



PERCORSO STORICO DELLE IDEE SUL MECCANISMO DELLA VISIONE

La fisica antica era tutta centrata sullo studio dell'uomo come essere senziente, era ciò che il linguaggio moderno omologherebbe come fisiologia dei sensi.

Il problema chiave della filosofia greco-romana era spiegare come l'uomo venisse a conoscenza del mondo esterno. Si giunse così all'esistenza dei sensi, organi periferici, collegati tramite i nervi ad un organo centrale, il cervello, sede dell'anima o psiche.

La conclusione degli antichi filosofi era la seguente: i segnali pervenuti ai sensi e inviati alla psiche per mezzo dei nervi sono elaborati e vengono rappresentati in modo caratteristico. Per esempio, se essi pervengono alle orecchie, sono suoni, se pervengono agli occhi, sono immagini. In altri termini, a quel tempo c'era la convinzione che il suono, il caldo, il freddo, la luce ed il colore, come pure il sapore e l'odore, fossero entità create dalla psiche per rappresentare i segnali del mondo esterno.

I filosofi studiarono il comportamento di ciascun senso, ossia cercarono di dare una spiegazione del modo in cui ciascun senso riusciva a trasmettere al cervello le sensazioni, permettendo così di conoscere le proprietà dei corpi esterni.

E' interessante notare come, nel caso del tatto, era il semplice contatto fra organo senziente e corpo esterno il responsabile della relativa sensazione; così, per il gusto, il sapore era frutto del contatto che avveniva all'interno della bocca, dove erano preposti gli organi per dare la conseguente sensazione.

A differenza di questi due sensi, per l'odorato non vi era il diretto contatto, ma si pensava che degli effluvi, staccandosi dai corpi sotto forma di vapori, andassero a stimolare il naso, sede dell'organo deputato all'olfatto. Impedendo, infatti, il flusso delle esalazioni, anche la sensazione cessava.

Per spiegare la sensazione dell'udito, ci si affidava a vibrazioni meccaniche mute che si propagavano dal corpo vibrante attraverso l'aria circostante fino a giungere alle orecchie e quindi alla psiche, che elaborava gli urti ad essa pervenuti come suono.

Quando si cercò di studiare il funzionamento della visione non pochi furono i problemi che emersero, per la cui soluzione bisognò attendere una ventina di secoli, anche se in tutto questo tempo furono fatti molti studi di ottica sia a carattere sperimentale, sia matematico, sia fisiologico, nonché tecnico.

Una cosa era fuori dubbio: la luce, ciò che ci permette di vedere quando non è buio, aveva carattere prettamente soggettivo, era una rappresentazione della psiche e veniva designata con il termine latino lux. L'ottica antica era decisamente un'ottica non obiettiva, non fisica, poiché si pensava che tutto ciò che si vede è un complesso di figure create dalla psiche con carattere soggettivo, che quindi poteva variare da persona a persona. A riprova di ciò si consideravano le illusioni ottiche.

Le più diffuse teorie sul meccanismo della visione erano:

- La teoria delle scorze
- La teoria dei raggi visuali.

LA TEORIA DELLE SCORZE

Per la filosofia antica il senso della vista, come gli altri sensi, era fondato sul contatto che genera modificazione ed in tal senso Leucippo di Mileto ne era un significativo sostenitore. Infatti egli riteneva che ogni percezione è tattile e che i nostri sensi non sono altro che varietà di tatto; non potendo la nostra psiche uscire dal corpo per toccare i corpi esterni, saranno questi stessi o le loro emissioni a muoversi verso di essa. Ogni sensazione presupponeva quindi un contatto di un qualcosa con l'organo di senso, si era ben lontani dal considerare azioni a distanza.

Il problema risiedeva nel trovare un adeguato meccanismo di contatto per la vista. A tale proposito si osservava che, a differenza degli altri sensi in cui ogni percezione è singola (o al più mediata), nella visione, nello stesso istante, si vede una miriade di corpi e colori con sorprendente dovizia di dettagli ed altrettanta precisione. Quindi “qualunque cosa vada dall'oggetto osservato all'osservatore, essa non può essere informe, ma deve portare con sé la forma ed il colore dell'oggetto, deve cioè essere simile all'oggetto, ma non l'oggetto stesso”.

Fu ipotizzata allora l'esistenza delle scorze, specie di ombre che rivestono i corpi, le quali, staccandosi dai corpi, raggiungevano l'occhio, portando con sé ciò che la superficie dei corpi presentava all'occhio. Questa teoria aveva un vizio di fondo: l'impossibilità delle scorze dei corpi grandi di penetrare nella piccola pupilla, vizio che si cercò di risolvere, attribuendo alle scorze la proprietà di contrarsi man mano mentre si avvicinavano all'occhio, fino a diventare così piccole da entrare nella pupilla.

