

Galileo e i segni dei sensi

Marco Piccolino e Nicholas J. Wade

La scienza nuova contribuì a privare l'uomo dello statuto di destinatario privilegiato di un linguaggio specifico della natura e di metro conoscitivo del reale

Galileo e Keplero sono celebrati nel 2009, anno internazionale dell'astronomia. Quattrocento anni fa Galileo puntò verso il cielo il telescopio, da lui perfezionato a partire da un modello di modeste prestazioni fabbricato in Olanda, e descrisse le montagne e i crateri di cui la Luna è costellata. Con queste osservazioni (e con le altre che andò poi accumulando in uno straordinario crescendo) egli mise in crisi l'immagine tradizionale dei corpi celesti come sfere perfette e immutabili, diversi in modo essenziale dalla Terra, luogo di imperfezione e di mutabilità. Nella primavera del 1610 Galileo pubblicò il *Sidereus Nuncius*, un *instant book* dal fascino straordinario: "avviso astronomico", ma anche messaggio che, per la sua forza travolgente, balena tra gli spazi siderei, annuncio fondante della nuova scienza, con toni di religiosità laica che richiamavano al lettore d'inizio Seicento l'annuncio per eccellenza, quello dell'angelo a Maria. Le immagini che rappresentano l'opera (derivate dagli acquerelli e dai disegni di Galileo) e in particolare quelle che illustrano il variabile aspetto di luci e ombre sulla superficie lunare avrebbero contribuito a minare per sempre, con la loro potenza espressiva, la cosmologia tradizionale di Aristotele e Tolomeo, dando un impulso fondamentale alla rivoluzione scientifica del Seicento (vedi Fig. a pag. 58).

Il 2009 segna anche il quarto centenario della pubblicazione dell'*Astronomia Nova* in cui Keplero dimostrò che i corpi celesti si muovono non secondo i moti circolari perfetti della cosmologia classica ma percorrendo orbite ellittiche. L'astronomo tedesco dava così il suo contributo fondamentale alla rivoluzione cosmologica messa in moto nel secolo precedente da Copernico, con la teoria che poneva al centro dell'universo non più la Terra ma il Sole.

Oltre che per le sue scoperte astronomiche, Keplero è ricordato per i suoi studi di ottica e, in particolare, per aver

individuato i meccanismi attraverso i quali si forma sul fondo dell'occhio un'immagine invertita del mondo esterno. Questa scoperta, ottenuta nel 1604, chiudeva una discussione millenaria della scienza occidentale che, in rapporto al meccanismo visivo, aveva sviluppato lungo i secoli numerose e a volte contrastanti teorie. Alle concezioni "intramissive" – basate sull'idea di raggi luminosi che entrano nell'occhio dall'esterno, si contrapponevano quelle "extramissive", fondate sull'idea di raggi proiettati dall'interno dell'occhio a scandagliare geometricamente il mondo esterno. Sebbene l'ipotesi alla base della teoria intramissiva (a cui aderì in particolare Aristotele) somigli in linea di principio alla concezione moderna, bisogna ricordare come prima di Keplero si ritenesse generalmente che il processo visivo iniziava nel cristallino (un corpo puro e trasparente e dunque più adatto, nell'idea di molti filosofi, ad entrare in rapporto con la luce che proviene dall'esterno). Con la sua scoperta Keplero poneva anche l'accento sulla retina come organo in cui inizia il processo visivo vero e proprio.

Alla sensibilità scientifica moderna, le teorie extramissive appaiono come poco comprensibili oggetti desueti della scienza antica e si fa fatica a pensare che ad esse aderirono studiosi del calibro di Euclide. Tra le ragioni che giustificavano agli occhi di molti questa teoria v'era l'esperienza del lampo di luce che appare premendo con un dito il globo oculare anche nella più profonda oscurità, indizio – per gli antichi autori – che è dall'interno dell'occhio che nasce la "luce" vera a cui è affidato il meccanismo visivo.

Con Keplero, nasceva l'ottica fisiologica moderna che, nel suo sviluppo successivo, si differenziò poi nettamente dall'approccio classico in cui ottica vera e propria, psicologia, teoria della visione e della conoscenza erano strettamente collegate.

