

L'occhio di Galileo

Una rivoluzione nella filosofia dei sensi (parte terza)

MARCO PICCOLINO

Nelle prime due parti di questo articolo abbiamo messo in evidenza la grande attenzione di Galileo per il tema dei sensi (e della visione in particolare) e abbiamo sottolineato la sua insistenza sulla possibile fallacia dei dati sensoriali. A questo riguardo potremmo citare molti altri esempi tratti, oltre che delle opere maggiori (*Sidereus nuncius*, *Saggiatore*, *Massimi sistemi*), anche da opuscoli e operette minori e da lettere. Sarebbe però troppo lungo addentrarci in una trattazione esauriente di questo tema. Ci limitiamo qui a sottolineare come, oltre all'attenzione particolare sui fenomeni di contrasto luminoso e sul gioco delle ombre, in Galileo sia ben evidente che ambiguità e fallacie possono nascere dal fatto che, nel processo della visione, e in particolare nell'osservazione dei corpi celesti, la realtà dello spazio tridimensionale viene per necessità a essere proiettata su un piano bidimensionale, la superficie della retina. La riflessione su questo punto è proprio uno dei temi centrali del *Discorso sulle comete* e del *Saggiatore*.

E' di grande importanza interrogarsi sulle possibili ragioni per così dire 'filosofiche' che stanno alla base dell'atteggiamento di Galileo sui sensi e sulle loro fallacie. Lo faremo facendo riferimento alle celebri pagine del cap. 48 del *Saggiatore*, quelle in cui si discute della differenza tra i due tipi di «affezioni» dei corpi che sono state poi indicate, da Locke in poi, rispettivamente come "qualità primarie" e "qualità secondarie".

Scrivo in particolare Galileo nella parte iniziale della sua discussione sull'origine del calore e sulla sensazione termica ("sopra questo che noi chiamiamo caldo"):

Per tanto io dico che ben sento tirarmi dalla necessità, subito che concepisco una materia o sostanza corporea, a concepire insieme ch'ella è terminata e figurata di questa o di quella figura, ch'ella in relazione ad altre è grande o piccola, ch'ella è in questo o quel luogo, in questo o quel tempo, ch'ella si

muove o sta ferma, ch'ella tocca o non tocca un altro corpo, ch'ella è una, poche o molte, né per veruna immaginazione posso separarla da queste condizioni; ma ch'ella debba essere bianca o rossa, amara o dolce, sonora o muta, di grato o ingrato odore, non sento farmi forza alla mente di doverla apprendere da cotali condizioni necessariamente accompagnata: anzi, se i sensi non ci fussero scorta, forse il discorso o l'immaginazione per se stessa non v'arriverebbe già mai. Per lo che vo io pensando che questi sapori, odori, colori, etc., per la parte del soggetto nel quale ci par che riseggano, non sieno altro che puri nomi, ma tengano solamente lor residenza nel corpo sensitivo, sì che rimosso l'animale, sieno levate ed annichilate tutte queste qualità; tuttavolta però che noi,



Fig. 1. La copertina del *Saggiatore* l'opera in cui Galileo sviluppa il suo discorso filosofico sui sensi.

sì come gli abbiamo imposti nomi particolari e differenti da quelli de gli altri primi e reali accidenti, volemmo credere ch'esse ancora fussero veramente e realmente da quelli diverse (Galilei 1623, pp. 196-197).

E poco più oltre, dopo aver esaminato il senso dell'udito a proposito del quale nega esplicitamente l'esistenza di qualità "sonore o transonore", egli scrive:

Ma che ne' corpi esterni, per eccitare in noi i sapori, gli odori e i suoni, si richiegga altro che grandezze, figure, moltitudini e movimenti tardi o veloci, io non lo credo; e stimo che, tolti via gli orecchi le lingue e i nasi, restino bene le figure i numeri e i moti, ma non già gli odori né i sapori né i suoni, li quali fuor dell'animal vivente non credo che sieno altro che nomi, come a punto altro che nome non è il solletico e la titillazione, rimosse l'ascelle e la pelle intorno al naso. E come a i quattro sensi considerati àno relazione i quattro elementi, così credo che per la vista, senso sopra tutti gli altri eminentissimo, abbia relazione la luce, ma con quella proporzione d'eccellenza qual è tra 'l finito e l'infinito, tra 'l temporaneo e l'istanteo, tra 'l quanto e l'indivisibile, tra la luce e le tenebre. Di questa sensazione e delle cose attenenti a lei io non pretendo d'intenderne se non pochissimo, e quel pochissimo per ispiegarlo, o per dir meglio per adombrarlo in carte, non mi basterebbe molto tempo, e però lo pongo in silenzio. (pp. 199-200)

Le pagine del *Saggiatore* sono state considerate indice di una concezione puramente soggettiva delle sensazioni, un giudizio che sembra in particolare avvalorato dall'espressione "puri nomi" attribuita da Galileo a "sapori, odori, colori etc." i quali sarebbero senza alcuna consistenza al di fuori del soggetto che li percepisce, sicché, rimosso questo, verrebbero del tutto a scomparire. Si è anche ritenuto che, distinguendo gli attributi puramente sensoriali dalle qualità intrinseche della realtà (dimensione, moto, posizione), Galileo avesse voluto separare queste come oggetti propri dello studio scientifico, rispetto ai dati dei sensi per loro natura infidi e inadatti all'indagine scientifica rigorosa.

Senza addentrarsi in discussioni di tipo filosofico, io penso che le pagine del *Saggiatore* vadano lette e interpretate nell'ambito della concezione globale della conoscenza della natura che risalta in molte pagine galileiane e viene in particolare esplicitata in rapporto alla discussione sulle differenze tra il linguaggio della Bibbia e quello della scienza (come più oltre dirò).

Consideriamo innanzitutto l'esempio addotto da Galileo per chiarire la sua concezione, quello che chiama in causa la sensazione del solletico (e che sviluppa in un esempio in parte già considerato nel *Discorso delle comete*):

Io vo movendo una mano ora sopra una statua di marmo, ora sopra un uomo vivo. Quanto all'azione che vien dalla mano, rispetto ad essa mano è la medesima sopra l'uno e l'altro soggetto, ch'è di quei primi accidenti, cioè moto e toccamento, né per altri nomi vien da noi chiamata: ma il corpo animato, che riceve tali operazioni, sente diverse affezioni secondo che in diverse parti vien tocco; e venendo toccato, verbigratzia, sotto le piante de' piedi, sopra le ginocchia o sotto l'ascelle, sente, oltre al commun

toccamento, un'altra affezione, alla quale noi abbiamo imposto un nome particolare, chiamandola solletico: la quale affezione è tutta nostra, e non punto della mano; e parmi che gravemente errerebbe chi volesse dire, la mano, oltre al moto ed al toccamento, avere in sé un'altra facoltà diversa da queste, cioè il solleticare, sì che il solletico fusse un accidente che risedesse in lei. Un poco di carta o una penna, leggermente fregata sopra qualsivoglia parte del corpo nostro, fa, quanto a sé, per tutto la medesima operazione, ch'è muoversi e toccare; ma in noi, toccando tra gli occhi, il naso, e sotto le narici, eccita una titillazione quasi intollerabile, ed in altra parte a pena si fa sentire. Or quella titillazione è tutta di noi, e non della penna, e rimosso il corpo animato e sensitivo, ella non è più altro che un puro nome. Ora, di simile e non maggiore esistenza credo io che possano esser molte qualità che vengono attribuite a i corpi naturali, come sapori, odori, colori ed altre. (pp. 197-198)

