

Kim H. Veltman

### **Gli studi di Leonardo da Vinci sull'ottica**

*L'almanacco Italiano*, Florence, Vol. LXXX, (1980), pp.134-144.

Reprinted as: "Gli studi di Leonardo da Vinci sull'ottica," *Attualita Leonardiane*, Fondazione Leonardo da Vinci, (1980), pp.18-28.

---

*Questa nota è un'anticipazione di un libro di Kim H. Veltman, D. Phil., e di Kenneth D. Keele, M. D., FRCP.*

Un incontro casuale con il dottor K. D. Keele al Wellcome Institute di Londra, nel febbraio 1973, ispirò questo progetto, che ebbe dapprima il semplice proposito di stabilire se fosse esistito o no un fondamento sperimentale negli studi di Leonardo sulla prospettiva lineare. Dal 1973 fino al giugno 1975 furono ripetuti, nei momenti a disposizione, mentre io stavo ultimando gli studi di dottorato al Warburg Institute sostenuto dal Canada Council, vari esperimenti e prove che confermarono che c'era stato un fondamento sperimentale agli studi di Leonardo.

I risultati furono raccolti in un articolo che avrebbe dovuto essere pubblicato sulla rivista «Annals of Science». Un ulteriore reperimento di materiale condusse alla decisione che

*Figura 1. Leonardo da Vinci, Ms. C, fol. 11 recto. Passaggio di un fascio luminoso da un'apertura cruciforme ad uno schermo, ma con interposta sfera, collocata da Leonardo per studiare tutte le variazioni possibili.*

l'articolo doveva diventare un libro. Dal luglio 1975 al luglio 1977, l'aiuto del Wellcome Trust rese possibile l'ampliamento del progetto originario col prendere in considerazione tutti gli scritti di Leonardo sulla prospettiva lineare, sull'ottica e sulla visione. Quando il progetto ebbe inizio si presumeva che sarebbe stato portato avanti dal dott. Keele, col mio aiuto come assistente.

Comunque il dott. Keele, onorato dall'invito a dirigere una nuova edizione degli studi anatomici di Leonardo nella Collezione di Sua Maestà Windsor, ritenne che questo avrebbe portato delle limitazioni al tempo che avrebbe potuto dedicare al progetto, e che, quindi, tutta la responsabilità dello scritto doveva ricadere sull'assistente, e cioè su di me.

Con l'aiuto del Volkswagen Stiftung fu allora possibile redigere il Volume I, dedicato agli studi sulla prospettiva lineare di Leonardo,<sup>1</sup> ciò avvenne a Wolfenbüttel dall'agosto 1977 all'agosto 1978.

Continuando l'aiuto del Volkswagen Stiftung è stato possibile cominciare a redigere anche il Volume II, dedicato alle teorie ottiche e capacità visive in Leonardo: fino ad oggi sono stati scritti una introduzione, più due capitoli e mezzo. Uno schema dei suoi contenuti e degli scopi che il libro si propone è quanto ora farò seguire.

Il libro si aprirà dando un preliminare e generale sguardo alla letteratura minore, con riferimenti storici ai maggiori temi della storia dell'ottica, da Euclide a Keplero, per fornire una cornice entro la quale gli studi di Leonardo possano essere valutati. È stata quindi esaminata la fisica della luce in Leonardo. È stato dimostrato che si basava su una teoria di « percussione» che, alternativamente, costituisce una delle quattro «potenze» insieme a forza, moto e gravità, sulle quali Leonardo basa il complesso della sua scienza.

