita da una lastra rettangolare per metà di plexiglas e per metà di acciaio lucidato, incernierata al centro di una base su cui è incollato un disegno. Si può far ruotare la lastra rispetto alla base, osservando sia la parte del disegno riflessa dalla lastra, sia la parte che si vede in trasparenza attraverso il plexiglas (Vedi foto a colori n. 21-22-23).

### **Dall'esperienza..al problema**

Quando guardiamo

la superficie di un lago

le vetrine dei negozi  
i vetri delle finestre

possiamo vedere

il riflesso di noi stessi  
il riflesso delle rive del lago  
il riflesso dell'intera stanza

ma anche

la ghiaia del fondo  
i pesci che nuotano  
gli oggetti esposti  
l'esterno della casa

Ci sono superfici su cui si vede solo il riflesso (una superficie metallica...) e superfici che riflettono ma sono anche il limite di un materiale trasparente (acqua, vetro, plexiglas...). È sempre possibile vedere contemporaneamente sia gli oggetti riflessi da una superficie trasparente, sia cosa c'è al di là di essa?

### **Cosa si può osservare**

Si può vedere il disegno in parte attraverso la lastra di plexiglas, in parte riflesso dalla lastra e dallo specchio. Cambiando l'inclinazione di questi, si può osservare che:

- la parte di figura riflessa appare ribaltata rispetto al disegno di partenza
- ruotando la lastra ruota anche l'immagine riflessa
- all'aumentare dell'angolo fra la superficie riflettente della lastra e il piano di appoggio l'intensità dell'immagine riflessa dal plexiglas diminuisce, mentre l'intensità dell'immagine vista in trasparenza aumenta
- l'immagine riflessa dallo specchio metallico conserva sempre approssimativamente la stessa intensità.

### **Interpretazione**

Quando la luce incontra un oggetto, in parte viene rinviata nello spazio circostante, in parte penetra attraverso a sua superficie. Per alcune sostanze (i "dielettrici"), tra cui il plexiglas, il vetro, l'acqua..., la quantità di luce che viene rinviata è tanto maggiore quanto minore è l'angolo tra la superficie dell'oggetto ed i raggi luminosi incidenti (quanto più la luce incide in maniera "radente"). L'osservatore vede l'immagine riflessa se ai suoi occhi arrivano raggi riflessi corrispondenti ai raggi incidenti provenienti dalla figura sul piano. Se si inizia l'osservazione con la lastra inclinata verso l'osservatore, man mano che questa ruota, allontanandosi dall'osservatore, aumenta l'angolo formato dai raggi riflessi, che arrivano agli occhi di chi guarda, con la superficie riflettente. Di conseguenza, diminuisce l'intensità dell'immagine riflessa, I raggi diffusi dalla parte di figura che sta al di là della lastra (rispetto a chi guarda) attraversano la lastra e arrivano agli occhi dell'osservatore (che in tal modo vede la figura attraverso la lastra) tanto di più quanto meno vengono riflessi, sempre in dipendenza dall'angolo. Di conseguenza, aumenta l'intensità dell'immagine vista in trasparenza. Per altri materiali, tra cui i metalli, la dipendenza della quantità di luce riflessa dall'angolo che si forma tra raggi incidenti e superficie riflettente è trascurabile. (Per ulteriori commenti vedi esperienza 10L).

[torna a "Luce - Un percorso per capire"](#)

# Gli scherzi dell'acqua

## Descrizione

L'apparecchiatura è costituita da vasche di plexiglas cilindriche, o a pareti piane, o a pareti "miste", riempite per metà di acqua. In questa sono immersi, parzialmente o totalmente, oggetti vari, posti a distanza variabile dalle pareti. È possibile osservare gli effetti prodotti dai fenomeni della riflessione e della rifrazione sulla visione degli oggetti e delle stesse vasche; spostandosi rispetto alle diverse superfici che delimitano le vasche è possibile rendersi conto della forte dipendenza del tipo e dell'entità degli effetti percepiti dall'angolazione sotto cui si guarda.

## Dall'esperienza... al problema

Guardando una stoffa attraverso una goccia d'acqua si vede la trama ingrandita...

