

3. Le immagini

*Che cosa potrà sembrare più meraviglioso
che, mediante varie riflessioni, far vedere le immagini
sospese per aria, mentre non si vede né l'oggetto
né lo specchio?*

G.B. dalla Porta: *Magia naturalis*

Ovvero: una tradizione che non funziona

Si tratta di un argomento delicatissimo, perché insieme alla fisica coinvolge la percezione, ma anche perché fa riemergere antiche concezioni, tuttora vive... Proprio per queste ragioni, l'insegnamento tradizionale — a base di costruzioni geometriche e di regole su immagini reali e virtuali, dritte e capovolte — non funziona.

Provate a porre questa domanda, a diverse età: “Perché mi vedo nello specchio?” (nel cap. seguente commenteremo una risposta significativa).

Ma prima di rispondere occorre approfondire un altro argomento, in parte già esaminato.

Come si propaga la luce?

Anche la propagazione della luce non è cosa ovvia. Perciò è opportuno dedicarci un po' di lavoro sperimentale. Ecco qualche traccia.

Prendo una sorgente luminosa abbastanza ben collimata: un laser He-Ne oppure un proiettore. Punto il fascio di luce obliquamente verso una parete lontana o verso il soffitto; a questo punto chiedo: dov'è la luce? Gli alunni, che sono in posizioni laterali rispetto al fascio, vedono luce in corrispondenza della sorgente e della macchia luminosa sulla parete; ma c'è luce anche nei punti intermedi? se c'è, come metterla in evidenza?

- Uno studente cerca la luce con un foglio di carta, spostandosi lungo il fascio.
- Un altro cerca la luce sbattendo nel fascio della polvere di gesso, oppure spruzzandoci acqua.
- Due studenti tendono un filo nel cammino del fascio.

ORA possiamo vedere il percorso della luce, mentre prima non lo vedevamo.

Questo lavoro, o altro analogo, ha lo scopo di giustificare le seguenti conclusioni:

- 1) si vede se e solo se della luce entra negli occhi
- 2) la luce è presente in tutto lo spazio attorno a una sorgente (non collimata)
- 3) non si vede la luce che viaggia (come si vedrebbe un getto d'acqua; figura):
la si vede solo se ci arriva direttamente da una sorgente, o se un altro corpo la riceve e la rimanda all'occhio.

Un esempio così evidente da essere ignorato proprio per la sua evidenza è il seguente. Di notte vediamo il cielo nero, eppure al di là dell'ombra della Terra lo spazio è riempito dalla luce del Sole, che a noi rimane invisibile (fig. 3-1).

Perché mi vedo nello specchio?

Per rispondere, comincerei spostando il problema: se davanti a me, invece di uno specchio, c'è un'altra persona, perché questa mi vede?

La risposta consiste di vari passi (fig. 3-2 e 3-3):

1. Occorre qualche sorgente di luce (il Sole, il cielo, una lampada) che mandi luce in tutte le direzioni; parte di questa luce arriverà sulla mia faccia.
2. La mia faccia non si comporta come uno specchio, ma invece *diffonde* la luce. Questo vuol dire che ogni piccola porzione della mia pelle (per es. la punta del naso) rimanda *in tutte le direzioni* all'intorno parte della luce che riceve.
3. La luce si propaga in linea retta; quindi quella che parte dalla punta del mio naso forma dei *raggi* (semirette) con origine nella detta punta.
4. Un sottile pennello di questi raggi penetra nella pupilla del suo occhio: il pennello ha la forma di un *cono*.
5. Il pennello viene deviato dai mezzi rifrangenti presenti nell'occhio (umor acqueo, cristallino, corpo vitreo) e ne risulta un pennello di forma diversa, i cui raggi questa volta *convergono* in un punto sulla retina.
6. Perciò la punta del mio naso va a illuminare un punto della sua retina; lo stesso accade per tutti gli altri punti del naso, delle guance, ecc. e così si forma sulla sua retina un'*immagine* della mia faccia.
7. I recettori della retina trasformano la luce in impulsi nervosi che arrivano al cervello.
8. Il cervello "elabora" i segnali, e "mi vede."

Attenzione: i punti 7 e 8 sono sovrasemplificati, ma dobbiamo accontentarci.

Come funziona l'occhio?

Una camera oscura, una macchina fotografica devono essere rivolte verso gli oggetti, affinché la luce proveniente da questi possa entrarvi. L'occhio funziona in modo analogo.