Un esame delle tradizioni medioevali e classiche ci permette di tracciare le origini di questo concetto di « percussione», risalendo al *De anima* di Aristotele che Leonardo sembra abbia studiato attentamente. Nel *De anima* Aristotele, incidentalmente, ha anche fatto un'analogia fra il rimbalzare di una palla e la natura della luce. Leonardo prende questo esempio, che Aristotele ha tolto dalla vita di ogni giorno, e che gli serviva per illustrare una visione essenzialmente organica del mondo, solamente per trasformarla in un sistema indipendente di spiegazione, essenzialmente meccanicistico della natura, che rimpiazzerà in breve tempo la visione aristotelica dalla quale discende. In altre parole la fisica della luce di Leonardo ci offre un legame critico fra Aristotele e Galileo. Gli altri termini-chiave della fisica della luce in Leonardo sono presi in esame, successivamente, nel libro: il punto, il raggio, la linea ecc., come lo sono i concetti basilari: la propagazione rettilinea, la velocità della luce ecc. Di nuovo la conoscenza della tradizione erudita emerge chiaramente. Nel definire il punto, Leonardo comincia a lavorare attorno ad Euclide. Prende anche una pagina dagli *Elementa picturae* dell'Alberti e la traduce dal latino, benché già esistesse una versione italiana dell'opera.

Gli studiosi che hanno preso alla lettera la definizione che Leonardo dà di se stesso come *omo senza lettere*, dimenticano che anche Cicerone descriveva se stesso in termini simili (*homo sine ingeniis, sine litteris*). Comunque non conferma niente il fatto che, sullo stesso foglio nel quale Leonardo esprime questa professione di modestia (un *topos*), egli abbia trascritto la frase con la quale si apre la *Metafisica* di Aristotele.

Lo studio della fisica della luce e delle ombre porta alla considerazione di una delle sue frasi più celebri: «*i corpi siano per similitudine tutti per tutta la circostante aria, e tutti ne la parte per corpo, figura e colore*» (A, 93 r.). Le radici di questo concetto devono ricercarsi nelle speculazioni filosofiche di Anassagora, che Leonardo cita esplicitamente a questo proposito.

A metà del XV secolo questa idea di Anassagora aveva spinto l'erudito cardinale, filosofo e matematico Niccolò di Cusa a descrivere Dio in questi termini. Per illustrare il concetto Niccolò si era riferito all'esempio di due specchi posti uno di fronte all'altro. Leonardo usa lo stesso esempio e, in aggiunta, esegue degli esperimenti con la camera oscura usandola come ulteriore chiarimento. La frase di Leonardo sulle immagini che «*son tutto per tutto e tutto in ogni parte*» viene quindi scelta e usata letteralmente dal suo collega Luca Pacioli che, di nuovo, la usa a dimostrazione dell'esistenza di Dio. Qui scopriamo quello straordinario groviglio con cui la filosofia, la teologia e l'ottica si compenetrano nel pensiero degli studiosi con i quali Leonardo dimorò alla corte di Milano verso il 1490. Lo stesso Luca Pacioli, incidentalmente, tenne una predica sulla prospettiva a Venezia, nel 1508, nella chiesa di San Bartolomeo.

Se il semplice esempio del balzare di una palla ci porta al centro della fisica della luce in Leonardo, un altro esperimento comune relativo all'immagine del sole nell'acqua, ci conduce al cuore delle sue teorie della visione. Gli antichi asserivano comunemente che l'occhio era come uno specchio, Leonardo adotta questa analogia ma di nuovo la trasforma: l'occhio, afferma, è come uno specchio con la direzione spostata in modo tale da permettere sia la penetrazione che la riflessione dell'immagine. Gli viene in mente che l'acqua possiede le stesse proprietà: le immagini possono penetrare la superficie dell'acqua e la stessa superficie può riflettere le immagini. Questa analogia spinge Leonardo a studiare le immagini nell'acqua per capire la natura delle immagini nell'occhio. Leonardo nota che la dimensione dell'immagine del sole nell'acqua varia quando cambia la distanza dell'occhio dalla superficie dell'acqua. Si ricorda dei suoi studi sulla prospettiva lineare; ha idea che la superficie dell'acqua, che «interseca» l'immagine possa essere migliorata da un vetro interposto e da questo punto di partenza sviluppa un'elaborata teoria.

Approfondendo la sua idea, nota che la pupilla stessa non è altro che un'altra intersezione (o *pariete*). Se la pupilla fosse più grande, pensa, l'intersezione sarebbe più grande. Questo pensiero lo conduce a dedicare almeno trenta pagine ad un problema che Galeno ha liquidato in una frase.