I pesciolini rossi nelle loro vaschette possono apparire più grandi di quello che sono, o in numero maggiore...

Il remo di una barca sembra "spezzarsi" fra interno ed esterno dell'acqua...

Il fondo del mare visto da una barca appare più vicino di quanto non sia in realtà...

Guardando nell'acquario di sbieco rispetto alla parete si vede "tutto curvo"...

Muovendo un oggetto in un cilindro pieno d'acqua lo si vede più o meno ingrandito...

A cosa sono dovute queste "illusioni ottiche"?

## Cosa si può osservare

Girando intorno alle vasche si possono osservare gli oggetti immersi in asse dall'alto, dal basso, di fianco, di traverso... A seconda del punto di vista e della forma della vasca si verificano varie illusioni ottiche. Per esempio: - gli oggetti parzialmente immersi in acqua appaiono spezzati; - gli oggetti immersi nella vasca cilindrica appaiono ingranditi; - da alcuni punti di vista gli oggetti appaiono "moltiplicati", almeno per la parte che resta visibile; - guardando dal basso attraverso l'acqua, la parte emersa degli oggetti può diventare "invisibile"; - le "deformazioni" degli oggetti visti in trasparenza sono più o meno vistose in dipendenza dallo spessore d'acqua attraverso cui sono guardati, e dall'angolo di osservazione; Interpretazione Tutti gli effetti ottici osservati dipendono dal comportamento dei raggi luminosi nella riflessione e nella rifrazione (passaggio da un mezzo ad un altro). Per ulteriori spiegazioni, vedere schede delle esperienze 10L e 11L).

[torna a "Luce - Un percorso per capire"](#)

## La costruzione di un modello

Commento introduttivo alle esperienze 10L, 11L

Abbiamo visto che le esperienze sulle ombre si possono interpretare immaginando che la luce sia composta di **raggi** che si propagano in linea retta a partire dalle sorgenti. È possibile produrre qualcosa che assomiglia a un **raggio di luce**, se ne produce un **fascio** il più possibile sottile. Osservando allora cosa succede quando uno di questi "raggi" luminosi incontra la superficie degli oggetti, si possono spiegare molti dei fenomeni che abbiamo osservato (ogni fascio di luce è composto di tanti raggi...). Nelle esperienze "Riflessione, diffusione, trasmissione, assorbimento" e "Rifrazione" il percorso di un raggio è marcato dalla striscia di luce che appare sul foglio bianco; il corrispondente fascio è una specie di striscia verticale di luce, che può essere evidenziata spostando lungo il percorso del raggio l'apposito schermo mobile rivestito di cartoncino bianco.

[torna a "Luce - Un percorso per capire"](#)

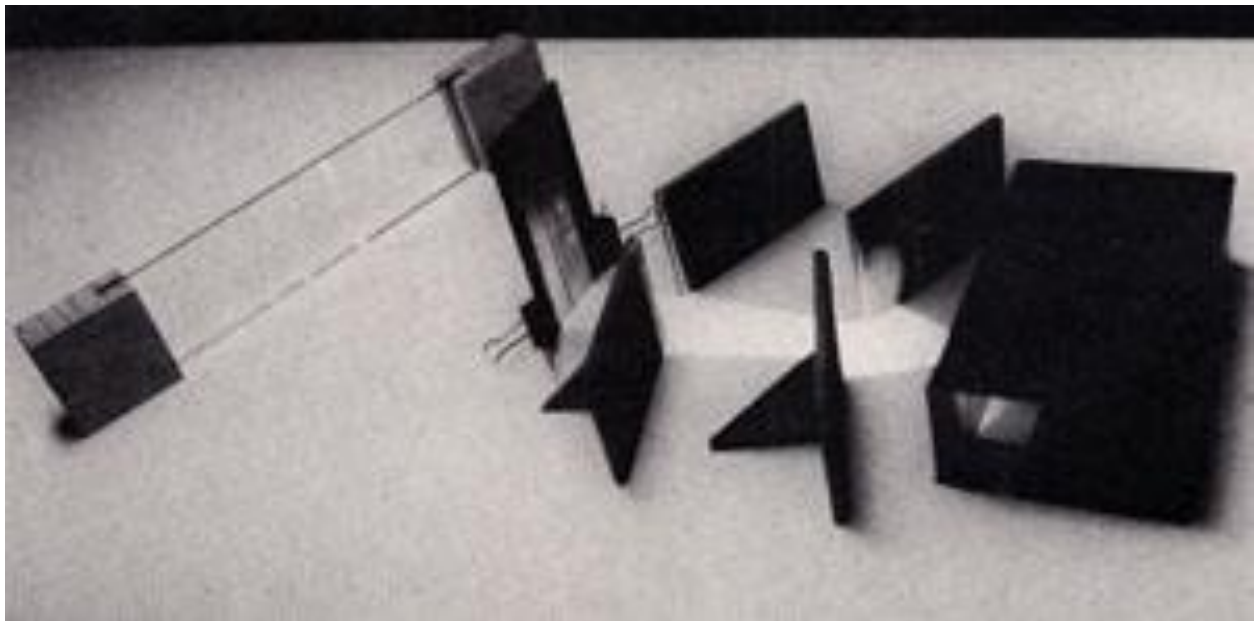
# Riflessione, Diffusione, Trasmissione, Assorbimento