Il senso di questo brano è abbastanza chiaro. Al di fuori del soggetto senziente le sensazioni hanno una loro indubitabile realtà fisica (che è ben evidente nel caso del solletico, ma più difficile da esplicitare per altre sensazioni, e in particolare per la sensazione luminosa). Questa realtà, che Galileo nella sua concezione atomistico-meccanicistica tende a individuare con il movimento (e in particolare con l'azione meccanica di

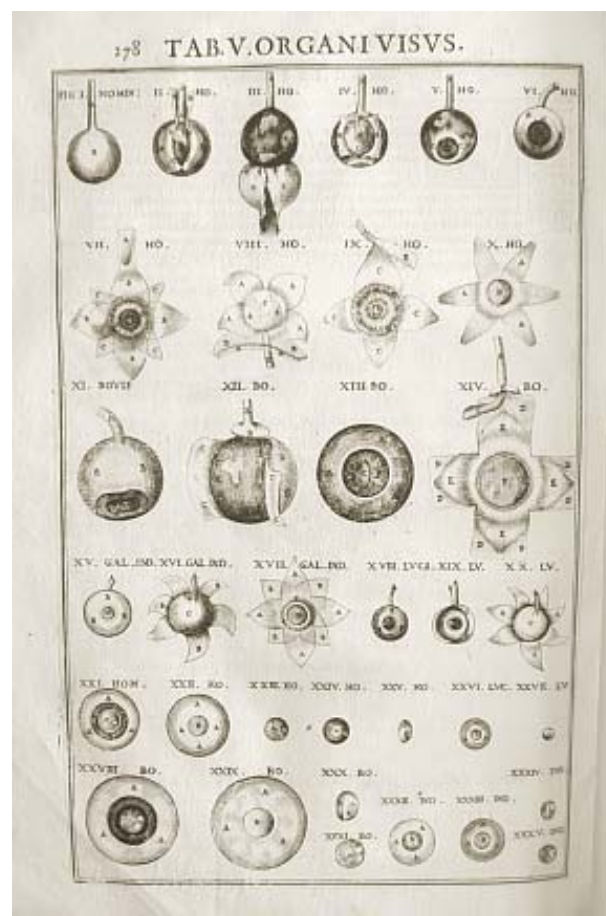


Fig. 2. La tavola del senso della vista dal *Penthaesteseion* un'opera sulla struttura degli organi dei sensi pubblicata a Venezia nel 1609 dall'anatomico piacentino Giulio Casseri (1552 o 1556-1616), collega di Galileo negli anni dell'insegnamento a Padova.

particelle minime che indica come *ignicoli* o *minimi ignei* in rapporto alla sensazione termica), non è però in sé specificamente sensoriale. Non esiste in altre parole nulla al di fuori di noi che sia specificamente ‘colore’, ‘odore’, ‘solletico’, ‘sapore’, ‘calore’. La connotazione sensoriale viene acquisita in rapporto agli effetti dell’azione meccanica che dall’esterno si esercita su specifici luoghi e meccanismi senzienti presenti nel corpo dell’animale o dell’uomo. In relazione all’antica teoria dei quattro elementi Galileo tende a stabilire una relazione, simile -ma solo in parte- a quella adottata da Aristotele, tra, rispettivamente, l’elemento della terra, dell’acqua, dell’aria e del fuoco e sensazioni tattili, gustative, acustiche e olfattive (e tra la visione e luce, in cui viene adombrata la ‘quintessenza’ o ‘etere’). Egli si differenzia però nettamente dal filosofo greco il quale riteneva che esistessero nella realtà delle qualità specificamente sensibili. Per Aristotele il colore, il sapore, l’odore, il suono, il tangibile (cioè l’elemento sensibile corrispondente al tatto) erano attributi specifici della realtà e appartenevano al genere di ‘sensibili’ indicati come ‘propri’, erano cioè espressione di una qualità degli oggetti esterni indirizzata specificamente a un senso determinato (e per questo ‘oggetto proprio’ di quel senso). Il colore (come l’odore e altri sensibili ‘propri’) erano dunque presenti in modo specifico nel mondo reale indipendentemente dalla loro azione sull’individuo senziente (sebbene il verificarsi della sensazione in atto richiedesse l’interazione tra il sensibile e il senso corrispondente). La realtà fisica dei sensibili propri viene affermata in più punti in modo esplicito dal filosofo greco. Per esempio nel *De anima* si dice, relativamente alle concezioni più antiche, che “errano pertanto i fisiologi anteriori ritenendo che niente, né bianco né nero, esiste indipendentemente dalla vista, né il sapore indipendentemente dal gusto” (Aristotele *Le opere*, vol. IV p. 166).

Per Aristotele il tatto (senso primordiale e presente in tutti gli animali -al pari del gusto- in quanto condizione indispensabile per la vita), includeva, oltre alle sensazioni che oggi consideriamo specificamente tattili, anche quelle di caldo e di freddo, di umido e di secco. Queste sensazioni erano in rapporto con le quattro qualità fondamentali della fisiologia classica, a loro volta connesse con i quattro elementi dell’universo. La sensibilità tattile, come il filosofo greco correttamente riconosceva, era particolarmente sviluppata nella superficie palmare delle mani e specialmente in corrispondenza della punta delle dita, raggiungendo la sua massima espressione nella dita umana, perché la loro costituzione risultava dal perfetto mescolamento (*temperamentum*) dei quattro elementi. Per la loro perfetta sensibilità tattile le dita umane divenivano nella concezione aristotelica una specie di standard di riferimento utile per accertare la compo-

sizione elementare degli oggetti sia animati che inanimati. (Cfr. Manzoni 2007)

Aristotele distingueva sensibili propri dai sensibili comuni, cioè da quelle proprietà degli oggetti che il soggetto conosce attraverso l’opera di più sensi (di solito vista e tatto): tra questi la forma, la dimensione, il numero, la posizione, il movimento, la quiete (in larga misura corrispondenti a quelle proprietà che Galileo considera attributi oggettivi del reale). Un’altra importante distinzione aristotelica nell’ambito della fisiologia dei sensi riguarda i cosiddetti ‘sensibili per accidente’, quelli cioè che solo accidentalmente possono essere associati alla sensazione di un sensibile proprio, ma non ne costituiscono un aspetto essenziale e costante.

Uno degli aspetti fondamentali della distinzione tra le diverse forme di sensibili riguarda il possibile verificarsi di errori: per Aristotele l’errore può nascere in primo luogo in relazione ai sensibili per accidente, e in secondo luogo per i sensibili comuni, mentre non si dà errore per i sensibili propri. A proposito di questi ultimi, l’impossibilità di errore è parte della stessa definizione, come leggiamo ad esempio nel *De anima*: *Chiamo sensibile proprio quello che non è possibile sia sentito con altro senso e intorno al quale non è possibile ingannarsi, ad*



Fig. 3. La tavola con il senso dell’udito dal *Penthaesteseion* di Casseri.

esempio per la vista il colore, per l'udito il suono, per il gusto il sapore; il tatto invece ha per oggetto qualità differenti. Comunque, ciascun senso giudica, per lo meno i propri oggetti, e non si inganna sul fatto di un colore o di un suono, ma sulla natura o sul luogo dell'oggetto colorato oppure sulla natura e sull'oggetto dell'oggetto sonoro. Siffatti sensibili si dicono propri di ciascun senso: comuni invece, il movimento, la quiete, il numero, la figura, la grandezza perché sensibili di tal genere non sono propri di alcun senso, ma comuni a tutti. E infatti il movimento è percepito dal tatto e dalla vista (Aristotele, p. 144).

