

anno II, n. 9,
giugno 1999

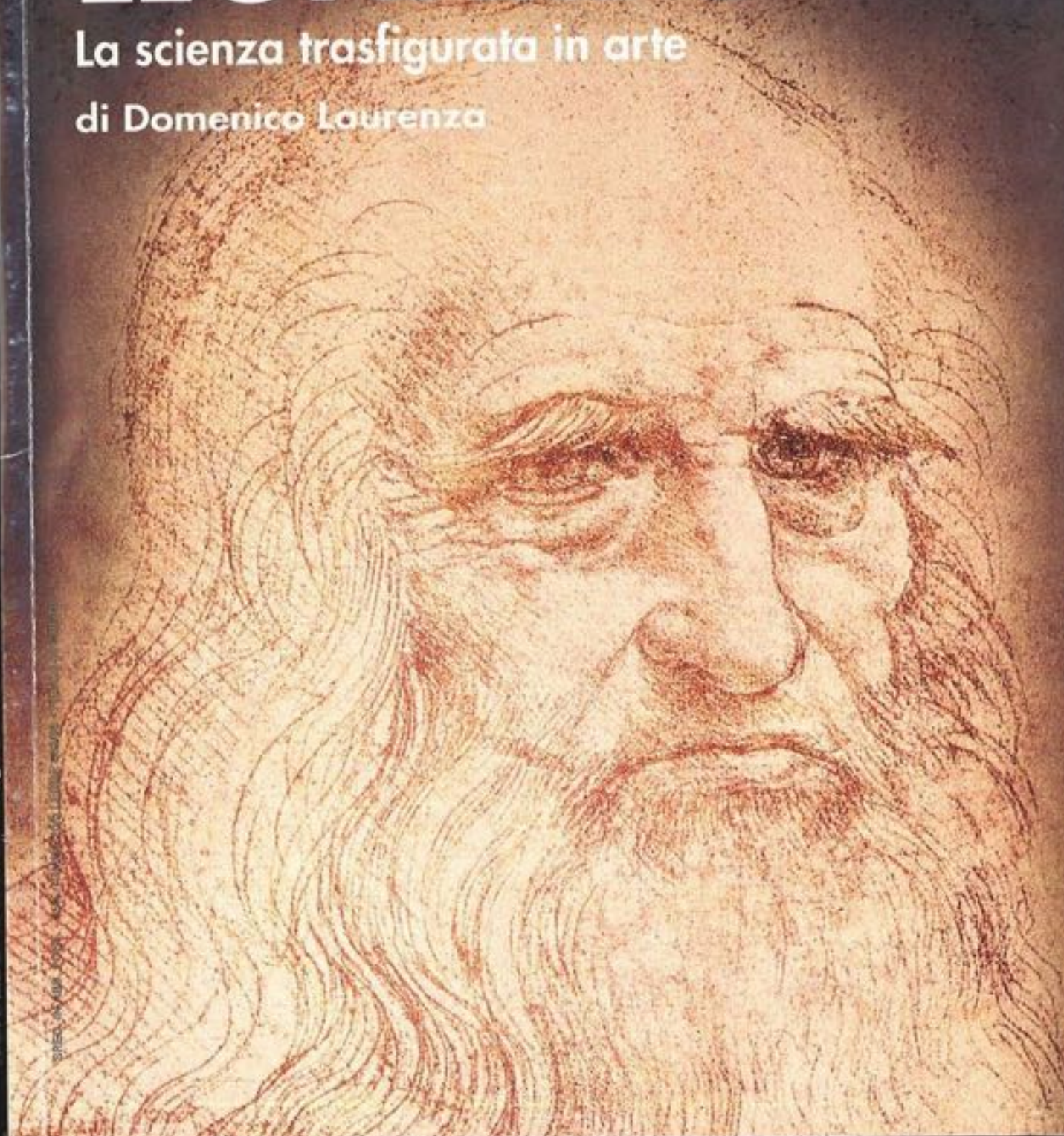
LE SCIENZE
SCIENTIFIC
AMERICAN

i grandi della scienza

LEONARDO

La scienza trasfigurata in arte

di Domenico Laurenza



SPINELLI & SPINELLI

Presentazione

Chi, interessato alla storia della scienza, leggerà questo volume su Leonardo da Vinci. Troverà teorie scientifiche espresse non solo in testi scritti, cui è magari più abituato, ma soprattutto in immagini e, spesso, in immagini che sono capolavori artistici.

Se Leonardo merita un posto di rilievo nella storia della scienza, oltre che in quella dell'arte, lo deve non al fatto che ha fantasticato - senza saperli realizzare - di sommergibili e macchine volanti, ma alla forma «visiva» in cui ha espresso la sua riflessione sulla natura. Questo è avvenuto in due modi: attraverso l'utilizzo di disegni e schemi visivi e attraverso la creazione di opere d'arte.

Ad esempio lo studio del movimento di acqua e aria diviene in Leonardo studio di una forma visiva: la spirale. L'importanza dell'immaginazione visiva nella ricerca scientifica viene sempre più riconosciuta dagli storici della scienza. L'immagine del «cerchio», come forma perfetta, gioca un ruolo importante nella affermazione da parte di Copernico di un universo eliocentrico o nella scoperta da parte di Harvey della circolazione sanguigna. In questo campo Leonardo è l'esempio più radicale: la sua ricerca scientifica non solo prende spunto da immagini ma avviene con immagini.

Ma non è tutto. Le immagini, le forme visive non sono arte. Leonardo è anche questo: trasfigurazione di una teoria scientifica in opera d'arte. Le figure che dipinge sono concepite a partire «dall'interno»: la Cecilia Gallerani o la Gioconda sarebbero incomprensibili senza la contemporanea ricerca anatomica. E qui il lettore, cultore o studioso di storia della scienza, comincerà forse a spazientirsi per davvero. Ma tant'è. Leonardo è questa anomalia.

Un'anomalia doppia. In primo luogo perché, spesso, una forma assolutamente innovativa da un punto di vista artistico nasce in lui dalla rielaborazione di teorie scientifiche legate al passato; ad esempio quando Leonardo, nella Gioconda, sfuma i contorni della figura, aprendo la strada a tutta l'arte del Cinquecento, parte non dallo sperimentalismo e dal matematismo, su cui si fonderà la nuova scienza, ma elabora in modo originale nozioni astratte della filosofia naturale scolastica, come anima, spiriti e spirituale. Secondo aspetto dell'anomalia, dopo Leonardo nella storia della scienza non si ripeterà un simile caso di coincidenza perfetta tra scienza e arte. Ma, da un lato è utile forse conoscere un esempio di come il «vecchio» possa generare il «nuovo», dall'altro non è detto che la storia debba occuparsi solo di continuità sociali e non anche di anomalie e casi individuali.

Domenico Laurenza



i grandi della scienza

direttore Enrico Bellone

LEONARDO DA VINCI: l'unificazione di arte e scienza

di Domenico Laurenza

Progetto grafico

Marco Cattaneo

Redazione

Massimo Scaglione

Impaginazione

Giovanna Salvini

Revisione bozze

Carlo Marcandalli

Copyright © 1999 by Le Scienze S.p.A.
Piazza della Repubblica 8, 20121 MILANO

Printed in Italy - Giugno 1999.

Tutti i diritti sono riservati. Nessuna parte dell'opera può essere riprodotta in qualsiasi forma o rielaborata con l'uso di sistemi elettronici o diffusa senza l'autorizzazione scritta dell'editore.

Direttore Responsabile: Carlo Caracciolo; Registrazione del Tribunale di Milano n. 39 del 24 gennaio 1998.

LE SCIENZE

edizione italiana di

SCIENTIFIC AMERICAN

Piazza della Repubblica, 8 - 20121 MILANO
Telefono: (02) 29001753 r.a. Fax: 6552908

Direttore

Enrico Bellone

Redazione

Adriana Giannini (caporedattore),

Marco Cattaneo (caporedattore),

Elena Bernacchi, Gianbruno Guerrieri,

Giovanna Salvini (grafica)

Massimo Scaglione

Segretaria di redazione

Luisa Degli Esposti

Direttore generale

Giovanni Ceschi

Responsabile dei servizi pubblicitari

Mimma Pisano

Pubblicità:

A. Manzoni & C. S.p.A.

Via Nervesa, 21 - 20139 MILANO

Telefono: (02) 574941.

Distribuzione per l'Italia

SO.D.I.P. Società di Diffusione Periodici

«Angelo Patuzzi» S.p.A. Via Bettola, 18

20092 Cinisello Balsamo (MI).

Fotolito

Fotolito Sebi s.r.l., via per Cinisello 9,

Nova Milanese (MI).

Stampa

Seregni S.p.A., via Puecher 2,

Paderno Dugnano (MI).

Marchio e denominazione SCIENTIFIC

AMERICAN e relativo logotipo sono

di esclusiva proprietà della società

Scientific American, Inc.

Copyright © 1999 by Le Scienze S.p.A.

Piazza della Repubblica 8, 20121 MILANO

1 *Presentazione* di Domenico Laurenza

4 *Pratica di bottega*

Predominano inizialmente in Leonardo sapere empirico e linguaggio visivo; la sua visione naturalistica tende a essere dominata dal movimento e dalla continua metamorfosi di forme

20 *Sanza lettere*

Durante il suo primo periodo milanese Leonardo scopre il «peso delle parole» e inizia faticosamente, ma con determinazione, a colmare le proprie lacune per potersi confrontare con la cultura ufficiale

30 *Oltre i limiti dell'artista-scienziato*

Nel Quattrocento l'emancipazione teorica degli artisti è già in atto; Leonardo la conduce a compimento superando i limiti che ancora vengono posti alle conoscenze scientifiche dell'artista



50

68

86

102

103

50 Antropocentrismo

I progetti leonardiani di trattazioni teoriche spaziano tra statica, meccanica, idrologia, ottica, proporzioni e teoria artistica; con un punto di convergenza: l'uomo e la sua anatomia



68 Metamorfosi

Il pensiero di Leonardo accentua definitivamente il proprio carattere più originale: fisico più che matematico, animalistico più che antropocentrico

86 Perdita del centro

La complessità della natura sembra vanificare il tentativo leonardiano di sintesi scientifica e artistica con un'eccezione: la creazione di immagini che, come fatte d'aria, assecondano il flusso degli elementi

102 Note biografiche

103 Letture consigliate

Fonti delle illustrazioni

p. 4, Ist. e Mus. di Storia della Scienza, Firenze; p. 5 in alto, da Hind, *Early Italian Engravings*; p. 5 in basso, Gall. degli Uffizi, Firenze; p. 6 al centro, da L. Premuda, *Storia dell'iconografia anatomica*, Milano 1993; p. 6 in alto, Bibl. Ambrosiana, Milano; p. 7 in alto, Bibl. Laurenziana, Firenze; p. 7 in basso, Bibl. Ambrosiana; p. 8, Ist. e Mus. di Storia della Scienza; p. 9 in alto, Uffizi; p. 9 in basso a sinistra, dalla mostra *Vivere nel contesto al tempo di Lorenzo*, Firenze-Catagoglio 1992; p. 9 in basso a destra, Windsor Castle Royal Library (RL); p. 10, 11 in alto e in basso, 12, Bibl. Ambrosiana; p. 13, Uffizi; p. 14, RL; p. 15, British Museum; p. 16 in alto, Uffizi; p. 16 in basso, da E. Simi Varanelli, *Artisti e donati nel Medioevo*, Istituto poligrafico e recita dello Stato, 1995; p. 17, Pinacoteca Vaticana; p. 18, Mus. del Louvre; p. 19 in alto, Bibl. Ambrosiana; p. 19 in basso, Coll. Bonnat, Bayonne; p. 20 Bibl. Trivulziana, Milano; p. 21, Louvre; p. 22, 23, 25, da Umberto Allemandi (a cura), *Le macchine di Valerio*, Torino 1988; p. 27, 29, Institut de France, Parigi; p. 30 in alto, Mus. dell'Op. del Duomo, Firenze; p. 30 in basso, Uffizi; p. 31, da mostra *Il giardino di San Marco*, Firenze 1992; p. 32 in alto, da *The Human Figure by A. Dürer*, Dover ed., 1972; p. 32 in basso, 33, RL; p. 34, da Nancy G. Strati, *Medieval and early renaissance medicine*, p. 35 in alto e al centro, Inst. de France; p. 35 in basso, Bibl. Ambrosiana; p. 36, Inst. de France; p. 37 in alto, Bibliothèque Nationale, Parigi; p. 37 in basso, da *Villard de Honnecourt*, Dreyfus, Jaca Book, Milano 1988; p. 39 in alto, Inst. de France; p. 39 in basso, Venezia, Accademia; p. 40, Inst. de France; p. 41 in alto, Bibl. naz. centrale, Firenze; p. 41 in basso, Inst. de France; p. 42, RL; p. 43, Rijksmuseum, Amsterdam; p. 44, Giovanna Salvini; p. 45, 46, Inst. de France; p. 47, Gemäldegalerie, Berlino; p. 49, Czartoryski Museum, Cracovia; p. 51, 52, 53, 54, 55 in alto, RL; p. 55 in basso, 56, 57 a sinistra, Inst. de France; p. 57 a destra, Biblioteca Nacional, Madrid; p. 58, Inst. de France; p. 59, Bibl. Nacional; p. 60, da E. Panofsky, *The Codex Mayernus*, Londra 1940; p. 61 in alto, Inst. de France; p. 61 in basso, RL; p. 62, Inst. de France; p. 63 Refettorio di Santa Maria delle Grazie, Milano; p. 64, Castello Sforzesco, Milano; p. 65, Gall. Naz. di Capodimonte, Napoli; p. 66, Inst. de France; p. 68, Accademia, Firenze; p. 69, 70, Bibl. Nacional; p. 72, RL; p. 73, National Gallery, Londra; p. 74, Bibl. Ambrosiana; p. 75, RL; p. 76, da M. Rosci, *Leonardo*, Milano 1976; p. 77 in alto, Szepesvárosi Múzeum, Budapest; p. 77 in basso, RL; p. 78, 79 in alto, RL; p. 79 in basso, Inst. de France; p. 80 in alto, da R. Pallucchini, *Tiziano*, Firenze, 1969; p. 80 al centro e in basso, RL; p. 80 in alto, Bibl. Reale, Torino; p. 81 in basso, Bibl. Vaticana; p. 82 in alto, sinistra e destra, Bibl. Reale; p. 82 in basso, Schlossmuseum, Weimar; p. 83, Louvre; p. 84, RL; p. 85 in alto Devonshire Collection, Chatsworth; p. 85 in basso, RL; p. 86, Bibl. Vaticana; p. 87, RL; p. 88, Inst. de France; p. 89 in alto, RL; p. 89 in basso, Inst. de France; p. 90 in alto e in basso a destra, RL; p. 90 in basso a sinistra, da C. D. O'Malley, *The illustrations of works of Andrea Vesalio*, N. Y., 1973; p. 91, Coll. Bill Gates, Seattle; p. 92 Inst. de France; p. 93, Louvre; p. 94 in alto, Bibl. Ambrosiana; p. 94 in basso, Bibl. Nacional; p. 95 Inst. de France; p. 96 in alto, 97, 98, RL; p. 99, Louvre; p. 100, 101, RL.

Per le restanti illustrazioni: archivio «Le Scienze».

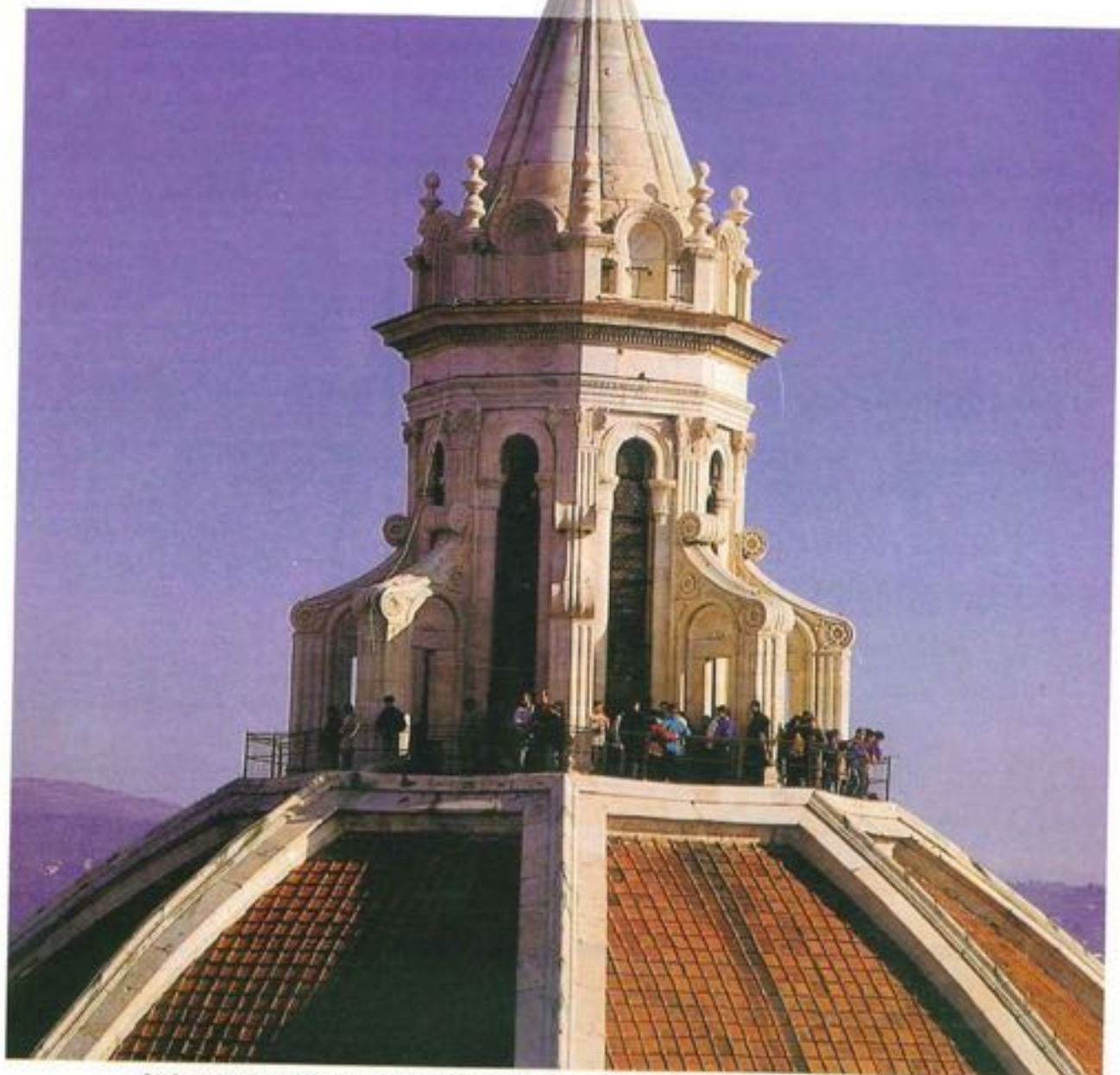
L'editore si scusa per eventuali involontarie omissioni o errori di attribuzione delle illustrazioni e dichiara la propria disponibilità nei confronti degli aventi diritto.

In copertina

Autoritratto a sanguigna di Leonardo. Torino, Biblioteca Reale (© Grazia Neri, rielaborazione Giovanna Salvini).

Pratica di bottega

Predominano inizialmente in Leonardo sapere empirico e linguaggio visivo; la sua visione naturalistica tende a essere dominata dal movimento e dalla continua metamorfosi delle forme naturali



La lanterna della Cupola di Santa Maria del Fiore a Firenze. La sfera di rame del Verrocchio, distrutta da un fulmine, agli inizi del XVIII fu sostituita con quella attuale.

I grandi della scienza

Per br
manco
seguen

Codice
Codice
Codice
Codice
Libro
Mand
Ms. A
Mand
Mand
Mand
Mand
Winds
Come
lettera

F

una di
incaric
pera de
di gran
ta al cu
Maria c
lo conc
ziata n
con Fili

All'e
bottega
più tar
prese c
specchi
dio cui
annota
con che
Maria c

Tale
anni. C
lasciato
1452. A
delle bo
cominci
lavoran
fino al 1

Quell
è una
ingegne
chitettu
campan
per feste
ficina di
il labore
Cristo, c
ni brani

Un'in
na) ritra
presenza
i colori

Leonardo

Nota per il lettore

Per brevità di riferimento, i rimandi ai fogli dei codici e manoscritti leonardiani citati seguono in quest'opera la seguente simbologia:

Codice Arundel (Londra, British Library): CAr;
Codice Atlantico (Milano, Bibl. Ambrosiana): CA;
Codice Leicester (o Hammer; Seattle, Coll. Bill Gates): CL;
Codice Trivulziano (Milano, Bibl. Trivulziana): Triv;
Codice sul volo degli uccelli (Torino, Bibl. Reale): CVU;
Libro di pittura (Roma, Bibl. Vaticana): LdP
Manoscritto A, B, C, D etc. (Parigi, Institut de France): Ms. A, B, C, D etc.;
Manoscritto Ashburnam I (Parigi, Institut de France): Ash I;
Manoscritto Ashburnam II (Parigi, Institut de France): Ash II;
Manoscritto Madrid I (Madrid, Biblioteca Nacional): Md I;
Manoscritto Madrid II (Madrid, Biblioteca Nacional): Md II;
Windsor Castle, Royal Library: RL
Come d'uso, la lettera r indica il recto del foglio citato, e la lettera v il verso.



L'incisione (metà XV secolo), appartenente a una serie, rappresenta il pianeta Mercurio influente su varie attività umane: artistiche, tecniche e intellettuali.

Firenze, 27 maggio 1472: la bottega di Andrea del Verrocchio porta a compimento una difficile impresa di cui è stata incaricata due anni prima dall'Opera del Duomo. Una sfera di rame di grandi dimensioni viene collocata al culmine della cupola di Santa Maria del Fiore. È questo il capitolo conclusivo di un'avventura iniziata nella prima metà del secolo con Filippo Brunelleschi.

All'epoca Leonardo lavora nella bottega del Verrocchio. Molti anni più tardi, ormai sessantenne, alle prese con la costruzione di uno specchio parabolico, ricorda l'episodio cui ha assistito da giovane e annota: «Ricordati delle saldature con che si saldò la palla di Santa Maria del Fiore» (Ms. G 84v).

Tale ricordo risale ai suoi 19-20 anni. Già da alcune primavere ha lasciato Vinci, dove è nato nel 1452. A Firenze è entrato in una delle botteghe più attive dove, pur cominciando a un certo punto a lavorare in proprio, rimane almeno fino al 1476.

Quella di Andrea del Verrocchio è una bottega polivalente: opere ingegneresche, pittura, scultura, architettura, fusione di corazze e campane, preparazione di apparati per feste. È un luogo nel quale l'officina di fusione e saldatura affianca il laboratorio di produzione di dipinti raffinatissimi come il *Battesimo di Cristo*, cui Leonardo partecipa eseguendo l'angelo di sinistra e forse alcuni brani del paesaggio.

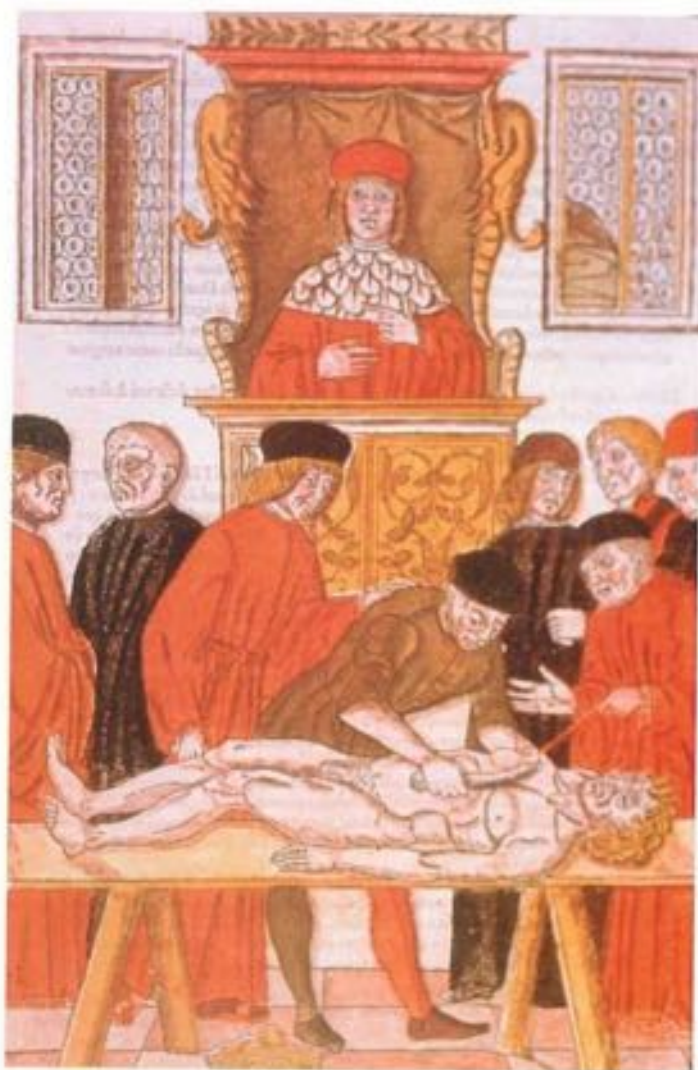
Un'incisione eseguita a Firenze intorno al 1460 (in alto in questa pagina) ritrae efficacemente questo mondo. Vi viene rappresentata la presenza di attività manuale e intellettuale in pittura (una figura prepara i colori lavorando i pigmenti su una pietra, l'altra li usa inventando ed



Battesimo di Cristo (c. 1475-1478, Firenze, Uffizi). L'opera fu eseguita dal Verrocchio e aiuti della sua bottega, tra i quali Leonardo, che esegue l'angelo di sinistra e forse parte del paesaggio soprastante.

A sinistra: al contrario dell'apparenza la finalità di questo studio è molto pratica: si tratta della realizzazione di specchi ustori, usati per saldare superfici metalliche (CA 1055r).

A destra: studio di travi lignee formate dall'incastro di blocchi di varia forma geometrica (CA 91v).



Autore anonimo. Lezione di anatomia, una delle tavole che corredano l'edizione a stampa del *Fasciculus Medicinæ* di Giovanni de Ketham (1493), opera che raccoglie vari testi scientifici tra cui l'*Anatomia* di Mondino dei Liuzzi.

e eseguendo una decorazione su muro), in oreficeria e scultura (intaglio di metalli e busti di marmo da un lato, invenzione e disegno di forme dall'altro), in meccanica (operatore intento a manovrare un orologio e studiosi tra le loro carte), in musica (meccanico intento a operare uno stantuffo, musicisti impegnati a suonare un organo o ad ascoltare); al centro, un gruppo di intellettuali - astronomi - è intento a discutere con l'ausilio di uno strumento tecnico da usare con le mani: l'astrolabio.

Un frontespizio famoso nella storia dell'illustrazione scientifica, eseguito qualche anno più tardi (1493) (riprodotto qui a lato), rappresenta un diverso ambiente culturale: lo *studium*, l'università. In questo caso la scena è quella della lezione di anatomia. Ritroviamo tuttavia la stessa distinzione e compresenza di sapere teorico e pratico: in alto il professore-filosofo naturale con i testi degli *auctores*, in basso il chirurgo che, in virtù del suo sapere manuale, disseziona il corpo. Sebbene posto in una posizione secondaria il rappresentante del sapere pratico-manuale è tuttavia degno di figurare nella rappresentazione di un momento importante della vita universitaria. Precedentemente, nella prima metà del Quattrocento, la lezione di medicina era invece rappresentata come puro sapere teorico; le immagini che decorano i monumenti sepolcrali di dottori in medicina dell'università di Bologna mostrano al centro il *doctor medicus* in cattedra, ai lati gli allievi; in ambo i casi gli «strumenti» utilizzati sono solo teorici: libri.

Per entrare nel mondo di Leonardo occorre anzitutto familiarizzare con una dimensione di simbiosi stretta tra campi differenti dell'attività

umana. Questa simbiosi tra arte, tecnica e scienza, di cui un primo esempio è l'assetto della bottega fiorentina del Quattrocento, trova in Leonardo la sua espressione più matura e di fatto svanisce già a partire dal XVI secolo. D'altro canto occorre tenere presente il rapporto stimolante, ma anche ambiguo e conflittuale, in cui si trovano artisti-meccanici e intellettuali, sapere pratico e teorico. Gran parte dell'opera di Leonardo sarà il tentativo di fare dell'artista-meccanico un intellettuale a tutti gli effetti.

Non esistono manoscritti di Leonardo antecedenti al 1487-1489. Degli anni giovanili, trascorsi a Firenze fino al 1482, ci sono pervenuti solo fogli singoli, la maggior parte dei quali confluiti, dopo la morte di Leonardo, nel cosiddetto Codice Atlantico.

Per ricostruire il pensiero scientifico del primo Leonardo occorre quindi avventurarsi nel *mare magnum* del Codice Atlantico: più di mille fogli che si susseguono senza alcun ordine tematico o cronologico. Qualche data sporadica, l'evoluzione della grafia sono gli unici lumi che aiutano a orientarsi, permettendo di collegare fogli di una stessa epoca.

In tal modo i fogli che con buona probabilità è possibile datare prima del 1482 rivelano un pensiero scientifico fortemente legato, per molti aspetti, al sapere pratico della bottega. Molti soggetti, che in un momento successivo dell'attività di Leonardo diverranno argomenti teorici di ottica e geometria, di statica e fisica, sono in questi anni affrontati secondo un'angolazione tipicamente pratico-sperimentale ed è su questo sfondo che emergono le prime tracce di una visione filosofica e poetica della natura.

In un foglio del Codice Atlantico risalente a questa epoca (CA 1055r) Leonardo delinea con molta cura un diagramma geometrico (in alto a sinistra nella pagina a fronte). Non si tratta, come a prima vista potrebbe sembrare, di studi teorici di ottica o di geometria. Leonardo sta, molto più concretamente, cercando di fissare istruzioni sul taglio a mola di specchi ustori, ovvero specchi concavi usati nelle officine per saldare metalli. Gli specchi, la riflessione della luce, i diagrammi geometrico-quantitativi, che più tardi diverranno parte di una raffinata teoria ottica e prospettica, sono per ora oggetto di studi molto più prosaici, finalizzati alla produzione di strumenti di bottega per saldare metalli.

Infine, mentre più tardi opererà distinzioni tra colori *semplici* e *composti* in rapporto a precise nozioni di filosofia naturale, per ora si limita a descriverli in termini di resine e miscugli: «Ombra: nero e ocre. Lume: biacca, giallo verde, minio e lacca.» (CA 195r).

Il sapere delle botteghe fiorentine, nel caso specifico quella del Verrocchio, è sicuramente una prima fonte di conoscenze per questo genere di problemi affrontati dal giovane Leonardo. Tuttavia all'epoca in cui ci troviamo questa cultura empirica ha già i suoi autori. Il cammino verso l'emancipazione teorica degli artisti e dei macchinari è già iniziato.

Il carattere empirico delle note di pittura appena citate ricorda il *Libro dell'arte*, scritto agli inizi del XV secolo da Cennino Cennini, uno dei primi testi in cui viene sistemata la tradizione orale delle botteghe artistiche: «Rosso è un colore che si chiama lacca... Giallo è un color naturale, il quale si chiama ocria...».

In ambito diverso, una serie di progetti per la costruzione di travi di legno basati sull'incastro di blocchi di varia e ben studiata forma (CA 91v, in alto a destra nella pagina a fronte) trova preciso riscontro nei testi del senese Francesco di Giorgio, il principale rappresentante di quegli ingegneri e inventori di macchine che nel corso del Quattrocento cercano di dare dignità testuale al sapere pratico di tecnici e ingegneri.

In questi due autori e nelle loro rispettive tradizioni, la cultura empirica della bottega artistica e ingegneresca si collega a due differenti orizzonti teorici. Cennino scrive di pittura prendendo a modello i libri di ricette o *segreti* chimici e mineralogici; Francesco di Giorgio invece, in modo più originale, individua nel *disegno*, cioè nel linguaggio visivo delle immagini, uno strumento dotato per se stesso di dignità teorica. Buona parte dei testi di Francesco e dei suoi colleghi è costituita infatti di sole immagini.

Il «naturalismo» della prima posizione, il «puro-visibilismo» dell'altra sono due orizzonti che daranno grandi frutti nel giovane Leonardo. Analizziamo prima il secondo.

La pittura, scrive Leonardo qualche anno più tardi (LdP 23):

Nel Trattato di architettura di Francesco di Giorgio (Firenze, Biblioteca Laurenziana, 22r), si ritrovano progetti di travature analoghi ad alcuni prodotti da Leonardo.



In alcuni disegni macchinari molto finiti di Leonardo domina l'immagine: il testo è inutile. Qui è riprodotto il progetto per una intagliatrice di lime (CA 24r).



...col suo principio, cioè il disegno, insegna allo architetto fare che il suo edificio si renda grato all'occhio; questa agli componitori de diversi vasi; questa alli orefici, tessitori, recamatori; questa ha trovato li caratteri con li quali s'isprime li diversi linguaggi; questa ha dato li caratteri alli aritmetici; questa ha insegnato la figurazione alla geometria; questa insegna alli prospettivi et astrologhi e alli machinatori e ingeneri...

Argano, ovvero macchina sollevatrice di pesi. Basata su un progetto di Francesco di Giorgio, è una delle 72 formelle di pietra di soggetto macchinale che decoravano l'esterno del Palazzo Ducale di Urbino.



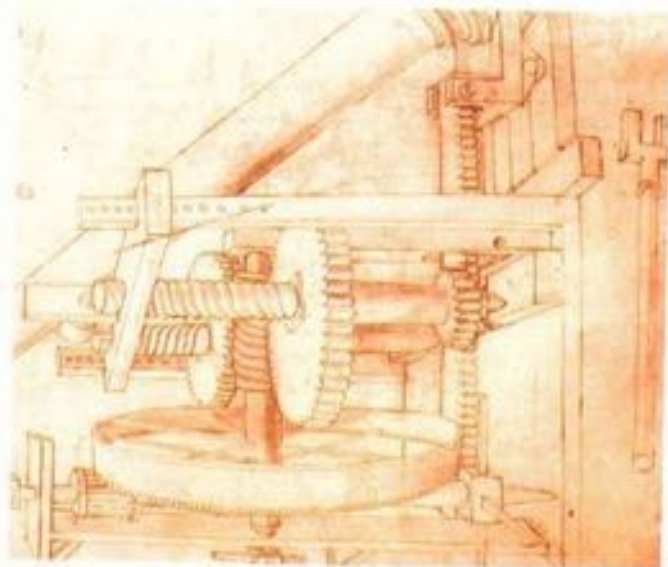
Leonardo cita quasi tutte le attività, pratiche e teoriche, rappresentate nella incisione fiorentina del 1460 e per tutte, al pari di Francesco di Giorgio, vede un unico principio «teorico»: il disegno, l'immagine.