## Descrizione

L'apparecchiatura è costituita da:

- un tavolo da lavoro rivestito da un foglio bianco diffondente;
- una sorgente luminosa con buona approssimazione puntiforme (vedere esp. 4L);
- diaframmi (vedere esp. 4L);
- diaframma a fenditure parallele (si può anche utilizzare un pettine) che permetta di ottenere sul piano del tavolo le tracce di due o tre fascetti di luce;
- lastre di plexiglas di vario tipo (vedi più avanti) e cartoncini di vari colori;
- specchio piano (senza cornice);
- specchi metallici curvi;
- goniometro.

La sorgente e i diaframmi sono fissati al piano di lavoro in modo da ottenere pennelli di luce radenti al piano stesso. Si sistema il diaframma a pettine in modo da ottenere, all'intersezione dei pennelli luminosi con il piano, delle tracce luminose (fac-simile di "raggi") il più possibile sottili. Si possono frapporre sul cammino dei fascetti luminosi, appoggiandoli al piano, le lastre, i cartoncini o gli specchi, alternativamente e/o successivamente. Fissata la posizione di uno di questi oggetti, si può spostare il diaframma a pettine per variare la direzione dei fascetti luminosi incidenti su di esso.





dall'alto verso iol basso: fig. a, fig. b, fig. c, fig. d

### **Cosa si può osservare**

Sul cammino dei fasci luminosi si possono porre via via i vari oggetti e si vede che:

Con i cartoncini

- la luce non passa al di là della superficie del cartoncino
- la luce viene parzialmente "diffusa" (all'indietro) dai cartoncini (la luce inizialmente concentrata nei "raggi" incidenti viene cioè "sparpagliata" dalla superficie del cartoncino in tutte le direzioni) e "colorata" secondo il colore del cartoncino.

Con la lastrina bianco-latte e quella zigrinata



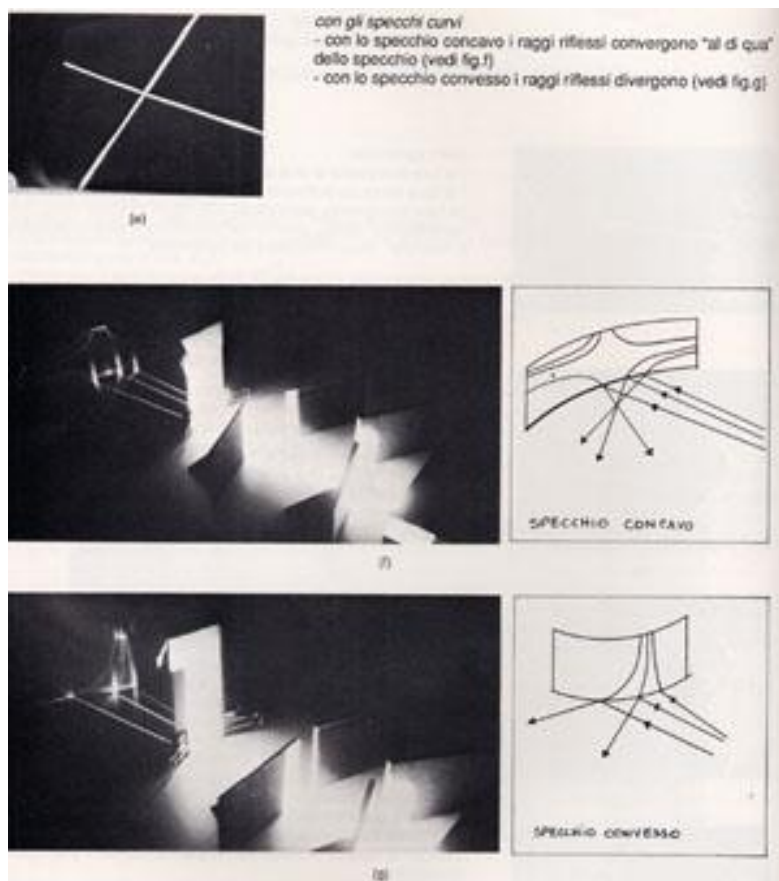
- la luce che attraversa la lastrina, così come quella che viene da essa rinviata indietro, appare a sua volta "sparpagliata" rispetto ai raggi incidenti(vedi fig.a).