I risultati di questi studi sulla pupilla sono sbagliati e tuttavia drammatici. Perciò conclude *a)* che la dimensione apparente dipende dalla dimensione della pupilla e *b)* che la dimensione della pupilla, a sua volta, dipende dall'intensità della luce. Questa asserzione apparentemente inoffensiva lo porta non soltanto a negare ma a rigettare interamente la supposizione che la dimensione apparente è strettamente una funzione della dimensione dell'angolo visivo sotteso all'occhio. A causa di ciò egli rigetta la pietra miliare dell'ottica euclidea e l'intera tradizione che da essa aveva tratto ispirazione; così un pensiero apparentemente innocuo lo conduce a trasformare la struttura di analisi, da un gioco puramente astratto e geometrico, ad uno studio serio che possa spiegare per sempre il cambio di intensità della luce e delle ombre.



*Leonardo da Vinci, Ms. C, f. 9 recto. Quando la parete intermezza fra la sorgente luminosa e lo schermo è vicina alla sorgente luminosa, e allo schermo stesso la proiezione sullo schermo assume la forma dell'apertura.*

*Leonardo da Vinci, Ms. C, f. 10 verso. Quando la parete è lontana dallo schermo, la proiezione del fascio luminoso ha la stessa forma della sorgente luminosa.*

Leonardo esamina la pupilla non solamente come l'equivalente di una intersezione prospettica, ma anche come un foro di apertura, l'equivalente di una camera oscura. È al corrente di una disputa medioevale sull'ottica concernente le proprietà delle immagini dopo la loro uscita da una fessura: esse assumono la forma dell'apertura o quella della sorgente di luce? Tipicamente Leonardo rappresenta i suoi esperimenti usando sia aperture cruciformi, sia quelle rotonde tradizionali, triangolari e quadrate.

Gli scritti di Leonardo sulla camera oscura sono importanti per i suoi principi ottici. Usa dei congegni per dimostrare che le immagini hanno a) una sorgente puntiforme, b) sono guidate da una propagazione rettilinea, c) non si rilevano interferenze sull'intersezione, d) sono invertite dallo stenoscopio, e) variano come qualità di nitidezza dopo l'uscita dall'apertura, f) mischiano i loro colori con altre immagini, g) esistono «*tutto per tutto essa aria e tutto in ogni parte*».

La camera oscura è egualmente importante, in Leonardo, per la spiegazione dei processi della visione. Egli paragona la pupilla ad una camera oscura e così stabilisce che la pupilla invertirà le immagini. Nello stesso tempo, Leonardo considera le lenti cristalline nell'occhio, come l'equivalente di una palla d'acqua che, egli nota, inverte anch'essa le immagini. Come risultato rifiuta la possibilità che l'immagine si inverta solo una volta, com'è la vera spiegazione, poiché i suoi esperimenti con la camera oscura e le palle d'acqua lo hanno convinto che l'immagine si inverta due volte. Gli esperimenti, non le pure teorizzazioni, lo conducono fuori strada.

Considerando l'anatomia delle parti individuali dell'occhio fatta da Leonardo, la nostra conoscenza del contesto storico risulta decisiva. C'è, per esempio, un grande dibattito sull'uso del termine «luce» da parte di Leonardo che, talvolta, lo usa come sinonimo di «pupilla», talaltra come riferito ad una parte più ampia dell'occhio.

Il *De anima* di Aristotele si dimostra nuovamente istruttivo perché scopriamo che Aristotele paragonava la pupilla al lampo, da qui una fonte etimologica per la parola «luce» di Leonardo. Usando la parola «pupilla», Aristotele stesso non aveva ben chiaro se intendeva proprio la pupilla o il complesso anteriore della camera, limitato dalla cornea da vanti e dall'iride dietro. L'ambiguità di Aristotele ha delle ripercussioni sugli interpreti successivi. In arabo la parola per tradurre pupilla e occhio è la stessa. Così l'apparente imprecisione di Leonardo con. ferma ora quanto precisamente egli trasmetta le ambiguità racchiuse nella tradizione dell'ottica.