Il linguaggio visivo domina i primi studi tecnologici di Leonardo, specialmente in un gruppo di studi di macchine accomunati da una serie di caratteristiche (CA 24r, 30v, 1112r; si veda un esempio nella pagina precedente in basso). Si tratta di fogli di grande formato, contenenti un unico progetto di macchina rappresentata nel suo insieme e in alcuni particolari costitutivi. Il disegno è molto finito, spesso acquerellato.

Il testo è completamente assente o limitato a una breve didascalia. È evidente che in questi fogli il disegno ambisce a sostituire nella forma più piena il testo scritto. Una macchina sollevatrice di pesi, composta da ruote dentate e un albero orizzontale, (CA 30v) è rappresentata a sinistra nel suo insieme; accanto, alcuni componenti sono mostrati in visione esplosa. Lettere corrispondenti (per esempio due «A») indicano il giusto incastro tra i pezzi smontati. In basso a destra un particolare ingrandito della ruota con i denti. In un altro progetto una analoga macchina è vista da più punti di vista (CA 1112r). Tutto è magistralmente chiarito in termini visivi. Il testo diventa inutile.

Accanto a questa aspirazione a esprimere la struttura e il funzionamento delle macchine non attraverso parole ma con immagini, un'altra componente di questi primi fogli leonardiani è l'imponenza estetica. Si tratta di disegni, molto grandi e molto rifiniti, di progetti macchinari quasi certamente irrealizzabili. Ci troviamo di fronte a un primo scantonamento dalla dimensione «pratica». Leonardo inventa ambiziosi congegni macchinari e li esprime in una forma altrettanto esuberante. Indipendentemente dalla loro improbabile fattibilità questi studi di macchine intendono imporsi anzitutto per la bellezza inventiva e formale. Un fattore estetico s'intreccia allora con quello tecno-

Nei fogli dell'Opusculum de architectura di Francesco di Giorgio l'immagine domina incontrastata. In un caso il disegno macchinale diventa spunto per una rappresentazione fantastica (Ms. 197 b 21, Londra, British Museum).



he il
ersi
tteri
alli
nse-

sentate
esco di
nardo,
una se-
ella pa-
tenen-
e in al-
erella-
a una
li il di-
iena il
i pesi,
ontale,
insieme;
visione
io due
ontati.
a ruota
nacchi-
tutto è
l testo

struttu-
ravverso
ente di
tica. Si
niti, di
bili. Ci
o dalla
biziosi
altret-
oro im-
endono
ormale.
tecno-



Adorazione dei Magi (1481, Firenze, Uffizi).

Sia nell'albero dipinto al centro dell'Adorazione dei magi, sia negli alberi rappresentati nel disegno in basso (c. 1483, RL 12395), Leonardo mette a nudo le radici degli alberi, evidenziando la loro origine dalla terra. Le radici sono evidenziate anche nelle illustrazioni botaniche contemporanee come quella a sinistra (Erbario, ovvero dei segreti e virtù delle erbe, s. XIV-XV, Firenze, Biblioteca Laurenziana, Ms. Redi 165 44v).



la scienza

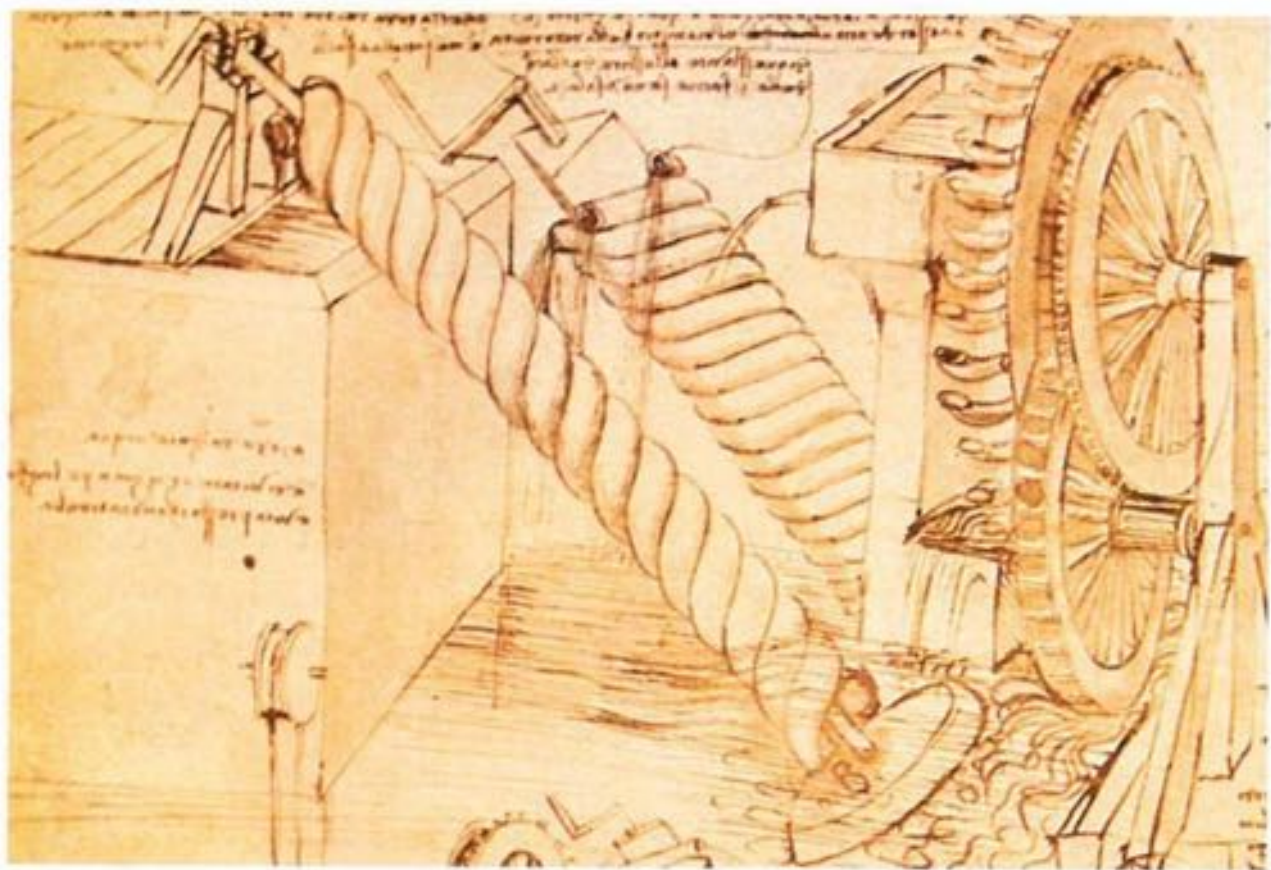
logico. Non solo in Leonardo. Nello stesso periodo, intorno alla metà degli anni settanta del XV secolo, la *macchina* diviene soggetto di decorazione architettonica. A Urbino Federico da Montefeltro ordina la decorazione del sedile esterno di Palazzo Ducale con una serie di formelle rappresentanti macchine (*si veda l'illustrazione a pagina 8 al centro*). Nel 1477 sempre a Urbino si trasferisce Francesco di Giorgio. Reca con sé, quasi certamente quale omaggio al duca e ambiziosa autopresentazione, l'*Opusculum de architectura*. È un «teatro di macchine», cioè un album di disegni rappresentanti, proprio come i disegni eseguiti negli stessi anni da Leonardo a Firenze, progetti molto rifiniti di macchine e di loro particolari (*a pagina 8, in basso a sinistra*), privi di un testo scritto. Non è impossibile che anche il gruppo di fogli di Leonardo avesse uno scopo di autopresentazione.

Un altro elemento accomuna i disegni dell'*Opusculum* di Francesco di Giorgio con le testimonianze grafiche del giovane Leonardo. In alcuni fogli dell'*Opusculum* il progetto macchinale è accompagnato da una figura allegorica; ad esempio un carro militare è sormontato da un genio alato che brandisce una spada (*a pagina 8 in basso a destra*). Un elemento fantastico, di contenuto poetico-letterario si aggiunge alla connessione di tecnologia ed estetica. Anche Francesco è del resto, oltre che ingegnere, un raffinato pittore e scultore.

Questo ennesimo sconfinamento riguarda anche Leonardo. In lui è però qualcosa di molto più sottile: il nucleo di una riflessione filosofica sulla natura che, se in termini di linguaggio verbale non riceverà mai espressione sistematica, diverrà invece il contenuto di un linguaggio visivo e artistico di straordinaria novità.

Le prime tracce di questa riflessione sono tuttavia affidate a testi letterari, il che non è casuale. Come attestato dal biografo Giorgio Vasari, Leonardo, figlio di un notaio, come altri suoi coetanei destinati ad attività economiche aveva frequentato tra i dieci e i quattordici anni di età, prima di entrare nella bottega del Verrocchio, una «scuola d'abbaco», cioè una scuola media o secondaria nella quale oltre che rudimenti di matematica e geometria venivano studiati anche testi letterari in

Viti di Archimede, dispositivi destinati al trasporto dell'acqua da un luogo basso a uno elevato (CA 26v).



I grandi della scienza

Leonardo.

volgar
acqua
gion
ina
An
una ri
fia
che
rito
Da
forme
di stati
ca, don
di fatto
mondo
elemen
uniform
(terra,
«movin
anche
come
decadi
durata
Quasi
tament
re nei
in trad
Di q
aspetti
cominc
raria, n
Esse
il titolo
Leonar
intende
contin
del cor
un vaso
terra si
piante,
morirar
questi
della te
te, dive
Leonar
[come p
delle pi
mutare
morfosi
prima tr
e perde
ridivent
Quest
quello c
1481) ur
vista. Le
pata in t
Leonardo.

volgare, come quelli di Dante. Due progetti per un orologio ad aria e ad acqua danno luogo a una considerazione poetica sul tempo (CA 42v):

Non ci manca modi né vie di compartire e misurare questi nostri miseri giorni, i quali ci debba ancor piacere di nonne spenderli e trapassargli indarno...

Anche il ritrovamento del fossile di un grande animale marino ispira una riflessione sul tempo (CAr. 156r):

O tempo, veloce predatore delle create cose, quanti re, quanti popoli hai tu disfatti, e quante mutazioni di stati e vari casi sono seguite dopo che la meravigliosa forma di questo pesce qui morì per le cavernose e ritorte interiora...

Da questi brani emerge l'attenzione verso le varie e *maravigliose* forme create dalla natura, ma, soprattutto, verso le continue *mutazioni di stati* cui queste forme vanno incontro. Questa concezione naturalistica, dominata dall'idea di movimento e di una perenne trasformazione, è di fatto quella che ispira la fisica di Aristotele. Nella fisica aristotelica il mondo terrestre, al contrario di quello celeste (costituito di uno speciale elemento spirituale, immune da variazioni strutturali e capace solo di uniforme e perenne moto circolare), è costituito da quattro elementi (terra, acqua, aria, fuoco) in continuo movimento. In questa concezione «movimento» significa non solo spostamento da un luogo all'altro, ma anche trasformazione dello stato o della forma di un corpo in un'altra o, come anche viene definita, «corruzione». La fatale trasformazione o decadimento di ogni forma fisica pone l'accento sul «tempo» della loro durata. Un fattore «temporale» è insomma insito nella fisica aristotelica. Quasi certamente Leonardo ha, a quest'epoca, orecchiato solo indirettamente questa visione; forse non più di quel tanto che di essa appare nei versi della *Metamorfosi* di Ovidio, un testo che, probabilmente in traduzione volgare, Leonardo ha sicuramente avuto tra le mani.

Di questa versione poetica egli tuttavia coglie gli aspetti più fisici e naturalistici e, a un certo punto, comincia a esprimerla non più solo in forma letteraria, ma anche attraverso esperimenti e immagini.

Essempi e prouve dell'accrescimento della terra è il titolo ambizioso di un esperimento pianificato da Leonardo in questo giro d'anni (CA 715r). Egli intende provare che la Terra come pianeta è in continuo «accrescimento» attraverso l'osservazione del comportamento dell'«elemento» terra posto in un vaso. Se - argomenta Leonardo - in un vaso di terra si pongono dei semi, questi generano erbe e piante, le quali, dopo aver emesso semi a loro volta, moriranno cadendo nel terreno sottostante. Proprio questi residui sono responsabili dell'accrescimento della terra nel vaso, che, passato un tempo sufficiente, diventa ben visibile. Con un calcolo, conclude Leonardo, sarà possibile stabilire «quanto la terra [come pianeta] universalmente è cresciuta». I residui delle piante non sono privi di «moto», che si manifesta proprio nel loro mutare stato, nel convertirsi in terra. Leonardo è attratto da questa metamorfosi. La terra, uno dei quattro «elementi» della fisica aristotelica, si è prima trasformata, nutrendola, in forma vegetale; quest'ultima, crescendo e perdendo foglie e rami, ha quindi ripreso l'originaria forma *elementale*, ridiventando terra.

Questa visione viene espressa anche in forma «visiva». Nel centro di quello che è il capolavoro pittorico del periodo, l'*Adorazione dei Magi* (c. 1481) un albero ha, fatto inusuale nell'arte quattrocentesca, le radici in vista. Lo stesso accade per gli alberi emergenti dalla sommità di una scarpa in un disegno di paesaggio. Leonardo sottolinea, mettendo a nudo le



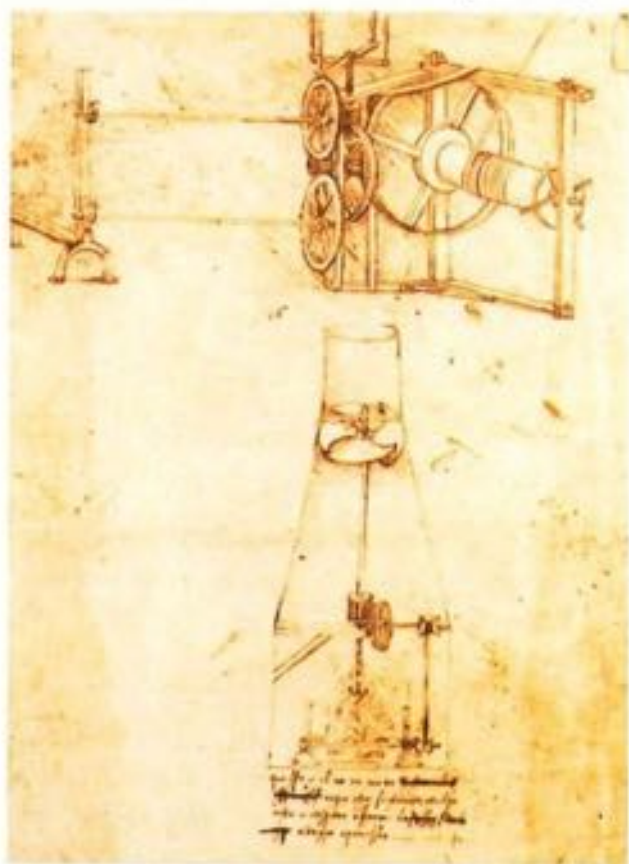
Modo per camminare sull'acqua e, più in alto, due respiratori subacquei (CA 26r).

«Testa di moro»: portando a ebollizione l'acqua di cui è stato riempito questo mezzo busto, dalla bocca esce vapore (CA 1112v).



radici, il punto esatto in cui avviene la «mutazione» della terra in albero. Inconsueta in arte, la rappresentazione di alberi e piante con le radici in vista è invece tipica delle illustrazioni contenute negli *erbari*, cioè nei testi di botanica. In questi anzi la natura «terragna» delle radici è a volte evidenziata con colorazione marrone e decorso orizzontale.

Anche gli studi tecnologici rivelano questa visione naturalistica. Mentre nelle macchine degli ingegneri senesi del Quattrocento, dal Taccola a Francesco di Giorgio, la forza motrice è soprattutto umana o animale, negli analoghi studi di Leonardo risalenti a questi anni prevale la forza degli elementi naturali: acqua, fuoco, aria. Molti dei dispositivi disegnati operano sugli elementi naturali o grazie a essi. L'acqua, l'aria, il fuoco sono



Progetto di girarrosto automatico, mosso da una colonna di aria calda (CA 21r).

trasferiti, trasformati, pesati, attraversati. Sono frequentissimi i dispositivi a «vite d'Archimede» per trasferire l'acqua in luoghi sopraelevati (si veda l'illustrazione a pagina 10). Altre volte l'acqua è sollevata attraverso dispositivi che operano sugli altri elementi; ad esempio creando un vuoto d'«aria» attraverso un mantice (CA 5) o ponendo un «fuoco» al vertice di una torre che, riducendo la pressione, solleva l'acqua dal fondo (CA 19r). Frequente è anche la «trasformazione» degli elementi: portando a ebollizione l'acqua con cui si è riempita una «testa di moro», cioè un mezzo-busto cavo, questa uscirà dalla bocca sotto forma di vapore caldo, il quale, a sua volta, «ha forza d'accendere un fuoco» (CA 1112v, nella pagina precedente in basso). Oltre che «trasformati» gli elementi aria e acqua sono anche «pesati»: uno strumento a bilancia è un «modo di pesare una caduta d'acqua» (CA 19r); un altro è una specie di igrometro costituito da un'asta mobile recante a una estremità una spugna (sostanza idrofila), all'altra cera (idrorepellente), con una didascalia: «modo di pesare l'aria e di sapere quando s'ha a rompere il tempo» (Louvre 2022). Infine, all'andare dell'uomo «per terra» corrispondono studi per un «modo d'andar sotto acqua» e per un «modo di camminar sopr'acqua» (CA 26r, nella pagina precedente in alto). Infine gli studi per la macchina volante, iniziati già in questo periodo, completano il quadro.

Molti di questi progetti sono già presenti nella tradizione. Tuttavia è solo con Leonardo che essi iniziano a essere parte di una più generale riflessione sul mondo naturale. Il divario è analogo a quello che si apprezza in un dipinto eseguito nella bottega del Verrocchio: il

Battesimo di Cristo. Il paesaggio in alto a destra è eseguito dal Verrocchio, quello a sinistra probabilmente da Leonardo. È evidente come la delineazione ferma e lenticolare del primo, secondo i principi della più tipica tradizione di prospettiva lineare quattrocentesca, ceda il posto, nel brano eseguito da Leonardo, a una visione diversa, in cui gli elementi e le forme naturali sembrano fondersi e trasformarsi reciprocamente. Domina una vallata percorsa da un fiume da cui sembra emergere un vapore che sfuma la forma degli alberi e dei rilievi adiacenti.

Ma al di là di un apprendimento indiretto attraverso Ovidio, quali erano in quell'epoca a Firenze le occasioni di cultura scientifica per un giovane e geniale artista e macchinatore? È possibile ipotizzare un contatto, sia pure fugace, del giovane Leonardo con la filosofia naturale dell'epoca, cioè con quella parte della filosofia scolastica che si occupa del mondo fisico in tutti i suoi aspetti, corpo umano compreso?

La seguente nota è interessante da quest'ultimo punto di vista: «Quanto più il moto naturale del foco o del peso fia lungo, più vale la sua percussione» (CA 87r). La nota compare accanto allo studio per un forno e rientra in un gruppo di studi dal carattere molto empirico, comprendente tra l'altro il progetto di un girarrosto automatico, mosso da una colonna d'aria calda ottenuta incanalando un fuoco in una alta canna fumaria (CA 21r). E tuttavia termini come *moto naturale*, *percus-*

ero.
i in
esti
bolte
ntre
a a
ale,
orza
nati
ono
ien-
rire
e a
erso
ppio
A 5)
du-
9r).
enti:
una
a u-
e, a
12v,
ma-
uno
luta
etro
una
len-
pe-
nfi-
stu-
odo
ecec-
nte,
adi-
no a
ndo
a in
o: il
chio,
nea-
pica
ano
rme
una
uma
uali
c un
tat-
ll'e-
del
ista:
e la
r un
ico,
osso
alta
cus-
enza



Annunciazione, particolare (c. 1472-1475, Firenze, Uffizi). Il pavimento, il leggio e altre parti sono delineate secondo i principi della prospettiva lineare, come ogni buon artista dell'epoca è tenuto a fare.

Leonardo: la scienza trasfigurata in arte

sione, peso non sono né empirici né generici. Usati per la prima volta da Leonardo sembrano fuggacemente carpiati alla cultura teorica, agli autori della fisica scolastica e della scienza *de ponderibus*.

Un elenco di nomi vergato a quest'epoca è un altro indizio. Vi compaiono personaggi eminenti del mondo culturale fiorentino: Giovanni Argiropulo, dotto bizantino che insegna allo Studio fiorentino la filosofia naturale di Aristotele; Benedetto dell'abbaco, un celebre matematico; Paolo dal Pozzo Toscanelli e Carlo Marmocchi, entrambi geografi e astronomi; quest'ultimo, di cui Leonardo cita un «quadrante», si occupa anche del funzionamento dell'orologio di Palazzo Vecchio. Gli autori elencati non sono citazioni di letture, ma spunti di interesse culturale, verso ambiti ben precisi: astronomia, geografia, costruzione di orologi solari, geometria, fisica e, in generale, filosofia naturale di tradizione aristotelica.

Abbiamo già visto quanto egli sia attratto, più o meno consapevolmente, da spunti di fisica aristotelica. Un foglio di questo periodo contiene invece il disegno sommario di un planetario (CA 956r). Un altro è un progetto di meridiana (CA 1022v). All'esperimento sul *creocere e iscemare della mondiale terra* fa poi riscontro una sua versione geometrica, in cui Leonardo studia il «modo a fare crescere e scemare un quadro o un tondo altrettanto» (CA 798ra).

Leonardo sembra in questo periodo attratto più dal «mondo» che dall'«uomo». Studia infatti i moti degli elementi acqua, terra, aria, fuoco; le trasformazioni delle forme da essi assunte per effetto del tempo; il moto dei pianeti e quello dello scorrere del tempo.

Nel giugno del 1481 i monaci del monastero di S. Donato a Scopeto, poco fuori Firenze, incaricano Leonardo di dipingere un «oriuolo», cioè un orologio. Forse si trattava di una meridiana, data l'esiguità del com-

Studi di profili umani e animali (particolare, RL 12276r). In basso il confronto è di tipo fisiognomico, tra un profilo malinconico e uno più iroso e teste animali; in alto al centro tra differenti età umane.



penso: una lira e sei soldi in legna da ardere. Dal marzo dello stesso anno Leonardo è intento a dipingere per gli stessi monaci l'*Adorazione dei Magi*. Si è già visto come vi rappresenti, nel paesaggio, la metamorfosi della terra in radici arboree. Un altro accenno al «tempo» e alle «trasformazioni» da esso indotte è nel fondo, dove si vedono edifici in rovina, vestigia di una precedente civiltà, sulle quali la terra ha già iniziato a piantare le sue radici arboree. Un'immagine che ricorda quella evocata alla fine del brano che commenta l'esperimento sul continuo crescere della terra come pianeta: «Or non vedi tu negli alti monti i muri delle antiche e disfatte città essere da l'accrescimento della terra occupate e nascoste?».

Il lato destro di questi edifici in rovina, in forma di scabee viste di scorcio, introduce invece un altro campo di studio: la prospettiva. Questa per i filosofi naturali che l'hanno attentamente studiata nel corso del Medioevo significa studio della percezione visiva (ottica e oftalmologia); per gli artisti è invece soprattutto simulazione su una superficie piana dello spazio tridimensionale, attraverso l'applicazione di precise leggi proporzionali che regolano la diminuzione della dimensione degli oggetti in funzione della distanza. La prospettiva è, accanto alla tecnologia macchinale, un altro campo in cui si è verificata, nel corso del Quattrocento, una interazione tra arte e scienza. Negli stessi anni in cui, come visto, Francesco di Giorgio presenta al duca d'Urbino il suo trattato macchinale, è a Urbino anche Piero della Francesca, che sottopone al duca il *De prospectiva pingendi* (c. 1474). Piero ha dato alla prospettiva, usata già da molti anni dagli artisti, una formidabile elaborazione teorica, strettamente legata alla più sottile geometria euclidea e a un'assoluta fiducia nella matematica. In forma meno perfetta la sua opera teorica trova precedenti in Leon Battista Alberti, un umanista che, a un certo punto della sua carriera, si interessa di arti visive, e da quella di Lorenzo Ghiberti che, al contrario, è un artista, un «pratico» che, sui cinquant'anni, si accosta alla cultura teorica degli scrittori scolastici di ottica. Il primo dedica alla prospettiva artistica il I libro del *De pictura* (1435; edito anche in volgare, come *Della Pittura*, nel 1436, con dedica al Brunelleschi) e realizza in tal modo la prima trattazione teorica di questa materia; il secondo vi dedica gran parte dei *Commentari* (c. 1445-1450). Entrambi contribuiscono alla fondazione di una «scienza» dell'arte, e, al pari di Piero, individuano nella prospettiva e nei suoi fondamenti geometrici e matematici la base per tale operazione.

Tuttavia mentre più tardi la prospettiva diverrà un tema centrale della riflessione leonardiana, in questi anni non sembra ricevere grande attenzione. Prima del 1487-1490 e soprattutto prima del Manoscritto A (risalente al 1490-1492) mancano nell'opera di Leonardo studi di tipo puramente ottico-prospettico. Nei dipinti, ad esempio nel pavimento e nel leggio dell'*Annunciazione* o, come visto, nell'*Adorazione dei Magi*, egli applica la prospettiva con la diligenza che ogni artista contemporaneo



Un «ritratto eroico» eseguito da Leonardo (Londra, British Museum). All'espressione irosa dell'uomo fa riscontro, sulla corazza, una testa di leone, animale tradizionalmente associato all'ira e al coraggio. Nella bottega del Verrocchio venivano prodotte armature da parata caratterizzate da un'analogia iconografia zoologica.

*Studi per una macchina volante
e altri meccanismi
(Firenze, Uffizi, 447Ev).*



*Andrea Pisano, Dedalo
(Firenze, Museo dell'Opera
del Duomo). Originariamente posta
nella base del Campanile
di Giotto, questa formella appartiene
a una serie illustrante le arti
meccaniche e liberali. Raffigura
il mitico capostipite dei tecnici,
che osò sfidare le leggi della gravità.*

avrebbe usato per mestiere. In uno studio per l'Adorazione sorprende il contrasto tra lo spazio in prospettiva, quindi sottoposto a «quantificazione», a «misura» e le movimentate presenze «fisiche» che lo abitano: uomini, animali e, in primo piano, erbe e terra. Alla fissazione quantitativa del primo, fa riscontro la fluidità qualitativa degli altri. Il telaio prospettico sembra più sovrapposto alle presenze che lo abitano che non integrato con esse. Leonardo, contrariamente a quanto farà in seguito, sembra per ora riluttante ad integrare strettamente un sistema «quantitativo», quale è quello prospettico, con il mondo fisico o naturale dominato dal movimento, dalla continua trasformazione.

Di fatto la prospettiva artistica, prima della sistemazione teorica di Leon Battista Alberti, nasce, a opera di Filippo Brunelleschi, come scienza applicata non allo spazio naturale, ma a quello architettonico, cioè «artificiale». A Firenze intorno al 1413 Filippo realizza due tavole prospettiche. Entrambe rappresentano edifici fiorentini: una il Battistero, l'altra Palazzo Vecchio. La prima, attraverso un foro praticato in essa, veniva vista riflessa in uno specchio. Quella rappresentante Palazzo Vecchio era in visione diretta. In nessuna delle due erano dipinti cielo e nuvole. Questi elementi «fluidi» dello spazio «naturale» erano esclusi dalla vera e propria rappresentazione prospettica; entravano infatti o riflettendosi su una superficie di argento brunito posta sopra lo specchio in cui si tagliava il Battistero, o comparando al «naturale» al di sopra della tavola con Palazzo Vecchio, scontornata lungo il margine superiore. In tal modo restava esclusa dallo spazio prospettico questa parte aerea dello spazio naturale, parte non architettonica, non artificiale, non geometrica.

Sebbene molti artisti, tra cui Piero della Francesca, vadano applicando all'uomo e al mondo fisico gli stessi principi «quantitativi» di misurazione prospettica applicati da Brunelleschi allo spazio architettonico, il disegno giovanile di Leonardo parla chiaro: il mondo fisico (uomini, animali, piante, elementi naturali), regno del continuo cambiamento, sfugge a un'esatta quantificazione.

Ciò che nell'Adorazione dei Magi caratterizza maggiormente uomini, animali e piante è il movimento. Le radici scoperte dell'albero evidenziano il dinamico processo di generazione e crescita. Intorno, uomini e animali si muovono variamente per esprimere una reazione emotiva all'evento della nascita del Cristo. Sul fondo, il movimento come espressione emotiva è massimo: diviene zuffa, lotta che coinvolge uomini e animali. Il movimento, nell'uomo e negli animali, è espressione di animazione inte-

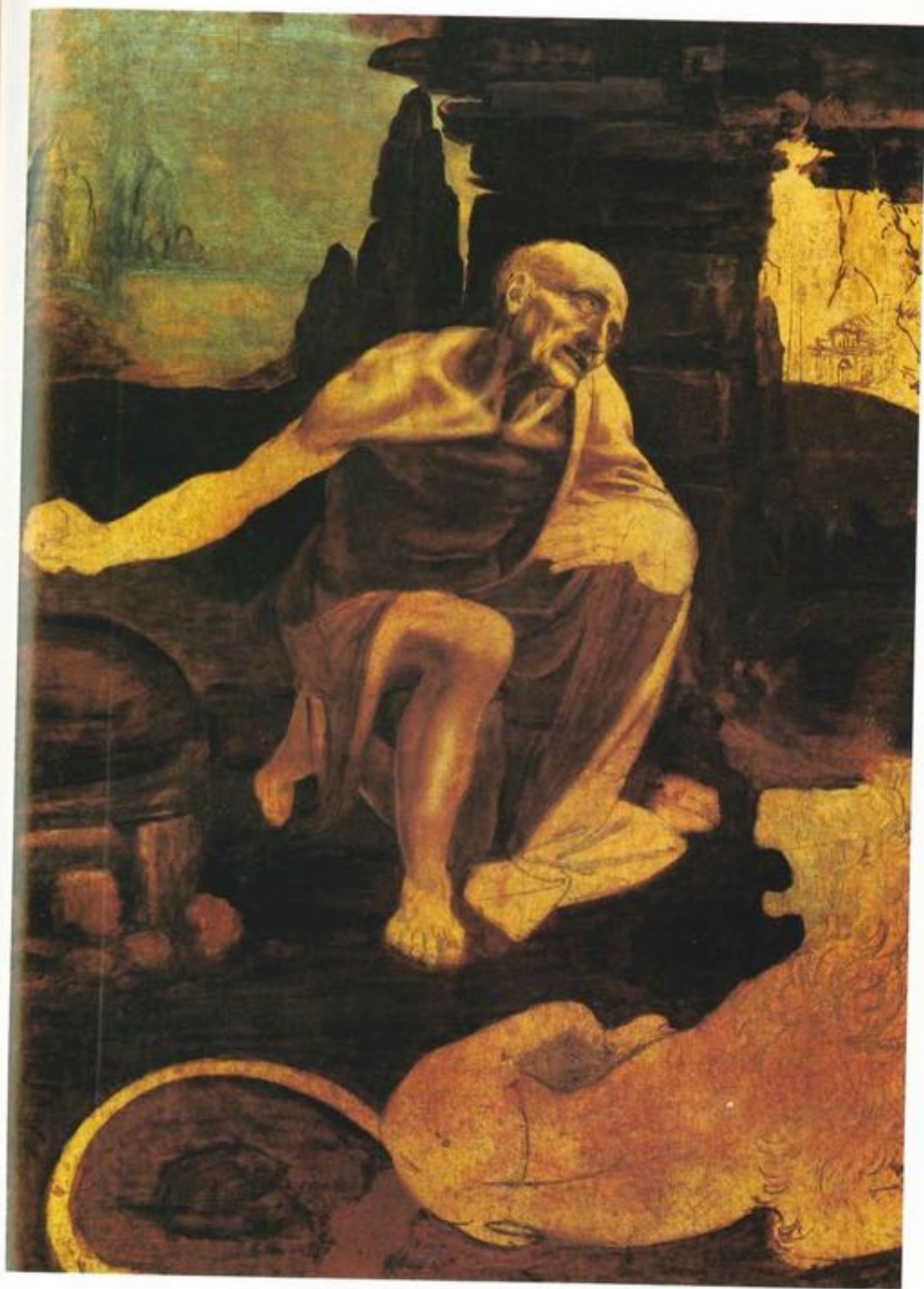
nde il
cazio-
uomi-
va del
quali-
pro-
to al-
e non
con-
egui-
e ad
tema
pro-
natu-
dalla

stica,
ca di
e, a
come
cazio
toni-
e in-
due
rap-
na il
chio.
rati-
sa in
tan-
ione
'ano
i e-
na-
ra e
pet-
do-
ento
o in
om-
pra
chio,
pe-
usa
esta
ale,
tifi-

cui
pli-
essi
tti-
co,
do
del

ini,
cia-
i e
'e-
ne
. Il
te-

za



San Gerolamo (c. 1480-1482, Roma, Pinacoteca Vaticana).
Il movimento della testa e del braccio destro mettono in tensione i muscoli di collo e petto.

Leonardo: la scienza trasfigurata in arte

riore, di tipo essenzialmente emotivo. Sin da ora emerge l'attenzione di Leonardo verso una parte ben precisa dell'anima umana e animale: quella passionale, posta dalla psicologia classica e scolastica a un livello intermedio tra l'anima razionale (posseduta solo dall'uomo) e quella vegetativa (posseduta da uomini, animali e piante). Le passioni sono un tratto che accomuna l'anima umana e quella animale.