Con le lastrine lucide e opache, e gli specchi

- la luce non passa al di là delle lastrine (come per i cartoncini)
- i pennelli di luce vengono "riflessi" sia dalle lastrine che dagli specchi, senza essere "sparpagliati"; la luce riflessa dalla superficie del perspex colorato **non** appare "colorata".

Con le lastrine trasparenti

- i pennelli di luce vengono sia riflessi che trasmessi e l'intensità relativa del raggio trasmesso e di quello riflesso dipende dall'angolo di incidenza (vedi fig. b, c, d)
- la luce che ha attraversato una lastrina colorata appare del colore della lastrina, mentre quella riflessa dalla superficie resta "bianca".



dall'alto verso il basso: fig. e, fig. f, fig. g

Con lo specchio piano

- avvicinando, allontanando, ruotando lo specchio piano rispetto alla lampadina, l'immagine della lampadina si sposta in modo da risultare sempre simmetrica alla lampadina rispetto al piano dello specchio;
- ruotando il diaframma a pettine e lo specchio, e variando la distanza fra specchio e lampadina è possibile osservare i raggi riflessi sia sul piano, sia "dentro" lo specchio;
- in tutti i casi, i prolungamenti dei raggi riflessi dallo specchio (i prolungamenti delle tracce luminose sul piano) si vedono convergere nell'immagine della lampadina;
- ogni raggio incidente e il suo raggio riflesso formano angoli uguali con la base dello specchio

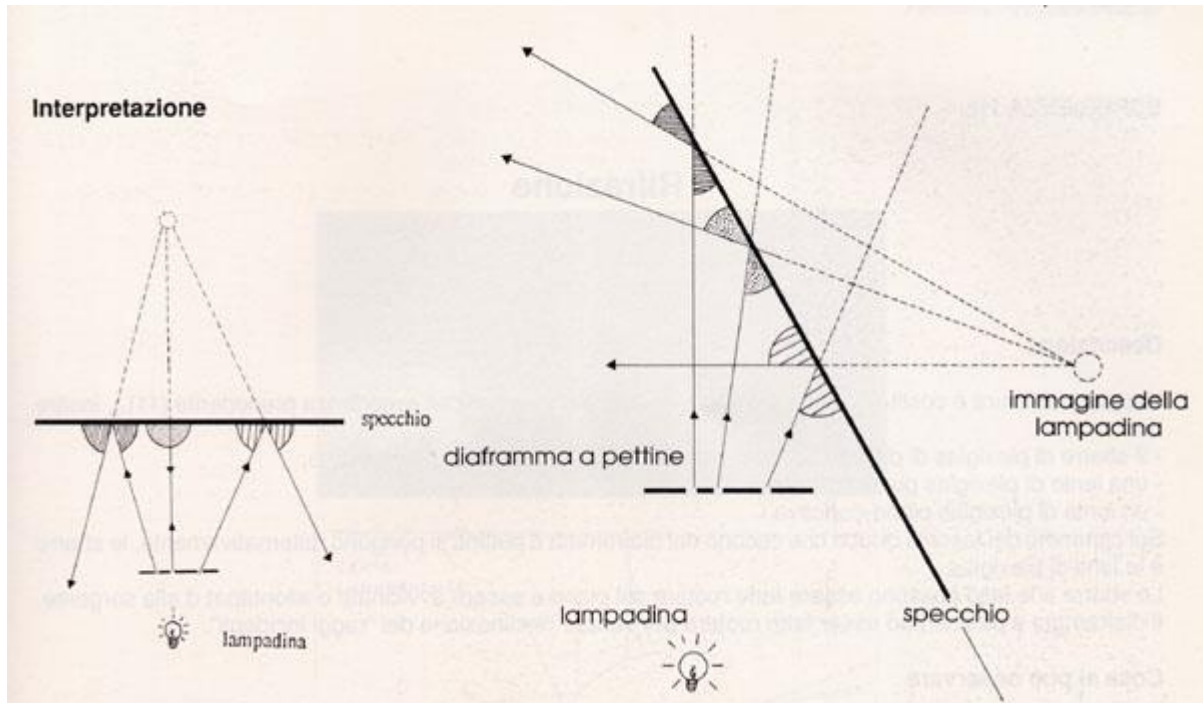
(vedi fig.e).