L'errore può nascere nel caso dei sensibili per accidente, quando per esempio vedendo un individuo vestito di bianco io dico che *sia figlio di Diare* perché normalmente il figlio di Diare veste di bianco. Non vi è possibilità di errore nella percezione del bianco, mentre l'errore deriva dall'associazione erronea della sensazione di bianco con l'affermazione che l'immagine bianca corrisponda al *figlio di Diare*. Nel caso dei sensibili comuni l'errore può nascere dalla possibilità che i dati di un senso siano in conflitto con i dati di un altro senso, per esempio quello visivo con quello tattile. Nell'esaminare i diversi tipi di errore che possono verificarsi in ambito sensoriale, appare abbastanza chiaramente che per Aristotele l'errore entra in gioco non al momento della sensazione immediata (che

tende a essere sempre vera), ma in un momento successivo, quando una sensazione deve essere associata in vario modo con un'altra come nel caso dei sensibili per accidenti e dei sensibili comuni. Notiamo qui *en passant* come la fiducia di Aristotele nei sensi come via privilegiata della conoscenza venga ribadita da Simplicio in vari luoghi dei *Massimi sistemi* in cui il buon peripatetico nota come per il filosofo greco i dati dei sensi devono essere anteposti al *discorso* (1).

All'epoca di Galileo il tema dei diversi sensibili della concezione aristotelica, e delle cause dell'errore nel giudizio sulle apparenze sensoriali, viene ripreso nel 1612 da Giulio Cesare Lagalla, professore al Collegio Romano e autore, nel 1612, del *De Phenomenis in Orbe Lunae*, in cui si criticava l'interpretazione galileiana delle immagini lunari. Lagalla sostiene l'infallibilità della sensazione riguardo ai sensibili propri in quanto proprietà (*passiones*) specifiche degli oggetti, e aristotelicamente ammette la possibilità di errore solo nel caso dei sensibili comuni e dei sensibili *per accidens* (2). Per i sensibili comuni egli ricorre all'esempio di un remo (o di un bastone) che appare spezzato quando è parzialmente immerso in acqua, e, per i sensibili *per accidens*, fa l'esempio di uno che pensi di trovarsi dinanzi Socrate quando incontra un uomo come lui dal naso camuso e dai capelli crespi. Nelle annotazioni con cui postilla la sua copia dell'opera di Lagalla, Galileo ribatte alle argomentazioni dell'astronomo peripatetico con incisività e spirito salace mettendo in evidenza l'intrinseca inconsistenza dei suoi ragionamenti. Come, per esempio, quando, con sottile gioco ironico, dice:

Se il senso si inganna nel sensibile comune, e il moto è un sensibile comune, allora la Terra si muove dal momento che essa appare immobile a chiunque la guardi. E non si dica che non ci si inganna, in quanto in questa sensazione ci serviamo di entrambi i sensi, cioè quello visivo e tattile; in effetti il nostro tatto è in questo caso del tutto inutile [a correggere l'apparenza] in quanto noi ci muoviamo con lo stesso moto della Terra. (OG III, p. 394).

O quando scrive:

Se il senso s'inganna nei sensibili comuni, adunque quando si vede volare un uccello o correr un cavallo, questo è falso (p. 394).

E quando, a proposito dell'esempio del remo, dice:

Se la vista s'inganna nel giudicare il remo, mezzo in acqua, torto, perché la figura è sensibile comune, doverà ingannarsi anco fuor d'acqua, dove non meno la figura è sensibile comune: a che proposito dunque s'introduce l'acqua? (p. 394).

O quando scrive:

Non si accorge [Lagalla] che, dicendo la vista ingannarsi quando dal colore giudica il legno diritto essere torto, pone l'inganno nel sensibile proprio, e non nel comune; essendo il colore proprio sensibile della vista (p. 397).

La concezione della fisiologia sensoriale sviluppata da Galileo nelle pagine del *Saggiatore* (e accennata anche altrove) ha chiare ascendenze dall'atomismo democriteo, a cui egli fa riferimento in diversi suoi scritti (in



Fig. 4. La tavola con il senso dell'olfatto dal *Penthaesteseion* di Casseri.

particolare nel *Discorso intorno alle cose che stanno in su l'acqua* e nei *Discorsi su due nuove scienze*) e che doveva conoscere già dai suoi anni giovanili attraverso le lezioni di Francesco Buonamici e le intense discussioni che sull'argomento si svolgevano nell'ateneo pisano; ed inoltre attraverso la lettura delle opere di Lucrezio e di Galeno (e che aveva probabilmente approfondito negli anni successivi attraverso contatti con i colleghi dello Studio di Padova) (3). Ma come accade per altre concezioni riprese dalla scienza antica, in Galileo la visione della fisiologia sensoriale è profondamente innovativa e si proietta in modo straordinario verso il futuro (4): Quando egli afferma che:

questi sapori, odori, colori, etc., per la parte del soggetto nel quale ci par che riseggano, non sieno altro che puri nomi, ma tengano solamente lor residenza nel corpo sensitivo, sì che rimosso l'animale, sieno levate ed annichilate tutte queste qualità (Galilei 1623, p. 197).

A mio avviso, Galileo non sta qui semplicemente asserendo l'intrinseca soggettività delle sensazioni, e neppure si propone di collocare le cosiddette 'qualità secondarie' al di fuori dei territori dell'indagine scientifica. In contrasto con la tradizione aristotelica che aveva dominato la filosofia occidentale per tutto il Medioevo e il Rinascimento, egli sta affermando che la

natura non ha sviluppato dei segnali specifici per comunicare, attraverso gli organi sensoriali, con gli esseri viventi; o, per dirla con altre parole, che non esiste uno speciale linguaggio con cui la natura parla all'uomo (e agli altri esseri animati) per essere ascoltata attraverso la via dei sensi, un linguaggio in qualche modo specificamente accomodato alla capacità di questi.