In alcuni disegni contemporanei (si veda l'illustrazione a pagina 14), Leonardo studia profili umani che differiscono non solo nell'espressione (uno ha palpebre abbassate ed espressione malinconica, l'altro aspetto

accigliato e marziale) ma anche nella morfologia. Accanto, pone profili animali: un drago, un leone. Quest'ultimo ha una bozza frontale simile a quella accennata nella fronte del profilo umano più accigliato. Il carattere umano è studiato in rapporto all'aspetto del suo corpo e mediante un confronto con gli animali.

Tutto ciò rinvia a una scienza ben precisa, la fisiognomica, per la prima volta espressa in immagini. Essa si fonda su un ragionamento analogico: la leggera protrusione frontale che compare in uno dei due tipi umani e nel leone implica, per analogia, che quel tipo umano abbia anche un carattere simile a quello del leone. Più tardi la fisiognomica verrà studiata in stretto rapporto con l'anatomia. A quest'epoca il punto di partenza può essere stato, ancora una volta, la bottega, nella quale si fabbricano corazze ed elmi decorati con una vivace iconografia zoologica (si veda l'illustrazione a pagina 15).

Il foglio contenente lo studio di due opposti tipi fisiognomici pone a confronto volti di differente età; ad esempio un profilo appena accennato di bambino e, vicino, uno di vecchio. La incessante azione di metamorfosi operata dal tempo, oltre che il mondo degli elementi naturali, coinvolge anche l'uomo.

Anche il suo manifestarsi nel mondo animale viene considerato, e nel modo più radicale, attraverso lo studio dei fossili, o *nicchi*, come li chiama Leonardo, che sono tra i suoi primi oggetti di interesse scientifico.

Il brano già citato sul ritrovamento del fossile di un pesce si conclude con parole molto pregnanti, in cui poesia e osservazione scientifica si mescolano: «...ora disfatto dal tempo paziente giaci in questo chiuso loco, colle ispogliate, spolpate e igniude ossa hai fatto armadura e sostegno al sopra posto monte». Più sperimentale è invece un brano che ci informa sulla procedura seguita da Leonardo per liberare i fossili dalle incrostazioni in cui sono chiusi: «Il detto capitello [una soluzione detergente] leva la scorza a coralli e chiocciole e *nicchi*, quando vi stanno in molle per ispazio di tre o quattro di; e caldo fa meglio» (CA 195v). Forme animali sono divenute forme minerali; anche lo studio dei fossili conferma che il mondo naturale è in continua trasformazione.

Accanto a questo versante, che nei suoi esiti più poetici si vena di malinconia, l'osservazione del mondo naturale ha anche esiti di segno opposto. Un disegno eseguito in questi anni, in mezzo a schizzi di varia natura lascia intravedere la delineazione di una grande ala simile a quella di un pipistrello, collegata, alla sua base, a un meccanismo di ruote (Uffizi 447Ev, a pagina 16 in alto). È il primo progetto per la macchina volante. Sul recto dello stesso foglio un disegno di traiettoria zigzagata e una breve nota: «questo è il modo del chalar degli uccelli». Sin da ora il volo umano si presenta come tentativo di imitare il volo naturale degli uccelli.

Il volo umano è all'epoca una sfida tecnologica al di fuori di ogni fattibilità, tuttavia in voga nell'immaginazione di alcuni: alla fine del XIII secolo Ruggero Bacone accenna alla possibilità umana di costruire *instrumenta volandi* (*Epistola de secretis operibus artis et naturae*). A Siena un anonimo ingegnere del Quattrocento progetta dei paracadute. A Firenze la base del Campanile di Giotto è stata decorata verso la metà



Le conoscenze di anatomia superficiale sono tipiche degli artisti fiorentini contemporanei di Leonardo, come testimonia il disegno di Antonio Pollaiuolo con studio di nudo (Parigi, Louvre, 1486), nel quale il gesto del braccio nella figura a sinistra ricorda quello del San Gerolamo, anch'esso basato su analoghe conoscenze anatomiche.

del XIV
rali e m
gatio) e
attrave

Anch
fisica e
percorr
biologi
nente
animal
volare,
cole ne
lule e a
(CA 10

Del
volo, n
di Leo
re a Fi
Santa
stanza
to diff
dei fra
interes
re, anc
diretta

Gli
Leona
altri ca
delle b

gna un
re e is
Forse
stesso
chimic
mia be
arsenic
ne la n
infino
studi a
sta pro
una ra

Nel
rivela
studiat
la piet
come i
nella p
botteg

Qua
sua vit
vanno
scienti
L'ema
ta. Qu
cultura
scienze
anni n
natura
una fa
dopo i
sarà ca
anni fi
to circo

Leonar

del XIV secolo con una serie di formelle che rappresentano le arti liberali e meccaniche. Tra queste ultime accanto all'andare per acqua (*navigatio*) e per terra (*negotiatio*) compare un'allusione all'andare per aria attraverso il mito di *Dedalo* (si veda l'illustrazione a pagina 16 in basso).

Anche in Leonardo l'idea del volo nasce nell'ambito di questa analogia, fisica e tecnica, tra gli elementi terra, acqua e aria e la possibilità umana di percorrerli tutti. Successivamente entrerà sempre più in gioco l'analogia biologica, l'anatomia comparata di uomo e volatile. Per ora questa componente biologica si limita all'osservazione esterna del comportamento animale, senza risvolti anatomici. «Per vedere il volare con 4 alie, va ne' fossati e vedrai le pannicole nere»: così scrive accanto a disegni di libellule e a un ennesimo progetto di ala meccanica (CA 1051v).

Del resto, indipendentemente dagli studi sul volo, non ci è giunto nessun disegno anatomico di Leonardo risalente a questo periodo. Eppure a Firenze, presso lo Studio o all'Ospedale di Santa Maria Nuova, le dissezioni erano abbastanza frequenti. Contemporaneamente è molto diffuso nelle botteghe artistiche fiorentine dei fratelli Pollaiuolo e del Verrocchio un forte interesse per l'anatomia superficiale e muscolare, anche se non si ha prova di pratica dissezione diretta da parte di questi artisti.

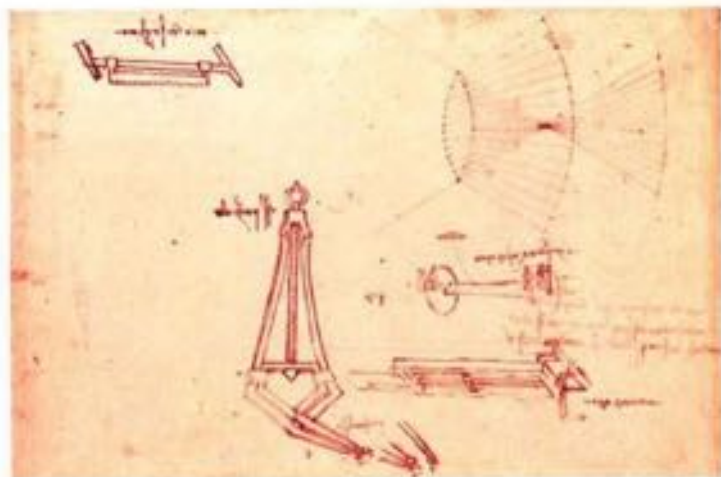
Gli unici indizi di un interesse del giovane Leonardo per l'anatomia rinviano, al pari di altri campi di studio, al sapere tecnico-pratico dei chirurghi da un lato, delle botteghe artistiche dall'altro. In un foglio del Codice Atlantico disegna uno *speculum* o divaricatore, strumento usato dai chirurghi per dilatare e ispezionare le cavità corporee (CA 1055v, in alto in questa pagina). Forse anche la sega di foggia particolare, disegnata in alto, si riferisce allo stesso ambito. Rinvia invece al sapere degli speziali, al campo dei segreti chimici ed erboristici, un esperimento che potremmo definire di «anatomia botanica». Leonardo descrive infatti un'esperimento fatta iniettando arsenico e altre sostanze all'interno di un arbusto in fiore per determinarne la morte. E precisa: «...ma vuole il detto foro esser grande e andare per infino al midollo» (CA 42r). Non è forse un caso che uno dei primi veri studi anatomici, eseguito alcuni anni più tardi, intorno al 1485-1487, consista proprio nella puntura del midollo spinale, questa volta di un animale, una rana, per verificarne la funzione vitale.

Nel *San Gerolamo* (c. 1480-1482) la resa dei muscoli di spalla e collo rivela una conoscenza inquadriabile nell'ambito dell'anatomia artistica studiata nelle botteghe fiorentine. Il gesto del braccio esteso a brandire la pietra che colpirà il petto giustifica l'evidenza dei muscoli. Proprio come in un contemporaneo disegno del Pollaiuolo (si veda l'illustrazione nella pagina a fronte), uno studio che in quegli anni gira moltissimo tra le botteghe fiorentine come ammirato esempio di scienza anatomica.

Quando esegue il *San Gerolamo* Leonardo sta per lasciare Firenze. La sua vita e la sua carriera sono a una svolta importante. I passi successivi vanno in una direzione ben precisa: oltrepassare i limiti della cultura scientifica degli artisti e ingegneri suoi predecessori e contemporanei. L'emancipazione teorica già ampiamente realizzata da questi gli sta stretta. Questo da un lato lo costringerà a un faticoso studio della lingua della cultura ufficiale, il latino, dall'altro lo porterà sempre più a studiare le scienze esatte, matematica e geometria. A un certo punto, nel corso degli anni novanta, queste ultime almeno in parte «imbrigheranno» la visione naturalistica che abbiamo incontrato in questi anni giovanili. Ma è solo una fase, peraltro segnata da importanti capolavori. Successivamente, dopo il 1500, Leonardo tornerà, con tutta la maturità teorica di cui allora sarà capace, alla concezione più «fisica» che «matematica» di questi primi anni fiorentini. Lo sviluppo del pensiero di Leonardo ha questo movimento circolare, con un ritorno finale al punto di partenza. □

In alto: vari strumenti tra i quali, al centro, uno strumento chirurgico, un divaricatore (CA 1055v).

In basso: Bernardo di Bandino Baroncelli impiccato (Bayonne, Collezione Bonnat). I corpi dei giustiziati erano concessi ai medici dell'Università per effettuare dissezioni.



Senza lettere

Durante il suo primo periodo milanese Leonardo scopre il «peso delle parole» e inizia faticosamente, ma con determinazione, a colmare le proprie lacune per potersi confrontare con la cultura ufficiale



Una delle numerose pagine del Codice Trivulziano completamente riempita da liste di vocaboli.

Nel 1483 Leonardo è documentato a Milano. Seguendo un destino comune a Francesco di Giorgio, Piero della Francesca e altri artisti-scienziati suoi conterranei, Leonardo ha lasciato la Toscana per trasferirsi in una città sede di ducato, dominata da un potente signore: Ludovico il Moro. Questi si appresta a riprendere la guerra contro Ferrara. L'impegno bellico di signori come il Moro a Milano o Federico da Montefeltro a Urbino sembra un catalizzatore più importante della politica di pace condotta a Firenze dai Medici.

In una lettera Leonardo illustra a Ludovico il Moro le proprie capacità. Non si tratta di una missiva autografa. Leonardo ha comunicato il proprio pensiero a un letterato che ha provveduto a volgerlo in bella forma. Nella lettera (CA 1082r) l'argomento «arte militare» è decisamente dominante. Leonardo apre sottolineando la scarsa originalità degli altri inventori di strumenti bellici; intende infatti convincere il Duca della bontà delle proprie invenzioni, che definisce *secreti*:

Havendo, Signor mio Illustrissimo, visto & considerato horamai ad sufficientia le prove di tutti quelli che si reputono maestri & compositori de instrumenti bellici [...] mi exforzerò [...] farmi intender da Vostra Excellentia, aprendo a quella li secreti miei [...]

Ho modi de ponti leggerissimi & forti, & acti ad portare facilissimamente [...] Et quando accadesse essere in mare, ho modi de molti instrumenti actissimi da offender & defender, et navili [...] Item, ho modi, per cave & vie secrete & distorte, facte senza alcuno strepito, per venire (ad uno certo) &

Vergine delle rocce
(c. 1483-1486,
Parigi, Louvre).



Leonardo: la scienza trasfigurata in arte

disegnato loco, anchora che bisognasse passare sotto fossi o alcuno fiume.
Item farò carri coperti, securi & inoffensibili...

Dopo un breve accenno a opere di architettura, scultura e pittura da realizzare «in tempo di pace», conclude:

*Et se alcuna de le sopradicte cose a alcuno
paressino impossibile e infactibile, me offerò
paratissimo ad farne experimento in el parco
vostro...*



Roberto Valturio, *De re militari*,
copia manoscritta (Archivio Storico
AMMA, fol. 80r). Corredate da una
breve didascalia le immagini
rappresentano due sifoni e due pompe
(una a mantice l'altra a stantuffo).

animali moveantur cum impetu inaeestimabili), dispositivi per andare sott'acqua (*Possunt etiam instrumenta fieri ambulandi in mari, vel fluminibus, usque ad fundum absque periculo corporali*), ponti senza colonne (*pontes ultra flumina sine columna, vel aliquod sustentaculo*). L'epistola contiene anche un'allusione al volo umano, che la accosta ulteriormente al mondo di Leonardo (*Item possunt fieri instrumenta volandi, ut homo sedeat in medio instrumenti revolvens aliquod ingenium, per quod alae artificialiter compositae aerem verberent, ad modum avi volantis*).

Leonardo, dunque, colloca le proprie capacità ingegneresche nell'ambito di questa tradizione dei *secreti* e dei *mirabilia* tecnici, cercando di seguire (magari facendosi aiutare da un amico colto, forse proprio da chi verga la lettera) un modello letterario di cui il testo baconiano è un esempio molto rappresentativo. È evidente come tenti di accreditarsi nel migliore dei modi alla corte del duca Ludovico, dove questa particolare forma di esposizione era probabilmente nota.

La «rinuncia» a una presentazione «visiva» o solo «visiva» attraverso disegni, è comunque indizio di una crisi che Leonardo vive nei primi anni milanesi. L'ambiziosa fiducia nelle possibilità espressive del disegno tecnologico, così evidente in alcuni fogli del periodo fiorentino, sembra almeno in parte subire una battuta d'arresto.

Con
«pratic
Duom
re un r
un «pr
archite
co per
cosa è
sanità
archit

...
reg
reg
dir
edi
che
dis

La
netta:
non ir
teoric
dottri
divise
sono
leggi
(quale
o scie
del pe

All'
«teori
gran p

Per
della
Deve
macch
entrat
tutta
solo o
cinque
inizia
versi
anni t
tentat

Una
Leona
1487-
ne e p
o latin
queste
raccog
libri: 1

È q
Leona
non p
invent
delle
rispec
infatti
all'anc
d'una
[...] u

Leonar

Contemporaneamente Leonardo prende le distanze dal mondo dei «pratici» da cui proviene. In una lettera indirizzata alla Fabbrica del Duomo di Milano, da cui è stato incaricato (intorno al 1487) di progettare un modello di tiburio, sembra tradire il fastidio di essere confuso con un «pratico» e sottolinea che per una giusta soluzione del problema architettonico è necessaria una conoscenza teorica: come un buon medico per sanare il corpo umano deve intendere «...che cosa è omo, che cosa è vita, che cosa è complessione e così sanità...», così è necessario che il «medico architetto» (CA 730r):

...intenda bene che cosa è edifizio, e da che regole il retto edificare deriva, e donde dette regole sono tratte, e 'n quante parte sieno divise, e quale sieno le cagione che tengano lo edifizio insieme e che lo fanno premanente, e che natura sia quella del peso, e quale sia il disiderio della forza...

La presa di distanza dal sapere «pratico» è netta: le leggi dell'architettura vanno apprese non in modo empirico ma secondo un sistema teorico (*da che regole il retto edificare deriva*), dottrinario (*e'n quante parte [esse regole] sieno divise*) e su fonti scritte (*donde dette regole sono tratte*); implicano anche la conoscenza di leggi più generali come quelle della dinamica (*quale sia il disiderio della forza*) e della statica o scienza *de ponderibus* (*che natura sia quella del peso*).

All'epoca in cui scrive, questo tirocinio «teorico» è per Leonardo un programma in gran parte tutto da attuare.

Per farlo deve confrontarsi con il mondo della cultura ufficiale, dominato dalla parola. Deve andare oltre i testi «visivi», i «teatri di macchine» su cui si è formato a Firenze. Deve entrare in una cultura testuale espressa quasi tutta in latino, e che fino a quel momento ha solo orecchiato indirettamente. A circa trentacinque anni, praticamente ignaro di latino, inizia da autodidatta un intenso e per certi versi ossessivo lavoro di acculturazione. Gli anni tra il 1483 e il 1489 sono in buona parte dedicati a questo ostinato tentativo di emancipazione culturale.

Uno degli aspetti più impressionanti dei due più antichi manoscritti di Leonardo, il Manoscritto B (c. 1487-1489) e il Codice Trivulziano (c. 1487-1490), è proprio questo diuturno esercizio di acculturazione. Pagine e pagine del Codice Trivulziano sono coperte da liste di vocaboli rari o latineggianti (si veda l'illustrazione in apertura di capitolo). Egli estrae queste parole da testi, manoscritti o a stampa, che comincia anche a raccogliere. Nel Codice Trivulziano (2r) troviamo un primo elenco di libri: *Donato, Lapidario, Plinio, Abaco, Morgante*.

È questo probabilmente il primo nucleo della biblioteca personale di Leonardo. Quando, intorno al 1482, lascia Firenze quasi certamente non possiede libri scientifici. Al momento di lasciare la città redige un inventario di materiali che intende portare con sé a Milano. Non una delle voci riguarda un libro o un manoscritto. L'elenco (CA 888r) rispecchia invece pienamente l'attività di Leonardo a Firenze; si tratta infatti di materiali di bottega su temi che vanno dall'arte alla tecnica all'anatomia artistica: «...molti fiori ritratti di naturale [...] misure d'una figura, disegni di fornegli [...] una testa di Cristo fatta di penna [...] un calcedonio [...] certi corpi di prospettiva, cierti strumenti per



Nel De re militari del Valturio (112v) il testo rinvia direttamente all'immagine per la descrizione di un otre utile per guardare un fiume.

nav[i]lli [...] molte gole di vecchie, molte teste di vecchie, molti nudi integri, molte braccia gambe piedi e attitudini...».

L'altro elenco, già visto, redatto mentre era a Firenze citava autori del mondo della cultura fiorentina da contattare più che da leggere.

E invece, una volta a Milano, i promemoria di Leonardo riguardano soprattutto testi da reperire. Anche i dotti personaggi che vi vengono citati sono per lo più associati a un libro che essi posseggono e che Leonardo spera in tal modo di poter leggere. La cultura orale non gli è più sufficiente. Non è più della discussione occasionale con un matematico che egli sente di avere bisogno, o della lezione di un filosofo naturale ascoltata allo Studio fiorentino. Ciò che ora si propone di fare è colmare un ritardo accumulato, sopperire alla mancanza di un regolare *curriculum* di studi che, in quanto «pratico», non ha avuto modo di compiere. Dovendo farlo da autodidatta trova evidentemente molto utile avere con sé dei libri. Comincia in tal modo a farsi una biblioteca: cinque libri per iniziare. Si tratta di una grammatica latina (*Donato*, corrispondente forse a *Donatus minor sive de octo partibus orationis*); un poema letterario, il *Morgante* di Luigi Pulci; due testi scientifici, uno più importante, la *Naturalis Historia* di Plinio, nella traduzione italiana realizzata da Cristoforo Landino, l'altro più semplice, un *lapidario*, cioè un testo di ricette chimiche e di mineralogia, tipo di opera molto diffusa, al pari di erbari e bestiari; infine un libro d'abbaco, cioè di aritmetica, un testo semplice e popolare usato nelle scuole d'abbaco che anche Leonardo da giovane aveva frequentato.

Qualche anno più tardi (c. 1490-1495), in un foglio del Codice Atlantico (559r), Leonardo redige un nuovo inventario della sua libreria. Evidentemente si è dato da fare; i libri sono diventati 40.

Le numerose entrate riguardano i campi più vari, dalla filosofia naturale, dalla chirurgia alla medicina, dall'astronomia alla chiromanzia o arte di divinare il futuro dai segni delle mani. La novità da sottolineare è proprio la ampia presenza di testi scientifici. Nel periodo fiorentino le letture di Leonardo si erano limitate soprattutto a testi letterari; mentre la sua cultura scientifica era stata essenzialmente di tipo «orale» (discussioni) o «visivo» (album di disegni macchinari).

Leonardo continua a raccogliere libri, scientifici e letterari, anche negli anni successivi e nell'ultimo elenco di una certa entità che ci ha lasciato (Md II 2v-3r, c. 1503-1505) i volumi hanno raggiunto un numero di tutto rispetto per una biblioteca privata dell'epoca: 116.

Ritornando agli inizi di questo risoluto lavoro di acculturazione, uno dei primi testi che catalizza l'attenzione di Leonardo è un libro di arte militare: il *De re militari* di Roberto Valturio (1405-1475). Il trattato del Valturio aveva conosciuto una fortuna enorme, diffuso sia in copie manoscritte sia soprattutto in edizioni a stampa (1472). Nel 1483 Ramusio ne pubblica una traduzione in lingua volgare. Verosimilmente è questa l'edizione consultata da Leonardo a Milano. Molte pagine del Manoscritto B contengono ampie citazioni da quest'opera, che compare anche tra i libri della sua biblioteca. È il primo testo che possiamo affermare con certezza essere stato sistematicamente studiato da Leonardo. E che si tratti proprio dell'opera del Valturio non è casuale. Valturio ha scritto la propria opera intorno al 1450-1455, per un principe soldato: Sigismondo Malatesta, signore di Rimini. Nella vicina e nemica Urbino, qualche anno più tardi, Francesco di Giorgio ha modo di studiare l'opera del Valturio, mentre a sua volta lavora e scrive un trattato per un altro signore guerriero e umanista, Federico da Montefeltro (un esemplare manoscritto del *De re militari* si trovava nella biblioteca del duca Federico).

Nei primi anni del suo soggiorno a Milano, come rivela la lettera al Moro, Leonardo si trova in una posizione analoga a quella del Valturio o di Francesco di Giorgio, cercando di accreditarsi come ingegnere militare per entrare al servizio di un signore colto e bellicoso. Ma i motivi dell'interesse di Leonardo sono anche altri. Il Valturio non è un ingegnere, ma un umanista. La fortuna della sua opera è dovuta non alle innovazioni tecniche proposte ma al suo «classicismo». Egli illustra ampiamente le tecniche

militari-
mente p
duplice
macchin
ca, il tra
parte t
macchin
queste
testo o
veda l'i
album
offrono
tra test
avere s
sti ultim
storia o
mente
con un
che des
riusciti
versano
con un
soldato
Ramus
inimici
quale c
lustraz
comple
descriv
za della
mosso
molto
carro
flabelli
l'imma
Tutt
Leona
stuale
Valtur
Leona
le, di
presso
so att
esemp
quale
siccar
Quint
co, la
allo st
corda
Mano
re»: «
dolon
un'alt
Mano
se per
co. A
e com
mitac
Tut
trova
verba
che la

militari degli antichi, citando numerosi autori classici. Contemporaneamente però corredata i suoi testi di numerose illustrazioni. È proprio questo duplice aspetto ad attrarre Leonardo. Per lui, abituato a consultare album macchinari di sole immagini, ma desideroso di farsi una cultura umanistica, il trattato di Valturio è un testo ideale. L'opera infatti, dopo una prima parte tutta testuale, a partire dal Libro X inizia a descrivere armi e macchine da guerra attraverso un ampio tessuto di immagini. Alcune di queste sono completamente svincolate dal testo o corredate solo di breve didascalia (si veda l'illustrazione a pagina 22), sul tipo degli album o teatri di macchine; altre invece offrono esempi interessanti di integrazione tra testo e immagine, che Leonardo deve avere studiato con molta attenzione. In questi ultimi casi il testo si limita a descrivere la storia di una invenzione, demandando totalmente al disegno la descrizione strutturale, con un rinvio esplicito. Ad esempio il brano che descrive come in epoca classica si fosse riusciti ad aggirare l'esercito nemico attraversando un fiume sott'acqua, si conclude con un rimando diretto alla figura relativa; il soldato, scrive Valturio (nella traduzione del Ramusio) «...passò per mezzo l'armata di inimici sustentato sopra l'acqua da uno otre quale come è dipinto qui di sotto» (si veda l'illustrazione a pagina 23). In altri casi è la complessità strutturale della macchina da descrivere che sembra suggerire la preferenza della sola figura, come nel caso di un carro mosso dal vento, introdotto da un testo molto stringato: «E un'altra mirifica forma di carro non falcato el quale sia cacciato cum flabelli e cum vento in questo modo»; segue l'immagine.

Tuttavia, oltre che dalle illustrazioni, Leonardo è attratto anche dalla parte testuale. Il carattere delle citazioni tratte dal Valturio è sintomatico. Nel citare un passo Leonardo non manca mai, quando possibile, di indicare il nome dell'autore classico presso il quale il Valturio ha attinto. È spesso attratto dall'etimologia di un nome. Ad esempio: «Sicca è uno picciolo coltello, il quale era usato dalli antichi assassini detti siccarì per lo nome d'esso coltello, secondo Quintiliano nel 9° de le Institutione» (Ms. B 41v). L'interesse umanistico, la raccolta di brani di celebri autori classici sembra primaria rispetto allo studio macchinale. Umanistica, letteraria è anche l'importanza accordata ai nomi delle armi o marchingegni studiati. In un foglio del Manoscritto B (40r) riporta ben trentanove «nomi d'arme da offendere»: «acinace, daga, ense, gladio, spata, arpe, lingula, machera, stragule, doloni, sicca, pugione, clunade, secespita, muclone, aclides, telo...» In un'altra più lunga raccolta di parole, contenuta in uno dei fogli del Manoscritto Ashburnham I (già parte dello stesso Ms. B) questo interesse per il linguaggio verbale sembra sconfinare nel gioco linguistico. Alcune parole dell'elenco sembrano infatti inventate, per assonanza e combinazione sonora tra loro: *phimiclote* sembra suggerire *philoclote*, *mitaclote* viene derivato da *miclote*.

Tuttavia questo estremo interesse per la «parola» a un certo punto trova, suo malgrado, uno sfogo visivo. Per quanto insista nel suo *training* verbale, Leonardo sembra non saper fare a meno dell'immagine. Ed ecco che la lunga serie di nomi di armi da fuoco prima citata è seguita da



Roberto Valturio, *De re militari* (77r).
La complessità della macchina,
un carro spinto dal vento, suggerisce
un rinvio alla figura piuttosto
che una descrizione verbale limitata
alle poche righe in alto.

numerose pagine in cui esse sono non solo descritte a parole, ma anche per mezzo di rapidi schizzi (Ms. B 41-44, *nella pagina a fronte in alto*). Il vocabolario *verbale* genera un vocabolario *visivo*. È probabilmente questo il senso di un gruppo di fogli del Manoscritto Ashburnham I rappresentanti armi (*nella pagina a fronte in basso e a pagina 29*). Si tratta di disegni senza testo, molto rifiniti; «disegni di presentazione», simili ai «teatri di macchine» che aveva realizzato a Firenze. Ciò che li distingue da questi ultimi, dominati da un unico possente progetto macchinale, è il carattere enumerativo. Sono veramente l'equivalente visivo di una raccolta di vocaboli aulici eseguita da un umanista. Ed è impressionante come il carattere stentato delle pagine in cui faticosamente Leonardo tenta di darsi una cultura verbale, ceda il posto in questi fogli di soli disegni - ad esempio in quello rappresentante una serie di cuspidi di lance - a una straordinaria inventiva formale. L'eventuale, devastante, utilità pratica di queste lance multipunte, la loro probabile valenza archeologica, è decisamente sopravanzata dalla forza della rappresentazione visiva. Tanto Leonardo stenta nell'arricchire i latinismi del suo vocabolario verbale, quanto riesce con estrema facilità a inventare *vocaboli visivi* di incomparabile bellezza formale.

E tuttavia all'esercizio linguistico cui si sottopone dobbiamo non poco. Molte delle sue geniali creazioni «visive» o artistiche sono il frutto di un lavoro teorico su concetti che affondano le loro radici nella filosofia naturale medievale e classica, buona parte della quale disponibile solo in latino. Ciò che di questo pensiero Leonardo riesce ad apprendere non può essere tutto attribuito a origine indiretta, a cultura orale, a discussioni avute con amici eruditi. Come detto Leonardo studia Valturio soprattutto in una traduzione volgare. Egli è tuttavia ben consapevole che buona parte di quell'orizzonte culturale e teorico con cui aspira di confrontarsi è in latino.

Non esita in tal modo, a trent'anni suonati, a intraprendere lo studio di questa lingua. Nonostante l'impegno, però, non riuscirà mai a impossessarsi saldamente della sua conoscenza.

Dei testi latini di filosofia naturale, probabilmente Leonardo riuscì ad afferrare più le nozioni generali che non le parti sottilmente filosofiche. Occorre tuttavia tenere presente che il latino dei testi scientifici è solitamente più semplice di quello dei testi letterari o puramente filosofici. Infine vedremo come Leonardo in alcuni casi poté avvalersi dell'aiuto di un amico dotto per tradurre un passo difficile, mentre occorre dare il giusto peso alla esistenza di un certo numero di testi scientifici in volgare.

Ad ogni modo è importante evitare l'immagine eccessivamente positivista di un Leonardo geniale ma incolto artigiano, spregiatore della cultura ufficiale. Quanto è emerso dall'analisi dei manoscritti dei primi anni milanesi rivela invece l'intenzione di impadronirsi delle stesse armi dei dotti.

Di lì a poco Leonardo darà una svolta teorica ai suoi sforzi, progettando la scrittura di complessi trattati scientifici e artistici. Per ora, mentre con l'avidità ma anche l'asistematicità dell'autodidatta, raccoglie parole e autori, alla corte degli Sforza è considerato non più che un illustre pittore. Intorno al 1487 il poeta Bernardo Bellincioni esaltando in un componimento lo splendore della corte milanese, cita medici, umanisti, architetti; anche Leonardo viene compreso ma come semplice pittore, anche se di qualità eccelsa (*da Fiorenza uno Apel quivi è condotto*).

Si tratta sicuramente di un importante riconoscimento per Leonardo. Egli è stato pienamente accolto a corte. Tuttavia molta acqua dovrà ancora passare sotto i ponti prima che, in terra di Francia e sul finire della sua vita, venga considerato in ben altri termini dal re Francesco I, il quale «non credeva mai che altro uomo fusse nato al mondo, che sapessi tanto quanto Lionardo, non tanto di scultura, pittura e architettura, quanto che egli era *grandissimo filosofo*» (Benvenuto Cellini, *Discorso dell'architettura*).

E invece a Milano, almeno in un primo momento, le sue capacità di teorico e scienziato sono decisamente sottovalutate. Leonardo reagisce scrivendo i famosi passi in cui esaltando, con una buona dose di ipocri-

sia, la s
rati (CA
S
raggi
re. C
tratt

Il ca
«pubbl
leonard
1490).
Dei 100
ti, appa
tere fin
si inscr
delle r
immag
nizzera
cazione
Manos
cui Le
stata ip
sco di
primiss
lità pra
più da
mutare
una di
questo
applica
caratte
dall'alt
sione t
scientif
mental
ca artis
interes

Un e
Manos
individ
minuta
delle a
to que
prima
isolato
più ta
tornato
mome
a volte
le già e
asisten
Altra v
nota st
affront
note «
che pe
di esse
sempic
giunto
mento
proprio
co. La

sia, la sua condizione di «pratico» prende posizione contro dotti e letterati (CA 327v):

So bene che per non essere io litterato, che alcuno presuntuoso gli parrà ragionevolmente potermi biasimare coll'allegare io essere omo senza lettere. Gente stolta! [...] Or non sanno questi che le mie cose son più da esser tratte dalla sprenzia che d'altrui parola...

Il carattere molto finito, quindi destinato a una «presentazione» o «pubblicazione», dei fogli rappresentanti armi, è un'eccezione nell'opera leonardiana degli anni cui risalgono i manoscritti B e Trivulziano (c. 1487-1490). Prevalgono decisamente le pagine di appunti e disegni disordinati. Dei 100 fogli che compongono il Manoscritto B solo 6, quelli già esaminati, appartenenti al cosiddetto Manoscritto Ashburnham I, hanno il carattere finito dei giovanili fogli macchinali di «presentazione». Questi ultimi, si inscrivevano, come visto, in una ben precisa tradizione testuale: quella delle raccolte di disegni macchinali o «teatri di macchine», testi di sole immagini, molto diffusi nelle botteghe. Mentre più tardi Leonardo organizzerà alcune pagine secondo un differente e più colto modello di pubblicazione testuale (quello del testo scientifico manoscritto o a stampa), il Manoscritto B e il contemporaneo Codice Trivulziano sono quaderni in cui Leonardo scrive e disegna per sé. Leonardo ripiega su se stesso. È stata ipotizzata una causa concreta: egli era meno richiesto di un Francesco di Giorgio. Di fatto non si hanno tracce di commissioni ducali nei primissimi anni del soggiorno milanese. Tuttavia al di là di questa causalità pratica è la stessa necessità di acculturarsi, per di più da autodidatta, che implica, in questi anni, un mutare di direzione della ricerca di Leonardo verso una dimensione più privata. E comunque grazie a questo parziale e momentaneo svincolamento dalle applicazioni pratiche di bottega, da un lato cresce il carattere mentale, fantastico del suo progettare, dall'altro vengono emergendo nuovi nuclei di riflessione teorica. In ambo i casi la sua ricerca tecnico-scientifica viaggia verso un orizzonte - fantastico e mentale per l'appunto - che la accosta alla sua ricerca artistica, e questo costituisce l'aspetto di maggior interesse della sua opera.