Con gli specchi curvi

- con lo specchio concavo i raggi riflessi convergono "al di qua" dello specchio (vedi fig.f)

- con lo specchio convesso i raggi riflessi divergono (vedi fig.g)

### Interpretazione



Molte delle osservazioni compiute nelle esperienze precedenti possono essere spiegate osservando il comportamento dei singoli raggi luminosi che incontrano i vari tipi di lastrine, i cartoncini, gli specchi. La luce non passa attraverso i cartoncini, che in parte la **assorbono**, in parte la rinviano disordinatamente, la **diffondono** nello spazio circostante. Anche con le lastrine bianco latte, "traslucide", non vi sono raggi riflessi, ma solo diffusi: la luce riflessa e trasmessa non compare più con l'aspetto di raggio definito, ma sotto forma di luminosità diffusa (molti raggi in tutte le direzioni, più deboli). Tutte le altre lastrine di plexiglas **trasmettono** e **riflettono** la luce in maniera "ordinata", sotto forma di raggi. La quantità di luce riflessa dipende dall'angolo con cui la luce incide sulla superficie della lastrina e dunque varia quando si ruota quest'ultima rispetto alla sorgente (cfr. esperienza 8L). La luce che non viene riflessa attraversa la lastrina di plexiglas venendone in parte assorbita (per le lastrine colorate è assorbita in maniera selettiva, come già visto nella esperienza 4L). Le lastrine di plexiglas e gli specchi riflettono i sottili pennelli di luce, che abbiamo chiamato "raggi". Come è mostrato nei disegni, ciascun raggio viene riflesso in modo che l'angolo fra raggio incidente e piano dello specchio sia uguale all'angolo fra piano dello specchio e raggio riflesso. Questo è vero per tutte le superfici riflettenti, sia piane che curve; per queste ultime occorre però considerare il piano tangente alla superficie nel punto di incidenza. Prolungando al di là dello specchio i raggi riflessi, per gli specchi piani, si trova che essi si intersecano nel punto simmetrico alla sorgente di luce rispetto al piano dello specchio: questo spiega il fatto che l'immagine riflessa di un oggetto ci appare, al di là dello specchio, alla medesima distanza da esso a cui si trova l'oggetto. I diversi raggi provenienti da una sorgente che incidono su uno specchio curvo vengono riflessi da una superficie il cui orientamento varia con continuità: se prolunghiamo i raggi riflessi al di là dello specchio essi non si incontrano tutti nel punto simmetrico della sorgente rispetto allo specchio, e questo fa sì che noi vediamo le immagini deformate.