Ci si chiedeva inoltre come l'occhio posto in posizioni diverse potesse vedere lo stesso oggetto: ciò implicava che le scorze partenti da una stessa posizione erano costrette a contrarsi in modo diverso a seconda dell'angolazione e della distanza dall'occhio.

Altri problemi nascevano quando si considerava la distanza e le dimensioni del corpo emettitore delle scorze; infatti esse potevano anche fornire all'organo senziente (e quindi al cervello) informazioni circa il colore e la forma, ma non si spiegava in che maniera venivano trasmesse informazioni circa la distanza dell'oggetto e le sue dimensioni.

Ancora più difficile era la spiegazione per quanto concerne la visione per mezzo di uno specchio. Qui ciò che si vedeva non era l'oggetto, ma la sua figura al di là, simmetrica dell'oggetto stesso. Anche se si fosse spiegato il fenomeno con le leggi della riflessione meccanica delle scorze, non si riusciva a spiegare come queste potessero assumere sembianze simmetriche rispetto al corpo che le aveva generate.

Altre difficoltà nascevano quando si doveva spiegare perché il buio impediva la visione (e quindi l'emissione di scorze) o perché un corpo troppo vicino all'occhio appariva confuso.

TEORIA DEI RAGGI VISUALI

Non meno fantasiosa fu la teoria che vedeva come artefici della visione i cosiddetti raggi visuali. I suoi sostenitori erano molto numerosi con al seguito valenti e noti matematici. Questa teoria traeva spunto dalla constatazione che un cieco può rendersi conto della forma di un corpo anche senza toccarlo con le mani, ma semplicemente sondandolo con un bastone. E' così che si teorizzò l'ipotesi che dall'occhio uscissero dei raggi simili a bastoni capaci di scrutare il mondo esterno e di fornire alla psiche gli elementi per il discernimento di forma e colore. Anche questa teoria si rivelò piena di difficoltà. Infatti non si riusciva a spiegare perché i raggi visuali non consentissero la visione al buio o la visione dei corpi molto vicini all'occhio, e perché, quando si riflettevano su uno specchio piano, facevano vedere le figure al di là dello specchio e non nella loro reale posizione. Inoltre ci si chiedeva come dei raggi emessi da un occhio potessero raggiungere corpi lontanissimi come quelli celesti.

LA SCUOLA ARABA

Per trovare una svolta circa le idee sul meccanismo della visione, bisogna giungere alla cosiddetta scuola araba con il suo maggiore esponente, il fisico noto in occidente col nome di Alhazen, il cui contributo è stato veramente geniale e fondamentale. Infatti con l'osservazione oggi nota come "persistenza delle immagini retinee", inferse un colpo mortale alla teoria dei raggi visuali.

Ecco il suo pensiero:

“se la visione avviene attraverso l'emissione di raggi, l'immagine non dovrebbe persistere dopo la chiusura degli occhi; inoltre non si dovrebbe provare dolore nell'osservazione diretta del sole, perché l'occhio non emetterebbe i raggi, se la loro emissione fosse dolorosa. Al contrario, il comportamento reale richiede che vi sia un agente esterno che opera sull'occhio, agente che, quando è troppo forte, fa soffrire l'organo sensibile e vi lascia delle impressioni che perdurano.” Merito di Alhazen fu anche quello di aver modificato la teoria delle scorze con quella delle scorzettine, cioè delle piccole scorze emesse in tutte le direzioni da ciascun elemento di cui si compone un corpo comunque grande, scorze talmente piccole che, per entrare nell'occhio, non necessitano di alcuna contrazione lungo il loro percorso. Per la prima volta nella storia dell'ottica, viene introdotta la scomposizione dell'oggetto osservato in parti elementari, ciascuna delle quali emette in tutte le direzioni. L'Alhazen, considerando tra le scorzettine emesse dal singolo elemento dell'oggetto quelle che incontrano la cornea, osservò che l'incidenza di ciascuna di esse su quest'ultima può essere normale o no. “Nel primo caso, la scorzettina procede in linea retta nell'interno del globo oculare ed è capace di provocare la visione. Nel secondo caso la scorzettina subisce rifrazione e perde la capacità di stimolare l'occhio. C'è quindi, per ogni elemento dell'oggetto, una sola scorzettina elementare percepita. Una volta penetrate nella pupilla, queste scorzettine privilegiate (una per ogni elemento dell'oggetto) possono ricostruire nell'occhio un insieme ordinato simile all'oggetto che le ha emesse.”