Un esempio della forma di «appunto privato» del Manoscritto B è il seguente. Scorrendo i fogli è facile individuare note caratterizzate da una grafia più minuta e regolare, scritte con un inchiostro più scuro delle altre. È probabile che Leonardo abbia aggiunto queste note in un momento successivo a una prima utilizzazione del codice. Questo non è un caso isolato. Abbiamo molti altri esempi, specie in anni più tardi, di fogli o manoscritti su cui Leonardo è tornato per utilizzare spazi lasciati vuoti in un primo momento. Le note aggiunte in un secondo momento a volte non hanno alcun rapporto tematico con quelle già contenute nel foglio, generando quell'assetto asistemático tipico di molte pagine leonardiane. Altra volta invece esiste un rapporto di continuità; la nota successiva riprende un tema precedentemente affrontato. È quest'ultimo il caso di alcune delle note «minute» aggiunte nel Manoscritto B. Quello che però occorre sottolineare è che la maggior parte di esse ha un carattere decisamente teorico. Ad esempio *De moto* (Ms. B 7v) è un titolo «colto» aggiunto a una pagina che, nella parte inferiore, era dedicata al funzionamento di una balestra. In generale l'impressione che danno queste note è proprio quella di una revisione teorica di studi orientati in senso più pratico. La grafia minuta delle note teoriche somiglia molto a quella utilizzata

*Rappresentazione di armi.
A ogni descrizione verbale
o vocabolo Leonardo associa,
un rapido schizzo. Il vocabolario
verbale ne genera quindi uno parallelo
visivo (Ms. B 42r).*



*Cuspidi di lance. Questi disegni
sono molto accurati, caratterizzati
da una straordinaria inventiva formale.
(Ashburnham I Al r).*

da Leonardo intorno al 1490. È quindi probabile che, avendo iniziato a compilare il manoscritto intorno al 1487, le note in questione risalgano a un momento appena più tardo. Ne possiamo dedurre che, verso la fine degli anni ottanta, l'interesse di Leonardo verso problematiche di tipo più generale e teorico si sia intensificato. Ha appena iniziato un paziente lavoro per migliorare le sue conoscenze linguistiche; molto resta da fare per riuscire a leggere con agio le fonti della cultura scientifica. Ma il suo pensiero corre più veloce. Sente un irrefrenabile desiderio di dare un «nome» proprio a quei fenomeni naturali che, in pittura, già riesce a rappresentare con un acume mai visto prima. In un promemoria risalente a questo periodo (CA 611ra, c. 1489) annota:

*alcibra ch'è apresso i Marliani, fatta dal loro padre
dell'osso de' Marliani [...]
libro che tratta di Milano e sua chiese, che ha l'ultimo cartolaio inverso
il Cordusio
misure della Corte Vecchia
misure del Castello
fatti mostrare al maestro d'abbaco riquadrare uno triangolo [...]
fatti mostrare al frate di Brera de ponderibus [...]
ricorda a Giannino bombardieri del modo come si murò
la torre di Ferrara senza buche [...]
Le proporzioni d'Alchino colle considerazioni del Marliano
l'ha messer Fazio [...]
Metaura d'Aristotile vulgare.
Fa d'aver Vitolone, ch'è nella libreria di Pavia, che tratta
delle matematiche.
Trova un maestro d'acqua e fatti dire i ripari d'essa e quello che costa...*

È un'agenda di lavoro: persone da incontrare, libri da reperire, misure da effettuare a Milano e dintorni. Come nel Manoscritto B, si sovrappongono due livelli: cultura empirica e teorica.

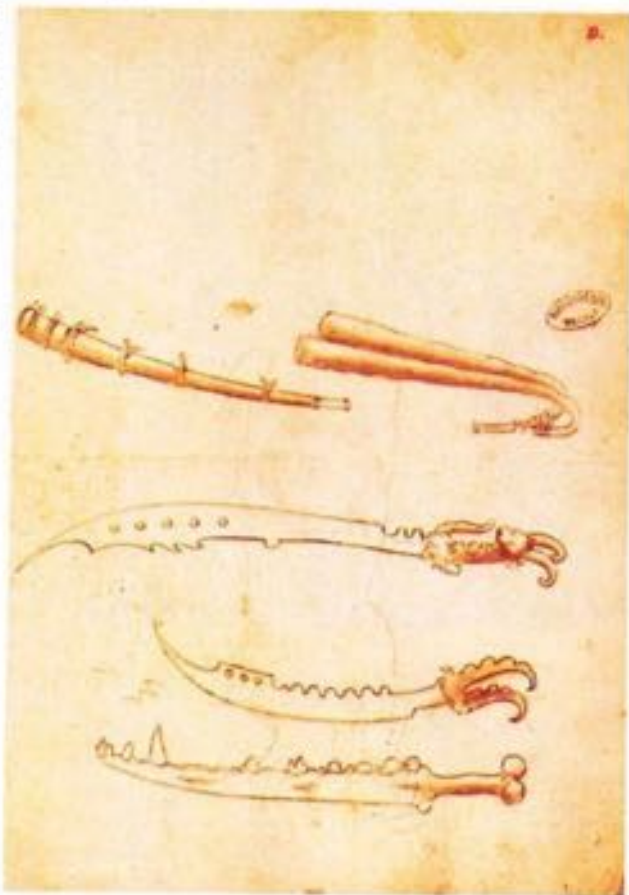
Da un lato si propone di apprendere da un artigiano idraulico, un «maestro d'acque», modi e costi di un eventuale lavoro da effettuare; dal fonditore e bombardiere Giannino Alberghetti segreti di arte militare. Allo stesso tempo però altre voci del promemoria esprimono il desiderio di andare oltre questi problemi pratici, verso un sapere più teorico. Dei testi scientifici citati almeno uno è in volgare: «Metaura d'Aristotele vulgare», cioè una edizione in italiano, manoscritta, dei *Meteorologica* (Libri di meteorologia) di Aristotele. È evidente che, quando è possibile, la predilezione di Leonardo va ai testi scientifici in italiano. Ma questi, come sappiamo, sono pochi. Ecco allora l'importanza dei personaggi citati nell'elenco in rapporto agli altri testi, che erano tutti in latino. Leonardo è infatti riuscito a formarsi una rete di conoscenze nell'ambiente intellettuale di Pavia, dove esiste una importante Università. Molti dei personaggi citati nell'elenco dai quali intende «farsi mostrare» trattati scientifici sono direttamente o indirettamente legati allo Studio pavese. I Marliani, citati all'inizio del promemoria, sono probabilmente Girolamo e Pier Andrea Marliani, figli del medico e matematico Giovanni, che aveva per l'appunto insegnato a Pavia. Più avanti Leonardo cita espressamente un'opera di quest'ultimo, che intende consultare, un commento al trattato sulle proporzioni *Libellus sex quantitatum* del matematico arabo Alkindi: «Le proporzioni d'Alchino colle considerazioni del Marliano l'ha messer Fazio». Messer Fazio, proprietario dell'opera, è Fazio Cardano, padre del più famoso Gerolamo, matematico e fisico, anch'egli docente di medicina e giurisprudenza a Pavia. Almeno in alcuni casi Leonardo scrive: *fatti mostrare* questo o quel testo da un dato personaggio. È probabile infatti che oltre che il prestito di un trattato con il conseguente tentativo di una sistematica lettura, Leonardo chiedesse anche spiegazioni sulla materia trattata.

Le materie dei trattati che si prefigge di studiare con l'aiuto di questi amici colti sono varie e vicine a quelle delle note aggiunte nel Manoscritto B: trattati di statica (*De ponderibus*), quasi sempre implicanti anche

nozioni di dinamica; matematica e proporzioni (*Alcibra; proporzioni d'Alchino*); ottica e prospettiva (*Vitolone*, cioè la *Perspectiva* di Witelo); fisica (i *Meteorologica* di Aristotele). Infine, non è inverosimile che il *Dell'osso de' Marliani* possa essere un'opera di anatomia, più esattamente di osteologia. Riassumendo: statica, dinamica, ottica, matematica, geometria, anatomia.

L'ultimo capolavoro dipinto prima di approfondire questo lavoro teorico è la *Vergine delle Rocce* (c. 1483-1486, a pagina 21). Mai prima un dipinto di soggetto sacro aveva raffigurato il mondo fisico con altrettanta evidenza. Leonardo ha rappresentato la *forza* con cui i monti riescono a innalzarsi, vincendo il peso che, in alcuni punti della volta della grotta, sembrerebbe farli ricadere in basso. Attraverso l'antro e le crepe, determinatesi in modo analogo in lontane ere geologiche, filtra, dal fondo lontano, la *luce*. Questa si sparge sulle figure ove più ove meno, creando ombre, e si riflette da una superficie a un'altra, trasferendo con sé parte del colore del piano di provenienza e colorando in tal modo l'ombra; ad esempio, partendo dal manto blu della Vergine, diffonde un riverbero bluastrò all'interno della fodera. Infine le figure umane: estremamente innovativa è la loro *animazione* attraverso gesti, espressioni, posture delle membra. A destra l'enfasi è tutta sui gesti delle mani del bambino, dell'angelo e della Vergine, situati su uno stesso asse verticale. L'angelo poi ha una postura strana per un essere umano; oltre alle ali ha un piede grosso, quasi palmiforme; ha qualcosa di un grosso uccello, un essere fantastico a metà tra uomo e animale.

Forza, peso, luce da un lato; movimenti delle membra e della psiche di uomini e animali dall'altro. Egli ha sinora conosciuto e giocato empiricamente con le leggi del mondo fisico, progettando macchine per sollevare l'acqua o specchi ustori per saldare le superfici metalliche; analogamente in pittura ha rappresentato il movimento vitale degli elementi naturali, di uomini e di animali in un modo prima impensabile. Nell'ambito di questo orizzonte *tecnico* e *artistico* della bottega quattrocentesca, egli ha già realizzato una rivoluzione. È in nome dei *segreti* tecnici del mestiere di macchinatore che si presenta al Moro; è grazie alle capacità pittoriche che deve la citazione da parte del Bellincioni nel 1487 e l'ammissione alla corte ducale. È invece in nome della conoscenza delle «cause» teoriche che, intorno al 1487-1490, si autoelogia nella lettera ai deputati della Fabbrica del Duomo. Verso la fine degli anni ottanta Leonardo, insomma, cambia rotta. Non gli basta più giocare, nei progetti di macchine, con i *segreti* del mondo fisico. Né si accontenta di rappresentare, in pittura, la *forma* dei fenomeni naturali. Inizia invece un viaggio oltre il *segreto*, per carpire la legge, oltre la *forma*, per conoscere la causa. Per la prima volta nella storia dell'umanità viene configurato, da parte di una mente geniale, un progetto di convergenza tra tecnica, arte e scienza. Ogni forma naturale, dalla più grande alla minima, lo ha sempre interessato; egli sa già rappresentarla in modo mirabile. Di gran lunga minore è invece la sua conoscenza delle leggi naturali che hanno prodotto quelle forme. In seguito all'incontro di queste due esigenze è come se la superficie delle forme - naturali e dipinte - si spalancasse legandosi a una causalità interna. D'ora in poi, in modo sempre più evidente ogni forma dipinta, disegnata o scolpita da Leonardo implicherà un «dietro», una causa interna. L'*anatomia*, ovvero lo scavo dietro la forma del corpo, o la *fisiognomica*, cioè lo studio del rapporto tra forma somatica esterna e causa psichica interna, sono solo due dei campi in cui si manifesterà questo viaggio *dentro le forme naturali*. □



Tre coltelli e due strumenti musicali a fiato (Ash I Dr). Anche questi disegni sono bene definiti

Oltre i limiti dell'artista-scienziato



Nel Quattrocento l'emancipazione teorica degli artisti è già in atto; Leonardo la conduce a compimento superando i limiti che ancora vengono posti alle conoscenze scientifiche dell'artista



L'anatomia artistica rinascimentale non va oltre lo studio di ossa, muscoli e superficie corporea. Nel disegno qui sopra, attribuito ad Alessandro Allori (c. 1575), le ossa sono progressivamente rivestite da muscoli e pelle; nella Maddalena lignea di Donatello (c. 1457, Firenze, Mus. dell'Opera del Duomo) le conoscenze anatomiche si basano sull'esame esterno del corpo.

L'interesse dell'artista rinascimentale per il sapere scientifico, il tentativo, in tal modo, di affrancare pittura, scultura e architettura dal livello di «arti meccaniche» in cui si trovavano, riceve una prima espressione teorica e testuale a opera di Leon Battista Alberti. L'Alberti è un umanista. Ha studiato legge, fisica e matematica. Negli anni trenta a Firenze (la cupola del Brunelleschi sta per essere ultimata) viene a contatto con il mondo degli artisti fiorentini, e questa esperienza deve in qualche modo averlo folgorato. Inizia infatti a scrivere trattati sulle arti visive. Finalmente anche esse hanno i loro testi, mentre nel curriculum dell'artista, l'Alberti include molte scienze teoriche. Qualche anno dopo, lo scultore Lorenzo Ghiberti, autore della *Porta del Paradiso* del Battistero fiorentino, scrive i *Commentari* (c. 1445-1450), un altro testo fondamentale di teoria artistica.

Tuttavia questa emancipazione teorica, nella prima generazione che la compie, intorno alla metà del Quattrocento, viene condotta con un certo ritegno. Anatomia e geometria sono tra le discipline scientifiche necessarie a ogni buon artista. Eppure Ghiberti, dopo avere riaffermato sulla scorta dell'Alberti la necessità di conoscenze anatomiche, aveva precisato i limiti di queste: «...Non bisogna esser medico come Ypocrate e Avicenna e Galieno, ma bene bisogna avere vedute le opere di loro, avere veduto notomia, avere per numero tutte l'ossa che sono nel corpo dell'uomo, sapere i muscoli che sono in esso, avere tutti i nervi e tutte le legature che sono nella statua virile. Altre cose di medicina non bisogna tanto» (*Commentari*). Analogamente, per quanto riguarda geometria e matematica, l'Alberti era stato altrettanto chiaro: «...piglieremo da matematici quelle cose in prima quale alla nostra matera appartengano [...] molto priego si consideri me non come matematico ma come pittore scrivere di queste cose. Quelli col solo ingegno, separata ogni matera, mesurano le forme delle cose. Noi perché vogliamo le cose essere poste



Anche nell'incisione
Combattimento di nudi
di Antonio Pollaiuolo
(II metà del Quattrocento)
le conoscenze anatomiche si basano
esclusivamente sull'esame esterno
del corpo.

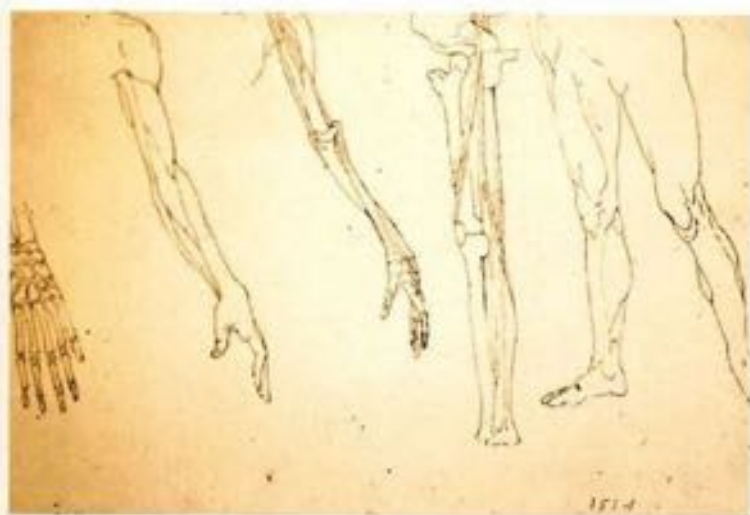
da vedere per questo useremo quanto dicono più grassa Minerva» (*Della pittura*). La geometria e le proporzioni sono dall'artista sempre calate in una forma visibile, materica (sia essa figura dipinta, chiesa o scultura); a questo scopo egli ricaverà dalle discipline matematiche quel tanto che gli serve, senza pretendere di inoltrarsi troppo in studi puramente teorici.

Leonardo fa esattamente l'opposto. Il suo scopo diventa quello di oltrepassare questi limiti posti alle conoscenze scientifiche dell'artista. Anatomia e geometria sono due campi in cui, già intorno al 1487-1489, è possibile rilevare tracce di questo sconfinamento.

Negli stessi anni in cui Leonardo inizia a migliorare le sue conoscenze linguistiche compare tra le sue carte il primo vero nucleo di studi anatomici (c. 1487).

Fino a ora la sua opera non artistica è consistita essenzialmente in studi macchinali e ingereschi. Si apre ora un nuovo capitolo, di anatomia. L'ultimo esempio di interesse anatomico, il *San Gerolamo* eseguito poco prima di lasciare Firenze, rientrava nell'orizzonte della bottega artistica. A interessare gli artisti erano solo due componenti anatomiche: ossa e muscoli. L'Alberti aveva per primo teorizzato questa procedura: «...gioverà prima allegare ciascuno osso dell'animale, poi appreso aggiungere i suoi muscoli, di poi tutto vestirlo di sua carne» (*Della pittura*, I. II). In molti anni di pratica, questo metodo diverrà la regola tra gli artisti rinascimentali. Intorno al 1575, Alessandro Allori, un artista di ambito michelangiotesco, lo illustra letteralmente in un disegno (*nella pagina a fronte in basso*), mostrandone tutta l'attualità in pieno XVI secolo. Lo studio delle ossa era finalizzato a una corretta comprensione delle misure corporee; la taglia di un corpo dipende infatti soprattutto dalla dimensione dello scheletro. Molto praticato era lo studio dei muscoli. Gli artisti si limitavano tuttavia alla conoscenza dei muscoli più

In basso: anatomia degli arti con studio embriologico fondato sul midollo spinale di una rana (RL 12613v). Gli arti, anche se innovativi nella rappresentazione, rientrano nell'anatomia artistica; il midollo è un esempio di come Leonardo vada oltre i limiti di questa. Dürer, in un foglio conservato a Dresda (in alto) omette di copiare dal disegno di Leonardo lo studio sul midollo di rana che debordava dai limiti dell'anatomia artistica.



esterni, quelli che, nel corso dei movimenti corporei, cambiano forma nel modo più evidente. L'anatomia artistica del Quattrocento non va oltre questo livello di «superficie» che in modo molto efficace Leonardo stesso definisce «infra l'anatomia e il vivo» (RL 12631r).

Senza escludere la possibilità di accesso occasionale a vere dissezioni anatomiche, pubbliche o private, questo tipo «superficiale» di conoscenze miologiche si poteva basare sull'esame esterno di soggetti particolarmente atletici, o, al contrario, di corpi emaciati per vecchiaia o malattia. Esempio del primo tipo di studio anatomico è la incisione del Pollaiuolo con un *Combattimento di nudi*. Lo studio anatomico di corpi debilitati sembra invece alla base della *Maddalena* di Donatello, eseguita poco dopo la compilazione dei trattati dell'Alberti e del Ghiberti (1453-1455).

Gli studi anatomici che certamente Leonardo ha eseguito a Firenze, mentre dipingeva il *San Gerolamo*, non ci sono pervenuti, ma devono avere avuto questo carattere. Vi accenna nell'elenco di materiali di bottega al momento di trasferirsi da Firenze a Milano (CA 888r): «...molte gogle di vecchie, molte teste di vecchi, molti nudi integri, molte gambe braccia piedi e attitudini». Un soggetto come il *San Gerolamo*, vecchio eremita consunto dall'età e dalle penitenze, era ideale per esprimere conoscenze anatomiche apprese in questo modo.

I due elementi che caratterizzano l'anatomia-artistica rinascimentale (e cioè: 1) studio limitato a ossa e muscoli e 2) forte connessione con quanto di essi appare in «superficie» attraverso la pelle) sono entrambi presenti anche nei primi veri studi anatomici eseguiti da Leonardo a Milano, intorno al 1487.

In uno (RL 12613v) Leonardo rappresenta gli arti dapprima con le sole ossa, quindi con il rivestimento muscolare. Altri disegni sembrano invece esempi di studio anatomico di superficie in corpi marasmatici (ad esempio RL 12611r).

Anche in questo orizzonte limitato dell'anatomia artistica, che supererà ampiamente, Leonardo introduce importanti innovazioni. Siamo negli anni ottanta del Quattrocento. L'originalità di questi disegni anatomici è enorme. Non è facile, oggi, comprenderla fino in fondo. Per farlo possiamo tentare di calarci nei panni di Albrecht Dürer, il grande pittore e scienziato tedesco, che, nei primi anni del Cinquecento, ha modo di conoscere proprio i disegni anatomici leonardiani di cui trattiamo. Tutto ciò che Dürer, al pari dei suoi contemporanei, ha fino ad allora potuto vedere in tema di illustrazioni anatomiche sono, in ambito anatomo-artistico immagini del genere eseguito dal Pollaiuolo, e in ambito scientifico la cosiddetta «serie di cinque figure», ovvero rappresentazioni del corpo umano disposto a rana con l'indicazione sommaria di un sistema fisiologico per ogni figura (arterie, vene, ossa, muscoli, nervi) (si veda l'illustrazione a pagina 34), ricorrenti in molti manoscritti di soggetto medico. Nella migliore delle ipotesi ha conosciuto immagini appena più realistiche di queste ultime che cominciavano a comparire nei manoscritti del XV secolo. Detto questo diventa più comprensibile la sua meraviglia di fronte ai disegni di Leonardo, che egli si affrettava a copiare con grande cura.

Dürer deve essere stato sorpreso anzitutto dalla forte verosimiglianza delle immagini leonardiane. Un altro aspetto che deve averlo colpito è il loro carattere decisamente «analitico». In tutte le precedenti rappresentazioni anatomiche di tipo scientifico il corpo

umano nel suo insieme è la cornice fissa entro cui raffigurare le varie parti anatomiche. E invece i disegni di Leonardo rappresentano «parti» staccate di corpo, squassate e offerte nelle loro componenti con una evidenza e una analiticità senza precedenti. Il valore di questi studi anatomici risiede anzitutto in questa dimensione visiva e di rappresentazioni analitiche. Considerati secondo parametri di tipo più positivista, il loro contenuto è piuttosto deludente: Leonardo si basa essenzialmente su dissezioni animali; le ossa di braccio e mano in uno degli studi sono di una scimmia. Tuttavia non per questo Dürer manca di copiarli fedelmente. È chiaro che ciò che lo attrae è anzitutto la novità rappresentativa.

Questa è stata messa a punto da Leonardo in un altro ambito di studi cui si era precedentemente dedicato: i progetti di macchine. Senza la tecnica di rappresentazione prima intera, poi esplosa, messa a punto da Leonardo negli anni fiorentini per uno dei più rifiniti progetti di macchina sollevatrice di pesi, sarebbe impensabile il disegno di arto inferiore mostrato nella sua interezza e quindi in sezione nelle sue parti, con i fasci muscolari in vista (RL 12627v). Limitatamente a questa fase della ricerca leonardiana il modello visivo macchinale influenza quello anatomico.

Tutto questo avviene nell'ambito dell'anatomia di ossa e muscoli. L'anatomia artistica rinascimentale non va oltre questo orizzonte. Muscoli di braccia e gambe rimarranno l'unico soggetto degli studi anatomici di Michelangelo.

La caratteristica principale dell'opera anatomica di Leonardo sta nell'aver rotto questi limiti. Egli avvia in modo sempre più deciso una ricerca che spazia verso i più svariati ambiti della filosofia naturale scolastica. L'analisi si allarga a tematiche del tutto estranee ai canoni dell'anatomia artistica; tenta di abbracciare tutti gli aspetti che un medico e filosofo naturale avrebbe indagato: sistema cardiocircolatorio, digerente, urinario, riproduttivo; anima e sue facoltà vitali e psicologiche e molto altro ancora. Soprattutto quest'ultimo aspetto diverrà molto importante: i rapporti tra anima e corpo, dove anima significa o energia vitale o energia psichica, emotiva e intellettuale. Tutto questo verrà realizzato non da un dotto, ma da un artista. Le conclusioni cui Leonardo giungerà nel corso delle sue incursioni nei campi della filosofia naturale assumeranno perciò una forma sempre mediocre dal punto di vista del trattato scientifico ortodosso. Questo difetto sarà però bilanciato da un esito unico nella storia della scienza: teorie biologiche e filosofiche saranno espresse per la prima volta non in linguaggio verbale ma visivo e, soprattutto, diverranno parte di una delle più forti visioni estetiche del mondo che l'uomo abbia prodotto.

Che interessi del genere non rientrino nel bagaglio usuale di conoscenze scientifiche previsto per un artista rinascimentale, è provato dal fatto che Dürer copia con molta cura, come visto, da un foglio di Leonardo le anatomie degli arti, mentre omette uno studio che compare in alto e che rappresenta un segmento del midollo spinale di una rana, sul quale Leonardo scrive: «virtù genitiva». In esso Leonardo studia come questa

*In alto: rappresentazione prima intera quindi «esplosa» dell'anatomia della gamba (RL 12627v).
In basso: studio dei muscoli del collo in un corpo defedato, per età o malattia (RL 12611r).*



particolare facoltà dell'anima trasmette la vita dal generante al generato passando, sotto forma di un fluido spirituale, all'interno del midollo per essere immessa nel liquido seminale. Accanto a questo sconfinamento «vitalistico», ne esiste uno «psicologico». Studia infatti anche i cosiddetti «ventricoli» cerebrali, le cavità che, secondo le teorie psicologiche e anatomiche dell'epoca, ospitavano le varie facoltà mentali. Ghiberti, nei Commentari, occupandosi di ottica, aveva già sfiorato queste tematiche psicologiche. In Leonardo però questo studio psicologico è parte, come vedremo nel prossimo capitolo, di una indagine più generale sui rapporti tra anima e corpo.

La ricerca anatomica verrà presto influenzata anche da altri tre campi di studio: *statica* e *dinamica* (cioè studio di entità come peso, forza, moto), *fisica dei fluidi* (aria e acqua), *geometria e proporzioni*.

Intorno al 1487-1489 questi campi teorici prendono forma «visiva» in tre gruppi di progetti architettonici: il tiburio del Duomo milanese (*nella pagina a fronte, al centro*), dominato dallo studio di pesi e forze strutturali; un piano urbanistico (*in alto*) in cui prevale l'interesse per il movimento e la trasformazione dei fluidi; una serie di edifici a pianta centrale (*in basso*) dominati da geometria e proporzioni. Ciascuno di essi è poi connesso allo studio del corpo umano.

Per quanto riguarda il tiburio del Duomo, si è visto come la lettera indirizzata da Leonardo ai deputati da un lato sottolineava che risolvere i problemi strutturali del *malato Duomo* da parte del *medico architetto* equivaleva a ripristinare la salute di un corpo, dall'altro conteneva espliciti riferimenti alla necessità di indagare la natura del peso e della forza («che natura sia quella del peso e quale sia il desiderio della forza»). Nei disegni i concetti immersi negli archi sono come linee o catene di

forza che cercano di contrastare il *peso* dei materiali strutturali.

Nel Manoscritto B acqua, aria, terra sono spesso studiate come *forze* da sedare, combattere, attraversare, attraverso dispositivi consistenti in linee o intrecci geometrici. Ad esempio «...per rompere l'impeto dell'acqua - di un fiume [...] - si debbe fare due file di cavalli per lo traverso del fiume...» (Ms B 60v), oppure «Piglinsi li soldati sotto le braccia l'uno l'altro e faccino di loro una schiera a uso d'uno palanco» (Ms B 62r), cioè formando come uno steccato di pali incrociati, sul tipo di quello raffigurato in alto sul foglio adiacente (Ms B 61r).

In questi studi sull'*acqua* e in quelli analoghi riguardanti arnesi per zappare la *terra* (Ms. B 52r) e ali per comprimere l'*aria* in volo (Ms. B 73v), i tre elementi naturali (acqua, terra, aria) sono rappresentati da un «tratteggio» di «linee di forza». Il «tratteggio» diviene uno strumento visivo per esprimere concetti dinamici. Il disegno a tratteggio è ampiamente utilizzato dai maestri del Quattrocento, specialmente per rappresentare le ombre o per stagliare una figura dallo sfondo. Leonardo stesso utilizza il tratteggio con questi fini luministici (*si vedano i disegni di crani nel capitolo successivo*). Tuttavia nelle sue mani esso diventa uno strumento teorico. In un disegno del Manoscritto B (70r), rappresentante due figure che

battono su un palo per conficcarlo nel terreno, il tratteggio è leggero al centro, mentre, esternamente ai due corpi impegnati nello sforzo, diviene più spesso e fitto, in modo da rappresentarne la tensione dinamica, quasi impressa all'aria circostante.

Venendo alla fisica dei fluidi, una tematica «sanitaria» e pratica, prima che una riflessione sulla regolamentazione dei fluidi, è alla base del progetto di città contenuto nel Manoscritto B. Quando Leonardo delinea questo piano urbanistico, Milano si è appena riavuta dalla grande peste



Un esempio di illustrazione anatomica «a rana», in un trattato scientifico del XII secolo.

del 1485. Nel luogo dove vennero raccolti i malati, verrà costruito, a partire dal 1488, il Lazzaretto grande. La peste ha mietuto molte vittime. Un cronista dell'epoca, Bettino Trezzi, scrive una *Letilogia*, ovvero un «Discorso della morte», descrivendo in versi il trasporto delle salme: «Spavento era vederli strassinare/ li corpi morti orver portarli in spalla...». L'impegno sanitario imposto da una simile calamità, la disponibilità di cadaveri sono probabilmente concause non secondarie della ripresa degli studi anatomici di Leonardo, avvenuta proprio intorno al 1487.

Il progetto urbanistico di Leonardo prevedeva abitazioni, strade e canali disposti su tre livelli. Le strade dell'ordine superiore dovranno avere un adeguato sistema di drenaggio; per queste «strade alte» scrive Leonardo «non de' andare carri ne' altre simili cose, anzi sia solamente per li gentili omini; per le basse deono andare i carri e altre some a l'uso e comodità del popolo» (Ms. B 16r). Al di là della concezione classista che in queste parole trova espressione, occorre pensare alle necessità concrete di igiene: il traffico merci, garantito da animali da soma guidati da lavoranti, è quello più inquinante, e va posto quindi a più immediato contatto con i canali di scolo, che si trovano nei due livelli più bassi (alcuni canali sono sotterranei).

E infatti è «per le vie sotterranee - situate nell'ordine inferiore - che si de' votare destri, stalle e simili cose fetide» (*ibidem*). Viene precisato il luogo più opportuno dove porre i «pisciatoi comuni» per gli uomini, in prossimità di scale elicoidali che collegano i due livelli (Ms. B 15v), e come realizzare in modo ottimale il deflusso degli escrementi dei cavalli dalle stalle, trasferendoli «in loco che non dà fastidio» (Ms. B 38v). Infine è fondamentale che la città si trovi vicino a un fiume sufficientemente rapido, collettore di tutti i rifiuti: «Vuolsi torre fiume che corra, a ciò che non corrompessi l'aria alla città, e ancora sarà comodità di lavare spesso la città» (Ms. B 38r).

La considerazione di ragioni igieniche era un tema già dibattuto nella teoria sull'architettura. L'esempio era stato il trattato *De architectura* del grande architetto romano Vitruvio (I secolo a. C.). Sulla sua falsariga anche l'Alberti e Francesco di Giorgio avevano inserito nei rispettivi trattati analoghe considerazioni. Nel progetto leonardiano tuttavia è la «forma» stessa della città che, per rispondere alla necessità igienica di smaltire nel modo migliore i rifiuti, sembra plasmarsi in funzione di un modello «fluidico», quasi per essere attraversata più da fluidi che da uomini. Nel corpo animale la funzione fisiologica di rimuovere le deiezioni corporee è svolta da visceri e intestini. Analogamente la città, come l'apparato digerente di un corpo animale, è un sistema di condotti collegati tra loro: corridoi porticati, scale a chiocciola, canali scoperti e canali sotterranei; il tutto attraversato da fluidi di scarto (escrementi umani e animali, acqua piovana) e di raccolta (acque dei canali) confluenti in un fiume. In conclusione questo progetto urbanistico è ben lontano dalla serena staticità geometrica dell'ideale rinascimentale di città: complessi sistemi di portici, canali, cunicoli in luogo di strade ampie e squadrate. Come la Vergine delle Rocce anche la città di Leonardo non ha più la solarità del modello quattrocentesco. È invece



Progetti per una città attraversata da canali (Ms. B 16r); per un tempio a pianta centrale (Ms. B 17v); per il tiburio del duomo milanese (CA 850r). Nel primo esempio domina il movimento dei fluidi; nel secondo la geometria, nel terzo nozioni di statica e dinamica.



dominata da un senso di fluidità viscerale, di sub-terraneità, è il tentativo di regolare l'oscura presenza degli elementi naturali, umani e fisici, colti nel loro trasformarsi e trasportarsi.

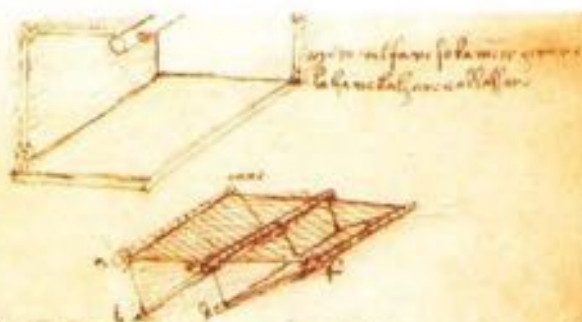
Nello stesso tempo e nello stesso manoscritto in cui progetta questa città, Leonardo esegue una serie di studi per un tempio a pianta centrale (nella pagina precedente al centro). Se la forma della città esprimeva una visione fisica e qualitativa, in questi progetti di templi l'ordine di idee è invece quantitativo, geometrico e proporzionale.

Come mostrano le piante degli edifici, Leonardo combina variamente tra loro delle forme geometriche con un fine ben preciso: in ogni soluzione risultante l'edificio deve avere una assoluta simmetria e interdipendenza tra le sue parti. Per ogni cappella su un lato ne esiste una corrispondente sul lato opposto. Tolta una parte, l'edificio resta irrimediabilmente monco.

Quando, nel *De re aedificatoria* (c. 1450), il primo trattato di architettura del Rinascimento, Leon Battista Alberti aveva teorizzato la superiorità dell'edificio a pianta centrale aveva in mente proprio questo. L'edificio ideale è quello nel quale tra le varie parti esiste un rapporto tale che nessuna può essere tolta o aggiunta senza alterare irrimediabilmente l'equilibrio dell'insieme. Per raggiungere questo scopo occorre che ogni parte abbia una forma e una misura ben definita; l'interdipendenza tra le parti si ottiene infatti realizzando precisi rapporti proporzionali tra una e l'altra. Per quanto riguarda l'ambito geometrico l'Alberti afferma la supremazia del cerchio, del quadrato e di un gruppo di figure poligonali (tra cui esagono, ottagono, decagono, dodecagono). Tutte queste figure rispondono più delle altre al fine principale di realizzare interdipendenza e simmetrica rispondenza tra le parti. La pianta centrale dell'edificio ideale avrà per l'appunto forma circolare, quadrata o poligonale. In un edificio a pianta non centrale, come la chiesa di forma basilicale o la cattedrale gotica, la simmetria tra le parti è ovviamente meno forte. Anche per quanto riguarda i rapporti proporzionali, l'Alberti fornisce indicazioni precise: uno a due (1/2), due a tre (2/3), tre a quattro (3/4)

Esempi di significato «dinamico» del disegno a tratteggio.