La rivoluzione astronomica, e più in generale il rinnovamento scientifico propugnato da Galileo, dipendono in un modo fondamentale da una nuova concezione del rapporto sensoriale dell'uomo col mondo esterno che lo scienziato pisano sviluppò con straordinaria perspicacia quattro secoli fa. È significativo peraltro che, pur conoscendo gli scritti del collega tedesco, Galileo non fece alcun riferimento alle nuove scoperte visive di Keplero. In effetti, per quel che riguarda il meccanismo ottico vero e proprio, lo scienziato pisano non sviluppò teorie né riflessioni significative, e aderì, probabilmente senza particolari convinzioni, a teorie ampiamente *outdated*.

A dispetto di ciò le riflessioni sul processo visivo sviluppate da Galileo nei suoi scritti furono straordinariamente rivoluzionarie, e, in alcuni dei loro momenti più significativi, sembrano sviluppare alcuni dei principi fondanti delle moderne neuroscienze sensoriali. L'elaborazione galileiana riguardò in primo luogo la visione, ma si estese anche agli altri sensi e più in generale al processo generale della conoscenza, articolandosi secondo due linee principali che potremmo definire di tipo psicologico-cognitivo e di tipo filosofico. Sono questi aspetti dell'opera di Galileo, poco analizzati a dispetto del grandissimo numero di studi dedicati a Galileo negli ultimi decenni, che prenderemo principalmente in esame in questo articolo.

Macchie solari e confronti impossibili

Evidente già nel *Sidereus Nuncius*, la straordinaria capacità di Galileo di riflettere criticamente sulle apparenze visive e sui sensi in generale perché se ne possa trarre elementi utili a una conoscenza profonda del reale si sviluppa in modo esplicito nelle opere successive, sia nei testi pubblicati che nelle sue numerose lettere. Uno degli elementi fondamentali di questa riflessione riguarda l'intima convinzione che i sensi sono potenzialmente fallaci, e che ciò che appare fornisce solo indizi imprecisi e ambigui per la conoscenza del reale. Solo attraverso una profonda e complessa analisi è, per Galileo, possibile, partendo dai dati sensoriali, giungere a una vera conoscenza del mondo attorno a noi.

Al fine di rivelare la natura potenzialmente fallace delle apparenze sensoriali, Galileo fece un uso magistrale degli esperimenti mentali. Una delle prime occasioni pubbliche



in cui questo atteggiamento appare in modo perspicuo riguarda la polemica che lo contrappose al gesuita tedesco Christoph Scheiner sulle “macchie solari”, cioè le zone scure del disco solare che, per la loro apparenza e mutabilità, sembravano mettere in crisi la perfezione e immutabilità aristotelica dei corpi celesti. Galileo situava le macchie solari sulla superficie stessa del Sole (o in stretta prossimità), mentre Scheiner, nel tentativo di salvare la cosmologia classica, attribuiva l'apparenza delle macchie a una congerie di minuti satelliti solari che nel loro variabile aggregarsi e disaggregarsi rendevano anche conto della mutabilità delle macchie.

Senza entrare nel cuore di questa polemica, già abbastanza analizzata dagli studiosi, ci limiteremo qui a considerare l'osservazione critica che Galileo svi-

luppa in merito a una affermazione del suo antagonista: «Nel Sole, che è un corpo splendidissimo, porre delle macchie, e addirittura molto più nere di quelle che si sian mai viste sulla luna [...] mi è sembrato sempre fuor di proposito, e in verità non appare neppure verosimile» [1, p. 2].

La critica dello scienziato pisano si appunta inizialmente su quel “più nere” l'attributo usato da Scheiner per indicare le macchie scure che Galileo vorrebbe porre sulla superficie solare. Conscio degli effetti del contrasto spaziale sulle apparenze visive (e della necessità che confronti visivi debbano farsi in condizioni comparabili perché possano condurre a giudizi affidabili della luminosità reale degli oggetti), Galileo dà all'incauto Scheiner una lezione di psico-fisiologia visiva *ante litteram*. Egli dimostra che, se fosse possibile osservare le macchie solari e le apparenze lunari sullo sfondo dello stesso background visivo, allora le macchie solari non solo non apparirebbero più scure delle zone scure sulla Luna, ma sarebbero addirittura più chiare delle zone più luminose della Luna. Il confronto appare però fisicamente impossibile perché, avvicinandosi al Sole nel corso del suo moto celeste, la Luna entra nella fase di luna nuova divenendo quindi invisibile. Galileo fa dunque ricorso a un sofisticato esperimento mentale, utilizzando Venere, il più luminoso dei pianeti, come elemento intermedio del confronto.

