

# Le immagini del sole

di

Pietro Cerreta

*Premessa. L'insegnante spesso considera il raggio di luce o il raggio di sole come concetti intuitivi, poiché essi si basano sul concetto geometrico di retta, a sua volta assunto come elementare. Egli spiega, inoltre, il passaggio della luce attraverso un piccolo foro mediante la camera oscura e il concetto di raggio. Eseguendo esperienze molto semplici con la luce del sole si scopre che può essere assunto come elementare il comportamento della luce del sole quando passa attraverso piccoli fori. Ci si chiede se tale comportamento possa suggerire una nuova didattica dell'ottica.*

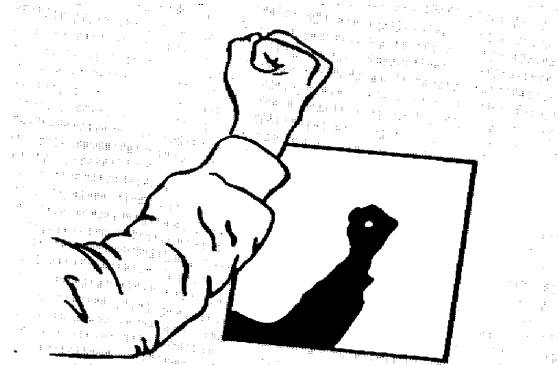
SCOPO: L'osservazione quotidiana della parete uniformemente illuminata dal sole può essere spiegata come risultato dell'uniforme distribuzione dei raggi che giungono dal sole. Tuttavia, se si tengono in conto alcune semplici esperienze, all'aperto o in casa, essa potrebbe essere spiegata dicendo che tale uniformità dipende dalla composizione di un'insieme di spot di luce solare. Mentre il concetto di raggio di sole è abbastanza naturale, il nuovo concetto di spot ha invece bisogno di essere accettato. Per farlo bisogna partire da alcune osservazioni, come la rilevazione del fatto che le macchie di luce nell'ombra prodotta dalle foglie delle piante sono sempre tondeggianti, la constatazione che la luce filtrante attraverso le tapparelle è sempre circolare, ecc. Se si adotta come basilare il concetto di spot si può giungere a spiegare anche la lente che focalizza l'immagine del sole in un punto.

## Esp. n°1

Comincia a esplorare sul terreno l'ombra di un albero (è preferibile un piccolo albero con foglie dense) e fermati laddove vedi una piccola macchia di luce solare (uno spot). Nota che lo spot ha forma tondeggiante. Con un cartoncino bianco puoi isolare questo spot ed esaminarlo. Esso è nient'altro che l'immagine del sole prodotta dalla luce solare passante attraverso un piccolo foro esistente tra le foglie dell'albero (una informazione elementare). Il foro tra le foglie ha funzionato come quello di una camera oscura. Nota che macchie più ampie della stessa luce hanno anch'esse forme tondeggianti. Puoi considerarle come un insieme di spot. A volte lo spot ha forma ovale invece che circolare. Se cambi l'orientazione del cartoncino, cercando di orientarlo perpendicolarmente ai raggi del sole, vedrai che lo spot diventa circolare. Anche in seguito ricordati di questo fenomeno.

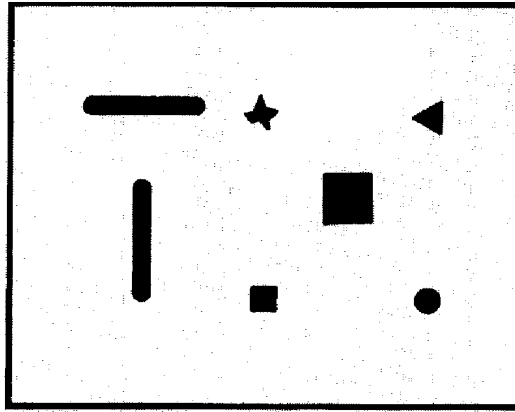
## Esp. n°2

Chiedi ad un amico di reggere un cartoncino bianco a circa un metro da te. Forma un pugno con una mano, ma lascia un piccolo spazio tra le dita e il palmo. Orienta il pugno verso il cartoncino e osserva la sua ombra. Al centro di essa noterai uno spot rotondo, che è sempre un'immagine del sole.



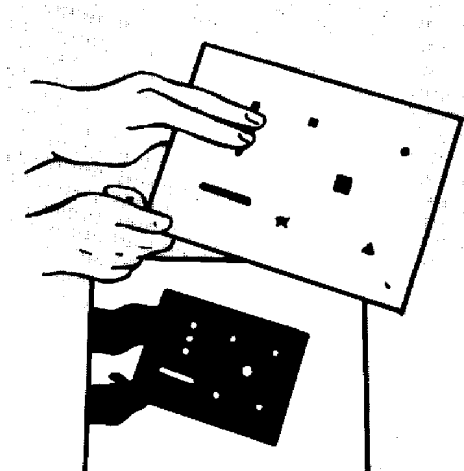
## Esp. n°3

Con un taglietto ben affilato, su un cartoncino produci i fori nelle forme di seguito indicate. Chiameremo questo oggetto C1