In basso a sinistra è rappresentata la terra zappata (Ms. B 52r); in alto a sinistra l'aria compressa da un particolare di ala della macchina volante (Ms. B 73v); a destra, la forza sviluppata dalle due figure per battere un palo sembra rappresentata dal tratteggio che le circonda (Ms. B 70r).



Questo è un disegno di un'ala di una macchina volante, che mostra la struttura interna e la disposizione delle parti. Il disegno è eseguito con linee sottili e tratteggio per indicare le diverse componenti e la loro interazione.



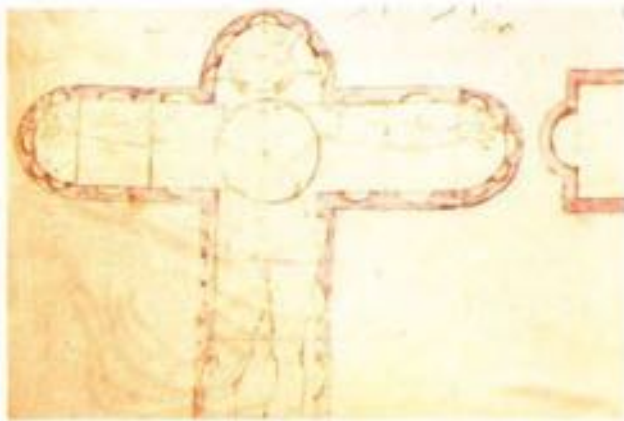
rappresentano i rapporti ideali tra le parti per orchestrarle in una armonia che viene confrontata con le proporzioni armoniche della musica. Così, per esempio, in una chiesa a pianta centrale, l'altezza del muro fino all'inizio della cupola dovrà essere pari alla metà (rapporto 1/2), a due terzi (2/3) o a tre quarti (3/4) del diametro della pianta.

Dunque, a metà del Quattrocento, architettura, geometria, proporzioni si trovano strettamente connesse. Con due importanti novità rispetto ai secoli precedenti: ricerca della armoniosa rispondenza tra le parti, cui consegue il trionfo dell'edificio a pianta centrale; dimensione antropocentrica in cui viene proiettata la ricerca delle leggi geometriche e proporzionali su cui basare l'architettura. Nel libro III del *De architectura*, Vitruvio scrive che le proporzioni degli edifici devono fondarsi su quelle del corpo umano. Contestualmente, a riprova della perfezione della forma del corpo umano, osserva come un *homo bene figuratus*, cioè un uomo dal fisico ben proporzionato, se allarga braccia e gambe risulta inscritto nelle due più perfette figure geometriche: cerchio e quadrato. Gli schemi geometrici astratti dai quali nel Medioevo autori come Villard de Honnecourt facevano derivare forma e proporzioni di architetture, sono sostituiti da sistemi di misura fondati su forma e proporzione del corpo umano. Francesco di Giorgio inscrive direttamente la figura umana nella pianta dell'edificio o in una sua parte (si vedano le illustrazioni in questa pagina). Ad esempio il rapporto proporzionale tra le tre o quattro parti di un capitello deve essere lo stesso di quello che esiste tra le parti del capo dell'uomo. In un disegno Francesco dà espressione visiva alla teoria vitruviana dell'*homo bene figuratus*, disegnando un uomo inscritto in un quadrato e in un cerchio. Queste stesse figure geometriche, variamente combinate, sono poi alla base di una serie di progetti per edifici a pianta centrale.

Nel giugno 1490 a Pavia Leonardo incontra Francesco di Giorgio. Entrambi sono stati convocati per esprimere un parere sull'edificazione di una cattedrale. Accomunati precedentemente dall'opera ingegneresca e macchinale, sono ora vicini fisicamente e in rapporto ad altro ordine di



Mentre in un autore medievale come Villard de Honnecourt (Taccuino di disegni, Parigi, Bibliothèque Nationale) è lo schema geometrico a determinare la forma di figure umane ed edifici (sopra), in un artista rinascimentale come Francesco di Giorgio, avviene il contrario: la forma umana determina la forma dell'edificio (a lato e sotto, Trattato di architettura, Ash.361, Firenze, Biblioteca Laurenziana, 10v e 13v).



problemi. Viene generalmente datato proprio intorno al 1490 l'*Uomo vitruviano*, il famoso disegno di Leonardo rappresentante le proporzioni del corpo umano secondo Vitruvio (si veda l'illustrazione nella pagina a fronte in basso). Nel passo che accompagna la figura si legge: «Vetruvio architetto mette nella sua opera d'architettura che le misure dell'omo sono dalla natura distribuite in questo modo...». Segue una dettagliata analisi dei rapporti proporzionali tra le varie parti del corpo. A differenza dell'analogo disegno di Francesco di Giorgio viene data maggiore importanza alla correlazione proposta da Vitruvio tra corpo umano e due differenti figure geometriche: *homo ad circulum* e *ad quadratum*. Mentre infatti nel disegno di Francesco si vede una sola figura, Leonardo sdoppia la stessa figura in due differenti posture di braccia e gambe, una in rapporto al cerchio (che viene ad avere il suo centro nell'ombelico), l'altra in rapporto al quadrato (con centro in corrispondenza del pube).

Questa soluzione, per quanto nata nell'ideale rinascimentale di armonia e di sintesi, in realtà minaccia di distruggerlo. Nell'unità della forma simmetrica e unicentrica (quella del disegno di Francesco) viene introdotta la possibilità di una scomposizione: *homo ad circulum* e *homo ad quadratum* sono di fatto due possibilità in cui sembra scomporsi la configurazione simmetrica e unitaria del corpo umano. Qualcosa di analogo avviene in uno dei progetti di templi a pianta centrale: l'edificio, apparentemente unico, può in realtà sdoppiarsi, lungo l'altezza, in due unità distinte e autonome; annota infatti Leonardo: «Questo edificio ancora starebbe bene a farlo dalla linea abcd in su» (Ms. B 17v). Nonostante il rispetto della pianta centrale, il canone albertiano è forzato: l'eliminazione di una «parte» dal «tutto» non crea un edificio mostruoso e asimmetrico, ma due nuovi edifici.

Non c'è dubbio che le due unità risultanti da questa scomposizione di una forma iniziale, solo apparentemente unica, posseggono a loro volta una finita e statica rispondenza tra le parti. Tuttavia è anche vero che in questo atteggiamento di Leonardo nei confronti della teoria albertiana è ravvisabile una sensibilità verso la scomposizione del «tutto» nelle sue «parti»; insomma un atteggiamento analitico, costantemente accompagnato però dalla tendenza opposta a «ricucire» sinteticamente il «tutto».

Leonardo ha già iniziato a «scomporre» anatomicamente il corpo umano. Sarà proprio nell'anatomia che il rapporto tra «tutto» (forma intera del corpo esibente la rispondenza armoniosa tra le sue membra) e «parti» (singole membra analiticamente studiate e disegnate) verrà avvertito con una tensione che va oltre la soluzione tutto sommato «armoniosa» proposta in questi studi.

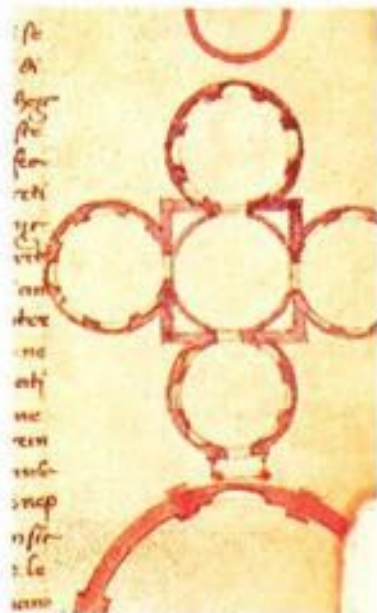
Geometria e proporzioni entrano non solo in architettura, ma anche nelle altre arti. Oltre che nel *De re aedificatoria*, Alberti introduce considerazioni geometriche e proporzionali anche negli altri due trattati che compone, il *De statua* e il *De pictura*. L'Alberti aveva però posto dei limiti alle conoscenze teoriche necessarie all'artista. Di fatto egli spiega al pittore «che cosa sia proporzione» non con teoremi e dimostrazioni teoriche, ma attraverso la proporzionalità esistente tra i lati di triangoli di differente grandezza ma di simile tipo, ad esempio tra due triangoli isosceli. Ad esempio nella misurazione dell'altezza di un monte o di un edificio. Leonardo stesso la applica (Ms. A 6r) per misurare l'altezza di una torre (si veda l'illustrazione a pagina 40).

La scienza scolastica aveva chiaramente definito il rapporto tra teoria e pratica in discipline come la geometria. Nel XIII secolo Ruggero Bacone, nei *Communium mathematica* fa discendere dalla geometria, come sua applicazione pratica, l'architettura, la progettazione di macchine civili e belliche, l'agricoltura, l'agrimensura, la costruzione di strumenti prospettici. È nell'ambito di questa *pratica di geometria* che l'artista deve apprendere, in una forma più comprensibile o più «grassa» per riprendere il termine usato dall'Alberti nel passo citato all'ini-



Lance incrociate, modo con cui un esercito può contrastare un assalto nemico (Ms. B 61r).

zio, i r
Leona
co ric
questo
te pra
molti
come
di que
po di
gener
regole
propo
lemen
E in
limiti
matic
lavoro
Leona
realiz
bellus
Il ma
esiste
gi, co
racco
tuali
perso
o mac
e l'op
zioni
co. Le
non c
attrav
C'è
rimas
ogni l
stretto
stre, c
re Pic
sono
epoca
questi



Francesco di Giorgio,
Trattato di architettura (Ash 5r e 12r).
Quadrato e cerchio, le figure connesse
da Vitruvio con l'uomo
ben proporzionato, sono anche
alla base del progetto di un edificio.

zio, i rudimenti matematici di cui abbisogna. Quando Leonardo annota: «fatti mostrare al maestro d'abaco riquadrare un triangolo» (CA 611ra) è proprio a questo ambito che si rivolge. Date le possibili ricadute pratiche, nelle scuole d'abaco venivano insegnati molti principi di geometria e proporzioni. Leonardo, come sappiamo, aveva frequentato da giovanetto una di queste scuole. Un *abaco* compare nel primo gruppo di libri della sua biblioteca. Si trattava di testi, generalmente in volgare, in cui venivano esposte regole di aritmetica, nozioni di base sui rapporti proporzionali e geometrici, spesso non proprio elementari, ma tutti aventi una diretta finalità pratica.

E invece Leonardo, a un certo punto, forza questi limiti e si interessa proprio ai testi di pura teoria matematica sconsigliati dall'Alberti. In un promemoria di lavoro già esaminato, accanto al «maestro d'abaco», Leonardo include anche il trattato sulle proporzioni realizzato dal filosofo arabo Alkindi, noto come *Libellus sex quantitatum*, con il commento del Marliani. Il manoscritto che Leonardo intendeva consultare esiste ancora presso la Bibliothèque Nationale di Parigi, compilato verso la metà del Quattrocento per raccogliere opere uscite proprio dal gruppo di intellettuali lombardi con cui Leonardo entra in contatto. Le persone che Leonardo contatta non sono dei «pratici» o maestri d'abaco, ma professori dello studio pavese, e l'opera di Alkindi è un trattato nel quale le proporzioni sono esaminate su un piano squisitamente teorico. Le leggi delle proporzioni sono espone, in latino, non con esempi concreti come quello scelto dall'Alberti per i pittori, ma attraverso un lungo seguito di *diffinitiones* e relative *conclusiones*.

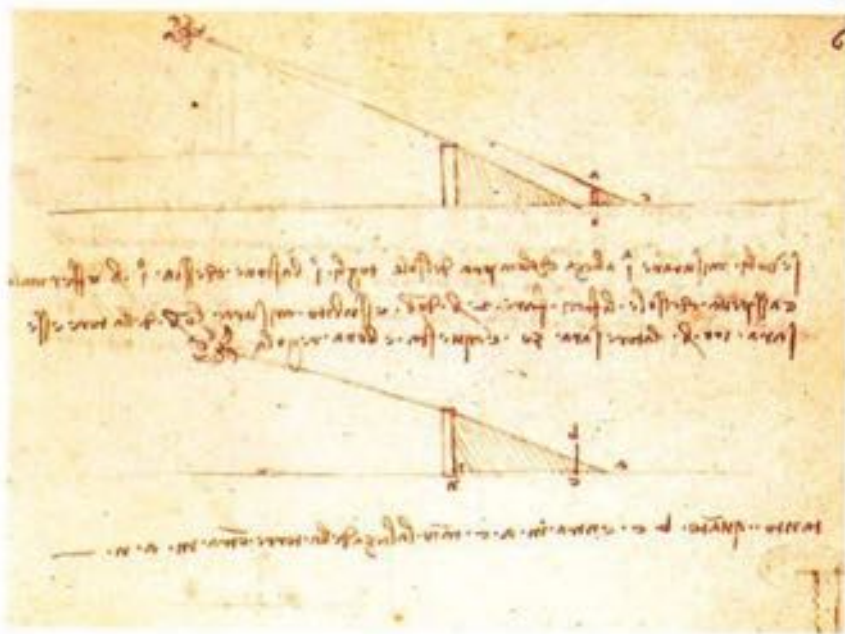
C'è da giurare che un simile testo, difficile per lingua e contenuto, sia rimasto fuori dalla portata di Leonardo. Tuttavia è fuor di dubbio che ogni limite alla educazione scientifica dell'artista gli risulta decisamente stretto. In questo campo specifico esisteva del resto un precedente illustre, che aveva già scardinato i limiti della generazione più antica: il pittore Piero della Francesca, tra il 1450 e il 1480, aveva scritto trattati che sono tra i capolavori della scienza matematica e geometrica della sua epoca (il *Libro d'abaco* - che nonostante il nome si occupa soprattutto di questioni teoriche - e il *Libellus de quinque corporibus regularibus*),



L'Uomo vitruviano, ovvero
le proporzioni del corpo umano
secondo Vitruvio
(Venezia, Accademia, 228).
A differenza di Francesco di Giorgio,
Leonardo sdoppia la figura umana
in due posture, una in rapporto
al quadrato, l'altra al cerchio.
L'insieme tuttavia conserva
una unità armoniosa.

Misurazione indiretta dell'altezza di una torre (Ms. A 6r).

«Togli un bastone d'un braccio e aspetta che il sole gli faccia fare 2 bracci d'ombra e subito misura l'ombra della torre e se sarà 100 bracci la torre sarà 50». Nel disegno in alto si vedono evidenziati a tratteggio due triangoli: uno ha per lato la torre, la sua ombra sul terreno, la loro congiunzione; nell'altro i lati sono dati dal bastone piantato in terra, dalla sua ombra, dalla congiunzione. Questi due triangoli sono simili, del tipo di cui parlava l'Alberti: differenti in grandezza, ma proporzionali tra loro perché tra i lati esistono stessi rapporti di misura. Leonardo, per semplificare, ha atteso il momento in cui il bastone crea un'ombra pari al doppio della sua lunghezza. In tal modo tra due lati del triangolo minore esiste un rapporto di 1/2. Misurando nel medesimo momento di esposizione solare la lunghezza dell'ombra gettata dalla torre, se ne ricava la sua altezza, che, essendo i due triangoli proporzionali, avrà con il lato-ombra, lo stesso rapporto di 1/2 presente tra i lati omologhi dell'altro triangolo.



applicandone i principi - in versione prospettica - alla propria opera pittorica. Leonardo non raggiungerà mai la maturità teorica di Piero nelle scienze matematiche. L'originalità del suo contributo in questo campo consiste invece in uno «spostamento di campo».

Egli trasferisce in un ambito anatomico e biologico - perciò «qualitativo» - un soggetto «quantitativo» come le proporzioni. Nei trattati scientifici di soggetto anatomico non mancavano sezioni dedicate alla descrizione «quantitativa» di un organo. Tuttavia esse non erano la parte principale e comunque nella medicina tardo scolastica era prevalso il concetto di un *corpus mobile* o *permutabile*, in continuo cambiamento, poco misurabile. Il corpo umano, come ogni oggetto fisico, sembrava poco suscettibile di esatta misurazione. Aristotele insegnava a separare matematica, che astrae dalla materia e dal movimento, e fisica o filosofia naturale che invece si occupa di corpi materiali (tra cui il corpo umano e animale), sottoposti a movimento (*motus*) e mutazione (*mutatio*).

A metà del Quattrocento l'Alberti raccorda invece lo studio delle proporzioni somatiche con quello delle ossa, la parte più dura del corpo. Questa connessione rimane però più uno spunto teorico che una pratica diffusa tra gli artisti dell'epoca.

Al contrario i fittissimi, minuziosi studi sulle proporzioni del corpo realizzati da Leonardo soprattutto verso la fine degli anni ottanta (si veda l'illustrazione a pagina 42) sono da lui concepiti come parte fondamentale di un trattato biologico e anatomico. Avremo modo di incontrare nell'anatomia leonardiana espressioni estreme di questo rapporto; egli misurerà infatti anche l'interno del corpo umano. Per ora basti rilevare che anche in questi studi limitati alla superficie corporea, frequenti sono i rimandi tra misure esterne e sistema scheletrico interno. Ad esempio, dopo avere tracciato un quadrato tra ciglia, mento, limite posteriore della mascella e orecchio, precisa: «El cavo dell'osso della guancia si truova in mezo fra la punta del naso e 'l confine della masciella...» (Venezia, Accademia, n. 236).

Sebbene la connessione tra matematica e biologia nei testi di filosofia naturale sia più eccezione che regola, una di queste eccezioni è di parti-

colare rilievo ed è costituita dagli scrittori di ottica (o come nel Medioevo veniva definita, *perspectiva*). Prima di entrare nella teoria e pratica artistica del Quattrocento, l'ottica era stata parte integrante della filosofia naturale scolastica. Veniva insegnata in molte università ed era stata oggetto di trattazione da parte di importanti filosofi. Ad esempio occupa buona parte dell'*Opus maius* di Ruggero Bacone, uno dei maggiori filosofi del XIII secolo. Esisteva una tradizione ben precisa di autori *perspectivi*: da Alhazen (tradotto dall'arabo in latino nel XIII secolo), al polacco Witelo, all'inglese John Peckham (XIII secolo), a Biagio Pelacani da Parma che nei primissimi anni del XV secolo legge il suo commentario di ottica nello Studio fiorentino. Ed è proprio a Firenze

che Brunelleschi costruisce i suoi modelli prospettici del Battistero e di Palazzo Vecchio; è dopo un soggiorno fiorentino che Alberti scrive il *De pictura*, in cui si occupa ampiamente di prospettiva; è a Firenze, infine, che lo scultore Lorenzo Ghiberti, nella terza parte dei *Commentari* tratta in modo diffuso di ottica citando brani dai più importanti filosofi *perspectivi*, grazie all'utilizzo di traduzioni volgari che pure circolavano. Delle discipline teoriche della scienza scolastica l'ottica era quella che,

occupandosi di «visione», riguardava più da vicino lo specifico degli artisti. È quindi naturale che, desiderosi di emancipazione intellettuale, gli artisti del Quattrocento ponessero questa scienza alla base della nascente teoria artistica.

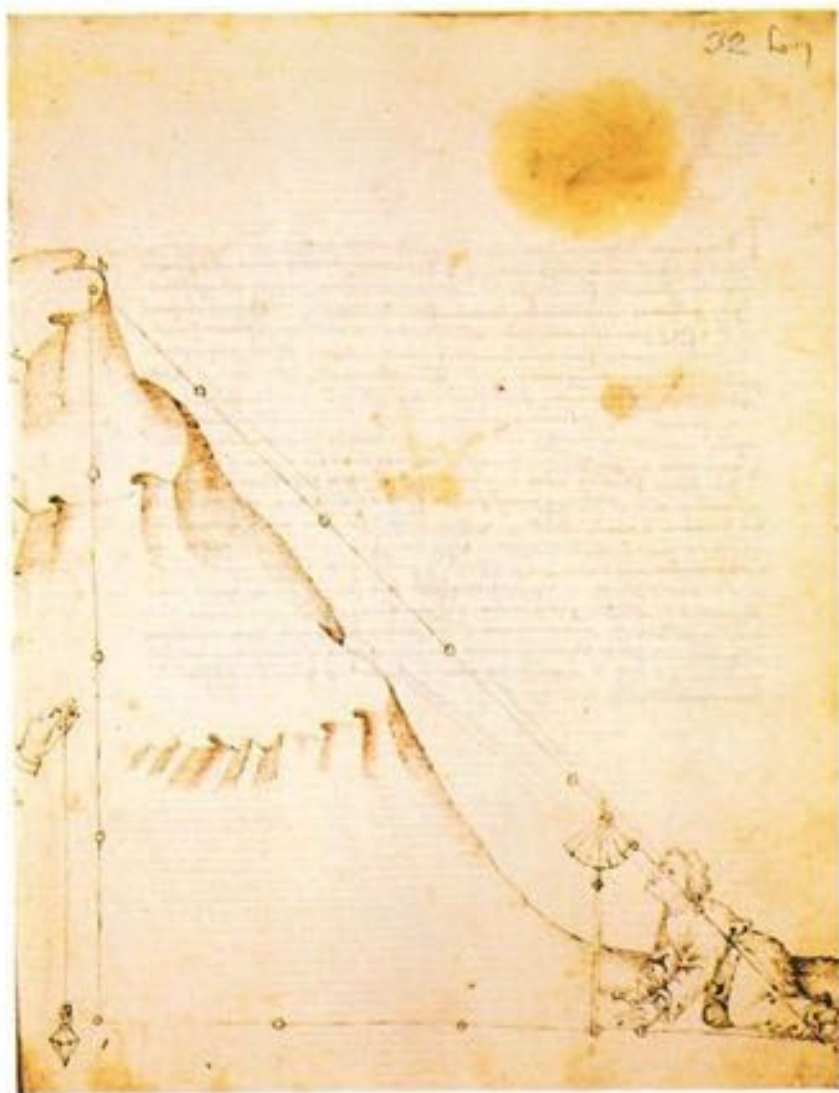
Tra i motivi della fortuna dell'ottica presso i filosofi naturali scolastici è invece il fatto che in essa pareva risolversi il contrasto tra fisica e matematica. Da un lato infatti la visione ha il suo fondamento nell'anatomia dell'occhio e riguarda le apparenze di oggetti reali, fisici, dall'altro il modo in cui la luce agisce nella visione segue precise regole matematiche.

Come visto, Leonardo, nel periodo fiorentino, non si mostra particolarmente attratto da questa disciplina. E invece a Milano, tra il 1487 e il 1490, si ritrova affascinato dalle scienze esatte e la prospettiva diviene un campo di cui non può fare più a meno. Nello stesso promemoria in cui si propone di contattare amici colti annota anche: «fa d'avere Vitolone ch'è nella libreria di Pavia che tratta delle matematiche». L'opera in realtà non «tratta delle matematiche», ma è uno dei capolavori dell'ottica scolastica, la *Perspectiva* di Witelo. Leonardo lo sa bene, e in un appunto contemporaneo scrive: «In Vitolone è 805 conclusioni in prospettiva». L'imprecisione dell'altra citazione è quindi sintomatica: egli si accosta alla scienza prospettica anzitutto come a una disciplina matematica. Impegnato a definire le prime linee di un progetto di ricerca in cui coesistono scienze esatte e biologia, la teoria ottica doveva interessarlo come esempio di unificazione tra questi ambiti (CA 543r):

La prospettiva adunque è da esser preposta a tutte le tradizioni e discipline umane [...] in quella quale si truova la gloria non tanto della matematica quanto della fisica, ornata co' fiori dell'una e dell'altra.

Geometria e proporzioni sono infatti alla base della prospettiva. Nel *De pictura* dell'Alberti i capitoli di geometria (1-5) sono immediatamente seguiti dai capitoli sulla prospettiva nell'ambito dei quali (cap. 14) viene spiegato «che cosa sia proporzione».

La *perspectiva* degli scrittori medievali era poi un insieme di ottica e oftalmologia: studio del modo in cui la propagazione della luce determina la visione (ottica) e studio dell'anatomia dell'occhio (oftalmologia).



Qui sopra:
Taccola,
Misurazione
d'altezza
con quadrante
e filo a piombo,
fondata
sul principio
di proporzione
tra triangoli simili
(Ms. Palatino
766, 32r, Firenze,
Bibl. Naz.
Centrale).
A lato: l'occhio
travergia
un oggetto
attraverso
una «parete
di vetro»,
sulla quale
è possibile
disegnare
l'oggetto
(Ms. A 1v).

Quando nel Quattrocento gli artisti si avvicinano a questa disciplina, a queste due aree di studio ne aggiungono una terza, che mancava completamente negli autori scolastici, e che è piuttosto una applicazione pratica: la prospettiva artistica, ovvero come riprodurre su di un piano - quello del dipinto - oggetti tridimensionali non in modo intuitivo, come era avvenuto per lo più nell'arte precedente, ma secondo precise leggi, che erano per l'appunto quelle dell'ottica, a loro volta largamente fondate sulla geometria euclidea.

Per capire più in dettaglio la prospettiva degli artisti, seguiamo Leonardo nei primi appunti che prende mentre inizia a studiare con cura queste problematiche. A proposito dell'azione della luce nella visione, scrive (Ms. A 27r):

Studi di proporzioni del corpo umano (RL 19136-39r).



Subito che l'aria sia alluminata s'empierà d'infinite spezie, le quali son causate da vari corpi e colori, che in fra essa sono collocati, delle quali spezie l'occhio si fa berzaglio e calamita.

L'irruzione della luce nell'oscurità innesca un'esplosione: da ogni oggetto parte una *specie* visiva che si propaga nell'aria e colpisce l'occhio. Nell'ottica medievale la *specie* o *similitudine* di un oggetto è l'immagine di questo, concepita come una sua emanazione, simile a un'onda di calore che emessa da un fuoco raggiunge il nostro corpo attraversando l'aria. È una realtà sensibile priva di materia, un'entità semi-spirituale, impalpabile ma con una sua realtà fisica, perché capace di agire sull'occhio.

Il tragitto percorso dalla *specie* per passare dall'oggetto all'occhio non avviene in modo casuale, ma secondo una progressione regolare. A mano a mano che la *specie* visiva dell'oggetto si avvicina all'occhio la sua dimensione diminuisce, fino a diventare un punto nel momento in cui raggiunge la pupilla. Questa diminuzione progressiva e terminante in un punto (la pupilla) corrisponde in termini geometrici a una piramide, con la base nell'oggetto e l'apice nell'occhio dell'osservatore. Gli autori medievali che si erano occupati di ottica avevano dato grande rilievo al fatto che, una volta giunta nell'occhio, questa piramide va incontro a fenomeni di inversione ottica o rifrazione; sic-

ché essa non ha nell'occhio un vero punto-vertice. Al contrario sono gli artisti, ad esempio l'Alberti, che accentuano la regolarità matematica a scapito della realtà ottico-anatomica e ipotizzano che il percorso decrescente dell'immagine finisca in un punto, la pupilla oculare, vertice della *piramide visiva*.

Leonardo in questo primo approccio al problema accoglie la piramide visiva albertiana e la verifica utilizzando, tra l'altro, un piano di vetro che la intercetti perpendicolarmente. Su di esso è possibile segnare, in tutti i punti successivi tra oggetto e occhio, la dimensione che l'immagine dell'oggetto (*specie*) assume nei confronti dell'occhio (Ms. A 1v, si veda l'illustrazione nella pagina precedente in basso):

ina, a
ncava
zione
ano -
come
leggi,
mente

iamo
e con
la vi-

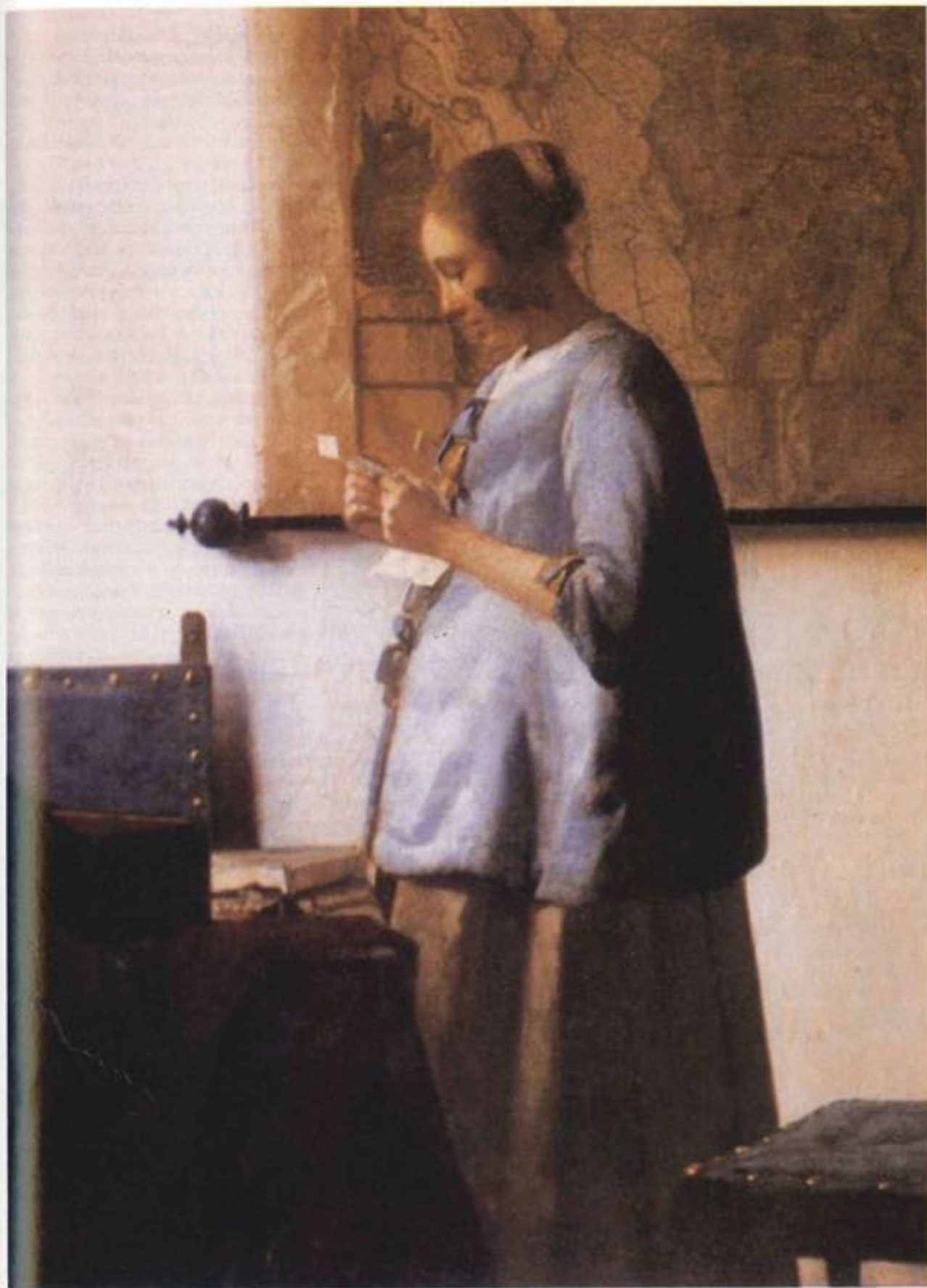
ta
on
in
a-
e

curità
getto
paga
ottica
di un
conce-
nile a
a un
attra-
sibile
spiri-
a re-
sul-

per
n av-
una
nano
avvi-
limi-
o nel
pilla.
ter-
orri-
una
e l'a-
Gli
apati
vo al
chio,
ome-
sic-
o gli
ica a
recre-
rtice

ami-
o di
gna-
che
(Ms.

ienza



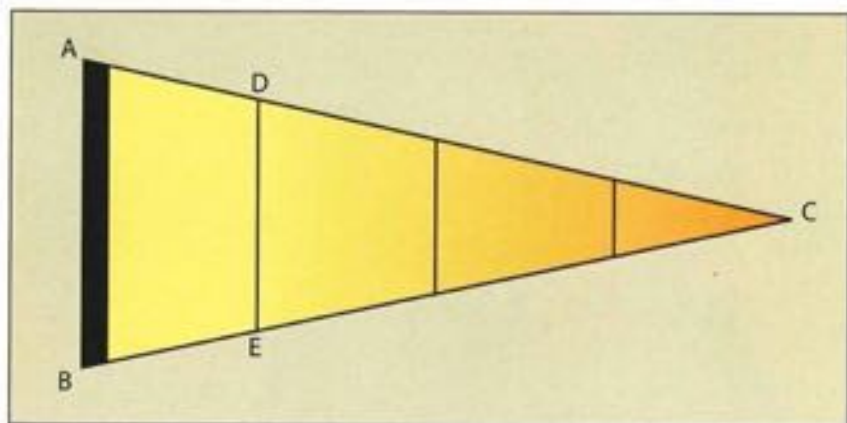
Jan Vermeer, Lettrice in azzurro (Amsterdam, Rijksmuseum). Solo nell'Olanda del XVIII secolo, in un contesto di grande interesse per le scienze ottiche, Jan Vermeer riuscirà a rappresentare la diffusione del colore con maestria paragonabile a quella di Leonardo.

Leonardo: la scienza trasfigurata in arte

Prospettiva non è altro che vedere uno sito dirieto a uno vetro piano e ben trasparente, su la superficie del quale sia segnato tutte le cose che sono da esso vetro in dirieto, le quali si possano condurre per piramidi al punto dell'occhio, e esse piramide si tagliano su detto vetro.

Più il piano trasparente viene avvicinato all'occhio più l'immagine dell'oggetto diminuisce.