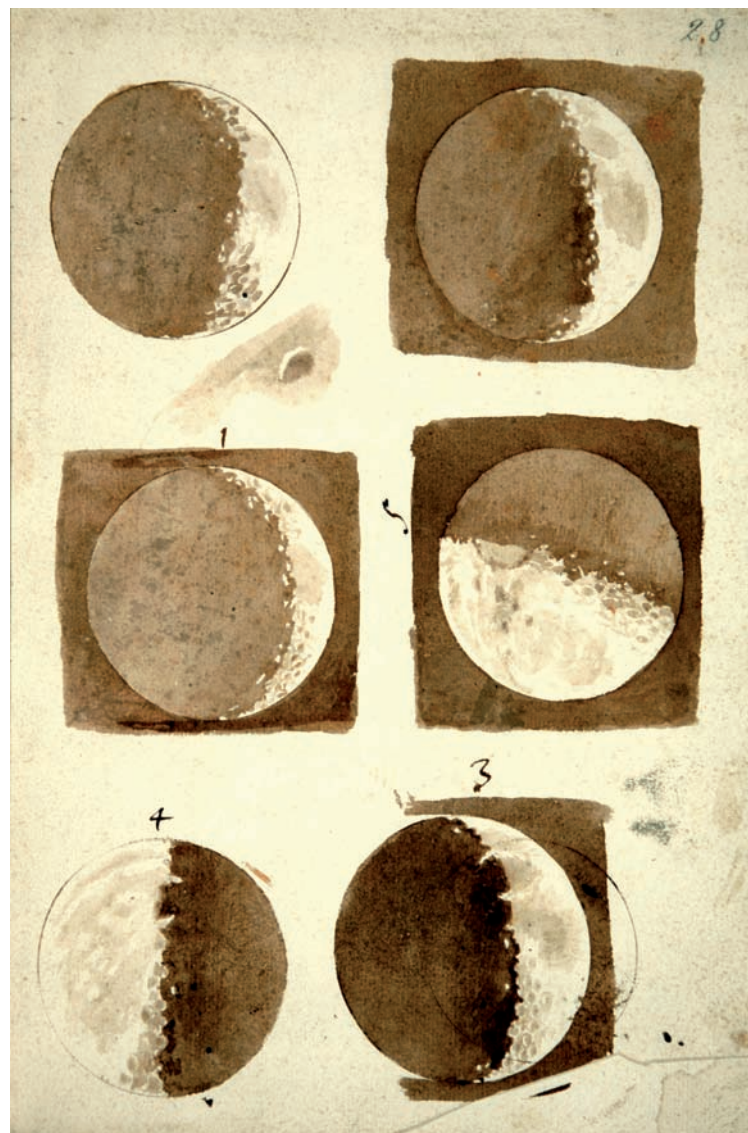
Venere – egli nota – diviene invisibile quando viene a trovarsi in prossimità del disco solare. Le osservazioni astronomiche mostrano, d'altra parte, che le macchie solari sono non meno luminose del circolo luminoso circumsolare (che appare in effetti scuro nelle condizioni necessarie per l'os-

servazione telescopica diretta del Sole). Su questa base lo scienziato pisano conclude: «Se dunque l'oscurità delle macchie solari non è maggior di quella del campo, che circonda il medesimo Sole; e se, di più, lo splendore della Luna resterebbe impercettibile nella chiarezza del medesimo ambiente, adunque per necessaria conseguenza si conclude, le macchie solari, non essere punto men chiare delle parti più splendide della Luna, benché situate nel fulgidissimo campo del disco solare ci si mostrino tenebrose, e nere, e se esse non cedono di chiarezza alle più luminose parti della Luna, quali saranno elleno in comparazione delle più oscure macchie della Luna?» [2, p.14].

La luce oscura

Nell'ambito della stessa discussione, Galileo sviluppa, sempre sulla base di un esperimento mentale, un altro importante confronto, questa volta tra superficie lunare e superficie terrestre. Egli arriva a dimostrare che se si potesse, dalla Luna, osservare la Terra sullo sfondo oscuro del cielo notturno, essa ci apparirebbe luminosa come un corpo celeste, addirittura più brillante di quanto non ci appaia di notte la Luna piena. Questa conclusione è di particolare rilievo nella lotta di Galileo contro la cosmologia tradizionale, basata, come abbiamo detto, su una separazione essenziale tra la Terra (corpo intrinsecamente oscuro e per sua natura incapace di riflettere i raggi solari), e la Luna (e gli altri corpi celesti) dalla superficie perfettamente levigata e riflettente come specchio o cristallo purissimo.