La chiara distinzione fra anatomia e fisiologia che noi apprendiamo nell'analisi medica non si trova negli scritti di Leonardo, e da qui risulterà la difficoltà di separare le descrizioni degli elementi individuali dell'occhio, per es. cornea, pupilla, *imprensiva*, ecc., dalla discussione sul loro funzionamento nel processo della visione. Considerando le condizioni normali della visione, si presenterà poi, nel libro, un esame di condizioni problematiche e commenti sulla patologia della vista negli scritti di Leonardo. .

Un capitolo sarà dedicato al problema delle illusioni ottiche, il tema principale dell'«*Ottica*» di Euclide. Noi abbiamo già ricordato che Leonardo rifiuta la supposizione di Euclide che gli angoli visivi, solamente, influenzino la grandezza visibile. Leonardo è

comunque ambiguo: in numerose occasioni egli continua a pagare la sua mancanza di sincerità alla teoria degli angoli visivi, solamente per indebolirla implicitamente con ricorsi a concreti esempi o prove derivanti dai suoi studi sulla prospettiva lineare.

Gli studi di Leonardo sulle luci e sulle ombre gli forniscono non solamente proposte per l'illuminazione degli studi degli artisti, ma anche le teorie su come i contrasti del chiaroscuro possano essere esteticamente vantaggiosi. Il problema di quanto gli studi ottici di Leonardo abbiano influenzato la sua pittura sarà affrontato nel capitolo finale del libro.

Gli studi leonardeschi sull'ottica e la visione sono inseparabilmente legati ai suoi interessi in campo astronomico. Infatti un'attenta lettura del *Ms. F* e del *Codice Arundel* conferma che nel 1508 Leonardo scrisse un trattato su «la terra e le sue acque», nel quale egli principalmente cercava di dimostrare che la terra era una «stella» come la luna e, viceversa, che la luna aveva oceani come la terra. Scrivendo questo trattato egli dovette indirizzarsi verso una teoria contrastante, secondo la quale la luna doveva considerarsi come uno specchio convesso. Nello stesso tempo egli sentiva la necessità di stabilire che lo scintillio delle stelle fosse infatti un'illusione che nasceva nell'occhio. Ruggero Bacon era stato contento di fare il punto i Leonardo voleva provarlo.

Per queste ragioni Leonardo decise che il suo trattato sulla terra e le sue acque, cioè il trattato sull'astronomia, necessitava di un'estesa prefazione sull'ottica. La prova di questa asserzione sarà fornita nella parte centrale del secondo volume, dove si cercherà di stabilire che il *Ms. D* costituisce un abbozzo dettagliato di questa prefazione sull'ottica; che il *Ms. F* ci offre un altro abbozzo della stessa prefazione e, in aggiunta, fornisce valide tracce relativamente al trattato astronomico vero e proprio, tracce provate e confermate da un'evidenza supplementare. L'appendice A discuterà le teorie di Leonardo sulla luna e gli altri pianeti e considererà questo in relazione al suo trattato di astronomia.

L'appendice B considererà le discussioni di Leonardo sui vari strumenti ottici, incluse le lenti, le lenti di ingrandimento e, infine, il difficoltoso problema del telescopio di Leonardo. Se noi tralasciamo per un istante la questione di come si possa interpretare l'invenzione del fol. 25 recto del *Ms. F*, c'è infine un punto veramente importante svolto da Leonardo su questo tema.