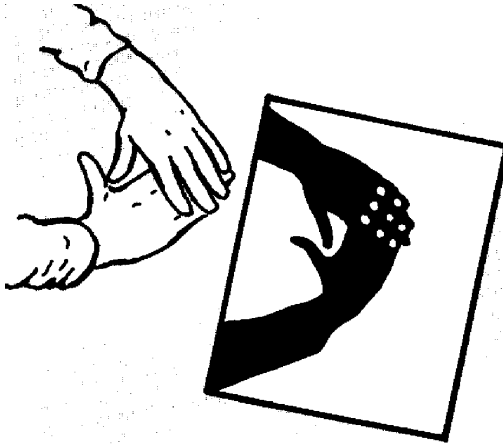


Colloca C1 di fronte al sole, ad una distanza di circa 30 cm da un altro cartoncino bianco su cui fai cadere l'ombra. A questa distanza gli spot avranno ancora le varie forme dei fori. Allontana C1 a poco a poco. Gli spot saranno sempre più rotondi. Considera i quattro fori tondo, triangolare, a stella e quadrato posti a destra del cartoncino. Nota il modo in cui gli spot da loro provenienti diventano tutti rotondi e hanno alla stessa illuminazione, mentre quello che è al centro è più illuminato. Quando C1 si troverà a circa due metri dal cartoncino bianco, gli spot saranno del tutto arrotondati. Nota che, mano a mano che allontani C1, gli spot rimangono rotondi ma diventano sempre più grandi. La grandezza degli spot dipende dalla distanza dello schermo. Aumentando la distanza ogni spot diventa più grande e meno luminoso e ad ogni distanza gli spot più luminosi sono quelli prodotti dai fori più grandi.

Metti le dita come mostra la figura, dividendo in tre parti una delle fenditure poste a sinistra di C1. Da ognuno dei fori così prodotti verrà fuori ancora un'immagine rotonda del sole. La macchia luminosa oblunga prodotta dalla luce che attraversa la fenditura può pensarsi come l'insieme di tanti spot (macchie luminose circolari) prodotti dalla luce che ne ha attraversato i vari tratti.

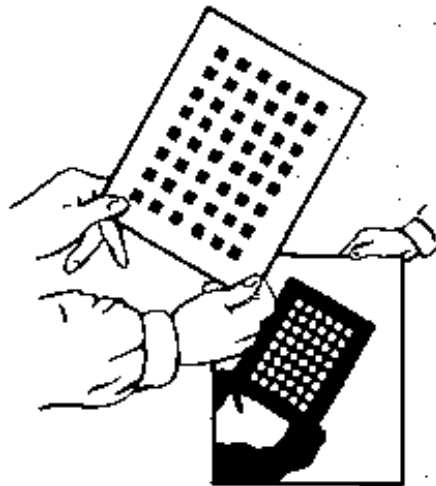


Puoi ottenere addirittura una serie di immagini solari, sovrapponendo le dita di una mano con quelle dell'altra. Se le dita sono sottili, l'effetto è migliore.



#### Esp. n°4

Prendi un altro cartoncino e, con un taglietto, produci al suo interno un sistema ordinato di fori quadrati, di 3 mm di lato. Nota, ancora una volta, le immagini del sole prodotte con questo cartoncino.



Non appena lo allontanerai dallo schermo le immagini cominceranno a sovrapporsi. Nota che tutte le immagini hanno la stessa grandezza. Con del nastro adesivo opaco, o solo con una striscia di carta, riduci l'ampiezza di una fila di quadratini. Nota che la grandezza delle immagini non muta ma muta solo la loro intensità luminosa che aumenta con le dimensioni del foro (le informazioni elementari si sommano sovrapponendosi parzialmente). Ciò dimostra ancora una volta che le dimensioni delle immagini di sole non dipendono dalle dimensioni del foro, ma solo dalla distanza dallo schermo del cartoncino forato. Se cresce ancora la distanza dallo schermo, il reticolo scompare, le informazioni non sono più distinguibili.

Dal punto di vista degli aspetti fisici della comunicazione, la luce che passa attraverso un piccolo foro illuminato, osservata in modo adeguato, trasmette informazione sulla forma della sorgente qualunque sia la forma del foro.

### Esp. n°5

Prendi uno specchio piano di forma rettangolare, ad esempio 10 x 6 cm, che puoi facilmente reggere nel palmo della mano. Rivolgilo verso il sole (è preferibile farlo quando questo si è abbassato sull'orizzonte) e proietta la luce riflessa verso una parete bianca, ad esempio il muro di una casa. Se la tua distanza dal muro è di qualche metro, l'immagine che appare sul muro è rettangolare, ma leggermente arrotondata agli spigoli. Se vai all'indietro e ti metti a una ventina di metri dal muro, l'immagine sarà perfettamente circolare. In definitiva, la forma rettangolare della macchia di luce viene trasformata e le immagini del sole diventano circolari anche nella riflessione. Il fenomeno è frequente anche nelle fasi di orientazione di un prisma verso il sole, per la scomposizione spettrale della luce. La faccia del prisma rivolta verso il sole funziona da specchio piano.