Una delle argomentazioni più importanti sviluppate da Galileo a questo proposito in molti dei suoi testi riguarda la cosiddetta "luce oscura" della Luna, o "candore lunare", la debole luce che in particolari condizioni si può intravedere sulla superficie oscura della Luna. Convinto che la Terra, quando è illuminata dal Sole, riflette i raggi luminosi ancor più potentemente della Luna piena, Galileo sostiene che il



La superficie della Luna con le sue montagne e crateri in diversi momenti delle fasi lunari negli acquerelli originali dipinti da Galileo sulla base delle sue prime osservazioni telescopiche (Biblioteca Nazionale Centrale, Firenze).

“candore lunare” è dovuto principalmente alla luce secondaria riflessa dalla Terra verso la Luna.

Su questo argomento si sviluppa negli ultimi anni della vita dello scienziato pisano una importante disputa con un filosofo tradizionalista, Fortunio Liceti, il quale attribuisce il fenomeno a una fosforescenza analoga a quella della “pietra di Bologna”, un minerale le cui singolari proprietà luminose erano state descritte all'inizio del Seicento dall'alchimista bolognese, Vincenzo Casciarolo. Al fine di salvare i postulati della cosmologia aristotelico-tolomaica, Liceti obiettava a Galileo, che, mentre la luminosità lunare vera e propria è così intensa da rischiarare di notte la Terra, la luce oscura della Luna è così debole che a malapena se ne può discernere la presenza con l'attenta osservazione.

Lo studioso pisano, che sull'argomento scrive il suo ultimo testo scientifico (nella forma di lunga lettera poi pubblicata nel 1642, anno della morte di

Galileo, da Liceti stesso), contesta al filosofo la necessità di osservare la luminosità della Luna e quella della Terra in condizioni visive simili perché si possa arrivare a conclusioni valide sulla luminosità effettiva dei due pianeti. Questo richiederebbe – come Galileo osserva – che l'osservatore, il quale può facilmente guardare la Luna sullo sfondo del cielo notturno, si trasporti sulla superficie lunare per rimirare di lì la Terra illuminata dal Sole, anch'essa sullo sfondo oscuro del cielo. Condizione possibile a realizzarsi, almeno prima dei voli spaziali, solo nella fantasia di poeti e scrittori.

Facendo di nuovo ricorso a un esperimento mentale, Galileo dimostra, contro ogni immediata apparenza, che il “candore lunare” è di fatto più intenso della luce che la Luna riflette sulla Terra. Nel confronto impossibile tra la debole luminosità della Luna e quella che indica come “luce della luna in terra”, egli mette in campo come termine intermedio la luce del crepuscolo. Il candore lunare – egli dice – si rivela già nelle fasi iniziali del crepuscolo, mentre gli effetti

dell'illuminazione lunare sulla Terra si rendono evidenti solo molto dopo il tramonto. Conscio della natura ingannevole delle apparenze, Galileo fa, a riguardo, riferimento a fenomeni percettivi più affidabili dell'impressione luminosa immediata. Egli osserva come i dettagli minuti nelle immagini visive siano più facilmente rilevabili nella luce del crepuscolo che, a notte fonda, in presenza della Luna piena. Bisogna inoltre attendere molto dopo il tramonto perché si rendano evidenti le ombre di oggetti illuminati dalla luce lunare. Ed aggiunge poi: «Osservisi qualche grande edificio posto sopra luogo eminente, in lontananza da noi di quattro o sei o più miglia: certo per assai lungo spazio dopo il tramontar del Sole dureremo noi a scorgerlo bene, e tal vista non perderemo se non dopo notevole diminuzione del lume crepuscolino; ma se estinta la illuminazione del crepuscolo, sopravverrà la illuminazione del plenilunio, potrà molto bene accadere che il medesimo edificio più da noi non si scorga. Cede dunque di assai il lume della Luna al Lume del crepuscolo: ma all'incontro, per scorgere il candore nella Luna non ci fa di mestiero aspettare che tanto si debiliti il lume crepuscolino, ma di non piccol tempo avanti che la Luna muova l'ombra, lo vediamo biancheggiare nel medesimo lume crepuscolino: cede dunque il terrestre lume di Luna al candore della lunare superficie» [3, p. 512].