Le sensazioni sono il risultato di un'azione esercitata sull'individuo provvisto di sensibilità ('corpo sensitivo') da elementi della realtà naturale puramente oggettivi e in sé sprovvisti di definite qualità sensoriali, elementi che Galileo tende a identificare con una materia in movimento di diversa rarefazione. A parte i riferimenti strettamente meccanicistici, questa è proprio la concezione che sta alla base della fisiologia sensoriale moderna. Nella realtà non esistono sapori, odori, suoni, colori ma vi sono molecole, vibrazioni meccaniche o onde elettromagnetiche (e altre tipi di materia o energia) che siano in rapporto alla costituzione dell'universo e che i sistemi sensoriali, nel corso dell'evoluzione degli esseri viventi, abbiano 'imparato' a utilizzare per rilevare l'informazione ambientale di significato adattativo. Le molecole non hanno in sé né sapori né odori, le vibrazioni non sono intrinsecamente sonore e le onde elettromagnetiche non hanno colore alcuno. Le proprietà sensoriali nascono dall'interazione di questi elementi oggettivi ambientali con specifici sistemi biologici di diversa complessità, ma tutti specificamente evoluti per interagire con essi in modo efficace; e il loro modo di essere dipende strettamente dalle caratteristiche funzionali di questi sistemi. Un esempio particolarmente utile a illustrare questo aspetto fondamentale dell'organizzazione dei sistemi sensoriali ci viene offerto dalla fisiologia visiva e in particolare dai meccanismi che sono alla base della visione dei colori. Al pari delle scimmie più evolute, gli esseri umani percepiscono i colori attraverso l'interazione di onde elettromagnetiche di lunghezza d'onda tra 400 e 700 nanometri con un sistema di fotorecettori basato su tre tipi di coni della retina sensibili a una banda abbastanza larga di lunghezze d'onda, con massimi di sensibilità corrispondenti rispettivamente a circa 430, 550, e 570 nanometri, indicati di solito come coni blu, verdi e rossi. Poiché in condizioni normali le onde elettromagnetiche più lunghe tendono a produrre sensazione di rosso, mentre onde di lunghezza intermedia e corta tendono a produrre rispettivamente sensazione di verde e di blu, è invalsa, a seguito del famoso esperimento del prisma dei Newton, la tendenza a considerare i colori come attributi oggettivi della luce e a parlare quindi di luci (o onde) rosse, verdi, blu (e di tutti gli altri colori dello spettro visibile) (5). Rispetto a Aristotele, Newton aveva fatto compiere allo studio del processo visivo un salto che potremmo indicare come paradigmatico spostando l'origine della

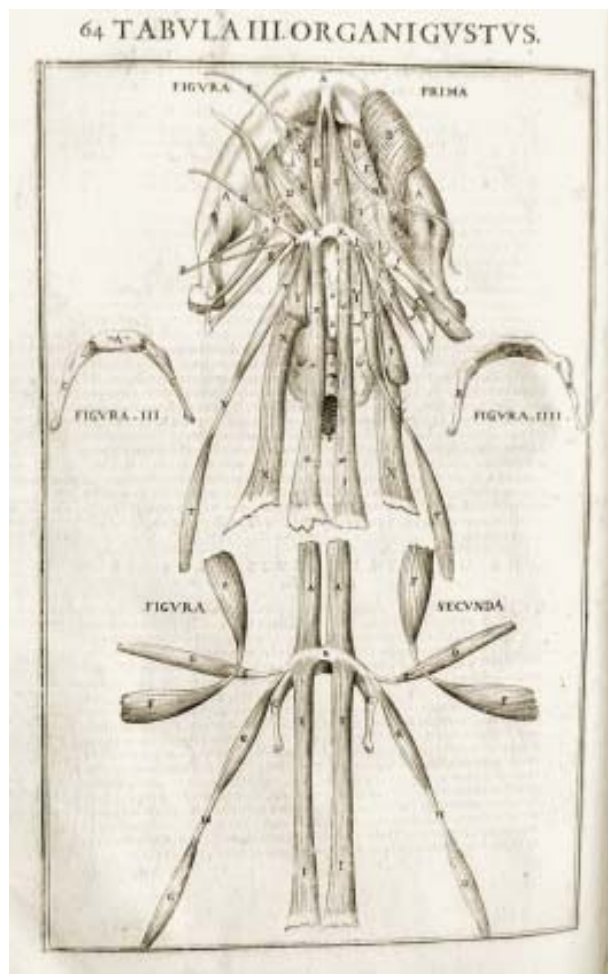


Fig. 5. La tavola con il senso del gusto dal *Penthaestesion* di Casseri.

sensazione cromatica dalle proprietà degli oggetti a caratteristiche intrinseche della luce. Scriveva lo scienziato inglese nell'articolo delle *Philosophical Transactions* in cui annunciava questo suo celebre esperimento:

Nel modo stesso in cui i raggi di luce differiscono nella loro rifrangibilità, essi differiscono anche nella loro disposizione a esibire questo o quel particolare colore. I colori non sono Attributi [Qualifications] della Luce, derivati da Rifrazione, o Riflessione dei Corpi naturali (come generalmente si ritiene) ma Proprietà originali e intrinseche [connate], che sono diverse nei diversi raggi. Alcuni raggi hanno la disposizione a esibire un colore rosso e non un colore diverso; altri raggi un colore giallo, altri infine un colore verde e così avviene per il resto dei colori. E non ci sono solo raggi specifici e particolari per i colori principali, ma anche per le gradazioni intermedie (Newton, 1671/1672, p. 3081).

Ma se l'esperimento del prisma è stato alla base di progressi davvero epocali nella fisica della luce, la correlazione stretta tra particolari raggi luminosi e colori determinati a cui Newton fa evidente riferimento è stata in qualche modo fuorviante dal punto di vista della fisiologia dei colori. Il fatto che noi percepiamo i colori essenzialmente sulla base della stimolazione differenziale prodotta da onde elettromagnetiche su tre diversi tipi di recettori retinici (come aveva proposto lo scozzese Thomas Young in una famosa *Lecture* presentata alla Royal Society di Londra nel 1801) pone infatti delle difficoltà importanti a una correlazione univoca semplice tra specifici raggi luminosi e colori. Un individuo può avere la stessa sensazione cromatica, per esempio di giallo, sia in presenza di un'onda elettromagnetica della lunghezza d'onda di circa 600 nanometri, che in presenza di una opportuna combinazione di luci di 630 e 550 nanometri (o di altre coppie di luci) tali da produrre una stimolazione dei coni del rosso e del verde esattamente corrispondente a quella prodotta dall'onda di 600 nanometri. Questo significa che partendo da una determinata sensazione non possiamo poi risalire in modo univoco alle composizioni spettrale della luce che l'ha prodotta.

Ma c'è di più. L'esperimento in cui io ottengo esattamente la stessa sensazione di giallo con due tipi di luci diverse si verifica solo per me, e solo in quanto io possiedo un determinato sistema di visione di colori basato su tre tipi di fotorecettori con bande e picchi di sensibilità ben precise. Una persona o un animale che guardassero le due luci che a me appaiono ugualmente gialle le troverebbero più o meno diverse se per condizioni patologiche (soggetti umani con anomalie della visione dei colori) o per differenze specifiche (come accade per quasi tutti gli animali che non siano i primati più evoluti) avessero un sistema di visione dei colori diverso dal mio: per esempio un sistema basato su due o a quattro tipi di fotorecettori, oppure su tre tipi di recettori ma con caratteristiche diverse da quelle della visione umana normale (come accade nei pesci e nei

rettili, oltre che negli individui con anomalie di uno dei tipi di fotorecettori).

Tutto questo si può riassumere dicendo che, se in natura esistono indubbiamente delle onde elettromagnetiche senza le quali noi non potremmo percepire i colori, d'altra parte i colori in quanto tali esistono solo in rapporto a determinati sistemi sensoriali con caratteristiche ben definite.