La *specie* è una realtà fisica. Il modo piramidale della sua propagazione è invece suscettibile di analisi matematica. È proprio a questo punto che entrano in gioco leggi geometriche e proporzionali. La piramide ha per lati dei triangoli, che Alberti definisce «triangoli visivi». La diminuzione dell'immagine con il diminuire della distanza tra immagine e occhio può essere espressa attraverso la già nota legge euclidea di proporzionalità tra i lati di triangoli simili. Tagliando i lati di un primo triangolo parallelamente alla base si ottengono triangoli più piccoli ma simili, cioè con i lati proporzionali. Questo è proprio ciò che fa la l'immagine lungo la piramide



Schema illustrante l'applicazione di leggi proporzionali alla piramide visiva. Il triangolo visivo ABC è uno dei quattro lati della piramide visiva (C: occhio; AB: oggetto). DE rappresenta l'immagine-similitudine dell'oggetto AB in quel punto. DE, tagliando il triangolo ABC parallelamente alla base di quest'ultimo, forma un triangolo DEC simile o proporzionale al primo. Lo stesso vale per altre intersezioni, che daranno sempre origine a triangoli proporzionali. Ne consegue che la visione segue leggi proporzionali.

visiva: una serie di tagli o intersezioni parallele all'oggetto. Il loro rapporto dimensionale rispetto all'oggetto sarà dunque esattamente definibile in modo proporzionale.

Sono questi, attraverso gli appunti presi da Leonardo, alcuni degli argomenti studiati dai *sectantes philosophos*, gli scrittori medievali di ottica con le importanti modifiche aggiunte dall'Alberti. Oltre che modificare queste teorie ottiche, gli artisti del Quattrocento le hanno anche applicate alla rappresentazione prospettica dello spazio. Come Leonardo mostra in un disegno del Manoscritto A (37r,

nella pagina a fronte in alto), è come se la piramide visiva descritta fin'ora si duplicasse in una seconda piramide avente la base coincidente con la prima; questa base altro non è se non il piano del dipinto. La seconda piramide ha il suo vertice in un punto («punto di fuga» o «della diminuzione» come lo chiama Leonardo), situato nel dipinto allo stesso livello dell'occhio. La proiezione sul dipinto di questa piramide impone allo spazio rappresentato quelle stesse leggi proporzionali di diminuzione delle immagini valide nella piramide della visione oculare. Ogni oggetto rappresentato avrà una dimensione esattamente derivante dalla sua distanza dall'occhio dello spettatore. Le modalità di costruzione di un simile spazio prospettico, illustrate da Leonardo in un altro studio del Manoscritto A (41r, nella pagina a fronte in basso), sono quelle stabilite dall'Alberti nel *De pictura*. Come si vede una parte della superficie dipinta è occupata da una griglia, una sorta di illusionistico pavimento a scacchiera visto di scorcio. Essa serve a stabilire con esattezza, come in una specie di sistema di assi cartesiani, la posizione (distanza dall'occhio) e la relativa dimensione di un oggetto rappresentato.

Essendo Leonardo ostinatamente deciso a studiare e rappresentare il reale secondo la «somma certezza» delle scienze matematiche, le leggi proporzionali della visione oculare e la loro applicazione alla prospettiva pittorica non potevano non affascinarlo. Ma la visione non è fatta solo di rapporti quantitativi. Accanto a forma e dimensione degli oggetti, esistono altri più duttili elementi, assai meno «misurabili»: colore, ombra, luminosità.

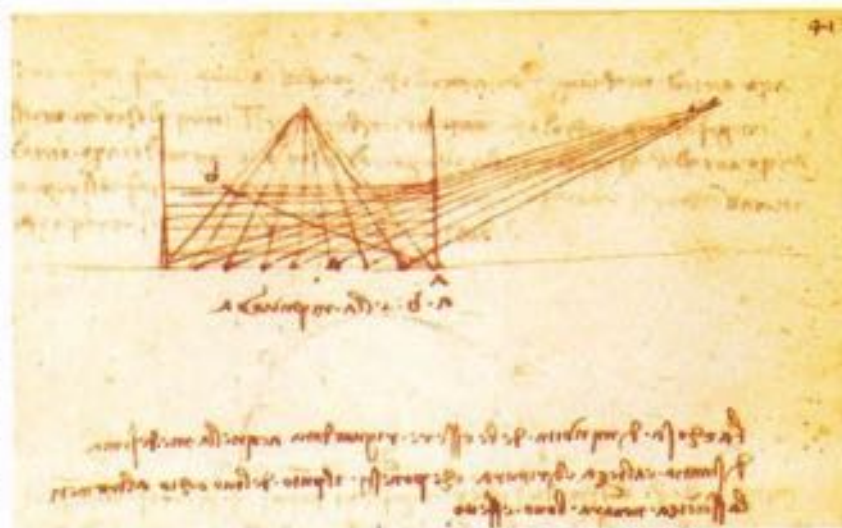
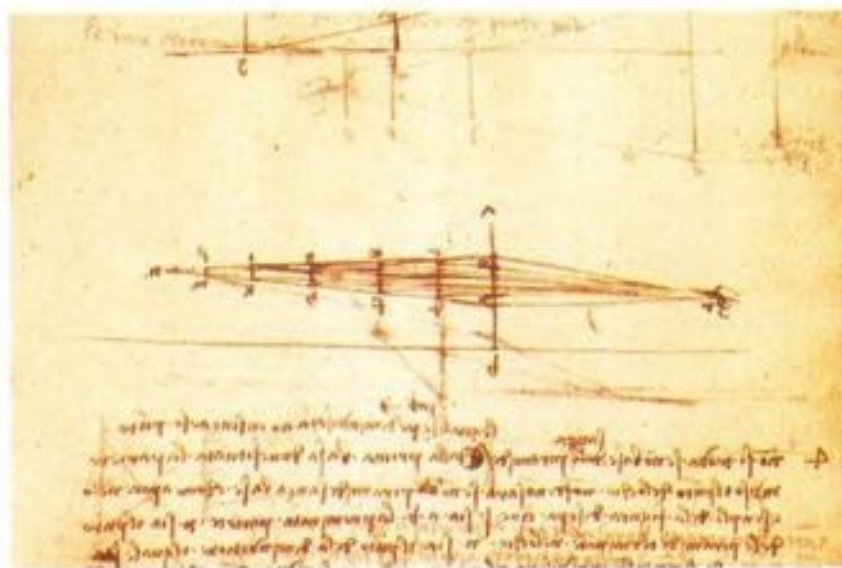
Le *specie* o *similitudini* emesse da un oggetto, già incontrate nell'ambito della piramide visiva, rientrano in questa visione. Esistono infatti anche *similitudini* del colore di un oggetto. Quando la luce arriva in una camera, dagli oggetti partono non solo le *specie* o *similitudini* generali (recanti la forma, la dimensione dell'oggetto), ma anche le *similitudini*

del colore, dell'ombra, della luminosità. Il loro comportamento è diverso.

Le *similitudini* recanti dimensione e forma di un oggetto non solo si diffondono attraverso l'aria secondo la regolarità geometrica che è alla base della piramide visiva, ma quando s'incontrano con altre analoghe *similitudini* originate da altre parti o lati dello stesso oggetto, o anche da altri oggetti, hanno la proprietà di intersecare queste senza perdere la loro individualità. A commento di un disegno rappresentante questo tipo di *similitudini* (Ash II 6v, si veda l'illustrazione nella pagina successiva), Leonardo scrive: «Ogni corpo ombroso empie la circostante aria d'infinita sue similitudine [...] e benché il loro concorso sia intersegato e intessuto nondimeno non si confondono l'una con l'altra e per esse la similitudine del corpo è portata tutta per tutto e tutta nella parte e ciascuna piramide per sé ricieve in ogni minima sua parte tutta la forma della sua cagione» (Ash II 6v). Lo stesso accade per le similitudini di più oggetti: «L'aria è piena d'infinita similitudini delle cose [...] e tutte si rappresentano in tutte e tutte in ciascuna...» (CA 380r). Questo ordinato, unitario articolarsi tra differenti immagini o *similitudini* affascina Leonardo. Esso è l'equivalente ottico dell'unità e bivalenza dell'*Uomo vitruviano*. Si confrontino i due disegni, quello delle similitudini visive e l'*Uomo vitruviano*: nel primo l'unità dell'oggetto non viene intaccata dalle multiple similitudini che, tutte, recano l'immagine di uno stesso oggetto sebbene dirette in varie direzioni; analogamente, nell'*Uomo vitruviano*, uno stesso corpo si mostra in rapporto a due differenti figure geometriche (quadrato e cerchio), attraverso due differenti posture assunte *simultaneamente* ma che non intaccano minimamente l'impressione di unità del corpo.

Quando però da queste piramidi visive recanti l'immagine della grandezza di un oggetto si passa alla visione di colore, ombra, luce la situazione cambia radicalmente. Se le similitudini di forma e grandezza, pur intersecandosi, riescono a mantenere la loro integrità e quindi a recare all'occhio la vera dimensione dell'oggetto, così non è per il colore. Si trattava di un problema antico. Quando Leonardo, in un passo un po' più tardo, dichiara «Nissun corpo si dimostrerà mai integralmente del suo naturale colore» (LdP 654), riprende una tradizione secolare che rimonta fino al *De coloribus*, trattato compilato nella scuola aristotelica in cui si afferma: «Noi non vediamo nessuno dei colori allo stato puro, come sono realmente, ma variamente mescolati con altri». Aristotele nel *De sensu* aveva tentato di ricondurre la fugace variabilità cromatica a una regola, distinguendo due colori fondamentali (bianco e nero) dalla cui variabile, ma, entro certi limiti, quantificabile combinazione, derivavano altri 4 colori; questi ultimi, con i primi, costituivano una «scala cromatica»: bianco, giallo, rosso, porpora, verde, azzurro, nero. La ambiguità insita

Due piramidi con base comune corrispondente al piano del dipinto. La piramide a destra ha il vertice nell'occhio («piramide visiva»), quella a sinistra nel punto di fuga interno alla rappresentazione («piramide prospettica») (Ms. A 37r).



Modalità di costruzione dello spazio prospettico del dipinto (Ms. A 41r).

Da un oggetto partono infinite similitudini o immagini dello stesso. Ognuna di esse si diffonde nello spazio e ha forma di piramide con vertice nell'occhio del riguardante (Ash II 6v).



nella visione cromatica (basti pensare al daltonismo) aveva tuttavia reso impossibile ricondurre questo tipo di percezione a un vero sistema di regole «esatte», del tipo di quelle «piramidali» elaborate per la percezione delle distanze. Si capisce allora perché l'Alberti, che pure aveva intessuto così profondamente regolarità matematica e prospettiva lineare, quando si occupa dei colori alle interpretazioni più filosofiche e quantitative (sul tipo della «scala cromatica») preferisca, nella stessa tradizione aristotelica, quelle di tipo più «fisico». Suggestisce infatti al pittore di associare i colori con gli elementi costitutivi del mondo fisico: azzurro-aria, rosso-fuoco, verde-acqua, color cenere-terra (Della pittura, II, 46).

Tornando a Leonardo, anch'egli deve riconoscere che le *similitudini dei colori*, e quelle connesse di ombra e luce, non presentano la stessa regolarità e integrità di trasmissione delle *similitudini* di forma e grandezza. Ogni corpo, egli ragiona, mostra parti in luce e parti in ombra; da queste ultime, che sono le «ombre originali» (CA 676r, anche per i passi che seguono in questo paragrafo) partono *similitudini* in forma di «razzi ombrosi i quali si vanno dilatando per l'aria» e danno vita, nell'ambiente circostante, a «ombre derivative». Se il corpo d'origine è rosso, l'ombra derivativa avrà una venatura rossastra. Ma questa ombra secondaria può essere attraversata da altre *similitudini* d'ombra colorata provenienti da altri oggetti rimanendone contaminata. Così alterata, riflettendosi verso l'ombra originale, l'ombra derivativa «si smista e si converte in quella, alquanto variandola di sua natura». Attraverso questo variabile gioco di interferenze e riflessi si determinano parvenze cromatiche le quali «varieranno la originale di tanti vari colori quanto fien vari i lochi, onde essi refressi razzi luminosi derivano» rendendo «varie le similitudini de' colori». Posto un corpo sopra un piano color rosso e accanto a una parte tinta di verde «vederai al naturale colore di detto corpo partecipare de' colori che li sono per obietto» (Ash II 33v), tingersi cioè parte di rosso, parte di verde. Questo fenomeno era spesso rappresentato con estrema finezza nei suoi dipinti, anche se attualmente le alterazioni cromatiche dovute al tempo lo rendono difficilmente apprezzabile.

Solo nell'Olanda del XVIII secolo, non a caso in un analogo contesto di grande interesse per le scienze ottiche, Jan Vermeer riuscirà a rappresentare con altrettanta maestria la diffusione del colore, tingendo di azzurro la penombra di una camera per la presenza in essa di una donna con una casacca di quel colore (si veda la Lettrice in azzurro a pagina 43).

Un altro fattore che altera il regolare «cammino» della *similitudine* cromatica tra oggetto e occhio è il mezzo interposto, ovvero l'aria. L'aria interferisce sia perché con la sua maggiore o minore densità può ostacolarne più o meno la diffusione, sia perché, secondo la tradizione aristotelica cui abbiamo visto rifarsi anche l'Alberti, ha essa stessa un colore preciso, l'azzurro. «Il mezzo ch'è infra l'occhio e la cosa vista - osserva Leonardo - trasmuta essa cosa in nel suo colore come l'aria azzurra fa che le lontane montagne paiono azzurre»; aggiunge quindi considerazioni che confermano l'ambiguità e variabilità della visione cromatica (Triv 39r):

...il vetro rosso fa che ciò che l'occhio vede dopo lui pare rosso; il lume che fanno le stelle d'intorno a se' è occupato per la tenebrosità della notte che si truova infra l'occhio e l'alluminazione d'essa stella.

Trasposta in arte, questo tipo di visione, così differente dalla esatta percezione visiva di forma e distanze, necessitava di un tipo di prospettiva diversa da quella «centrale» e «lineare» che abbiamo conosciuto precedentemente. Nasce così una delle più affascinanti invenzioni leonardiane: la prospettiva aerea e dei colori (Ash II 25v):

Ecci un'altra prospettiva, la quale chiamo aerea, imperò che per la varietà dell'aria si po conoscere la diversa distanza di vari edifizii...

ttavia
stema
per la
e pure
spetti-
losofi-
nella
erisce
vi del
e-terra

itudini
stessa
gran-
ombra;
e per i
ma di
o vita,
gine è
questa
ombra
Cosi
va «si
tura».
ermi-
ti vari
eriva-
sopra
erai al
o per
verde.
za nei
ute al

ntesto
cirà a
ngen-
di una
urro a

itudine
l'aria.
à può
izione
isa un
vista -
l'aria
quindi
isione

me
otte

esatta
ospet-
sciuto
azioni

la

scienza



Piero della Francesca, San Girolamo Penitente (part., Berlino, Gemäldegalerie).

Mentre nel paesaggio dipinto da Leonardo la luce fa sentire la sua presenza sfumando i contorni del paesaggio lontano (come nella Vergine delle Rocce), nel paesaggio di Piero tutto conserva la stessa chiarezza e la variazione, solo «matematica», riguarda solo la dimensione degli oggetti che si riducono in lontananza.

Sempre più convinto, almeno in teoria, che «Nissuna humana investigatione si po dimandare vera scienza, se essa non passa per le matematiche dimostrazioni...» (LdP 1) tenta di scoprire una regolarità matematica, proporzionale anche nel duttile campo della prospettiva aerea: «...Quello che voi che sia cinque volte più lontano, fallo 5 volte più azzurro» (Ash II 25v). Tuttavia, nonostante questi tentativi, restava un dato dominante: se la prospettiva lineare implicava principi matematici, la prospettiva aerea implicava invece il variabile e non esattamente misurabile gioco di un elemento fisico come l'aria.

L'aria è studiata in rapporto a due campi: volo e prospettiva aerea. Cominciamo a toccare con mano quella continuità tra ambiti differenti che è la caratteristica più evidente di Leonardo. Quando Leonardo, in questi stessi anni, costruisce un igroscopio per «cognoscere le qualità e grossezze dell'aria, e quando ha a piovere» (CA 675r), è chiaro che al di là della finalità pratica di previsione meteorologica (conoscere «quando ha a piovere»), ne esiste ora una più teorica, di studio fisico dell'elemento aria in due suoi aspetti («qualità e grossezze») direttamente connessi ai contemporanei studi di ottica e di prospettiva aerea. Mentre con l'igroscopio tenta di capire concretamente in che modo vari la «grossezza» dell'aria, nella *Vergine delle Rocce*, opera che è sul cavalletto del suo studio in questi stessi anni, dipinge quella stessa «grossezza» aerea come un velo di nebbia che sfuma forma e colore dei monti in lontananza.

Per rendersi conto della novità assoluta di questa soluzione basta confrontare un paesaggio di Piero della Francesca, che rappresenta la massima espressione del paesaggio quattrocentesco (si veda il San Gerolamo penitente nella pagina precedente): gli elementi del paesaggio mutano solo in senso «quantitativo», riducendo le loro dimensioni in funzioni della distanza, secondo i più rigorosi principi della prospettiva lineare. Nessuna interferenza «fisica» in uno spazio uniformemente illuminato in ogni suo punto da una luce tersa, più mentale e razionale che fisica, nel quale l'immagine di un albero possiede la stessa lenticolare chiarezza tanto sul primo piano che sul fondo. Quello di Piero è uno «spazio matematico». Al contrario Leonardo, nonostante le strettorie matematiche in cui si ostina a entrare, si muove verso la costruzione di uno «spazio fisico».

Anche nel ritratto di *Cecilia Gallerani*, rappresentata come una dama recante tra le braccia un ermellino (c. 1489-1490), la gradazione delle ombre sulla guancia, lungo il collo e sul petto della donna, la loro leggera colorazione per riverbero dalle parti circostanti sarebbero inimmaginabili senza gli studi di ottica - all'epoca appena iniziati - sul modo in cui ombra, luce e colore si diffondono attraverso l'aria. Sul petto Leonardo dipinge con estrema sensibilità le ombre proiettate da ogni singola pietra della collana. Ombre fugaci, create come per una *variazione* intercorsa nella situazione di luce, come per l'aprirsi improvviso di una porta o finestra verso la quale infatti la dama si volge.

Anticipando quello che sarà il motivo principale del *Cenacolo*, questo dipinto esprime proprio la reazione a un accadimento che, come un sasso lanciato in uno stagno, induce una serie di cambiamenti, un «dramma»: il personaggio si *anima*, la situazione di luce e colore *varia*. È proprio questa del resto la principale caratteristica della visione di ombre, luci e colori: la loro fluida transitorietà. Mutate le condizioni luministiche ambientali - del mezzo aereo in cui la dama è immersa - la sua dimensione (piramidi visive, prospettiva lineare) non cambia; luci ombre e colori invece sì. Le ombre gettate dalle perle nere della collana sono come nuove «similitudini» intercorse, che hanno sicuramente influenzato le similitudini adiacenti, i raggi di ombra e luce vicini, la loro colorazione. Questa metamorfosi degli aspetti più «qualitativi» e duttili della visione coesiste tuttavia con la solida volumetria del corpo; la testa, ad esempio, ha un calcolatissimo scorcio di tre quarti. Perciò anche in questo caso l'«unità» dell'insieme resta preservata. Altri fattori, ispirati a una anatomia solidistica e quantitativa che presto conosceremo, sono simultaneamente, all'opera. □

esti-
ma-
ma-
rea:
più
un
tici,
ente

rea.
enti
in
ta e
di
ndo
ele-
nte
tre
la
val-
ez-
i in

sta
la
ro-
nu-
un-
iva
lu-
che
are
no
ne
di

na
lle
ge-
gi-
cui
do
ola
in-
na

to
un
un
ia.
di
oni
la
ci
na
te
ro
ili
la
iò
o-
e-
□

za



Ritratto di Cecilia Gallerani (c. 1489-1490. Cracovia, Czartoryski Muzeum).

Antropocentrismo

I progetti leonardiani di trattazioni teoriche spaziano tra statica, meccanica, idrologia, ottica, proporzioni e teoria artistica; con un punto di convergenza: l'uomo e la sua anatomia

«**C**ominciamento del trattato delle acque»; «del moto e del peso»; «de ombra e lumi»; «libro di pittura»; «libro titolato de figura umana». Sono questi i titoli di una serie di trattati o parti di trattati che, tra il 1489 e il 1492, Leonardo progetta di scrivere. Nell'ordine: idrologia, statica, ottica, teoria artistica, anatomia.

Tra tutti, quest'ultimo è quello cui si dedica con maggiore impegno. Il corpo dell'uomo assume, nella sua ricerca, una centralità che nell'opera giovanile non aveva. L'anatomia diventa il punto di convergenza degli altri interessi. Le materie dei vari trattati previsti, dall'idrologia alla statica, tendono a confluire verso lo studio del corpo umano.

Ad esempio l'introduzione al «trattato delle acque» è di fatto una citazione del confronto, di origine classica, tra corpo dell'uomo e corpo della terra, microcosmo e macrocosmo: «L'omo è detto dalli antiqui mondo minore [...] imperò ché siccome l'omo è composto di terra, acqua, aria e foco, questo corpo della terra è il simigliante» (Ms. A 55v). Studiare il corso dei fiumi è come studiare il decorso del sangue nei vasi del corpo umano.

Analogamente, la definizione generale di «Che cosa è forza» (Ms. B 63r) è accompagnata, nello stesso Manoscritto B, da una «Definizione di forza e movimento nelli animali» (2v). Vedremo come i movimenti del corpo umano e animale sono studiati come fossero leve e controleve.

Il rapporto di Leonardo con le discipline scientifiche tradizionali cui si avvicina è sempre un movimento a risacca, con un'andata e un ritorno. Nell'andata Leonardo, come può, cerca di afferrare determinati contenuti teorici; nel ritorno li sottopone a uno spostamento di campo, esprimendoli in una forma nuova sia nel linguaggio, che diviene soprattutto «visivo», sia nel tipo di testo e di ambito disciplinare in cui sono calati. Questo ha comportato spesso un «frintendimento» del contesto originario che ha a volte allontanato da Leonardo l'interesse degli storici della scienza. E invece il risultato del suo cimentarsi con una certa disciplina non va cercato solo in rapporto alla disciplina stessa (ad esempio in rapporto a eventuali progressi introdotti da Leonardo nel campo della medievale scienza *de ponderibus*), ma soprattutto in relazione a qualcosa d'altro in cui quell'interesse è stato trasformato.

Ed ecco che, intorno al 1489-1490, al termine di un primo giro di incursioni tra scienze biologiche e matematiche, fisiche e meccaniche, stretto tra la ferma volontà di rompere ogni limite imposto alle conoscenze teoriche e scientifiche dell'artista e la difficoltà di farlo (lui, un «senza lettere», come si definisce) nelle forme testuali della scienza ufficiale, concepisce la scrittura di un testo che per contenuto e titolo non ha precedenti; un tipico esempio di «spostamento di campo».

no
ano
ica,
nto
mia

e del
itolato
trattati
rivere.

igno. Il
'opera
a degli
ia alla

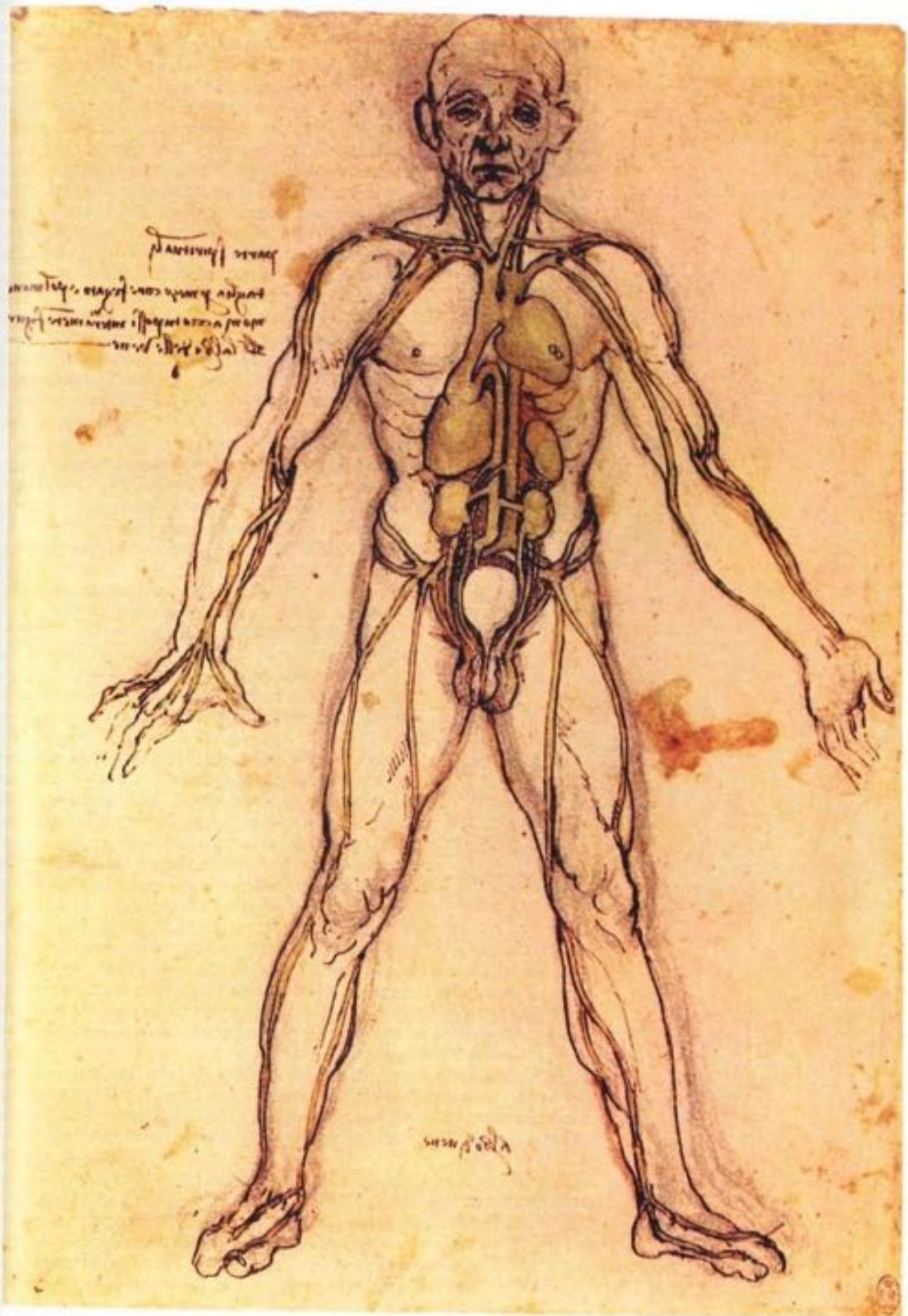
to una
corpo
antiqui
terra,
a 55v).
ei vasi

Ms. B
one di
nti del
ve.

i cui si
torno.
conte-
espri-
tutto
calati.
origi-
storici
disci-
empio
ampo
one a

iro di
niche,
cono-
ui, un
a uffi-
o non

scienza



Leonardo: la scienza trasfigurata in arte

Nell'immagine della pagina precedente, che rappresenta un corpo umano irrorato da vasi sanguigni studia parti anatomiche fluide non suscettibili di misurazione, come sangue, spiriti, vasi sanguigni e visceri (c. 1493, RL 12597r). Nei crani (qui sotto) Leonardo seziona e misura una struttura solida (1489, RL 19057r).



Cominciamo dal titolo. Vi accenna come al libro intitolato *de figura umana* in un foglio datato «addì 2 d'aprile 1489» (RL 19059r). In base allo stile della calligrafia questo titolo è più tardo della data, a cui è forse stato aggiunto dopo il 1500. Tuttavia molti indizi, come vedremo, fanno ritenere che già intorno al 1489 Leonardo concepisca il suo trattato nei termini indicati dal titolo. Nella tradizione medico-scolastica erano abbastanza frequenti opere intitolate *de homine*, generalmente testi di fisiologia e igiene, uno dei quali, come vedremo, utilmente letto da Leonardo. Mai invece era apparso un titolo che insistesse in modo così netto sulla valenza «visiva» del corpo umano (*de figura umana*). L'opera a cui Leonardo pensa non è d'altro canto un trattato d'arte o sulle proporzioni umane, ambiti limitatamente ai quali quella intestazione sarebbe risulta-

ta meno clamorosa. Si tratta invece di un trattato che dovrà raccogliere, in un modo del tutto inusitato, ambiti che spaziano dall'embriologia alle proporzioni del corpo, dall'anatomia di ossa, muscoli, nervi e vasi alla fisiognomica e alla psicologia della percezione, dallo studio dei movimenti espressivi di emozioni a quelli causa di lavoro. Redige il seguente programma per il suo trattato anatomico (RL 19037v):

Dell'ordine del libro

Questa opera si deve principiare alla concezione dell'omo [...]

Poi descrivi l'omo cresciuto e la femmina e sue misure e nature di complessione colore e fisionomie.

Di poi descrivi com'egli è composto di vene nervi muscoli e ossa [...]

Di poi figura in 4 storie quattro universali casi dell'omini, cioè letizia [...] pianto [...] contenzione con vari movimenti d'uccisione [...] paure, ferocità, ardimenti [...]

Di poi descrivi de attitudine e movimento

Di poi prospettiva per l'ofizio dell'occhio e dell'udito dirai di musica e descrivi dell'altri sensi...

La ricerca segue due modelli teorici: uno prevalentemente quantitativo; l'altro più fisico o qualitativo. Due figure umane, parti del progettato libro, esprimono efficacemente questi due poli: un cranio umano sezionato e sottoposto a misurazione (riprodotto qui a lato), un'immagine del corpo irrorato dai vasi sanguigni (nella pagina precedente). Nel primo strutture anatomiche solide, suscettibili di misurazione, nel secondo vasi, visceri, sangue, cioè strutture molli, fluide. In entrambi

i casi l'implicazione di una realtà complementare a quella somatica: l'anima, che nel caso del cranio è anima intellettuale, nel caso dei vasi sanguigni è anima come principio di vita. Questa dimensione psicosomatica è un'altra caratteristica dell'anatomia leonardiana; l'oggetto della sua ricerca è sempre il *corpo animato*. Ma procediamo con ordine, esaminando prima il polo solidistico e quantitativo.

Le ossa sono la parte più stabile del corpo umano, quella più affidabilmente misurabile. Abbiamo già visto come gli studi sulle proporzioni del corpo umano contenessero frequenti rimandi a punti ossei interni. Magistrale sviluppo dei suggerimenti teorico-artistici dell'Alberti, si trattava pur sempre, come da questi previsto, di misure di superficie. E invece in una serie di studi di crani, datati 1489, Leonardo si spinge molto oltre: misura l'interno del corpo.

Il fine è individuare nella forma del cranio una legge geometrica e proporzionale. Una legge che ha un duplice significato, estetico e funzionale. Significato estetico: cerchio e quadrato, le figure perfette secondo la teoria artistica contemporanea, dominano anche questi studi; in una sezione cranica Leonardo tenta di iscrivere un cerchio, rappresentato di

scorcio, lungo la circonferenza interna del cranio, nell'altra un quadrato imperfetto include il cranio sezionato a metà. Significato funzionale: il cranio è sezionato e misurato per individuare la posizione occupata al suo interno da una facoltà mentale, il *sensu comune*, il cui corretto funzionamento dipende da una buona morfologia cranica.

Dietro questo secondo aspetto operano concezioni fondamentali della scolastica medica che ormai Leonardo ha assimilato. E dietro quest'ultima opera il pensiero di Aristotele. Teleologismo e psicologia aristoteliche, loro elaborazione nel corso del Medioevo: sono queste le coordinate che occorre tenere presenti per capire questi studi di Leonardo.

Secondo Aristotele ogni forma naturale, anche minima, non è mai casuale, ma ha sempre un fine preciso (*telos*) corrispondente alla sua funzione. Questo *teleologismo* è anche alla base dell'anatomia di Galeno e, attraverso gli sviluppi medievali, giunge fino a Leonardo, che scrive «di natura che per necessità fa li strumenti vitali e attuali a debita e necessaria forma e siti» (RL 19038r). Ogni cavità, ogni piccola protrusione del cranio riveste dunque agli occhi di Leonardo un fine in rapporto alla presenza in esso del *sensu comune*.

La psicologia aristotelica è all'origine di quest'ultima nozione. Il *sensu comune* è uno dei cosiddetti «sensi interni», insieme ad altre facoltà mentali: *imaginatio*, *phantasia*, *memoria*, *cogitativa*. Queste sono come stazioni intermedie tra la percezione data dai sensi esterni (vista, tatto, udito, olfatto, gusto) e l'intelletto. La posizione di Leonardo nei confronti di questa tradizione è molto originale. Egli non solo attribuisce al *sensu comune* una posizione dominante rispetto agli altri sensi interni, ma tende sempre più a considerarlo una facoltà capace di conoscenza intellettuale, definendolo *giudizio*, cioè coscienza critica; lo vede anche come stazione di partenza degli impulsi che muovono i muscoli: «Adunque la giuntura delli ossi obbedisce al nervo, e 'l nervo al muscolo, e 'l muscolo alla corda, e la corda al *sensu comune*...» (RL 19019r). Il risultato finale è che nella psicologia leonardiana il *sensu comune* finisce per coincidere con l'anima stessa: «L'anima pare risiedere nella parte iudiziale, e la parte iudiziale pare essere nel loco dove concorrono tutti i sensi, il quale è detto *sensu comune*» (*ibidem*).

Ma che cosa è esattamente quest'anima di cui parla Leonardo? Non è certo l'anima in senso metafisico, religioso. Con termine moderno potremmo parlare di «anima organica», capacità vitale in tutti i suoi aspetti biologici e psicologici.

La psicologia tradizionale distingueva tra un'anima vegetativa (facoltà generativa e di crescita), un'anima sensitiva (facoltà percettiva data dai sensi esterni e interni; facoltà di movimento fisico; facoltà appetitiva connessa con le emozioni), un'anima intellettuale. L'anima vegetativa è comune a ogni forma di vita, dalle piante agli animali all'uomo; quella sensitiva è condivisa da uomini e animali; l'anima intellettuale contraddistingue l'uomo.

Individuando l'anima intellettuale con una facoltà come il *sensu comune* Leonardo di fatto la abbassa verso il livello «sensitivo», comune a uomini e animali. In tal modo sottolinea la contiguità tra uomo e animale, dando importanza agli aspetti «sensitivi» della conoscenza umana.