Le montagne sulla Luna non si vedono

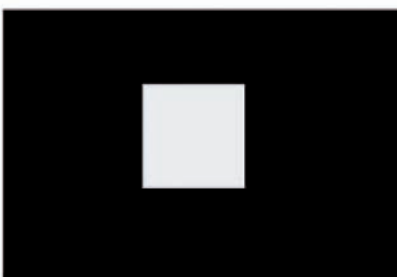
Uno dei testi in cui meglio si evidenzia la concezione di Galileo sul peculiare rapporto tra immediate apparenze sensoriali e conoscenza profonda del reale è la lettera che egli indirizzò nel 1611 al gesuita Cristoph Grienberger, nel pieno delle discussioni stimolate dalla pubblicazione del *Sidereus nuncius*. L'occasione immediata fu una critica formulata da uno dei gesuiti del Collegio di Parma a proposito di un punto relativamente minore delle scoperte galileiane, la presenza di montagne sull'estremo bordo della Luna. Galileo aveva affermato la presenza di montagne e irregolarità su tutta la super-

ficie lunare, a dispetto del fatto che, alla visione telescopica, il bordo risultasse netto e privo di ogni asperità. I gesuiti contestavano la sua conclusione, e prendevano da qui lo spunto per tentare di dare una lezione di metodo scientifico allo scienziato pisano con frasi che tradotte in italiano suonano così: «Quello che nel secondo luogo abbiamo premesso è: nell'estrema periferia della parte della Luna che noi vediamo, cioè in quella che gli astronomi indicano come parte visibile, non si ritrova la presenza di montagne di questo tipo. E questo per l'ovvio motivo che non v'è ragione, o apparenza visiva, o fenomeno che ci forzi ad asserire la loro presenza. [...] Appaiono, invece, come abbiamo osservato, in quella parte della Luna che guarda verso la Terra delle sporgenze? V'è dunque motivo di affermare che [queste sporgenze] vi siano» [4, p.304].

Nella sua risposta a questa critica Galileo chiarisce in primo luogo le ragioni per cui, pur non apparendo irregolarità al bordo della Luna, non si può affermare che non vi siano monti anche lì (come nel resto della superficie lunare). Lo fa invocando le leggi della prospettiva e della visione, e in particolare il fatto che, quando la linea dello sguardo e la direzione dei raggi luminosi sono all'incirca paralleli, non si crea il gioco di luce e ombra che rende immediatamente percepibile la presenza di irregolarità su superfici lontane. Subito dopo egli discute la seconda parte dell'obiezione dei gesuiti e, in un modo che sembra paradossale, nega anche quello che sembra del tutto ovvio (e che gli avversari concedono di buon grado), sviluppando in modo molto incisivo il discorso sui limiti del processo visivo.

Riprendendo, quasi alla lettera, la domanda retorica con la quale il gesuita del collegio di Parma concedeva che sulla parte principale della Luna vi sono montagne, Galileo scrive: «Soggiungo: Scrive il Padre: Apparent in Lunae facie, quae terras aspicit, tumores?. Rispondo io di no, et dico che i tumori et eminenze della Luna (come eminenze) non solamente non si veggono o possono vedere da tanta distanza, ma non si scorgerebbero né anco dalla vicinanza di 100 miglia; sì come i nostri colli et

Contrasti di Luna. Due foto della Luna scattate rispettivamente di notte e di giorno sono messe a confronto con semplici immagini che mostrano gli effetti del contrasto spaziale sulla percezione visiva. Lo stesso quadrato grigio appare luminoso o scuro a seconda delle caratteristiche dello sfondo.



le maggiori montagne niente si discernerebbero sorgere da i piani, da un'altezza e lontananza di 50 miglia et di meno ancora. Come dunque sappiamo noi, la Luna esser montuosa? Lo sappiamo non col semplice senso, ma coll'accoppiare e congiungere il discorso coll'osservazioni et apparenze sensate, argumentando in simil guisa» [4, p.183].

Subito dopo Galileo mostra come l'affermazione della presenza di monti e crateri sulla superficie lunare non sia per lui frutto del semplice atto visivo dell'osservazione telescopica, ma sia invece il risultato finale di un esperimento complesso, basato sul confronto tra osservazioni successive e su considerazioni geometriche relative al cambiamento di posizione relativa tra Sole e Luna. Fa inoltre appello alle sue profonde conoscenze pittoriche e, in particolare, al gioco delle ombre come mezzo attraverso cui l'occhio intuisce la tridimensionalità (e l'artista può quindi arrivare a suggerirla costretto com'è a utilizzare la superficie bidimensionale del dipinto).