C'è un altro modo forse più efficace e indubbiamente più intenso dal punto di vista espressivo di enunciare il principio che è alla base di tutto questo, ed è quello di usare le parole di Galileo quando scriveva:

Per lo che vo io pensando che questi sapori, odori, colori, etc., per la parte del soggetto nel quale ci par che riseggano, non sieno altro che puri nomi, ma tengano solamente lor residenza nel corpo sensitivo, sì che rimosso l'animale, sieno levate ed annichilate tutte queste qualità; tuttavolta però che noi, sì come gli abbiamo imposti nomi particolari e differenti da quelli de gli altri primi e reali accidenti, volessimo credere ch'esse ancora fussero veramente e realmente da quelli diverse (Galilei 1623, p. 197)

La straordinaria modernità del pensiero galileiano appare in modo evidente confrontando il brano del *Saggiatore* con brani tratti da opere moderne in cui si parla di fisiologia sensoriale. In una recente edizione di *Eye and brain* pubblicata nel 2005, l'autore, Richard Gregory, un importante studioso inglese di psicologia visiva, così si esprime in rapporto al problema dell'esistenza oggettiva della sensazioni:

dobbiamo ben renderci conto che in assenza della vita sulla Terra non ci sarebbe né luminosità né colore. Prima che la vita apparisse, e in particolare prima della comparsa delle forme più elevate di vita, tutto era invisibile e silenzioso sebbene il sole splendesse e le montagne crollassero (p. 85)

Nell'introduzione alla parte dedicata alla fisiologia sensoriale della quarta edizione (pubblicata nel 2000) di quello che può essere considerato il più importante manuale delle moderne neuroscienze (*Principles of neural science* curato da Kandel, Schwartz e Jessell) troviamo le seguenti parole:

I colori, i suoni, gli odori e i sapori sono costruzioni mentali derivate dall'esperienza sensoriale. Essi non esistono come tali al di fuori del cervello. Possiamo dunque sciogliere il vecchio enigma: si produce o no un suono quando un albero cade e non c'è nessuno abbastanza vicino per udirlo? La risposta è no. Il suono, in quanto tale, si genera solo se le onde di pressione generate dall'albero che cade sono percepite dal cervello di un essere vivente (6).

Il riferimento all'albero che cade e al rumore che si è portati a credere esso debba inevitabilmente produrre ci offre l'occasione di considerare da un altro punto di vista il complesso ed elusivo rapporto che esiste tra energie ambientali e sensazioni. In presenza di oscillazioni meccaniche un organismo vivente provvisto di un sistema di percezione acustica percepisce una sensazione sonora se giungono ai suoi recettori auditivi (le cellule ciliate dell'orecchio interno) onde pressorie di

una certa intensità e frequenza. Ma se la vibrazione meccanica entra in rapporto con altri tipi di recettori (per esempio se il corpo vibrante -diciamo un diapason- viene posto a contatto con la cute in prossimità di articolazioni o sulla superficie palmare delle mani) allora, invece di sentire un suono, percepiremo qualcosa di nettamente diverso, una specie di formicolio, una sensazione a cui diamo il nome di vibrazione proprio perché di solito la associamo alla presenza di un corpo vibrante. Dunque lo stesso fenomeno meccanico -la vibrazione di un diapason- è in grado di produrre sensazioni del tutto differenti in rapporto ai diversi apparati sensoriali con cui interagisce. Nella realtà oggettiva esistono, quindi, oscillazioni meccaniche e in assenza di un determinato sistema sensoriale specifico e tipico di un determinato organismo vivente non si può affermare in modo univoco cosa sia il suono o la sensazione di vibrazione.

In riferimento a stimolazioni meccaniche (o di altro tipo) della cute o delle mucose, il discorso potrebbe essere allargato prendendo in considerazione per esempio l'azione esercitata sulla superficie corporea da una forte pressione meccanica. In risposta a uno stimolo di questo tipo un individuo normale percepisce sia la sensazione tattile di pressione sia quella fastidiosa (o al limite intollerabile) di dolore (anche se di solito non distinguerà in modo conscio tra i due fenomeni). Vi sono particolari situazioni neurologiche in cui si perde in modo specifico la capacità di sentire dolore (è quello che per esempio può capitare nella tabe dorsale -la forma grave della sifilide nervosa- o in situazioni molto rare come l'analgnesia congenita): in queste circostanze, in presenza dello stimolo meccanico violento si avvertirà ancora la pressione ma non si sentirà più il dolore (una condizione questa svantaggiosa per l'individuo che non sarà portato a reagire in modo appropriato ad azioni potenzialmente lesive, e potrà quindi andare incontro a conseguenze dannose).

Per quel che riguarda il problema generale del rapporto che esiste tra stimoli provenienti dall'esterno e sensazioni, questi esempi ci fanno apparire in modo chiaro le difficoltà a cui si andrebbe incontro assumendo che esista negli oggetti esterni una qualità sensoriale specifica per ogni possibile sensazione. Come ci ricorda Hermann von Helmholtz, il grande scienziato che nell'Ottocento ha dato un contributo fondamentale allo sviluppo della moderna fisiologia sensoriale, è stato anche sulla base della concezione che attribuiva l'esistenza nel mondo esterno di stimoli specifici per ogni specifica modalità sensoriale che nella fisica si è a lungo pensato alla presenza nei raggi solari (e in altre forme di radiazioni luminose) di un agente (o fluido) calorico responsabile della sensazione termica prodotta dall'irraggiamento, in aggiunta alla sensazione di luce responsabile della sensazione visiva (Helmholtz, 1867, vol. I, p. 265).

Il discorso potrebbe essere allargato considerando sensi meno convenzionali (molti dei quali del tutto sconosciuti all'epoca di Galileo, come il senso elettrico di molti pesci, il sistema di ecolocazione dei pipistrelli, il senso magnetico che contribuisce all'orientamento migratorio di alcuni uccelli, la capacità di rilevare l'angolo di polarizzazione della luce presente in alcuni pesci, rettili, e uccelli). In una prospettiva aristotelica per concepire l'esistenza di questi sensi sarebbe stato necessario assumere l'esistenza di altri sensibili specifici, in aggiunta agli enti fisici (corpuscoli, forze o energie) costitutivi dell'universo fisico (forze elettriche, magnetiche, oscillazioni meccaniche ad alta frequenza).

A proposito degli effetti di stimoli elettrici, basti pensare che mentre noi (che siamo privi di uno specifico sistema di elettrorecezione) proviamo una fastidiosa sensazione "elettrica" in presenza di correnti alternate di notevole intensità, i pesci provvisti di ecolocazione percepiscono con il loro senso elettrico mappe spaziali dell'ambiente in cui nuotano. Possono così, anche in totale assenza di luce, evitare ostacoli e identificare possibili prede o predatori (anche nascosti). Se questi pesci fossero capaci di immaginazione e di pensiero filosofico si meraviglierebbero forse del fatto che persone come noi, prive di senso elettrico, abbiano difficoltà anche solo a concepire l'esistenza di quelle "immagini elettriche" che rappresentano un aspetto fondamentale dei loro meccanismi di sopravvivenza. Tutto quello che abbiamo considerato finora ci fa intravedere dunque in Galileo un precursore della moderna fisiologia sensoriale. Siamo ben consci degli errori che sono in agguato per chi pretendesse di applicare allo studio storico interpretazioni basate sulle categorie del precorrimiento e dell'anticipazione. D'altra parte i decenni passati dalla pubblicazione della *Struttura delle rivoluzioni scientifiche* di Thomas Kuhn ci hanno reso consapevoli degli errori non meno gravi che sono stati compiuti da generazioni di storici e filosofi della scienza per i quali è stato dogma assoluto negare la possibilità di confronto tra idee scientifiche sviluppate in secoli diversi, come se, mutando i paradigmi, mutasse davvero il mondo e in epoche diverse le leggi fisiche e percettive facessero riferimento a principi razionali totalmente differenti e assolutamente privi di intercomunicabilità.