È utilissimo a questo punto del lavoro sperimentale:

- Esperimenti con camere oscure con aperture di diverso diametro (per es. scatole per pellicole fotografiche, con un forellino al centro del fondo della scatola e un foglio di carta translucida sulla faccia opposta).
- Smontaggio e studio della struttura di una macchina fotografica "usa e getta." La funzione della lente è di far *convergere la luce* sull'elemento fotosensibile (la pellicola) o sul foglio di carta); lo stesso nell'occhio.

Nota: A questo punto *non occorre* (anzi sarebbe dannoso) pretendere una maggior precisione, in base a immagini reali e compagnia bella.

La camera oscura

Con la camera oscura si vede che ogni punto della sorgente produce una macchiolina sullo schermo (fig. 3-4); più il foro è piccolo, più è piccola la macchia, e di conseguenza l'immagine riesce più nitida (fino a un certo punto, ossia fino a quando non interviene la *diffrazione*: v. App. 1).

Con una camera oscura si possono anche fare fotografie (provare!). Ma si capisce che quanto più piccolo è il foro, tanta meno luce entra, quindi l'immagine sarà *meno luminosa*. Si vede dunque che luminosità e nitidezza sono requisiti contrastanti.

La macchina fotografica

A parte altri componenti, importanti nell'uso pratico ma non essenziali a questo punto, la differenza fra camera oscura e macchina fotografica sta nel fatto che la seconda al posto di un semplice foro ha una *lente*.

La cosa che è necessario capire, *prima* delle solite costruzioni geometriche, è che la lente ha una funzione: quella di *concentrare* la luce. Così è possibile usare un foro grande, e insieme produrre sulla pellicola una macchia molto piccola (fig. 3-5). Abbiamo quindi insieme nitidezza e luminosità: la lente salva capra e cavoli.

Osservazione: È bene far notare che quando si fotografa un oggetto esteso (per es. una faccia) la luce che arriva da ogni punto dell'oggetto attraversa la lente e viaggia verso la pellicola *come se l'altra luce non ci fosse*: i vari raggi di luce *non si disturbano a vicenda*. Se la luce consistesse di granelli di sabbia, le cose non andrebbero così; quindi questa semplice osservazione insegna qualcosa sulla natura della luce, per es. che i fotoni non si comportano come granelli di sabbia. Ma non è necessario soffermarsi troppo su questo punto: basta rilevare il fatto sperimentale della propagazione *indipendente*.

Torniamo all'occhio

Ora è facile trasferire ciò che abbiamo visto nella macchina fotografica al caso dell'occhio: anche l'occhio ha una lente (il cristallino) che ha la stessa funzione di quella della macchina fotografica. A dire il vero la cosa è un po' più complicata, per due ragioni:

- a) la convergenza dei raggi sulla retina non dipende solo dal cristallino: anche la curvatura della cornea è importante
- b) la funzione del cristallino è più complessa, in quanto gli è affidato anche il compito di regolare la messa a fuoco (vedremo fra breve).

Invece comincio subito a sfatare un mito: è proprio esatto ciò che ho scritto sopra a proposito di raggi che convergono sulla retina? Non proprio, nel senso che i raggi che “convergono” verso la retina non è affatto detto che formino davvero un cono, ossia che passino per uno stesso punto. Questo sarà vero approssimativamente, ma non succede mai in modo esatto, in nessun occhio. Sto dicendo che il sistema ottico dell’occhio umano *ha sempre* aberrazioni significative (da non confondere coi difetti della vista). Del resto ciò è vero anche per le lenti delle macchine fotografiche, specialmente quelle di poco prezzo. . .

Se poi il mio . . . dirimettaio è miope e non si è messo gli occhiali, i raggi convergono *prima* della retina, poi divergono di nuovo (fig. 3–6): così ogni punto della mia faccia illumina in realtà non un punto ma un dischetto, per quanto piccolo. Attenzione, perché qui si tocca un punto “focale”: secondo l’usuale descrizione dovrei dire che l’immagine non si forma sulla retina, ma prima.

La conseguenza è forse che il mio amico non mi vede più, perché l’immagine non è sulla retina? Niente affatto! Mi vede, ma un po’ . . . confuso, sfocato. Esattamente lo stesso succede nella macchina fotografica, se dimentico di mettere a fuoco: la fotografia si vedrà ugualmente, solo non sarà nitida quanto avrebbe dovuto.