Solo una concezione ingenua del processo visivo può farci credere che "le cose sono proprio così come le vediamo". Molto spesso, anche ciò che crediamo di vedere in modo immediato, è invece frutto di un processo abbastanza articolato e complesso, che ci permette di decifrare ciò che nelle apparenze visive è ambiguo e potenzialmente fallace. Un esempio per illustrare la provocatoria affermazione di Galileo è ora a nostra facile disposizione con le immagini satellitari della superficie terrestre facilmente reperibili in Rete. Osservando una di queste immagini ci possiamo rendere conto della forte ambiguità delle immagini di oggetti lontani, che ci impedisce di capire se una differenza di luminosità corrisponde, per esempio, a una elevazione o a una depressione, a un monte o a una valle, o non se di tratti invece di una foresta o di una distesa d'acqua.

Una filosofia sensoriale

È di grande importanza interrogarsi sulle 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 capitolo 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". Dopo aver individuato una serie di attributi degli oggetti esterni, a forte connotazione spaziale, di cui afferma la realtà oggettiva (forma, posizione, dimensione, movimento – le qualità primarie), Galileo passa a considerare altri aspetti di cui nega un'esistenza specifica e indipendente dalla sensazione che di essi si può avere: «Ma che né 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» [5, p.199].

Galileo chiarisce poi il suo pensiero sviluppando in modo incisivo il confronto tra gli effetti di una titillazione meccanica su un uomo o su una statua: «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 tocco, 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, verbigrizia, sotto le piante de' piedi, sopra le

La 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 l'usanza di parlare di luci (o onde) rosse, verdi, blu (e di tutti gli altri colori dello spettro visibile), ma questa

usanza è, come ora vedremo, fondata su presupposti fuorvianti.

Il fatto che noi percepiamo i colori essenzialmente sulla base della stimolazione differenziale prodotta da onde elettromagnetiche su tre diversi tipi di recettori retinici 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 560 nanometri, che in presenza di una opportuna combinazione di luci di 610 e 500 nanometri (o di altre coppie di luci) tali da produrre una stimolazione dei recettori del rosso e del verde esattamente corrispondente a quella prodotta dall'onda di 560 nanometri. Questo signifi-

fica che, partendo da una determinata sensazione, non possiamo poi risalire in modo univoco alla composizione spettrale della luce che l'ha prodotta. Ma c'è di più. L'esperimento in cui uno di noi ottiene esattamente la stessa sensazione di giallo con due tipi di luci diverse si verifica solo per lui, e solo in quanto egli possiede un 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 per lui ugualmente gialle le troverebbe 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 suo: 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).

ginocchia o sotto l'ascelle, sente, oltre al comun tocco, 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 errebbe chi volesse dire, la mano, oltre al moto ed al tocco, avere in sé un'altra facoltà diversa da queste, cioè il solleticare, sì che il solletico fusse un accidente che risedesse in lei. [...] 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».

Il senso di questo brano è abbastanza chiaro. Al di fuori del soggetto senziente (uomo o animale) 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, nella propria concezione atomistico-meccanica, Galileo tende a individuare con il movimento (e in particolare con l'azione meccanica di particelle "minime"), 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 solo in rapporto agli effetti dell'azione meccanica che si esercita su specifici meccanismi sensoriali presenti nell'animale o nell'uomo.