Sulla base delle conoscenze scientifiche della prima metà del Seicento Galileo non poteva certo anticipare gli sviluppi della fisiologia sensoriale moderna. Ma da attento scrutatore del reale e da vero filosofo com'era, egli si rendeva conto che l'assunzione dell'esistenza oggettiva di 'sensibili' propri per ciascun senso o per ciascuna sensazione avrebbe comportato una moltiplicazione ingiustificata degli enti o delle 'virtù' o 'affezioni' sensoriali (alla mano che si muove bisognava

attribuire l'*affezione* del solletico, bisognava poi trovare una qualità specifica per la sensazione termica, e così per ogni diversa sensazione era necessario invocare un nuovo 'sensibile'). Nella concezione aristotelica il numero e le caratteristiche dei sensibili propri era in rapporto col numero e con le caratteristiche degli apparati sensoriali degli individui senzienti. Questa era tra l'altro una delle ragioni per cui si tendeva a limitare il numero dei sensi e si rifiutava, sulla base di ipotesi ad hoc, la possibilità di sensazioni nuove. Una conseguenza particolarmente grave di ciò è stata la difficoltà per i fisiologi di riconoscere fino a tempi relativamente recenti alcune forme molto importanti di sensazione, come per esempio la sensibilità propriocettiva (quella che ci informa dello stato di tensione dei nostri muscoli e della nostra posizione nello spazio) e la sensibilità al movimento.

L'idea di un mondo pieno di qualità sensibili specificamente adattate ai sensi, e in particolare ai sensi dell'uomo, andava contro uno dei capisaldi della concezione della realtà a cui Galileo faceva riferimento. Sebbene l'universo sia regolato da leggi e come tale conoscibile dall'uomo, secondo il noto aforisma del Libro, sviluppato nella sua forma più nota proprio nel *Saggiatore*, esso non è scritto in un linguaggio specificamente adatto alla comprensione umana. L'allusione alla lingua matematica, e ai suoi caratteri ("triangoli, cerchi, ed altre figure geometriche, senza i quali mezzi è impossibile a intenderne umanamente parola") sta a significare non tanto e non solo la comprensibilità delle leggi della natura, ma anche - e sarei tentato di dire *soprattutto* - la difficoltà della lettura di un sistema di segni (quello matematico) che non corrisponde in modo immediato al linguaggio naturale dell'uomo.

In molti passi delle opere e delle lettere di Galileo ritorna, in contesti diversi, il tema di una natura caratterizzata da leggi 'inesorabili' e non accomodate all'intendimento umano. Si tratta di un tema sviluppato in modo specifico nell'ambito della discussione sul rapporto tra linguaggio delle Sacre Scritture e linguaggio della natura. Nella lettera a Benedetto Castelli del 21 Dicembre 1613 egli scrive:

procedendo di pari dal Verbo divino la Scrittura Sacra e la natura, quella come dettatura dello Spirito Santo, e questa come osservantissima esecutrice degli ordini di Dio; ed essendo, di più convenuto nelle Scritture, per accomodarsi all'intendimento dell'universale, dir molte cose diverse, in aspetto e quanto al significato delle parole, dal vero assoluto; ma, all'incontro, essendo la natura inesorabile e immutabile e nulla curante che le sue recondite ragioni e modi d'operare sieno o non sieno esposti alla capacità degli uomini, per lo che ella non trasgredisce mai i termini delle leggi imposteli (OG V, pp. 282).

In termini del tutto analoghi Galileo si esprime nella lettera del 1615 a Madama Cristina di Lorena dove, parlando dell'*aperto libro del cielo*, egli pone inoltre ben

in evidenza come sia difficile scrutare nel profondo i segreti della natura:

Né sia chi creda che la lettura degli altissimi concetti, che sono scritti in quelle carte, finisca nel solo veder lo splendor del Sole e delle stelle e 'l lor nascere ed ascondersi, che è il termine sin dove penetrano gli occhi dei bruti e del vulgo; ma vi son dentro misteri tanto profondi e concetti tanto sublimi, che le vigilie, le fatiche e gli studi di cento e cento acutissimi ingegni non gli hanno ancora interamente penetrati con l'investigazioni continuate per migliaia e migliaia d'anni (OG V, p. 329).

In una lettera scritta a Piero Dini il 21 maggio 1611, parlando a proposito dei satelliti di Giove da lui scoperti l'anno prima, Galileo mette in risalto un altro aspetto di questa indipendenza tra la realtà del mondo e la conoscenza che l'uomo ne può avere. Lo fa con riferimento alle magnifiche tavole botaniche del *Tesoro messicano*, un manoscritto che i Lincei si proponevano di pubblicare e che conteneva immagini di piante del nuovo mondo fino ad allora sconosciute agli studiosi europei (cfr. Freedberg, 2002):

[...] parrebbe arditezza, per non dir temerità, la mia, se dentro a gl'angusti confini del mio intendere volessi circoscrivere l'intendere et l'operare della natura. Adunque dovevo io li giorni passati, quando in casa l'Ill.mo et Ecc.mo S. Marchese Cesi, mio Signore, veddi le pitture di 500 piante Indiane, affermare, o quella essere una finzione, negando tali piante ritrovarsi al mondo, o vero, se pur fossero, essere frustratorie et superflue, poi che né io né alcuno de i circostanti conosceva le loro qualità, virtù et effetti? Certamente che io non credo che negl'antichi e più rozzi secoli la natura si astenesse di produr l'immensa varietà di piante et di animali, di gemme, di metalli et altri minerali; di fare ad essi animali ogni lor membro, muscolo et articolo; in oltre, che ella mancasse di muover le celesti sfere, et in somma di produrre et operare i suoi effetti; perchè quelle inesperte genti le virtù delle piante, delle pietre e de i fossili non conoscevano, gl'usi di tutte le parti degl'animali non intendevano, et i corsi delle stelle non penetravano: et veramente parmi che saria cosa ridicola il credere, che allora comincino ad essere le cose della natura, quando noi cominciamo a scoprirle et intenderle (OG V, p. 329).

Come la natura non comunica con l'uomo secondo un linguaggio specifico espressamente indirizzato ai suoi sensi, così per Galileo essa non riceve dalla conoscenza che l'uomo può averne alcuna giustificazione ontologica.

Nei *Massimi sistemi* il tema ritorna in un efficace intervento di Sagredo contro Scipione Chiaramonti il quale, per criticare l'opinione copernicana, asseriva che uguali movimenti non possono convenire «a nature sommamente diverse», perché, com'egli si esprimeva: *l'osservazione ci insegna, l'operazioni e i moti di nature diverse esser diversi; e la ragione lo conferma, perché altrimenti non avremmo ingresso per conoscere e distinguer le nature, quando elle non avessero i lor moti ed operazioni che ci scorgessero alla cognizione delle sostanze*.