Critico di se stesso, Alhazen constatò che le scorzettine elementari dopo l'incrocio nel centro del globo oculare venivano a disporsi in un ordine invertito. Non accettando questa idea, ritenne di modificarla ipotizzando che “il sensorio” (cioè la parte dell'occhio collegata al cervello) fosse disposto prima del centro globo oculare, così da non causare il capovolgimento. Siccome nello schema di occhio di cui si serviva, prima del centro vi era solo la prima superficie del cristallino, fu portato a concludere che questa, per quanto trasparente, era la superficie sensibile.

La sensazione di dolore nella visione del sole lo portò a pensare che i raggi solari fossero dotati di un quid e che avessero la proprietà di far uscire le scorzettine dai corpi illuminati dal sole. Così, per la prima volta, si parla di un agente esterno capace di agire sull'occhio, provocando la visione, agente a cui si dà il nome di lumen. Nell'opera di Alhazen si trova l'idea che i raggi di lumen siano le traiettorie di piccolissimi corpuscoli materiali: si introduce qualcosa di simile a ciò che noi chiamiamo "luce", su cui viene fornita una prima teoria corpuscolare.

L'Alhazen, per la prima volta nella storia dell'ottica, parla della camera oscura (1038), camera in cui un'immagine capovolta (rispetto all'oggetto) si forma sul muro opposto al foro attraverso cui passa la luce.

LE ILLUSIONI OTTICHE

A sostegno della soggettività nell'elaborazione della psiche su quanto le veniva fornito dai sensi, troviamo, nel caso della visione, le illusioni ottiche, di cui l'Alhazen parla diffusamente nella sua opera. I continui errori in cui l'occhio incorreva induceva gli uomini del tempo a pensare che esso fosse influenzato dai preconcetti e dalle facoltà mentali dell'osservatore.

In ragione di queste considerazioni, è il caso di dire che l'occhio, come organo sensoriale, era visto con diffidenza poiché il vedere una cosa non necessariamente comportava la sua esistenza o il suo essere nella realtà. Non a caso l'antichità si servì del detto: "Non potest fieri scientia per visum solum", per sancire la poca affidabilità data al senso visivo. Questa mentalità si protrasse per circa venti secoli.

IL MONDO OCCIDENTALE

A causa delle condizioni culturali del tempo e poiché l'arabo era sconosciuto ai più, l'opera di Alhazen giunse in Occidente attraverso la traduzione di un monaco polacco del XIII secolo, il Vitellione. A quell'epoca in occidente la teoria dei raggi visuali aveva molto credito presso i matematici, ma fu messa in discussione dalle idee di Alhazen. Non poche furono le diatribe in merito, che sfociarono in una forma di conciliazione tra classico e nuovo: un ibrido tra le teorie delle scorze e quelle dei raggi visuali. Venne infatti introdotta la teoria delle specie, una versione riveduta e corretta della teoria delle scorze.

La correzione consisteva sostanzialmente nel fatto che le specie si staccavano dal corpo quando questo era colpito dal lumen e si muovevano lungo i raggi visuali emessi dall'osservatore, che agivano a modo di guida, portandole verso gli occhi. Per la loro contrazione era bastata la spiegazione dell'Alhazen.

Qui di seguito sono riportati gli studi e le scoperte che un po' alla volta portarono alla comprensione del meccanismo della visione.

Nel XIII secolo si iniziò la costruzione delle "lenti di vetro", con cui si cercava di correggere la presbiopia. Esse erano dischetti di vetro ricolmi al centro, simili a lenticchie, da cui il nome; ma quando la scoperta fu portata a conoscenza dei filosofi, immediata ne giunse la condanna: le lenti ingannavano, perché producevano rifrazione e deformazione degli oggetti, quindi non servivano per conoscere la verità e non dovevano essere adoperate per scopi seri. Se le lenti non furono abbandonate e dimenticate, lo si deve all'iniziativa di modesti artigiani che ne continuarono a vedere l'utilità nell'applicazione alla vista.

Nel Medioevo si studiò sperimentalmente il fenomeno della rifrazione, nell'intento di ricavarne una legge. In generale la sperimentazione consisteva nel far passare un fascetto di raggi solari attraverso un foro, in modo da farli incidere obliquamente sulla superficie dell'acqua contenuta in un recipiente di vetro, quindi si osservava quanto accadeva sul fondo.

Poi si cominciò a studiare la rifrazione attraverso una sfera colpita da raggi paralleli, ottenuti facendo passare un fascio di raggi solari attraverso uno schermo opaco, contenente dei fori.