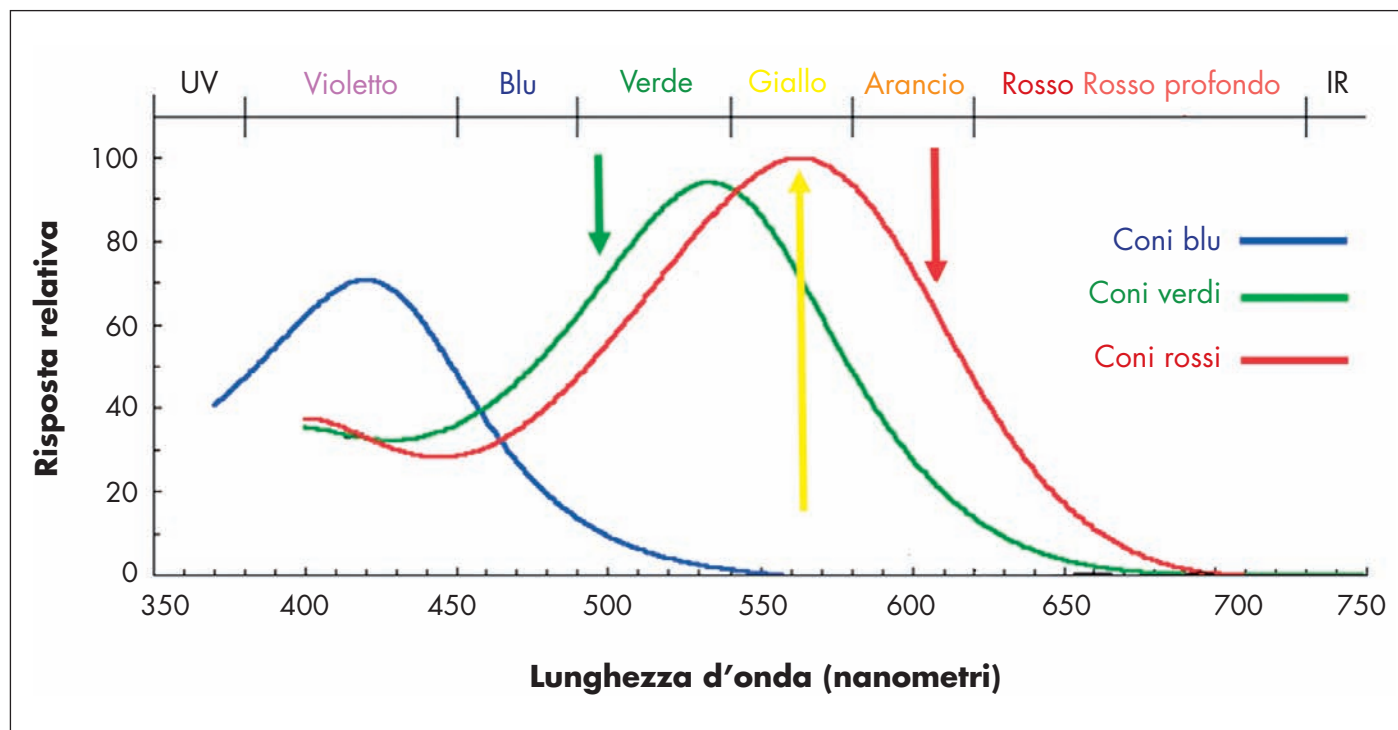
Con questa riflessione Galileo si poneva in netto contrasto con la tradizione aristotelica che attribuiva una realtà fisica oggettiva a tutte le qualità sensoriali. Per Aristotele il colore, il

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', espressione cioè di una qualità degli oggetti esterni indirizzata specificamente a un senso determinato (e, per questo, oggetto "proprio" di quel senso). Colore, odore e altri sensibili propri esisterebbero dunque in modo specifico nel mondo reale, indipendentemente dalla loro azione sull'individuo senziente (sebbene il verificarsi della sensazione *in atto* richieda l'interazione tra sensibile e senso corrispondente).

Ai sensibili propri Aristotele affiancava i sensibili comuni, cioè 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 obbiettivi del reale). Un'altra importante distinzione aristotelica riguardava 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. Scorgendo di lontano un uomo vestito di bianco posso sbagliare – diceva

Bande di sensibilità spettrale dei coni dei primati. Il colore delle tracce indica rispettivamente i cosiddetti coni blu, verdi e rossi. Per un soggetto dotato di questo tipo di visione dei colori, una luce monocromatica di lunghezza d'onda di circa 570 nanometri (freccia gialla) sarebbe difficilmente distinguibile dalla combinazione di due luci di lunghezza d'onda di circa 500 e 620 nanometri (rispettivamente freccia verde e rossa).



Aristotele – se affermo che egli è una certa persona di mia conoscenza (sulla base del fatto che questa persona di solito veste di bianco), ma non posso in alcun modo sbagliare nell'affermare che il suo vestito è bianco, perché il colore è sensibile proprio. Per Aristotele la possibilità d'errore entra in gioco solo in una fase successiva alla sensazione vera e propria, quando il dato di un senso deve essere associato in vario modo con i dati di altri sensi (come accade nel caso sia dei sensibili per accidenti e dei sensibili comuni), in un processo che implica di solito un atto di giudizio.