[torna a "Luce - Un percorso per capire"](#)

# Rifrazione

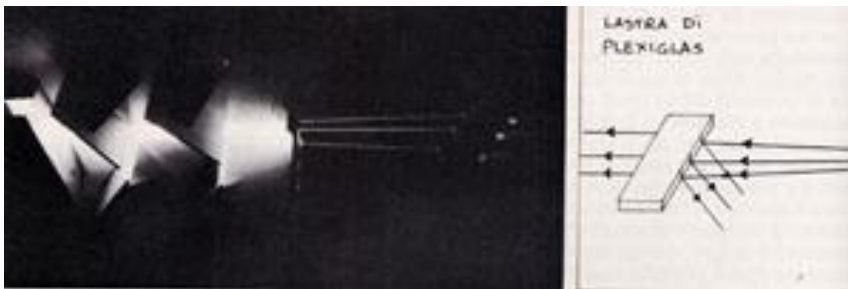
## Descrizione

L'apparecchiatura è costituita dal piano con sorgente e diaframmi dell'esperienza precedente (11L), inoltre da:

- 2 sbarre di plexiglas di diverso spessore aventi due pareti opposte ben lucidate;
- una lente di plexiglas piano-convessa;
- una lente di plexiglas piano-concava.

Sul cammino dei fascetti di luce che escono dal diaframma a pettine si pongono, alternativamente, le sbarre e le lenti di plexiglas. Le sbarre e le lenti possono essere fatte ruotare sul piano e essere avvicinate o allontanate dalla sorgente. Il diaframma a pettine può essere fatto ruotare per variare l'inclinazione dei "raggi incidenti".

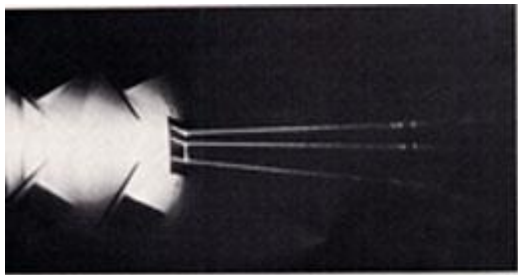
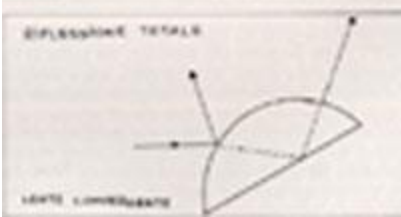
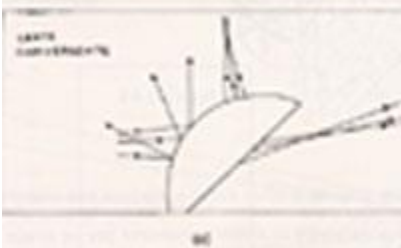
## Cosa si può osservare



In corrispondenza delle varie situazioni si osserva la direzione dei raggi trasmessi rispetto a quella dei raggi incidenti.

- Interponendo una sbarra di plexiglas si osserva uno spostamento parallelo dei raggi trasmessi rispetto a quelli incidenti (vedi figura).
- Ripetendo l'esperienza per varie posizioni del plexiglas e varie inclinazioni dei raggi incidenti si osserva la dipendenza dell'entità dello spostamento dei raggi trasmessi dall'angolo di incidenza.
- Confrontando gli effetti prodotti dalle due sbarre di diverso spessore nella medesima posizione si vede che l'entità dello spostamento dipende dallo spessore del plexiglas.
- "Guardando" la sorgente di luce attraverso un blocco di plexiglas essa appare avvicinata e l'effetto è maggiore col blocco più spesso. (La cosa risulta evidente se si prolungano all'indietro le tracce dei raggi che escono dal plexiglas).

La lente di plexiglas piano-convessa permette di osservare la convergenza dei fascetti luminosi rifratti (vedi figura a) e il fenomeno della riflessione totale (vedi figura b: quando il raggio penetrato all'interno della lente incide sulla sua faccia superficie posteriore viene totalmente riflesso, non c'è raggio trasmesso). La lente piano-concava permette di osservare la divergenza dei raggi rifratti (vedi figura c).