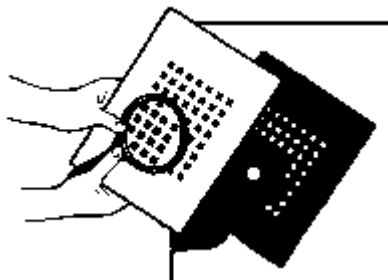
Particolarmente interessante è ciò che accade quando prendi un foglio di carta, vi produci dei fori di forma irregolare di circa un centimetro di larghezza e lo incolli ad uno specchio. Se lo rivolgi verso il sole, facendo sì che le immagini vadano a cadere su uno schermo vicino, come nella figura successiva:



noterai che, a circa un metro di distanza, le immagini del sole sono dei piccoli dischetti, che crescono man mano che indietreggia il tuo amico che regge lo schermo.

### Esp. n°6

Riprendi il reticolo di forellini quadrati. Appoggia su di esso una lente d'ingrandimento e nota come si modifica il comportamento della luce che passa per questi fori. Cerca di trovare la distanza alla quale gli spot si sovrappongono e formano un'unica brillante immagine del sole. Nota che le immagini prodotte dalla lente sono circondate, a volte, da colori.



Osserva cosa succede se invece di appoggiare la lente sul cartoncino appoggi il cartoncino sulla lente.

Spiegando il fenomeno in termini di immagini (informazioni elementari) e non di raggi, si può dire che una lente può essere considerata come una collezione di forellini, ciascuno dei quali è coperto da un piccolo prisma, il cui unico ruolo è quello di deviare la luce. L'aspetto collettivo dei prismi che costituiscono la lente è quello di essere sagomati in modo tale che, ad un'opportuna distanza dallo schermo, tutti insieme deviano le immagini al centro. Qui esse si ammassano l'una sull'altra come le carte di un mazzo. Se si vanno a contare gli spot mancanti sul cartoncino in ombra si può calcolare quante volte più intensa è l'informazione giunta al centro.

### Esp. n°7

In casa, quando la tapparella di una finestra è abbassata ma lascia passare la luce dalle sue sottili fenditure orizzontali, gli spot prodotti sulla parete opposta avranno ancora una volta forma circolare. Data la distanza, lo spot è abbastanza grande. Se la finestra fosse stata orientata verso il sole durante l'eclissi, questo sarebbe stato un modo molto semplice per osservarla.

Riprendi il reticolo dei forellini quadrati e avvicinalo alla parete interna di una stanza, opposta ad una finestra che dà su qualcosa di illuminato: un albero, un palo del telefono, le nubi del cielo ecc. Mettiti in una zona della parete piuttosto oscura, a pochi centimetri da essa, noterai tante piccole immagini anche se non del tutto nitide. Esse sono immagini capovolte di ciò che attraversa la finestra. Queste immagini però non sono tutte uguali, perché ciascuna è ottenuta da una selezione di luce proveniente da un'angolazione particolare. Se osservi le immagini, passando a poco a poco da destra verso sinistra e dall'alto in basso, hai proprio l'impressione di cambiare progressivamente il punto di vista.

### Considerazioni:

Il raggio di luce e quindi anche il raggio di sole viene concepito come un pennello sottile cilindrico ottenuto al passaggio della luce attraverso due fenditure. Se si immagina che l'area delle due fenditure possa essere man mano diminuita si ha l'idea che questa sorta di cilindretto possa tendere ad un segmento di retta molto lungo, in breve ad una retta. L'immaginazione, però, non è legittimata dai comportamenti non più rettilinei della luce quando passa attraverso fenditure molto sottili.

Lo spot fa a meno di una delle due fenditure e può essere pensato come un "conetto" di luce. Anche in questo caso bisogna avere cautela: si tratta di un tronco di cono, perché la fenditura non può essere considerata più piccola di una certa misura, per le stesse ragioni di prima.

### Domande:

1) E' possibile tradurre completamente in termini d'immagini le spiegazioni dei fenomeni dell'ottica? Ci sono vantaggi?

L'ipotesi da cui si parte è che questa traduzione sia possibile, ma non è stata ancora provata. Si tratta di scegliere tra la descrizione dei fenomeni con gli elementi della geometria classica che danno il vantaggio di matematizzare la fisica in modo molto semplice, ma usano l'infinito in atto, e la loro descrizione mediante concetti geometrici non elementari, ma più immediati dal punto di vista sperimentale e che usano solo l'infinito potenziale.

Non si vedono vantaggi, ma se ci sforza di usare entrambe le interpretazioni si capisce l'opzione di quale matematica si vuole usare all'interno della fisica.

2) Come va interpretata un'immagine nel linguaggio dei raggi?

Con la camera oscura.

2a) Come si costruiscono le immagini rotonde partendo dai raggi? Qual è il ruolo della geometria euclidea?

Bisognerebbe eseguire delle costruzioni.

3) Come va interpretato un raggio nel linguaggio delle immagini?

E' un bel problema!