La legge della riflessione era stata già ricavata dagli antichi matematici sia per gli specchi piani, sia per gli specchi curvi.

Leonardo da Vinci ipotizzò che nella cavità oculare avviene un fenomeno simile a ciò che si ha nella camera oscura: la formazione di un'immagine capovolta.

L'abate Francesco Mauriloco da Messina paragonò il cristallino ad una lente di vetro che causa la convergenza dei raggi, ma non era del parere che l'immagine fosse invertita. "Se così fosse" -diceva - "dovremmo vedere ogni cosa capovolta".

Al Mauriloco si deve l'idea fondamentale, tutt'altro che evidente ed immediata, che ciascun punto di un oggetto invia raggi in tutte le direzioni (perfezionamento di quanto sostenuto dall'Alhazen). Così si cominciò a parlare di raggi geometrici uscenti dai punti dei corpi luminosi o illuminati: essi erano raggi di lumen. Quanto prodotto dall'abate circolava sotto forma di manoscritti per poi venire pubblicato dai nipoti in un libro nel 1611. Benché il Mauriloco fosse pioniere isolato ed incompreso, la sua opera fu la premessa per apportare vita nuova in tutta l'ottica. Di questo se ne fece carico Giovanni Keplero con l'opera del 1604 "Paralipomena ad Vitellionem".

I concetti contenuti in quest'opera costituiscono le basi dell'ottica secentesca. Il Keplero si propone di dare la chiave del meccanismo della visione, considerando "i corpi esterni costituiti da un complesso di punti ciascuno dei quali emette raggi in tutte le direzioni, raggi infiniti ed infinitamente estesi finché non incontrano un ostacolo. Quindi un punto isolato è come una stella che emette raggi in tutte le direzioni; se di fronte ad essa si trova un occhio, in esso penetreranno tutti i raggi che costituiscono un cono col vertice nella stella e con la base nella pupilla. Essi si rifrangono sia attraverso la cornea, sia attraverso le parti interne dell'occhio andando a formare un nuovo cono che ha per base la pupilla e per vertice un punto della retina".

Keplero arriva a questa conclusione studiando la rifrazione per mezzo di una sfera di acqua e una legge del tipo $i/r=k$ (i =angolo d'incidenza, r =angolo di rifrazione, k =costante), ritenuta valida da lui valida per angoli non superiori a 30° e con k pari a $4/3$ per l'acqua.

Da questo studio per la prima volta viene interpretata giustamente la funzione della pupilla; infatti Keplero osserva che, se invece di fare passare il fascio per l'intera sfera di acqua, si pone un diaframma molto stretto davanti ad essa, si ha per risultato che, ad un cono di raggi incidenti sulla calotta sferica delimitata dal diaframma, corrisponde un fascio di raggi emergenti costituenti un cono con vertice in un punto. Se si toglie il diaframma, i raggi emergenti non convergono in un unico punto.

Per analogia tra la sfera d'acqua e la sfera oculare, Keplero individua nella pupilla il diaframma che delimita la calotta di sfera oculare e che serve ad evitare il disturbo dei raggi periferici, che emergerebbero al di fuori del cono rifratto. Si era riusciti così a superare la difficoltà di fare entrare la "specie" dentro una pupilla così piccola.

Altro contributo kepleriano è l'individuazione della regola secondo la quale viene determinata la posizione dell'oggetto osservato nello spazio, attraverso:

- a) la direzione lungo la quale si trova l'oggetto,
- b) la sua distanza dall'occhio.

Tale regola è quella del triangolo distanziometrico, triangolo che ha per vertice il punto-oggetto e per base la pupilla.

Con i concetti kepleriani cessavano di esistere specie volteggianti per l'aria, concezione assai ostica da accettare, ora si ragionava con un meccanismo geometrico semplice e rispondente all'esperienza. La regola kepleriana del triangolo distanziometrico consisteva unicamente nella capacità dell'occhio di eseguire la misura dell'angolo acuto del triangolo e la determinazione dell'orientamento del suo asse.

Padre Scheiner, un gesuita (1619), assunse che gli indici di rifrazione dell'umor acqueo e dell'umor vitreo erano quelli dell'acqua e del vetro, rispettivamente. Egli trovò, attraverso esperimenti fatti su occhi asportati ad animali, che l'immagine si formava invertita sulla retina.

Cartesio, nel 1637, intuì che l'accomodazione dell'occhio, che permette la visione dell'oggetto a varie distanze, avviene grazie ad una modificazione del cristallino.

Nel secolo XIX l'oftalmoscopia di Helmholtz permise dirette osservazioni su soggetti viventi, e così si cominciò a capire nei dettagli come l'immagine si forma sulla retina.