Interpretazione

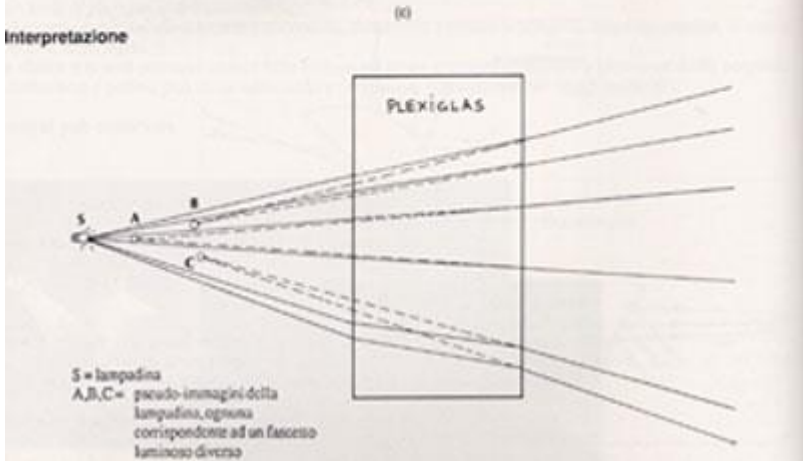


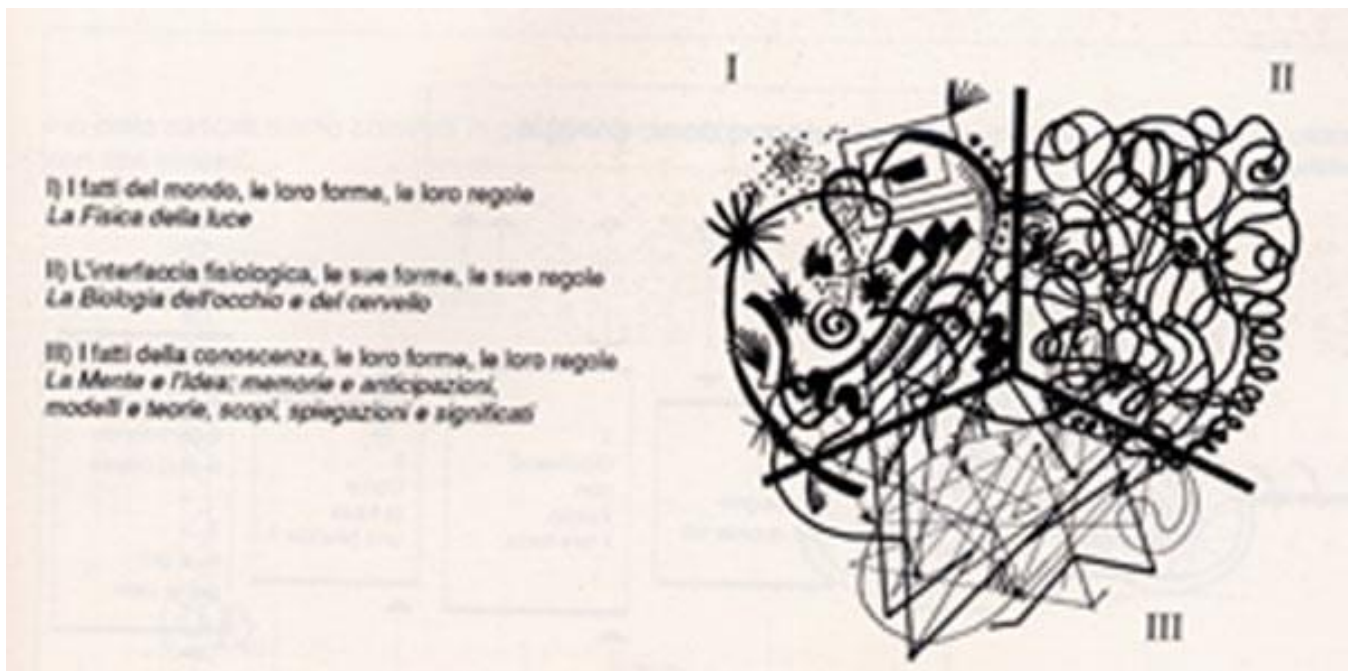
fig.a, fig.b

### **Interpretazione**

I raggi di luce, nell'attraversare una superficie che separi due diverse sostanze, vengono deviati: questo fenomeno prende il nome di **rifrazione**. L'entità della deviazione dipende dall'**angolo** fra raggi incidenti e superficie (nel caso di superfici curve e irregolari, occorre considerare il piano tangente alla superficie nel punto di incidenza) e dalla **coppia di sostanze** considerate (per esempio aria e acqua, acqua e vetro, aria e plexiglas, acqua e olio...), I raggi di luce che incidono perpendicolarmente alla superficie non vengono comunque deviati, e la deviazione cresce al diminuire dell'angolo fra raggio e superficie. I raggi di luce che attraversano un parallelepipedo trasparente (una lastra a facce piane e parallele) subiscono comunque due deviazioni simmetriche, il cui risultato è che i raggi che fuoriescono dal blocco sono sempre paralleli a quelli incidenti, ma spostati rispetto ad essi, tanto più quanto maggiore è lo **spessore** del blocco e l'angolo di incidenza. (Vedi disegno). Se i raggi diffusi da un oggetto arrivano agli occhi dell'osservatore dopo essere stati rifratti, egli vedrà l'oggetto in posizione diversa da quella dove effettivamente è. Inoltre, se la superficie rifrangente è curva, a seconda della curvatura l'immagine potrà apparire ingrandita o rimpicciolita. Più in generale attraverso una superficie irregolare l'oggetto apparirà deformato.

[torna a "Luce - Un percorso per capire"](#)

## La luce, l'occhio, l'idea



I fatti del mondo, le loro forme, le loro regole, *La Fisica della luce*; II L'interfaccia fisiologica, le sue forme, le loro regole, *La Biologia dell'occhio e del cervello*; III I fatti della conoscenza, le loro forme, le loro regole, *La mente e l'idea: memorie e anticipazioni, modelli e teorie, scopi, spiegazioni e significati*.

La fisica cerca di spiegare **quello che succede** e l'ottica cerca di spiegare **quello che si vede**, attraverso l'indagine su "che cosa è, che cosa fa"... la luce.