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. 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.

Quando 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», Galileo non sta semplicemente asserendo l'intrinseca soggettività delle sensazioni. In contrasto con la tradizione aristotelica ancora dominante alla sua epoca, egli afferma che la natura non ha sviluppato dei segnali specifici per comunicare per la via dei sensi con gli esseri viventi; o, per dirla con altre parole, che non esiste uno speciale linguaggio con cui la natura parla all'essere umano (e agli altri esseri animati) per essere ascoltata attraverso i sensi, un linguaggio specificamente accomodato alla capacità di questi. Per Galileo le sensazioni sono il risultato di un'azione esercitata sull'individuo provvisto di sensibilità da elementi della realtà puramente oggettivi e in sé sprovvisti di definite qualità sensoriali, elementi che Galileo tende a identificare con una materia in movimento di diversa rarefazione.



La madonna del Cigoli, nella basilica di Santa Maria Maggiore a Roma, contiene la prima rappresentazione della Luna dipinta come la vedeva Galileo.

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) indipendenti dagli esseri viventi, che i sistemi sensoriali, nel corso dell'evoluzione degli organismi, hanno imparato a utilizzare per rilevare l'informazione ambientale. 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 con specifici sistemi biologici di diversa complessità, ma tutti specificamente evoluti per integrare 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 (vedi box a pag. 60).

A proposito dei meccanismi alla base della visione dei colori si può dire 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. Ma un modo certo più espressivo ed efficace, sebbene apparentemente paradossale, è certo quello usato da Galileo quando nel *Saggiatore* diceva «che questi sapori, odori, colori, etc., per la parte del soggetto nel quale ci par che riseggano, non sieno altro che puri nomi».

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. 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 (1). 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 [6, p.85].

Galileo precursore dunque della moderna fisiologia sensoriale? Conclusione questa che certo ci esporrebbe all'accusa, ritenuta diffamante dagli storici moderni, di invocare le categorie dell'anticipazione e del precorrimiento. Sulla base delle sue conoscenze scientifiche 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 è tra l'altro una delle ragioni per cui per lungo tempo si tendeva a limitare il numero dei sensi e si rifiutava, facendo ricorso a ipotesi *ad hoc*, la possibilità di sensazioni nuove.

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 è per lui 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 solo la comprensibilità delle leggi della natura, ma anche – e saremmo tentati 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 e non è ac-

comodato alla sua immediata capacità di comprensione. 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.

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. Tanto nuove che solo ora ne cominciamo ad apprezzare il significato. ●

NOTA

(1) Il brano si trova a p. 412 dell'introduzione del capitolo *Coding of sensory information* scritto da Esther P. Gardner e John H. Martin per il libro di Kandel, Schwartz e Jessell *Principles of Neural Science* IV Edizione, McGraw Hill. New York, 2000.

BIBLIOGRAFIA

- [1] **SCHEINER C.**, *Tres epistolae de maculis solaribus scriptae ad Marcum Velsorum [...]*, Augustae Vindelicorum ad Insigne Pinus, Asburgo 1612.
- [2] **GALLEI G.**, *Istoria e dimostrazioni intorno alle macchie solari e loro accidenti: comprese in tre lettere scritte all'illustrissimo [...] Marco Velseri [...] dal signor Galileo Galilei*, Giacomo Mascardi, Roma 1613.
- [3] **GALLEI G.**, *Edizione Nazionale delle opere di Galileo* (a cura di A. Favaro e I. Del Lungo), voll. VIII, G. Barbera, Firenze 1898.
- [4] **GALLEI G.**, *Edizione Nazionale delle opere di Galileo* (a cura di A. Favaro e I. Del Lungo), vol. III, G. Barbera, Firenze 1892.
- [5] **GALLEI G.**, *Il Saggiatore, nel quale con bilancia esquisita e giusta ...*, Mascardi, Roma 1623.
- [6] **GREGORY R. L.**, *Eye and Brain. The Psychology of Seeing*, V edizione, New York-Oxford University Press, 2005.
- [7] **KEPLER J.**, *Ad Vitellionem Paralipomena*, Apud Claudium Marnium et Haeredes Iannis Aubrii, Frankfurt 1604.

Marco Piccolino
è professore di Fisiologia Generale e di Storia della Scienza all'Università di Ferrara.

Nicholas J. Wade
è professore di Psicologia Visiva all'Università di Dundee, in Scozia.