Tornando agli studi di crani, vediamo in che modo Leonardo seziona e misura la struttura cranica per individuare la posizione dell'anima o *sensu comune*. In uno dei disegni un cranio (riprodotto in questa pagina)

Leonardo afferma che le cavità del massiccio facciale sezionate (orbita, cavo mascellare, seno nasale, cavo orale, RL 19058v) hanno una profondità pari al terzo della lunghezza del volto. Quest'ultima «misura» è quella che compare nel volto dell'Uomo vitruviano, diviso per l'appunto in tre parti.



Leonardo: la scienza trasfigurata in arte

Due studi di fisiognomica
(RL 12490 e 12474)
nei quali l'accento cade,
come negli studi craniici,
sulla morfologia facciale che è
troppo sviluppata o lo è troppo poco.
I due profili hanno anche un'opposta
espressione emotiva.



è stato sezionato frontalmente su di un lato, per evidenziare le cavità ossee che formano il massiccio facciale (corrispondente, nell'anatomia superficiale, al volto): seno frontale in alto, quindi orbita oculare, seno nasale, seno mascellare, cavo orale. Nel passo sottostante sostiene che queste cavità «...sono d'eguale profondità e terminano sotto il *sensu comune* per linea perpendicolare. E ciascuna d'esse vacuità ha tanto di profondità quant'è la terza parte del volto dell'omo...» (RL 19058v).

La misura che Leonardo attribuisce alle tre cavità facciali, «la terza parte del volto dell'omo», non corrisponde alla realtà anatomica (manipolata per scopi teorici e dimostrativi) né è casuale; è invece il ribaltamento all'interno del corpo di un modulo che egli applica alla superficie del volto, tripartito, dell'*Uomo vitruviano*. Nell'altro studio (si veda l'illustrazione a pagina 52) la posizione del *sensu comune-anima* viene ulteriormente precisata. Esso si trova in un punto individuato attraverso un reticolo geometrico di linee tutte rigorosamente in rapporto con salienze ossee particolari: «Dove la linea am s'intersega con la linea cb lì fia il concorso di tutti i sensi...» (RL 19057r).

Nel *De anima* (III, 2) Aristotele aveva già paragonato il *sensu comune* - confluenza dei sensi esterni - a un «punto». La psicologia scolastica, gli autori di ottica avevano sviluppato le sue premesse. Rispetto a questa tradizione Leonardo non solo radicalizza l'importanza del *sensu comune*, facendolo coincidere con l'*anima*, ma la esprime più con disegni che col testo. Per la prima volta una teoria psicologica scolastica viene non solo sviluppata nei suoi contenuti, ma soprattutto espressa non in forma di un commento scritto ma attraverso immagini, potenti, nella loro evidenza, come un trattato; un trattato, per l'appunto, *de figura umana*.

I crani testimoniano che, nell'ambito della multiforme ricerca leonardiana intorno al 1490, gli studi destinati a questo libro hanno una posizione centrale. Proporzioni e geometria, ottica e psicologia, anatomia e animismo trovano negli studi craniici una espressione unitaria e compiuta. Anche la sua arte ne è influenzata. Anzi è il momento della sintesi finale, la ricucitura ultima tra interno ed esterno del corpo. Il ritratto di *Cecilia Gallerani* è stato datato in base a recenti documenti d'archivio intorno al 1489-1490, giusto all'epoca degli studi craniici. Come già accennato, il motivo dominante e innovatore del quadro è l'improvviso girarsi della dama per un evento che si è verificato nella sua stanza e che noi non vediamo. Questo misterioso avvenimento che attira la sua attenzione è però sicuramente qualcosa che colpisce sia i suoi *sensi* (una luce per l'aprirsi di una porta?) sia, contemporaneamente, la sua *anima*, la sua emotività, come mostra il sottile incresparsi della espressione del volto (un personaggio a lei noto ha fatto irruzione nella camera?). Insomma, anche nel dipinto Leonardo sottolinea l'unità tra *sensi* e *anima*. Infine lo scorcio di tre quarti della testa della donna ha un senso di «solidità», di volume sottostante che sembra ricordare gli studi craniici.

Confrontando la creazione operata dall'artista con quella della natura, Galeno, il maggiore anatomico latino vissuto nel II secolo d.C., sostiene la superiorità della natura. Prende come esempio le opere dei sommi scultori greci e scrive: «Un Prassitele, un Fidia si limitano a formare la materia esterna, quella che può essere toccata; quanto alla parte profonda, essi la lasciano priva di ornamento, grezza [...] incapaci come sono di penetrarvi, di discendervi e di toccare tutte le parti della materia.» (*De naturalibus facultatibus*, II). La bellezza delle opere create dalla natura riguarda sia l'esterno che l'interno; l'artista invece si limita all'esterno. Leonardo invece indaga anatomicamente la bellezza interna; quindi, dipingendo, procede, quasi senza soluzione di continuità, verso la superficie. Pensate sempre «a partire dall'interno», le figure dipinte da Leonardo, sono forse le uniche in cui Galeno avrebbe potuto ritrovare la perfezione creativa della natura ripercorsa *in toto* da quella di un artista.

Il *sensu comune* è, come detto, anche origine, attraverso i nervi, del movimento volontario. Secondo la teoria tradizionale Leonardo imma-

gina i nervi come dei tubi cavi, in cui l'impulso passa sotto forma di un flusso di *spiriti*. Gli spiriti sono il *trait-d'union* tra anima organica e corpo. Sono concepiti come invisibili fluidi aerei che percorrono l'organismo mantenendovi la vita, il movimento, la sensazione. In particolare queste due ultime funzioni sono svolte dagli *spiriti animali*, circolanti tra cervello, nervi e muscoli.

Le funzioni vitali, assicurate da un altro tipo di *spiriti*, quelli *vitali*, sono invece considerate nel disegno rappresentativo dell'altro modello di ricerca anatomica, fluido e anti-quantitativo. Il disegno mostra vasi e visceri e contiene due didascalie: «albero di vene» in basso, «parti spirituali» in alto.

La spiegazione rinvia alla dominante teoria medica secondo la quale nel cuore il sangue venoso è come se andasse incontro a un processo di «raffinamento» che lo rende più leggero in seguito alla generazione in esso di altri due elementi: *spiriti vitali* e *calor naturale*. È questo sangue più «spirituale» che, immesso nelle arterie, mantiene la vita. Nella fisiologia moderna, possiamo paragonare *spiriti* e *calor naturale*, all'ossigeno e all'energia calorica veicolata da molecole come gli zuccheri o l'ATP. Nella concezione psicosomatica seguita da Leonardo *spiriti* e *calore* sono invece gli strumenti attraverso cui l'anima organica mantiene la vita nel corpo.

All'epoca di Leonardo i testi anatomici, come l'*Anathomia* di Mondino dei Liuzzi o la *Chirurgia Magna* di Guy de Chauliac, riguardano le «membra» o strutture solide del corpo e sono connessi soprattutto con la chirurgia. Lo studio delle entità fluide e «spirituali» appena descritte è invece affrontato più diffusamente in opere che si legano più alla medicina che alla chirurgia e che trattano di igiene, dieta, malattie ed esame dei fluidi corporei (specialmente delle urine) e, contemporaneamente, di fisiologia e psicologia. Leonardo ha acquistato uno di questi testi per la sua biblioteca e lo ha «schedato», nell'inventario redatto intorno al 1490-1495, come *Della conservazione della sanità*. Si tratta probabilmente del *Liber de homine cuius sunt libri duo: primus liber de conservatione sanitatis*, di Hieronymo Manfredi (1474). Nonostante il titolo latino, l'opera è in volgare ed espone i soggetti in forma di «quesiti», una forma testuale tipicamente scolastica. L'opera unisce soggetti di fisiologia e patologia medica ad altri di tipo più «filosofico» come passioni dell'anima e fisiognomica. Dopo avere spiegato che l'anima governa il corpo attraverso gli spiriti, Manfredi descrive il modo in cui le emozioni operano nel corpo: nell'ira si ha una iperproduzione di calore e spiriti che dal cuore si diffondono verso la periferia del corpo; nella paura accade invece il contrario. Questa termodinamica spiega anche altri fenomeni di tipo più strettamente fisiologico: «El tremore procede da frigidità e diminutione di caldo naturale che non può reggere né sostenere i membri»; «...la sete procede da caldo che desicca e non dal freddo»; «La luxuria procede da calidità di testicoli e della parte genitale...».

Tutti questi temi sono compresi in un altro indice di materie da trattare che Leonardo redige intorno al 1489 (RL 19038r):

Figura donde diriva il catarro, le lagrime, lo starnuto, lo spaviglio, il tremjto, il mal caduco, lo immattire, il sonno, la fame, la lussuria.

L'ira dove s'adopra nel corpo, la paura similmente.

La febbre, il morbo [...]

Scrivi che cosa è anima. Di natura che per neciessità fa li strumenti vitali e attuali a debita e neciessaria forma e siti [...]

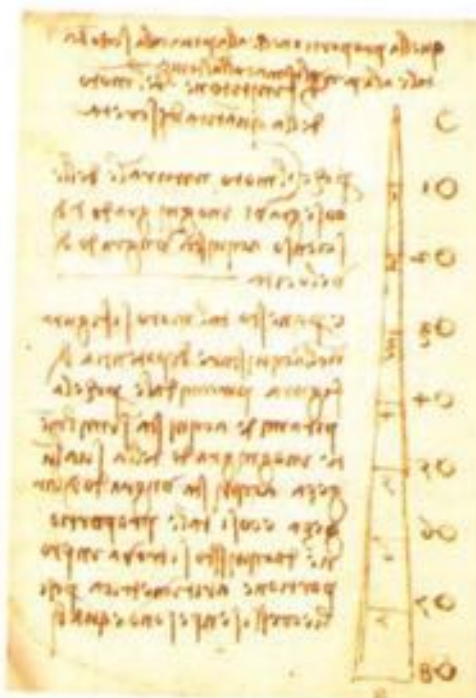
Figura donde viene la sperme, donde l'orina, donde il latte...

Soggetti di fisiologia (tremore, lacrime eccetera) e patologia (febbre,

Leonardo non si limita, come altri artisti contemporanei, allo studio di proporzioni del cavallo (RL 12294r), ma lo estende a tutto il mondo animale come dimostra lo studio delle proporzioni della testa di un cane (Ms. I 48r).



«Piramide dinamica» di un corpo pesante in discesa libera. Nella nota Leonardo spiega che in ogni grado di discesa il corpo acquista un grado di velocità (riportata con numeri all'esterno della piramide). Anche la piramide (della quale Leonardo mostra solo un lato, che ha forma di triangolo isoscele) per ogni grado di lunghezza acquista un grado di larghezza (Ms. M 59v).

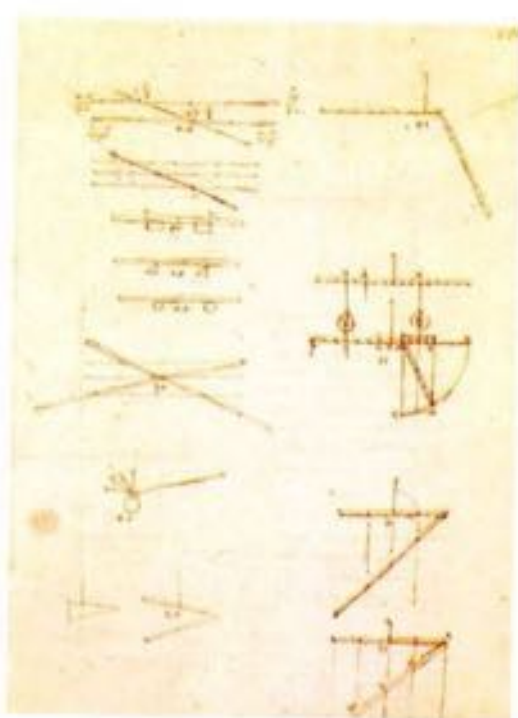


mico di Leonardo sarebbe impensabile senza il modello di testo anatomico messo a punto dai filosofi naturali scolastici. Accanto al trattato puramente anatomico, come l'*Anatomia* di Mondino, e a quello medico-fisiologico, tipo il *Liber de homine* di Manfredi, esiste un terzo genere di trattato biologico, quello ispirato alle opere biologiche di Aristotele, nel quale da un lato la trattazione anatomica riguarda non solo l'uomo ma tutti gli animali, dall'altro accanto all'anatomia compaiono tematiche come l'embriologia e la fisiognomica. Le principali opere biologiche di Aristotele consistevano per l'appunto in un trattato di embriologia (*De generatione animalium*) e due di anatomia animale (*Historia animalium*, *De partibus animalium*); a lui veniva anche attribuito un trattato di fisiognomica (*Physiognomonica*) in realtà composto nella sua scuola. Nel XIII secolo l'Occidente riscopre queste opere in seguito alla loro traduzione in latino e, intorno al 1280, Alberto Magno riunisce le varie materie (anatomia, embriologia e fisiognomica) in un unico trattato: il *Liber de animalibus*. Il libro anatomico di Leonardo includeva in modo analogo embriologia (*Questa opera si deve principiare alla concezione dell'omo...*), anatomia e fisiognomica (*fisionomie*). Il titolo del libro, è vero, parla solo dell'uomo; la componente animalistica resta per ora secondaria. Tuttavia nel dominante antropocentrismo di questi anni si aprono alcune falle; tra queste gli studi di fisiognomica.

La fisiognomica è lo studio del carattere morale e intellettuale dell'uomo attraverso l'osservazione del suo aspetto somatico. Quando alla fine del XVI secolo Giovan Battista della Porta compone il *De humana physiognomonia*, non fa che raccogliere, con la minuzia inventariale che caratterizza una parte della ricerca scientifica tra XVI e XVII secolo, una tradizione di origine classica che ha avuto il suo momento di massimo sviluppo tra XIII e XVI secolo, in stretto rapporto con opere biologiche e mediche. Nel trattato attribuito ad Aristotele essa si fonda ampiamente sull'analogia tra uomo e animale: «Quelli che hanno la testa grande sono percettivi; si vedano i cani; quelli che l'hanno piccola, hanno scarse capacità percettive: si vedano gli asini». Da un lato viene stabilita una relazione tra dimensione di una parte del corpo e funzioni dell'anima; dall'altro il significato di questa relazione viene ricavato in base all'analogia zoologica. Tra XIII e XV secolo questa analogia tra uomo e animale da un lato verrà confermata attraverso l'inclusione della fisiognomica in trattati anatomici *de animalibus*; dall'altro creerà non poco imbarazzo, perché da un punto di vista teologico non era possibile insistere più di tanto su di

mal caduco, cioè epilessia eccetera) coesistono con temi di psicologia (ira, paura, sogni eccetera) e filosofia («che cosa è anima» eccetera, cioè teleologismo). Si noti come, fin dove il tema lo consente, Leonardo intende «figurare» con immagini («Figura donde deriva il catarro, etc.», più che «scrivere» («Scrivi che cosa è anima»).

Niente è più lontano dal progetto leonardiano di conoscenza scientifica che lo specialismo moderno. L'unità del sapere, prima che ideale della cultura umanistica quattrocentesca è, specie da un punto di vista scientifico, un raggiungimento della filosofia naturale scolastica. Pur nella sua originalità il trattato anatomi-



Due studi di statica. Il primo (Ms. B 18v) di tipo più rudimentale studia il punto di sospensione di un grave attraverso l'utilizzo di una trave (a metà, lungo il margine destro); l'altro, più teorico e un poco più tardo (Md I 170r), utilizza aste di bilancia graduate.

essa. Era stato perciò sottolineato anche ciò che distingue l'uomo dall'animale, la parte «divina», «celeste» del suo essere, fatto a immagine di Dio. Le estreme conseguenze di questa «rettifica» sfociarono a un certo punto nell'astro-biologia, in una «fisiognomica celeste» o astrologica. La *chiromanzia*, o divinazione del destino di un individuo partendo dai segni della sua mano, e la *metoscopia*, predizione in base ai segni della fronte, divennero scienze. L'astrologia era del resto una disciplina di avanguardia nella scienza e nella filosofia dell'epoca. Molti fenomeni biologici venivano spiegati secondo una «doppia causalità»: una immediata, fisica; una esterna, astrologica. Tipico il caso della generazione umana, cui partecipavano cause fisiche o materiali (il seme dei genitori) e cause spirituali di tipo astrologico, consistenti in un influsso esercitato dagli astri durante lo sviluppo embriologico. Questa causalità astrologica era seriamente presa in considerazione tanto dai filosofi naturali quanto dai medici nella loro pratica quotidiana.

L'atteggiamento di Leonardo nei confronti di queste componenti astrobiologiche della scienza contemporanea è di chiusura netta. I suoi studi di embriologia non saranno neanche lontanamente sfiorati da simili problematiche; l'animismo, la nozione di «spirito» non avrà mai in lui implicazioni «celesti». Mentre è attestata nella cultura contemporanea una viva polemica contro le componenti «divinatorie», cioè di predizione del destino, dell'astrologia, Leonardo sembra rifiutare in blocco tutta la causalità astrologica. Oggi sappiamo che pseudo-scienze come l'astrologia o l'alchimia hanno contribuito allo sviluppo del pensiero scientifico più di quanto si credesse. Keplero oltre che rivoluzionare l'astronomia, si occupò anche di astrologia; Newton, il padre della fisica moderna, dedicò buona parte della sua attività all'alchimia. È quindi meno scontato inquadrare storicamente il rifiuto di Leonardo. Non è più possibile farne, per questi motivi, l'eroe anticipatore di un positivismo che sarebbe l'unica via verso la rivoluzione scientifica del XVIII secolo.

A ogni modo anche nei confronti della fisiognomica il suo atteggiamento è chiaro: accettazione delle componenti anatomiche, fisiche, rifiuto di quelle astrologiche. In un passo sull'argomento dichiara senza mezzi termini: «Della fallace fisiognomica e chiromanzia non mi astenderò, perché in loro non è verità; e questo si manifesta perché tali chimere non hanno fondamenti scientifici...» (LdP 292). Basta osservare, aggiunge Leonardo, le mani di persone morte nello stesso momento, in una battaglia o in un naufragio: i segni su di esse non si somigliano in nulla.

Due studi di idraulica.
 Nel primo caso il fondo «globbuloso»
 fa sì che un corso d'acqua in discesa
 sia più veloce in superficie
 che in profondità (Ms. A 24v);
 nel secondo le «percussioni»
 dell'acqua contro i margini
 sono la causa dei suoi «serpeggianti
 corsi» (Ms. A 63v).



Leonardo salva invece la parte che ritiene più scientifica della fisiognomica, quella che correla segni somatici e natura dell'anima: «Vero è che li segni de' volti mostrano in parte la natura degli uomini, di lor vizii e complessioni». Ed esemplifica: «quelli che hanno le parti del viso di gran rilievo e profondità sono uomini bestiali et iracondi con poca ragione; e quelli ch'hanno le linee interposte infra le ciglia forte evidenti sono iracondi...» (*ibidem*).

L'allusione è a due diversi metodi fisiognomici, già presenti nel trattato pseudo-aristotelico. Uno, più dinamico o «patognomico», consiste nel dedurre il carattere di un individuo dai segni lasciati nel suo volto dal ripetersi della passione più frequente; chi è incline all'ira aggrota spesso l'espressione, alla fine, anche in condizioni normali, avrà «le linee interposte infra le ciglie forte evidenti». L'altro si fonda invece sull'osservazione delle parti statiche, non variabili del volto: «e quelli che

hanno le parti del viso di gran rilievo e profondità sono uomini bestiali et iracondi con poca ragione». È questa fisiognomica statica che Leonardo studia contemporaneamente agli studi cranici e lo fa per immagini. In una serie di disegni (si vedano le illustrazioni a pagina 54) contrappone un tipo fisiognomico dall'espressione accigliata, irosa e uno accidioso, malinconico. Come è possibile ricavare da altri studi e dai trattati di fisiognomica il tipo iroso è un «uomo leonino». L'analogia zoologica non riguarda però solo il piano delle passioni, ma anche quello anatomico e intellettuale.

Si è visto come negli studi di crani la posizione del senso comune dipendeva dalla dimensione o profondità delle cavità ossee di faccia e fronte.

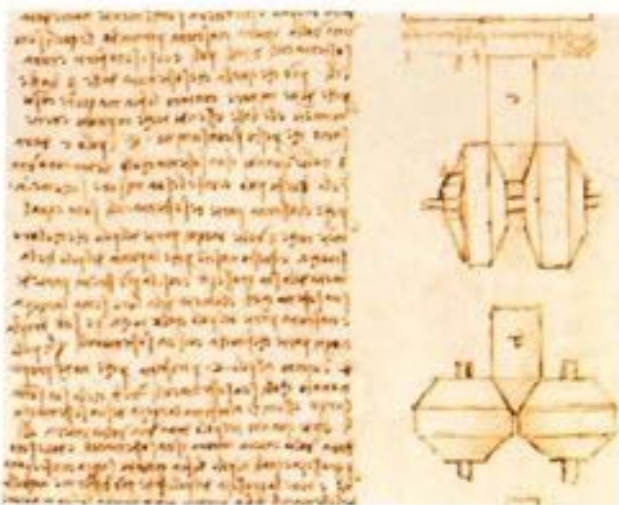
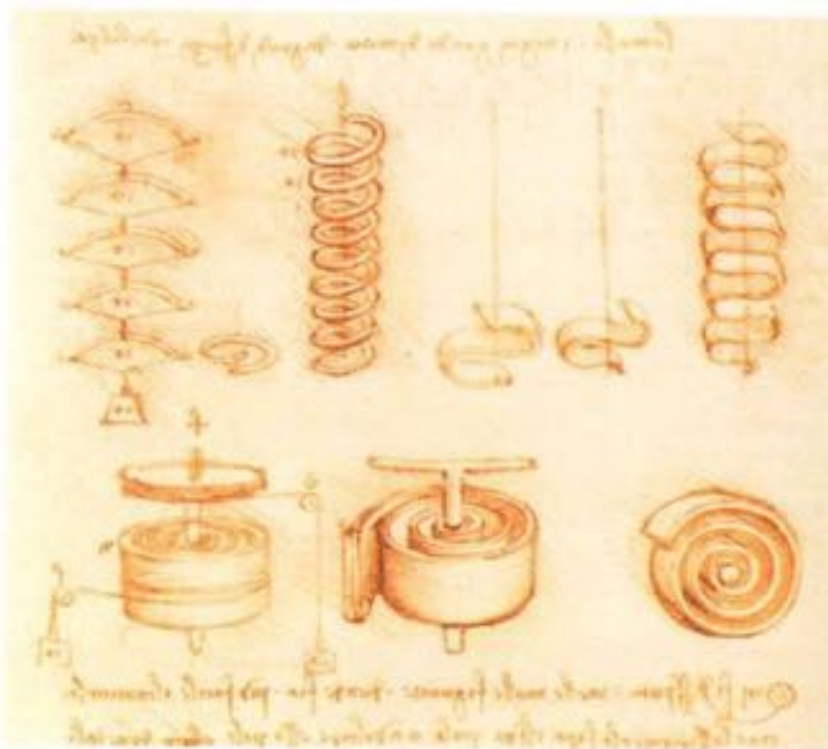
In questi studi fisiognomici l'attenzione sembra concentrarsi proprio sulla conformazione di queste parti anteriori della testa. Nel disegno la parte posteriore della testa è infatti appena accennata o manca del tutto. In particolare il profilo del tipo iroso o leonino di sinistra sembra essere lo studio di un volto caratterizzato da una estrema sporgenza della struttura ossea e quindi da una grande profondità dei cavi ossei corrispondenti; mentre il contrario, cioè una estrema deficienza strutturale, caratterizza il profilo opposto. Insomma, in questi studi fisiognomici l'accento cade su quelle stesse parti anatomiche (conformazione ossea di faccia e fronte) su cui si basa la connessione tra senso comune e cranio negli studi cranici. Ciò che Leonardo mostra negli studi di crani è una situazione ideale, canonica. I disegni di fisiognomica considerano invece alcune possibili malformazioni, sia sul piano anatomico che su quello, conseguente, delle capacità intellettive.

Individuando l'anima umana con il «senso comune» Leonardo tendeva ad «abbassarla» verso il piano della conoscenza sensitiva, comune a uomini e animali. Analogamente studiando il tipo umano leonino si mostrava interessato alle componenti zoologiche della fisiognomica. Nell'antropocentrismo, di cui Leonardo stesso fornisce con l'*Uomo vitruviano* il massimo manifesto, si apre una crepa. L'analogia tra uomo e animale comincia a intaccare il primato e la superiorità dell'uomo, sostenuta sia dai filosofi naturali scolastici sia dagli umanisti. Attenendosi a questa tradizione, Cennino Cennini agli inizi del Quattrocento, dopo avere descritto le proporzioni del corpo umano aggiungeva: «Degli animali irrazionali non ti conterò, perché non n'apparai mai nessuna misura...» (*Libro dell'arte*, cap. LXX). Successivamente questa riserva era caduta almeno in un caso. In rapporto al monumento equestre alcuni artisti del Quattrocento aveva-

no studiato attentamente le proporzioni del cavallo. Verrocchio, il maestro di Leonardo, aveva eseguito studi accurati sulle misure del corpo equino; lo stesso Alberti, che faceva discendere dalle proporzioni umane le regole del retto edificare, aveva dedicato al cavallo un trattato, il *De equo animante*, anche se le misure vi sono minimamente considerate. Quando Leonardo, intorno al 1490 riceve la commissione di un monumento equestre dedicato a Francesco Sforza, padre del Moro, avvia una serie di studi sulle proporzioni e l'anatomia del cavallo. In essi sviluppa in modo magistrale la tradizione appena descritta. Tuttavia è chiaro che anche in questo caso quello che era un ambito di studi legato, almeno nel caso del Verrocchio, a una precisa finalità della bottega artistica (la costruzione di monumenti equestri) diviene in Leonardo qualcosa di molto più profondo e generale. Lo studio del corpo equino diviene parte di un più vasto programma di ricerca sulle proporzioni nel mondo animale. Contemporaneamente allo studio delle proporzioni del cavallo, Leonardo studia infatti le misure della testa di un cane (si veda l'illustrazione a pagina 55 in basso). Più tardi queste componenti zoologiche diverranno sempre più evidenti, affiancando l'antropocentrismo cui era ispirato inizialmente il trattato anatomico *de figura umana*.

Un altro argomento di cui questo ultimo doveva occuparsi era la postura e i movimenti eseguiti dalle membra del corpo («attitudine e movimento»). È una sezione in cui Leonardo avrebbe applicato allo studio del corpo umano un altro orizzonte teorico che aveva iniziato a frequentare: statica e meccanica.

Statica e meccanica hanno a che fare con quelle che Leonardo definisce le quattro potenze di natura: peso (statica), moto, forza, percussione (meccanica). Nel corso del Medioevo questi concetti sono stati sviluppati, ancora una volta, a partire da Aristotele. Sullo sfondo sta infatti la fisica aristotelica: gli elementi che costituiscono il mondo sublunare (fuoco, aria, acqua, terra) hanno infatti ciascuno un proprio «luogo naturale»: il luogo della terra, più pesante, è subito intorno al centro del mondo, quindi, in successione, acqua, aria, fuoco. Se un elemento si trova fuori dal suo luogo naturale, incluso in un elemento più leggero, esso, qualora non è ostacolato, tende a scendere. Un oggetto di terra, posto in acqua o aria scende perché tende verso il suo «luogo naturale», la Terra per l'appunto. Da questo nasce il suo peso o gravità. La medievale scienza *de ponderibus*, corrispondente alla moderna statica, combina queste premesse aristoteliche con quelle, più «quantitative», di autori come Euclide e Archimede e, attraverso l'uso di leve e bilance, immaginate operanti in un ambiente ideale privo di attriti,



Leonardo studia i meccanismi elementari delle macchine; ad esempio vari tipi di molle (Md 185r) o dei cuscinetti conici (ivi, 101v).

studia il modo in cui, secondo precise leggi proporzionali, la gravità o peso «naturale» varia in rapporto a diverse condizioni «accidentali» (ad esempio: varia lunghezza dei bracci della bilancia o presenza di un piano inclinato al di sotto del peso).

Le più antiche tracce di statica in Leonardo sono brevi proposizioni di carattere teorico, fuggacemente carpite alla cultura alta, affiancate da dispositivi un po' rudi ed empirici realizzati per verificarle (ad esempio una trave appesa a un sostegno, Ms. B 18v, si veda l'illustrazione a pagina 57 a destra). Sempre più numerosi nel corso degli anni novanta, compaiono invece disegni non di bilance reali - come quello visto - ma «ideali»: aste graduate nell'ambito di esperimenti teorici secondo le linee della scienza *de ponderibus*. Tra i più tipici sono gli studi che tentano di verificare il comportamento di bilance di bracci uguali o diseguali. Aste di bilance sono divise in segmenti uguali, il cui centro di sospensione o fulcro viene spostato rendendo i due bracci di diversa lunghezza; quindi Leonardo cerca di verificare le leggi proporzionali che regolano il rapporto tra lunghezze dei bracci e pesi sospesi. Ad esempio una bilancia con braccia diseguali si manterrà nel *sito dell'equalità*, cioè in orizzontale, se il peso sospeso al braccio più corto (controleva) sarà maggiore dell'altro appeso al braccio lungo (leva) secondo una proporzione pari a quella tra le differenti lunghezze dei due bracci. Dati questi rapporti proporzionali era possibile ricavare il rapporto tra due pesi in base a quello tra i due bracci, o viceversa; «se tu hai notizia delli spazi de' pesi [ovvero della lunghezza dei bracci della bilancia] e non de' pesi, tieni questo modo», segue una dimostrazione con disegno (Md I 157r).

Copia da un originale di Leonardo.
I movimenti umani sono schematizzati
come linee girevoli intorno a poli
(Codice Huygens 21).



Sebbene anche la scienza *de ponderibus* si occupi anche di moto e velocità, è la meccanica la scienza che studia in modo più specifico il movimento. Essa ha due branche principali: la «cinematica», che considera il movimento in sé, nei suoi aspetti spaziotemporali, la «dinamica», che lo analizza in rapporto alla sua causa, data dalla «forza». Anche in questo caso si parte da Aristotele e dalla sua fisica. Al di sopra del mondo terrestre, oltre la Luna, sta, nella visione aristotelica, il mondo celeste, caratterizzato da un perenne e perfetto moto circolare. Questo moto «perfetto» viene trasmesso al mondo sottostante degli elementi naturali (fuoco, aria, terra, acqua) dove determina moti «imperfetti», spostamenti e combinazioni tra gli elementi, sempre instabili. Il movimento è dunque insito nel mondo naturale e consiste non solo in spostamento da un luogo all'altro ma anche in trasformazioni di stato, di forma; anche la generazione, la corruzione sono, nella concezione aristotelica, forme di movimento. Questa visione, che in via intuitiva era emersa in molti aspetti dell'opera giovanile di Leonardo, è ora da lui studiata nei risvolti meccanici, in parte già formulati dallo stesso Aristotele, in parte ampiamente rinnovati dagli studiosi medievali, come Nicola d'Oresme.

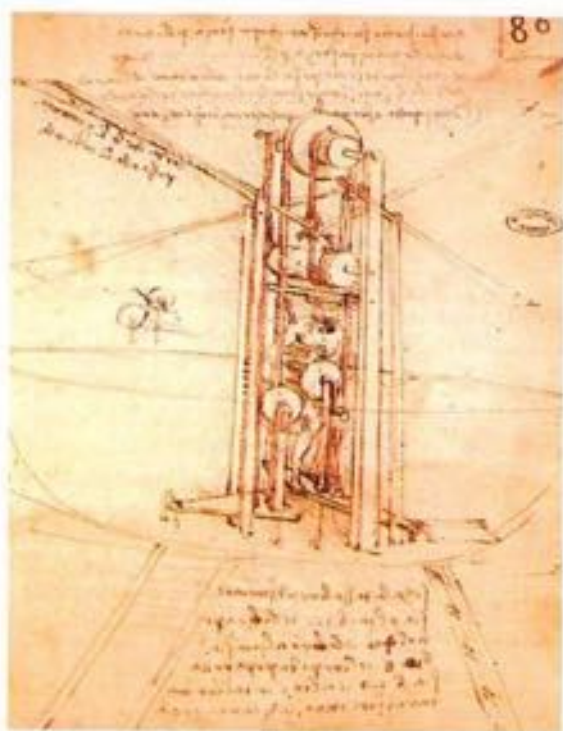
Uno dei problemi fondamentali era spiegare in che modo un oggetto messo in movimento da una forza continuasse a muoversi lontano da questa. Ad esempio, perché una freccia continua il suo moto lontano dall'arco che l'ha lanciata. La spiegazione data da Aristotele era nota come *antiperistasi*: un oggetto lanciato in aria continua a muoversi lontano dalla mano che l'ha lanciato perché la porzione di aria spostata dall'oggetto in movimento torna subito al suo posto, colmando il vuoto lasciato dall'oggetto che si è ulteriormente spostato in avanti, in tal modo spingendolo e mantenendolo in moto. L'*antiperistasi* pone l'accento sul «mezzo» (aereo o acquoso) in cui si muove l'oggetto ed è probabilmente per questo che essa esercita su Leonardo un certo fascino, nonostante che alla sua epoca non rappresenti più l'avanguardia. Nel corso del Medioevo era stata infatti soppiantata dalla teoria dell'*impeto*, secondo la quale il moto o *impeto* è come una forza o potenza

che viene impressa dal motore all'oggetto mosso e che continua ad agire fino al suo esaurimento. Il moto diviene in tal modo (al pari della temperatura, del colore e di altre entità fisiche) una «qualità» intrinseca del corpo, che poco a poco si spegne. Non a caso gli autori la paragonano al calore. Leonardo utilizza ampiamente la nozione di *impeto*, alterandola con quella di *antiperistasi*.