Seguendo una tradizione che può facilmente riallacciarsi a Tolomeo, via Witelo e Alhazen, Leonardo costruì degli strumenti per provare la natura della rifrazione passando attraverso differenti mezzi. In parecchie occasioni Leonardo afferma di aver costruito un congegno che avrebbe imitato la struttura dell'aria intorno alla terra. Sul *Ms. F*, fol. 33 verso, egli descrive la costruzione di tale congegno e ne fa un chiaro diagramma. Il congegno consiste in due emisferi di vetro, uno più grande due volte l'altro, onde consentire che il più piccolo possa essere inserito nel maggiore. Essi sono poi chiusi ermeticamente; si aggiunge poi acqua e si colora l'intera superficie del più grande emisfero, eccettuata una piccola apertura attraverso la quale l'occhio può vedere. La misura di questa apertura è chiaramente descritta: essa deve essere della grandezza di una lente (*quant'è una lenta*). Da un passo del *Codice Arundel*, fol. 279 verso, noi sappiamo che Leonardo adattò uno strumento simile per l'osservazione astronomica. Noi tutti sappiamo, perfino Seneca lo sapeva bene, che una palla d'acqua ha moderate proprietà di in-

grandimento e che sarebbe perciò servita come naturale precursore del telescopio come noi oggi lo conosciamo. Ciò che rende il passo di Leonardo così interessante e così importante è l'associazione dell'apertura del congegno ad una lente, perché, come è ben noto agli storici dell'ottica e dell'astronomia, il termine italiano tradizionale per telescopio è « lente di vetro ». L'abituale interpretazione del perché essi siano chiamati «lenti di vetro » è quella fornita dal prof. Vasco Ronchi; egli nota che essi sono così chiamati perché le loro lenti « sono modellate come lenticchie mangereccie »<sup>2</sup>, e stabilisce che questa è l'evidenza di una connotazione indegna. Il passo di Leonardo ci offre una etimologia molto diversa: « lente» è quasi un esempio di metonimia, dove il nome di una parte designa il tutto.

Se noi accettiamo questa interpretazione noi siamo forse più vicini di un gradino alla comprensione del contesto che ha dato origine all'invenzione del telescopio. Lo stesso Leonardo, che fa modelli dell'occhio in forma di palle d'acqua, fece anche modelli dell'occhio di solido cristallo. Un modello di cristallo solido del- congegno sul foglio 33 verso del Ms. F, ci illustra lenti concave e convesse. Il congegno di questo foglio è volto a riprodurre l'atmosfera. L'atmosfera è il tema principale di discussione sul foglio 25 verso del Ms. F e continua fino al fol. 25 recto, dove pure troviamo Leonardo a produrre il suo « *ochiale di cristallo* » che ha dato il via alla disputa sul telescopio di Leonardo.

Se noi accettiamo che il lavoro di Leonardo sulla rifrazione lo conduce dapprima ad uno studio sulle straordinarie qualità di ingrandimento delle sfere e delle emisfere ripiene d'acqua, che poi lo conduce, per analogia, a considerazioni sulle proprietà di ingrandimento delle sfere solide e delle emisfere, e questo, a sua volta, ad una primitiva forma di telescopio, noi abbiamo improvvisamente un contesto storico non solamente per un'allettante osservazione di Fracastoro una generazione più tardi, ma anche per esperimenti simili di Giambattista Porta, per i pregiudizi di Leonard Digges sul problema, in Inghilterra e all'incirca nel medesimo tempo, e, fondamentalmente, per gli interessi di Galileo per ciò che egli avrebbe scartato come strano congegno; e non ci sarebbe stato nuovamente quell'interesse per l'ottica originatosi a Firenze un secolo prima.

È previsto che l'abbozzo del Volume II sia ultimato nel dicembre 1979, che la revisione, la composizione, le note a piè di pagina, le illustrazioni e gli indici per entrambi i volumi richiederanno altri nove mesi, cosicché per la fine del giugno 1980 gli studi completi saranno pronti per la stampa.

---

<sup>1</sup> Un riassunto del volume I è stato preparato per il «Wolfenbütteler Renaissance Mitteilungen », Jg. 3 Heft, 1 Aprile 1979, pp. 26.29.

<sup>2</sup> Vedi, per esempio, Vasco Ronchi, *Science Brought to Trial*, «Pubblicazioni dell'Istituto Nazionale di Ottica », Arcetri, Firenze, Serie II, n. 1430, A. 27, n. 2, Marzo-Aprile 1972, p. 160.