Al principio aristotelico richiamato dal filosofo peripatetico l'arguto signore veneziano ribatteva:

*Sagr. Io ho dua o tre volte osservato ne i discorsi di quest'autore, che per prova che la cosa stia nel tale e nel tal modo, e' si serve del dire che in quel tal modo si accomoda alla nostra intelligenza, o che altrimenti non avremmo adito alla cognizione di questo o di quell'altro particolare, o che il criterio della filosofia si guasterebbe, quasi che la natura prima facesse il cervello a gli uomini, e poi disponesse le cose conforme alla capacità de' loro intelletti. Ma io stimerei più presto, la natura aver fatte prima le cose a suo modo, e poi fabbricati i discorsi umani abili a poter capire (ma però con fatica grande) alcuna cosa de' suoi segreti. Ci sono molti altri esempi di passi in cui Galileo ritorna su questo tema della inesorabilità e della indifferenza della natura rispetto alla conoscenza dell'uomo e ai tentativi infruttuosi di "quei filosofi, li quali vorriano pure accomodare le opere della natura alle loro invetrate opinioni" (OG XI, p. 107). E anche di come il modo di operare della natura tenda a eccedere i limiti che l'uomo, nella sua comprensione limitata, tende ad assegnargli. E' questo il tema della 'favola del sono' del *Saggiatore* in cui si parla dell'uomo di "ingegno perspicacissimo e d'una curiosità straordinaria" amante del canto degli uccelli e delle "voci e canti soavi", il quale, al termine di un lungo percorso di conoscenza, si ridusse a tanta diffidenza del suo sapere, che domandato come si generavano i suoni, generosamente rispondeva di sapere alcuni*



Fig. 6. La tavola con il senso del tatto dal *Penthaesteseion* di Casseri.

modi, ma che teneva per fermo potervene essere cento altri incogniti ed inopinabili (Galilei 1623, pp. 95-96; vedi Piccolino 2005).

Un tema che viene ripreso da Sagredo in una delle ultime pagine della prima giornata dei *Massimi sistemi* là dove egli dice:

Estrema temerità mi è parsa sempre quella di coloro che voglion far la capacità umana misura di quanto possa e sappia operar la natura, dove che, all'incontro, e' non è effetto alcuno in natura, per minimo che e' sia, all'intera cognizion del quale possano arrivare i più specolativi ingegni. Questa così vana prosunzione d'intendere il tutto non può aver principio da altro che dal non avere inteso mai nulla, perché, quando altri avesse sperimentato una volta sola a intender perfettamente una sola cosa ed avesse gustato veramente come è fatto il sapere, conoscerebbe come dell'infinità dell'altre conclusioni niuna ne intende (Galilei 1632, p. 94).

Nella sua visione teleologica, Aristotele, e dopo di lui l'aristotelismo cristiano sedimentatosi tra Medioevo e Rinascimento, consideravano il mondo solo in funzione dell'uomo e in rapporto all'uomo ne giustificavano l'esistenza. La concezione geocentrica nella cosmologia era solo uno degli aspetti di questo fondamentale antropocentrismo basato sull'idea che il sole, i pianeti e le stelle esistono solo per rendere possibile la vita sulla terra, e per esercitare sull'uomo una varietà di influssi (7). Nel cosmo aristotelico la scoperta di cose nuove poneva serie difficoltà perché era arduo immaginare che cose create o esistenti specificamente in funzione dell'uomo potessero essere esistite senza che per millenni l'uomo ne avesse avuto alcuna cognizione. Difficoltà ancora maggiori sarebbero sorte in rapporto all'apparizione di cose interamente nuove (nuovi oggetti celesti, ma anche nuove specie animali). Oltre ad essere centrato sull'uomo, l'universo aristotelico era un sistema chiuso perché nulla di veramente nuovo poteva verificarsi e svilupparsi al suo interno. Nell'ambito cognitivo, una terra al centro dell'universo, con il microcosmo umano al centro del macrocosmo, corrispondeva ad una situazione dell'uomo che era capace di conoscenza della realtà esterna solo perché poteva interpretare i segnali che la natura inviava continuamente e specificamente ai suoi sensi. Ma era questo un universo immobile e incapace di qualsiasi evoluzione, anche dal punto di vista sensoriale: sarebbe stato impossibile anche solo immaginare la comparsa di nuove strutture e nuove capacità sensoriali in assenza di sensibili propri predisposti, *ab origine*, per interagire con esse in modo specifico.

Oltre che togliere, con l'ipotesi eliocentrica, la Terra dalla sua posizione privilegiata al centro dell'Universo, la scienza nuova propugnata da Galileo contribuiva a privare l'uomo dello statuto di destinatario privilegiato di un linguaggio specifico della natura e di metro conoscitivo del reale. Era questo il prezzo che l'umano

narcisismo doveva pagare, per aumentare, attraverso nuovi metodi di indagine, la sua capacità di una conoscenza efficace (e non antropocentrica) delle leggi del Mondo. Ma anche la condizione per impostare su basi nuove il problema della fisiologia sensoriale. Un contributo, quello di Galileo al tema dei sensi come via fondamentale ma problematica dell'umana conoscenza, destinato ad esercitare, anche se non in modo appariscente, un'influenza importante sul dibattito filosofico tra Sei e Settecento per poi tornare a porsi al centro della fisiologia sensoriale, soprattutto attraverso la mediazione di Kant. Nella *Critica della Ragion pura*, il filosofo tedesco riprenderà quasi alla lettera le affermazioni dello scienziato pisano sulla insussistenza oggettiva di colori, sapori, e considererà le qualità sensoriali come definibili solo in relazione al soggetto senziente, proprio come Galileo aveva scritto circa un secolo e mezzo prima. L'estetica Kantiana esercitò una profonda influenza sulla scienza tedesca dell'Ottocento, e rappresentò il riferimento filosofico da cui Johannes Müller e il suo allievo Hermann von Helmholtz attinsero le basi filosofiche della moderna fisiologia sensoriale (vedi Müller 1837-1840; e Helmholtz 1867). Un'ulteriore prova questa di quella grande fecondità delle idee scientifiche le quali, per usare una metafora cara a Giovanni Vailati, come i bacini dei grandi fiumi si sviluppano spesso secondo linee irregolari e intricate, con apporti in alcuni casi prevedibili, e sembrano a volte scomparire, quasi che sprofondassero nel sottosuolo, per riaffiorare poi a distanza di secoli, rigogliose e feconde di inattesi sviluppi.

Marco Piccolino

Note

(1) Per esempio a p. 24 Simplicio dice: *Aristotile, come quello che non si prometteva del suo ingegno, ancorché perspicacissimo, più di quello che si conviene, stimò, nel suo filosofare, che le sensate esperienze si dovessero anteporre a qualsivoglia discorso fabbricato da ingegno umano, e disse che quelli che avessero negato il senso, meritavano di esser gastigati col levargli quel tal senso.* Alle pp. 47 e 48, alla domanda di Salviati: *Il medesimo [cioè Aristotele] non afferm'egli che quello che l'esperienza e il senso ci dimostra, si deve anteporre ad ogni discorso, ancorché ne paresse assai ben fondato? e questo non lo dic'egli risolutamente e senza punto titubare?*, Simplicio senza esitare risponde: *Dicelo.*

(2) L'opera di Lagalla è riportata, con le postille e annotazioni di Galileo, alle pp. 309-399 del III volume dell'Edizione Nazionale delle opere di Galileo. A questa edizione faremo da ora riferimento utilizzando la notazione OG seguita dall'indicazione del volume e numeri di pagina, seguendo la convenzione già adottata nella prime due parti di questo articolo per la citazione dall'Edizione Nazionale.