Abbiamo riflettuto per un istante su vari fenomeni (il colore, la trasparenza, la riflessione...), e abbiamo trovato una loro "spiegazione" attraverso la costruzione di due modelli - due schemi mentali e operativi - su "come è fatta" la luce e sui suoi modi di interazione con gli oggetti. E ad ogni parola utilizzata, per quanto "comune" possa sembrare, il modello dà uno specifico significato. Al termine del nostro percorso, possiamo dire che:

- noi vediamo **oggetti colorati**: questo si spiega con il modello sulla composizione spettrale della luce bianca e sull'assorbimento, riflessione e diffusione selettivi delle diverse radiazioni da parte degli oggetti.

- Gli oggetti fanno **ombre** di varie forme e noi vediamo **oggetti dove non ci sono** ("dietro" allo specchio; o più vicino a noi di quanto non siano, se li guardiamo attraverso l'acqua o una lente, ...). Tutto questo si spiega con il modello di raggio (propagazione rettilinea della luce, regole sulla riflessione e rifrazione dei raggi luminosi quando incontrano un oggetto).

E come ogni raggio si propaga per conto suo nello spazio, così ogni colore si propaga per conto suo nel raggio...

Per completare la spiegazione sarebbe necessario studiare come avviene la visione negli esseri umani: non solo come **funziona** l'occhio, ma anche come il cervello **elabora** le informazioni che esso gli invia.

Questo studio può essere affrontato solo in parte (al suo inizio) con gli strumenti della fisica: per completarlo è necessario l'intervento della biologia e delle scienze cognitive, e a tutt'oggi la comprensione della visione costituisce un problema aperto, su cui si fa ricerca e con cui si confrontano le tecnologie dell'intelligenza artificiale.

D'altra parte la luce è coinvolta in moltissimi fenomeni fisici che qui non è possibile neanche

ricordare; alcuni di questi sono pure al centro della ricerca fisica e richiedono, per la loro spiegazione, una molteplicità di modelli, molto più sofisticati rispetto a quello di raggio (già esplorato dagli antichi Greci). Tali modelli sono costruiti a partire da consapevolezze sperimentali e teoriche più complesse rispetto a quelle del presente percorso, e la loro formalizzazione e gestione richiede lo sviluppo di strumenti matematici e tecnologici sempre più raffinati.

[torna a "Luce - Un percorso per capire"](#)