(3) Per uno studio recente delle radici dell'atomismo galileiano si veda Camerota, 2007. L'atomismo galileiano è stato discusso anche da William Shea (Shea, 1970) e da Pietro Redondi, il quale in un libro famoso ma discusso pubblicato

nel 1983 (*Galileo eretico*), attribuisce le ragioni della condanna di Galileo da parte della chiesa alle implicazioni teologiche delle sue concezioni atomistiche. Si veda anche Redondi 1985.

(4) Si tenga presente che a, dispetto del fatto che per gli atomisti greci e per Lucrezio le particelle minime della materia siano di per sé prive di colore, odore, sapore, ciononostante ricorre nei loro scritti, e in particolare in Epicuro, l'idea -totalmente diversa da quella sviluppata poi da Galileo- che la sensazione immediata sia necessariamente vera e non soggetta a fallacie. L'apparente fiducia nella veracità delle sensazioni -che per certi versi avvicina gli atomisti ad alcune posizioni di Aristotele- porta Epicuro ad affermazioni paradossali. Tra queste quella contenuta nella Lettera a Pitocle secondo cui il sole e la luna sono piccoli esattamente come piccola è l'immagine che di essi ci appare. (Cfr. Epicuro Opere pp. 47-48)

(5) Si veda Piccolino, 2003 e in particolare il Cap. 7, pp. 250-314

(6) Il brano si trova nell'introduzione a p. 412 del capitolo intitolato *Coding of sensory information* scritto da Esther P. Gardner e John H. Martin. Dopo Galileo riflessioni sulla insussistenza delle qualità sensibili in assenza di soggetti viventi capaci di percezione ricorrono nell'Ottocento nell'opera del grande fisiologo tedesco Johannes Müller e del suo allievo Hermann von Helmholtz, fisiologo, fisico e filosofo, uno dei fondatori della moderna fisiologia sensoriale.

(7) Si tenga presente che anche da questo punto di vista Galileo attinge, in funzione anti-aristotelica, ad alcune concezioni fondamentali degli atomisti antichi per i quali l'universo era infinito e non retto da leggi provvidenziali in funzione antropocentrica.

Bibliografia

- Aristotele *Opere*, (V edizione), vol. 4. *Della generazione e della corruzione, Dell'anima, Piccoli trattati di storia naturale* (Trad. di A. Russo e R. Laurenti), Laterza, Roma-Bari, 1998
- M. Camerota *Galileo, Lucrezio e l'atomismo*, in *Lucrezio, la natura, la scienza* a cura di M. Beretta e F. Citti. Olschki, Firenze, 2007 (in corso di stampa)
- G. C. Casseri *Inlivi Casserii ... Pentaestheseion, hoc est de quinque sensibus liber, organorum fabricam variis iconibus fideliter aere incisus illustratam, nec non actionem et usum, discursu anatomico & philosophico accuratè explicata continens* Venetiis: apud Nicolavm Misserinvm, 1609
- Epicuro *Opere* (a cura di G. Arrighetti) Einaudi, Torino, 1970
- D. Freedberg *The eye of the Lynx: Galileo, his friends, and the beginnings of modern natural history* University of Chicago Press, Chicago, 2002
- G. Galilei *Il Saggiatore...* Mascardi, Roma, 1623
- G. Galilei *Dialogo di Galileo Galilei sopra i due massimi sistemi del mondo* Landini, Firenze, 1632
- G. Galilei *Edizione Nazionale delle opere di Galileo* 20 voll. (a cura di A. Favaro e I. Del Lungo), G. Barbera, Firenze, 1890-1909
- G. Galilei e M. Guiducci *Discorso sulle comete* Nella Stamperia di Pietro Ceconcelli, alle Stelle Medicee, Firenze, 1619
- R. L. Gregory *Eye and Brain, The psychology of seeing* V edizione riveduta, Oxford University Press. New York, 2005
- H. Helmholtz *Optique physiologique* (ed. francese in due volumi a cura di E. Javal e N. Th. Klein dell'opera originale tedesca *Handbuch der physiologischen Optik*), Parigi, Masson, 1867

Kandel, Schwartz e Jessell *Principles of Neural Science* IV Edizione, McGraw Hill. New York, 2000
T. S. Kuhn *The structure of scientific revolutions* University of Chicago Press, Chicago, 1962
G. C. Lagalla *De Phenomenis in Orbe Lunae, Novi Telescopi Usu...* Apud Balionum, Venezia, 1612
T. Manzon *Aristotele e il cervello: le teorie del più grande biologo dell'antichità nella storia del pensiero scientifico* Carocci, Roma, 2007
J. Müller *Handbuch der Physiologie des Menschen für Vorlesungen* (2 voll.) Coblenz: J. Hölscher, 1837-1840
I. Newton *A Letter of Mr. Isaac Newton, Professor of the Mathematicks in the University of Cambridge; containing his New Theory*

about Light and Colors, in PHILOSOPHICAL TRANSACTIONS OF THE ROYAL SOCIETY OF LONDON, T. VI, pp. 3075-87. 1671/1672
M. Piccolino *Lo zuffolo e la cicala, Divagazioni galileiane tra la scienza e la sua storia* Torino, Bollati-Boringhieri, Torino, 2003
P. Redondi *Galileo eretico* Torino, Einaudi, 1983; nuova ed. Torino: Einaudi, 2004
P. Redondi *Atomi, indivisibili e dogma* QUADERNI STORICI, 1985, 20: 529-71, p. 543
W. R. Shea *Galileo's atomic hypothesis* Ambix, 17: 13-27, 1970
G. Vailati *Alcune osservazioni sulle questioni di parole nella storia della scienza e della cultura* Fratelli Bocca, Torino, 1899

il più nobil' occhio,

che abbia mai fabbricato la natura. Io dico l'occhio del Signor Galileo Galilei primo Filosofo del Serenissimo Gran Duca di Toscana, occhio tanto privilegiato, e di tanto alte prerogative dotato, che si può dire, e con verità, ch'egli abbia visto più egli solo, che tutti gli occhi insieme degli uomini passati, ed abbia aperti quelli de' futuri, essendo toccato in gran sorte a lui solo, fare tutti gli scoprimenti celesti ammirandi a' secoli futuri nella via lattea, nelle stelle nebulose, ne' Pianeti Medicei, in Saturno, in Giove, in Marte, in Venere, nella Luna, e nel Sole stesso, e però è degno d'esser eternamente conservato, com'vna preziosa gemma, e tanto più, quanto ch'egli è stato ministro di quel suo maraviglioso intelletto eccitandolo a filosofare così altamente delle cose, ond'egli ha trapassato tutti gl'ingegni umani, i quali sin qui si sono intrigati à penetrare i più reconditi segreti della Natura; perdita veramente perniziosissima, e deploranda con lagrime vniuersali di tutti gli occhi umani, ed in particolare de' legittimi inuestigatori della verità.

L'elogio all'occhio di Galileo scritto nel 1639 da Benedetto Castelli, allievo prediletto di Galileo, nell'ambito di un *Discorso sulla visione* inserito in *Alcuni opuscoli filosofici del padre abate d. Benedetto Castelli* pubblicati a Bologna nel 1669. Negli ultimi anni della sua vita Galileo era diventato cieco e Castelli allude a quella circostanza scrivendo questo elogio in relazione ad alcune sue considerazioni sulle malattie dell'occhio.