Sia il peso che il movimento operano secondo leggi proporzionali. Leonardo spiega la diffusione dell'*impeto* o moto in base alla stessa legge proporzionale e piramidale utilizzata per spiegare, in ottica, la diffusione delle immagini (Ms. M 59v, c. 1495-1500, si veda l'illustrazione a pagina 56). Questa «piramide dinamica» è espressione geometrica di una proporzionalità tra moto del grave, tempo e velocità: «La gravità che discende, in ogni grado di tempo acquista un grado di moto più che 'l grado del tempo passato, e similmente un grado di velocità più che 'l grado del moto passato. Onde in ogni radoppiata quantità di tempo esso radoppia la lunghezza del dissenso e la velocità del moto» (Ms. M 44v). La «piramide dinamica» al pari della «piramide visiva» ha però dei limiti. Il passo appena citato si apre con la precisazione che, quanto esposto, «Accade nell'aria d'uniforme grossezza». Anche nel corso di un esperimento di statica attraverso bilance Leonardo avverte: «...ma guardati dal moto dell'aria». Come l'esattezza delle regole proporzionali della «piramide visiva» era alterata dalla varia «grossezza dell'aria», così, questo stesso elemento, interferisce con le leggi proporzionali di statica e dinamica. Vedremo come queste «interferenze» siano destinate a ricevere maggiore attenzione con l'avanzare della sua ricerca. Per ora analizziamo altri aspetti originali degli studi leonardiani di statica e dinamica.

Egli dedica grande attenzione all'«urto» che determina la fine di un movimento. La *percussione* è tra quelle che Leonardo definisce le quattro potenze di natura, insieme a peso, movimento e forza. Tenta anche - cosa rara nella dinamica medievale - di quantificarla, come al solito secondo una legge proporzionale: essa è il prodotto del peso per la velocità ed è proporzionale a entrambi. Come l'eco o la luce, il suo angolo di incidenza è uguale a quello di riflessione; il rimbalzo di una palla lo prova.

Originale è poi lo sconfinamento della statica e dinamica leonardiana al di fuori del loro campo specifico. La *forza*, concetto centrale della dinamica,



Due esempi di concezione dinamica del corpo umano. Nel disegno anatomico (RL 19097v) è mostrato l'atto del coito, in cui una azione dinamica è causa della generazione; nel progetto di macchina volante a lato (Ms. B 80r), il pilota chiuso al centro, attraverso movimenti di testa, braccia e gambe sviluppa la forza necessaria ad azionare le pale.



viene da Leonardo considerata come una entità *spirituale* e, come tale, inserita entro la sua visione animistica (Ms. A 34v):

Forza dico essere una virtù spirituale, una potenza invisibile, la quale per accidentale, esterna violenza è causata dal moto e collocata e infusa ne' corpi...

Le leggi statiche e dinamiche sono poi applicate da Leonardo allo studio dell'acqua, a quello del corpo animale, ai progetti di macchine.

Leonardo verifica le teorie statiche e dinamiche attraverso il comportamento dell'acqua, studiando il modo in cui varia la *velocità* dell'acqua in relazione all'andamento più o meno regolare del fondo o gli effetti della *percussione* dell'acqua sugli argini di un fiume (*si vedano le illustrazioni a pagina 58*).

Venendo ai progetti di macchine, nella tradizione classica e medievale, salvo alcune eccezioni, meccanica teorica e progettazione di macchine procedevano su binari distinti. Leonardo progetta invece un *Trattato degli elementi macchinali*. In esso una prima parte teorica, riguardante le leggi della statica e della meccanica, sarebbe stata seguita da una pratica, nella quale quelle leggi venivano applicate al funzionamento di macchine reali. Il Manoscritto di Madrid I pur non corrispondendo al *Trattato degli elementi macchinali* ci dà un'idea di come potesse essere il perduto trattato. La raffigurazione isolata dei meccanismi particolari della macchina nei giovanili disegni di macchine era solo un appendice del disegno principale; ora è invece il soggetto principale di studio. Leonardo non disegna più una particolare macchina, ma i meccanismi elementari e generali

- «elementi macchinali» per l'appunto - applicabili nelle varie macchine destinate a usi particolari: viti, ruote, catene, cinghie, giunti (*si vedano le illustrazioni a pagina 59*).

Un'altra applicazione della statica e della dinamica riguarda il corpo animale. Come già accennato, nel Manoscritto B la definizione generale di «forza», è affiancata dalla sua definizione in rapporto alla dinamica del corpo animale: «Dico il detto movimento essere causato sopra diversi *poli*. Forza è fatta da sgonfiamento e accorciamento di muscoli, i quali si tirano dirieto e nervi, e quelli tengano insino che pare al sentimento che passa per le *vote corde*» (Ms. B 2v). Poli di bilance, peso, forza, tiranti: i concetti base della statica e della dinamica sono trasferiti in un contesto biologico. Dal *sensu comune* parte un impulso di forza sotto forma di un flusso di «spiriti»; questi attraversano i nervi e determinano l'accorciamento dei muscoli

che, a loro volta, muovono le membra intorno alle articolazioni come braccia di bilancia intorno al fulcro. In un gruppo di studi, perduti e noti solo in copie raccolte nel cosiddetto Codice Huygens, Leonardo rappresenta i movimenti delle membra del corpo umano come un telaio di linee girevoli intorno ai loro poli come braccia di bilance.

La dinamica del corpo umano esercita su di lui un fascino pari o forse maggiore degli «esatti» rapporti proporzionali tra le membra.

Nascono da questa visione dinamica due straordinari studi eseguiti in questi anni, uno di embriologia, l'altro sul volo umano.

Il primo è il famoso disegno di due corpi impegnati nell'atto del coito, mostrati in sezione longitudinale. La novità di questo studio non risiede nel realismo anatomico (gli organi interni sono estremamente schematici), o in un contributo di Leonardo allo sviluppo o al rovesciamento di una teoria embriologica tradizionale; ma nel modo assolutamente nuovo di affrontare il problema. Leonardo rappresenta la «causa dinamica» della generazione umana: il dinamico generarsi di «forza» attraverso l'impegno dei corpi e delle loro membra nell'atto del coito. Questa «forza», generata attraverso un'azione concreta, visibile, rappresentabile, appare a Leonardo una «causa» fondamentale al pari di quelle più sottili e

Esempio di confronto tra volatili in funzione del progetto di volo umano (Ash 1 10v).



fisiologiche discusse nelle teorie embriologiche tradizionali e alle quali allude nei passi che accompagnano il disegno.

Scaturisce dalla concezione «dinamica» del corpo umano anche il più spettacolare progetto di macchina volante realizzato in questo periodo (si veda l'illustrazione a pagina 61 in alto). La macchina ha uno scafo poggiante su piedi retrattili. Il pilota è in piedi al centro, sotto le ali; con i piedi, le mani e anche la testa provoca un movimento alternato, a saliscendi, di una corda avvolta tra due carrucole. A ogni capo di questa corda è attaccata una coppia di ali che si abbassano quando la corda sale, si alzano quando la corda scende. Questa macchina volante è come la traduzione «visiva» di un teorema di statica e dinamica: «Questo omo fa col suo capo *forza* per libbre 200 e colle mani fa *forza* per libbre 200; e quel medesimo *pesa* l'omo... Onde per questo affermo questo [strumento] esser meglio che nessuno» (Ms. B 80r). In realtà la «forza» di questo «strumento» è puramente teorica; una simile macchina sarebbe stata del tutto incapace di spiccare il volo. È una fortuna che Leonardo, prevedendo di sperimentarla, abbia preso qualche precauzione: «Pruova il vero strumento nell'acqua, acciocché cadendo tu non ti facci male».

Le possibilità dinamiche del corpo umano sembrano a Leonardo veramente senza limiti. Perfetto non solo nelle «proporzioni» ma anche nella «dinamica», il corpo umano è in grado di emulare ogni altro movimento animale, quindi anche il volo degli uccelli. Il pilota al centro di questa macchina di forma circolare ricorda l'anima-senso comune al centro del cranio. Il pilota è insomma come l'anima della macchina, che tenta di riprodurre l'anima dell'uccello. In un passo sul volo umano un po' più tardi scrive: «Adunque diren che tale strumento composto per

*Il Cenacolo (c. 1496-1498,
Milano,
Refettorio di Santa Maria
delle Grazie).*



Leonardo: la scienza trasfigurata in arte



Al contrario dello spazio «architettonico» del Cenacolo, qui Leonardo ha realizzato una spazialità completamente «naturale», decorando le pareti di una sala del Castello sforzesco con rami vegetali che hanno origine in basso tra rocce (1498, Milano, Castello Sforzesco, Sala delle Asse, particolare).

l'omo non li manca se non l'anima dello uccello, la quale anima bisogna che sia contra fatta dall'anima dell'omo» (CA 434r). L'animismo, lo psicosomatismo permea anche gli studi sul volo. A differenza che nei più tardi studi, in questi anni l'«anima-pilota» ha un senso ben preciso: significa niente altro che «forza». L'uomo, chiuso entro il sistema di carrucole al centro del vascello, sembra non avere alcuna possibilità di direzionare la macchina; il suo unico compito è sviluppare «forza». Se gli studi di crani erano la versione anatomica dell'*Uomo vitruviano*, questo progetto di macchina volante è la sua versione dinamica.

Questo dominante antropocentrismo mette momentaneamente in ombra l'opposto filone di studi cui il progetto del volo umano resta comunque legato: la ricerca *de animalibus*, l'anatomia comparata di tradizione aristotelica e scolastica che tende a sottolineare l'analogia tra uomo e animali, più che la sua unicità. Lo stesso mondo che, in pieno XIII secolo, aveva riscoperto gli scritti animalistici di Aristotele e elevato la fisiognomica a dignità scientifica, aveva partorito anche un'opera dedicata al volo degli uccelli, il *De arte venandi cum avibus* di Federico II. Non mancano spunti anche in questi anni di studio analogico del mondo animale in funzione del volo: un confronto tra aquila e pipistrello (Ms. B 89v) o tra pipistrello, libellula, formicaleone e pesce rondine «animale - scrive Leonardo - che fugge dell'uno elemento nell'altro» (Ash I 10v); studi che continuano a rimanere per ora su un piano esterno, comportamentale più che anatomico (si veda l'illustrazione a pagina 62).

La visione antropocentrica resta dominante: la macchina volante non nasce da un confronto diretto tra membra umane e membra animali, come avverrà più tardi all'epoca del Codice sul volo. Gli animali sono confrontati tra loro; l'uomo è considerato a parte, specialmente da un punto di vista dinamico.

Forse il punto culminante di questa fase antropocentrica del pensiero leonardiano è nel *Cenacolo*, eseguito, su commissione di Ludovico il Moro, tra il 1496 e il 1498 nel Refettorio di Santa Maria delle Grazie. Sorprende la mancanza di elementi naturalistici, che si riducono ai brevi

accer
Nella
la rap
scegl
- in c
rane
sco c
intre
le ro
natur
quell
speci
stant
della
spazi
dime
ritma
tradi
scate
(path
paur
del c
do st
Le
mava
pittu
pittu
concl
alliev
spars
pittu
un ge
pittu
lato r
legitt
di mi
ra di
umar
zoolo
nelle
volat
come
le de
solo,
chian
semp
una v
fex, a
Il t
Quar
mass
Leon
(Libr
Le
Solo
potrà
della
sofia
s'aste
(ibide
studic
monc
filoso
Leon

accenni di paesaggio nel fondo e ai brani di natura morta sul tavolo. Nella tradizione iconografica quattrocentesca e fiorentina era frequente la rappresentazione di alberi oltre il muro. Per il *Cenacolo* Leonardo sceglie invece uno spazio puramente architettonico - quindi «artificiale» - in cui si svolge un dramma anch'esso interamente umano. Contemporaneamente (c. 1498) egli dipinge la Sala delle Asse nel Castello Sforzesco con una decorazione di segno opposto: interamente vegetale. Negli intrecci vegetali e soprattutto nelle loro radici che emergono attraverso le rocce rappresentate in basso riemerge in modo potente la visione naturalistica del periodo giovanile. E invece il *Cenacolo* è espressione di quella volontà di «misurare» ogni fenomeno naturale, che, nella fattispecie, si limita a uno spazio e a un dramma interamente umani. Nonostante alcuni «aggiustamenti», la legge proporzionale della piramide prospettica scandisce esattamente lo spazio, riduce con precisione, in base alla distanza, la dimensione del soffitto a cassettoni e gli arazzi che ritmano le pareti. Cristo ha appena annunciato il tradimento: «Uno di voi mi tradirà». Queste parole scatenano, negli Apostoli, una reazione emotiva (*pathos*) che è fondamentalmente la stessa (stupore, paura) ma che si esprime in modo diverso a secondo del carattere (*ethos*) di ciascun Apostolo, che Leonardo studia da un punto di vista fisiognomico.

Le passioni, oltre che nel trattato di anatomia, formavano un capitolo sui «moti mentali» nel *Libro di pittura*, una elaborata trattazione teorica dedicata alla pittura iniziata intorno al 1490-1492. Leonardo non concluderà mai questo testo. Dopo la sua morte un allievo, Francesco Melzi, metterà insieme frammenti sparsi facendone un libro. La prima parte del *Libro di pittura* è anche nota come *Paragone*, perché, seguendo un genere letterario molto in voga, mette a confronto tra loro le varie arti: pittura, scultura, architettura, poesia, musica. Il fine di Leonardo è da un lato mostrare la superiorità della pittura, dall'altro, cosa più interessante, legittimarla come *scienza*. In questo tentativo, fondamentale è il concetto di *mimesi*, di imitazione della natura. È un tema centrale per capire l'opera di Leonardo in tutti i suoi aspetti. Ad esempio anche l'utopia del volo umano, oltre che campo di applicazione di teorie dinamiche e di studi zoologici, ha al fondo una motivazione ben precisa: la macchina volante è nelle intenzioni di Leonardo un tentativo di ri-creare artificialmente il volatile naturale. Il fine ultimo che Leonardo ha in mente come artista, come ingegnere, come anatomista è questo: realizzare una *mimesi* radicale della natura. La macchina volante imita la natura come un dipinto, solo, lo fa in modo radicale: nella terza dimensione e nelle funzioni. Egli chiama la macchina volante non solo «macchina» o «strumento» ma, sempre più spesso, «uccello». Egli sta tentando di ri-fare *artificialmente* una creatura naturale. Questo è il compito che si prefigge in quanto *artifex*, artista-artefice-ingegnere.

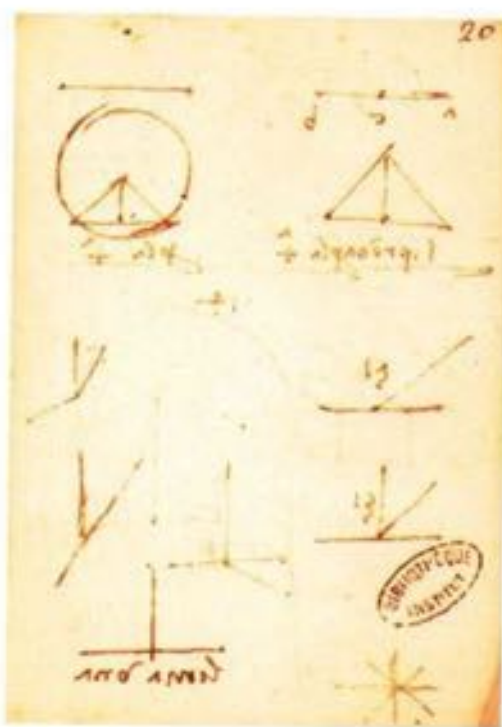
Il tema dell'*imitatio* emerge con forza, come si diceva, nel *Paragone*. Quando il pittore imita le cose create dalla «natura» è come se si trasformasse egli stesso in una seconda natura creatrice; la sua mente, scrive Leonardo, è costretta a «trasmutarsi nella propria mente di natura» (*Libro di pittura* 40).

Leonardo insiste molto sul valore «mentale» dell'imitazione artistica. Solo conoscendo fino in fondo le leggi utilizzate dalla natura l'*artifex* potrà imitarla. Ed è a questo punto che scatta la legittimazione teorica della pittura come scienza; in particolare la sua connessione con la «filosofia naturale», la scienza che studia le leggi della natura: «Se la poesia s'astende in filosofia morale, questa [la pittura] in filosofia naturale» (*ibidem*, 10). La filosofia naturale è per Leonardo non altro che lo studio delle leggi che regolano le trasformazioni e i movimenti del mondo naturale; è cioè fisica in senso aristotelico: «Adunque la pittura è filosofia, perché la filosofia tratta de moto aumentativo e diminutivo»



Jacopo de' Barbari (attr.),
Ritratto di Luca Pacioli
(Napoli, Gall. Naz. di Capodimonte).
Pacioli è uno dei maggiori matematici
del Rinascimento. Il dipinto sottolinea
l'importanza del linguaggio visivo
nella dimostrazione geometrica;
con una delle due mani Pacioli
traccia infatti un disegno.

Leonardo cerca di capire i teoremi di Euclide schematizzandoli in disegni (Ms. M 30v e 20r).



(*ibidem*, 9). Tutti i temi che Leonardo aveva incluso nel trattato anatomico sono filosofia naturale, studiano in particolare le leggi del corpo umano e animale e sono finalizzate alla sua ri-creazione in un dipinto o nella macchina volante.

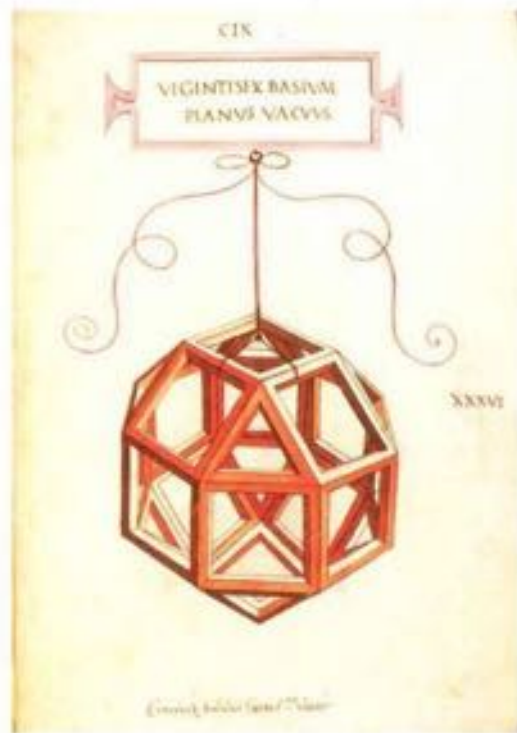
Mentre il Ghiberti, Piero della Francesca, il Filarete avevano sostenuto la dignità teorica della pittura connettendola con l'ottica, la prospettiva, la matematica, Leonardo punta sulla filosofia naturale che egli intende soprattutto in senso biologico: «Si prova la pittura essere filosofia perché essa tratta del moto de' corpi nella prontitudine delle loro azioni, e la filosofia ancora lei s'astende nel moto» (*ibidem*, 9).

È questo orizzonte fisico, qualitativo, biologico quello più proprio del pensiero e dell'opera di Leonardo. Tuttavia si è visto come egli tenti in tutti i modi di accostare le scienze matematiche. Anzi, proprio mentre scrive i passi appena citati in cui sembra privilegiare la scienza fisica e biologica, egli ha modo di fare importanti avanzamenti proprio nel campo delle scienze esatte.

Nel 1496 è giunto a Milano fra Luca Pacioli. È uno dei più grandi matematici dell'epoca. Il duca Ludovico lo ha chiamato a Milano perché insegni matematica nelle scuole palatine. Due anni prima Luca ha terminato il suo capolavoro, la *Summa de arithmetica, geometria, proportionibus et proportionalitate* (Venezia, 1494). Un dipinto contemporaneo lo ritrae nel suo studio: con la mano sinistra indica un passo di un testo di geometria, con la destra traccia su una lavagna figure geometriche allo scopo di dimostrare quanto è scritto nel testo. Come nella già esaminata rappresentazione della lezione di anatomia da un lato è il testo scritto, dall'altro la sua dimostrazione. In questo caso però la dimostrazione del testo avviene non attraverso un'operazione manuale come la dissezione anatomica ma attraverso un «disegno» geometrico; accanto si vedono anche «sculture» geometriche, modelli tridimensionali di poliedri.

Pacioli utilizza contemporaneamente due linguaggi: quello scritto e quello visivo. La geometria necessita per sua natura di essere «visualizzata», come il dipinto sottolinea con forza. È questo probabilmente uno dei motivi che spinge Leonardo a occuparsi con tanto accanimento di geometria ed è questo che porta i due personaggi ad allacciare un rapporto di amicizia e collaborazione che durerà a lungo e sarà proficuo per entrambi. Leonardo può finalmente accedere ai testi di Euclide. Pacioli traduce e spiega all'amico le proposizioni geometriche di Euclide,

dispo-
mult
sizio-
Rina
nova
Elen-
trian
Leon
ni eu-
do fi-
ne, il
1496
dri e
(com-
quad-
ne di
dro è
una s
Leon
secot
parla-
zione
Co
cono-
ripar-
in qu
sarà
autor
fonda-
la «n
del p
nella
artist
dell'i
alizzè
fabric
Rinas



Realizzate in base a disegni originali (andati perduti) di Leonardo diverse tavole corredano il *De divina proportione* (1496-1498) di Luca Pacioli. Esse rappresentano i poliedri sia in forma piena (solidus) sia in forma vuota (vacuus).

disponibili solo in difficile latino. Quando Leonardo scrive: «Impara la moltiplicazione delle radici da Maestro Luca» (CA 331r) ha ora a disposizione non un maestro d'abbaco, ma uno dei maggiori matematici del Rinascimento. I manoscritti I ed M, compilati verso la fine degli anni novanta sono pieni di esercizi condotti da Leonardo per assimilare gli *Elementa* di Euclide: rapporti tra punti e linee, proprietà degli angoli, dei triangoli, dei poligoni (si vedano le illustrazioni nella pagina a fronte). Leonardo tende a «visualizzare» e sintetizzare con disegni le proposizioni euclidee che fra Luca gli traduce. Quindi ricambia il favore, disegnando figure geometriche su cui si basano le tavole del *De divina proportione*, il trattato che Luca compone, in volgare, mentre è a Milano, tra il 1496-1498. Un esempio sono le tavole con i cinque corpi regolari, i poliedri di origine platonica simbolo di perfezione e armonia: tetraedro (composto di quattro triangoli equilateri), esaedro (risultante da sei quadrati), ottaedro (otto triangoli equilateri), dodecaedro (combinazione di dodici pentagoni), icosaedro (venti triangoli equilateri). Ogni poliedro è raffigurato sia in forma piena (*solidus*) che in trasparenza, come in una sorta di anatomia geometrica (*vacuus*). La realizzazione da parte di Leonardo dei disegni preparatori per queste tavole non è operazione secondaria nell'economia dell'opera. Il dipinto di Jacopo de Barbari parla chiaro: la dimostrazione geometrica attraverso il disegno è operazione altamente teorica.

Con l'intervento di Leonardo è come se questi due momenti della conoscenza geometrica, nel dipinto realizzati dalla stessa persona, si ripartissero tra due autori, l'uno più edotto nel linguaggio verbale, l'altro in quello visivo. È probabilmente il primo esempio di un rapporto che sarà costante nella successiva storia dell'illustrazione scientifica: artista autore delle figure, scienziato autore del testo. Con una differenza fondamentale: mentre in questa tradizione quasi sempre lo scienziato è la «mente» e l'artista è semplicemente il «braccio» che illustra le teorie del primo, nel caso di Leonardo e Pacioli il rapporto è paritetico. Luca, nella dedica al Moro che introduce l'opera, riconosce i meriti non solo artistici ma anche scientifici di Leonardo. Successivamente, negli sviluppi dell'illustrazione scientifica, le cose cambieranno. Dell'artista che realizzò per Andrea Vesalio le tavole anatomiche del *De humani corporis fabrica* (1543), il capolavoro dell'illustrazione scientifica a stampa del Rinascimento, ignoriamo perfino il nome. □

Metamorfosi

Il pensiero di Leonardo accentua definitivamente il proprio carattere più originale: fisico più che matematico, animalistico più che antropocentrico

Michelangelo,
David (1501-1504),
Firenze, Galleria dell'Accademia).



Il 6 ottobre 1499 il re di Francia Luigi XII entra trionfalmente in Milano. Leonardo lascia la città poco dopo. È in compagnia di alcuni allievi e di Luca Pacioli. Dopo brevi soste a Mantova e a Venezia, nel 1500 è a Firenze. Vi manca da quasi vent'anni. I Medici sono caduti. Nel 1498 Girolamo Savonarola è stato arso sul rogo come eretico. La Signoria, il governo della città, è di tipo repubblicano e si avvale, come segretario, di Niccolò Machiavelli. Non è un periodo di pace. La repubblica fiorentina si sente minacciata dalla crescente potenza francese e dalle mire di Cesare Borgia che, spalleggiato dal padre, papa Alessandro VI, tenta di espandersi in Italia centrale. Firenze è anche in guerra con Pisa. C'è tensione nell'aria. Occorre tuttavia infondere nei cittadini senso di fiducia, di stabilità, di forza. Il *David*, commissionato a Michelangelo nel 1501 e destinato a essere collocato in piazza della Signoria quale simbolo di virtù civiche, sembra farsi carico di questa esigenza. Visto dal davanti è una figura che esprime forza ponderata, equilibrio; insolitamente da un punto di vista iconografico, la testa di Golia, appena ucciso, non compare ai suoi piedi. Tuttavia basta girare intorno alla statua, per scoprire che David tiene con le mani le estremità di una fionda, l'arma con cui ha appena sfondato il cranio del nemico. Dunque: ponderazione e, se necessario, ferocia.

Giunti a Firenze, Leonardo e Luca Pacioli ricevono dalla Repubblica commissioni che ancora una volta rispecchiano questi contrapposti sentimenti. Nel 1503 le autorità incaricano Leonardo di dipingere in una sala di Palazzo Vecchio la *Battaglia di Anghiari*, per celebrare una gloriosa vittoria dei fiorentini sui milanesi. Un anno dopo Luca Pacioli riceve sempre dalla Signoria 52 lire e 9 soldi per l'esecuzione di modelli tridimensionali di corpi geometrici. Da un lato una delle più impressionanti rappresentazioni della ferocia della guerra mai realizzate; dall'al-

tro «
indur
La
mond
Leon
sue r
Me
cui l
stess
anche
alter
carat
ca al
prop
e fia
quan
«fia
rigua
bilità
zione
Firen
entra
Ap
secon
la d'I
scons
impa
distr
Lu
Studi
tradu
citazi
Il (M
data,
comit
tico.
ca, ge
l'altre
prop
Ques
altri
prima
grazie
Sum
delle
nalità
geom
Tra
secon
Molto
frazio
zioni
rotti,
divisi
gener
seguit
come
(7). T
ne ai
massi
Più
sulle
campi

tro «sculture geometriche», che esposte in pubblico avrebbero dovuto indurre a pensieri sereni, ponderati.

La compresenza di mondo fisico, con la sua instabilità dinamica e mondo delle scienze esatte, immutabile, statico, che attraversa l'opera di Leonardo, sembra trovare una eco nella politica contemporanea e nelle sue rappresentazioni.

Mentre Leonardo compone la *Battaglia d'Anghiari* studia il modo in cui le passioni operano nel corpo umano e animale, alterandolo in se stesso e scatenandolo in movimenti aggressivi contro il prossimo; studia anche come il continuo movimento dell'acqua dei fiumi ne vari il letto, alterando continuamente la forma degli argini. Al contrario ciò che caratterizza la «divina» proporzionalità delle scienze esatte, dall'aritmetica alla geometria, è la loro sostanziale «invariabilità». Nel *De divina proportione* Luca Pacioli spiega che come «...Idio mai non se po mutare e fia tutto in tutto e tutto in ogni parte» così la proporzione, sia nelle quantità continue o geometriche sia in quelle discontinue o aritmetiche, «fia una medesima e sempre invariabile...» (cap. V). La mutazione riguarda il mondo fisico, il corpo animale e il corpo della terra; la invariabilità è invece propria di Dio, del mondo celeste e della «divina proporzione». Nel corso degli otto anni trascorsi, con alcune interruzioni, a Firenze, Leonardo affronta in modo parallelo e con pari intensità entrambi questi orizzonti: fisico e matematico.

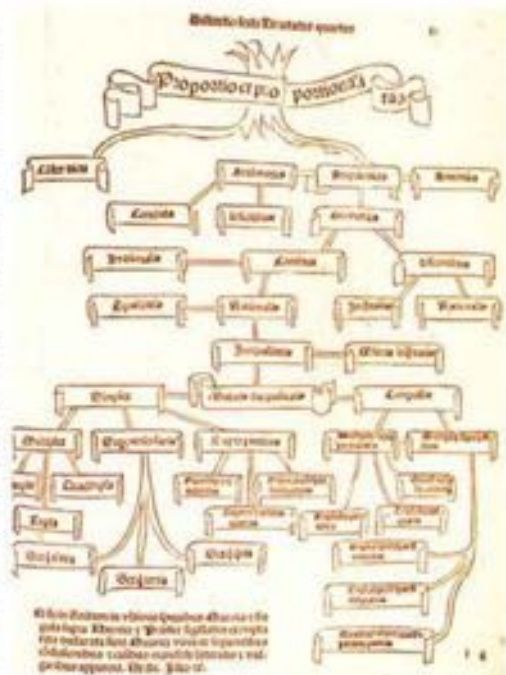
Appena rientrato a Firenze sembra completamente assorbito dal secondo orizzonte. Nel 1501, fra Piero da Novellara, incaricato da Isabella d'Este di convincere Leonardo a eseguire un dipinto per lei, scrive sconsolato alla marchesa che il maestro «dà opra forte a la geometria, impacientissimo al pennello» e che «gli esperimenti matematici l'hanno distratto tanto dal dipingere che non può patire il pennello».

Luca Pacioli, come visto, è a Firenze. Insegna matematica allo Studio fiorentino e poi a Pisa. Continua ad aiutare Leonardo, a tradurgli Euclide in volgare, come sembra attestato da una ampia citazione di alcune proposizioni euclidee nel Manoscritto Madrid II (Md II 138v-140v): «Prima propositione. Sopra una recta linea data, le tre spetie de triangoli si collocchino...». Leonardo tuttavia comincia a districarsi anche da solo nelle fonti del sapere matematico. Acquista un'opera latina del Pacioli, la *Summa de arithmetica, geometria, proportioni et proportionalità*. Da questa copia tra l'altro una tavola pitagorica, accanto alla quale segna alcuni tipi di proporzioni: «dupla, tripla, quadrupla, sesqui...» (Md II 48v). Questi e altri più complessi concetti proporzionali che affronta in altri fogli dello stesso manoscritto erano gli stessi che venti anni prima aveva con grandi difficoltà cercato di apprendere. Ora, grazie soprattutto all'assistenza del Pacioli, riesce meglio. Dalla *Summa* del Pacioli, Leonardo copia anche l'albero genealogico delle proporzioni, cioè i vari tipi e sottotipi possibili di proporzionalità, a partire dalla distinzione tra proporzioni aritmetiche e geometriche (Md II 78r).

Tra le due, quelle in cui si muove meglio sono certamente le seconde. Non manca tuttavia di affrontare problemi di aritmetica. Molto ricorrenti in questi anni sono ad esempio gli esercizi con frazioni o numeri frazionari. Questi rientravano in quelle operazioni (moltiplicazioni, addizioni, divisioni) che generavano dei *rotti*, cioè un resto. Leonardo tende ad analizzare i *rotti* soprattutto nelle divisioni, cioè appunto con frazioni. Ad esempio la divisione $37 : 7 = 5 \frac{2}{7}$ genera un *rotto* (resto) pari a 2; questo, invece che, come oggi avviene, di seguito a 5 come numero decimale (5,285714) viene posto alla sua destra come numeratore di una nuova frazione, il cui denominatore è il divisore (7). Tuttavia il fine dello studio, consistente nella riduzione di una frazione ai minimi termini, è spesso aggirato da Leonardo; invece di cercare il massimo comun divisore di una frazione, utilizza successivi dimezzamenti.

Più originali e interessanti sono invece gli studi realizzati da Leonardo sulle proporzioni geometriche. Essi riguardano essenzialmente due campi: geometria piana con lo studio della equivalenza di area tra figure

Albero illustrante i vari tipi di proporzioni (geometriche, matematiche eccetera; Md II 78r), copiato dalla *Summa de arithmetica* del Pacioli.



Leonardo: la scienza trasfigurata in arte

Due esempi di scienza de equiparantia, cioè di costruzione di una figura geometrica curvilinea avente la stessa area di una figura rettilinea data, o viceversa. Nel primo caso l'«equiparanza» è tra un triangolo rettilineo e uno curvilineo (Md II 111v); nell'altro caso tra esagono, cerchio, quadrato («quadratura del cerchio»); Md II 112r).



rettilinee e curvilinee; geometria solida con la trasformazione di un solido in un altro avente forma diversa ma volume equivalente. Un esempio del primo tipo di studi, che Leonardo definisce *scienza de equiparantia* (Md II 112r), è la trasformazione di un triangolo con lati retti in uno con lati curvi della stessa area (Md II 111v): toglie a un triangolo retto una sua parte a forma di «lunula» (b); quindi la aggiunge al lato opposto: in tal modo, semplicemente spostando - non togliendo - una «parte» del primo triangolo a lati retti ne ottiene uno con due lati curvi e di area equivalente. Ciò che lo affascina è la possibilità di ricombinare le «parti» (lunula e parte rimanente di triangolo) del primo «insieme» (triangolo rettilineo), per ottenere un nuovo «insieme» (triangolo curvilineo). Gioco di analisi (divisione in «parti») e sintesi (ricucitura nell'«insieme»); lo stesso che, negli anni milanesi, lo aveva impegnato nell'*Uomo vitruviano*, nei progetti di edifici a pianta centrale, nello studio delle piramidi visive e che, un po' più tardi, troverà la sua espressione artistica nel cartone di Londra (si veda l'illustrazione a pagina 73).

Una notte, alle prese con la più famosa di queste equivalenze geometriche che aveva assillato generazioni di filosofi scolastici, la «quadratura del cerchio», la costruzione cioè di un quadrato di area uguale a un cerchio dato, scrive: «La notte di sancto Andrea trovai il fine della quadratura del cerchio, e 'n fine del lume e della notte e della carta dove scrivevo fu concluso; al fine dell'ora» (Md II 112r). Tuttavia, come anche in altri casi, egli è ben lungi da una vera soluzione del problema.

All'altro tipo di studi, quelli di geometria solida, Leonardo dedica un manoscritto intero, il Forster I, uno dei più «finiti» che abbia composto, il quale si apre con il seguente titolo: «Libro titolato de *trasformazione* cioè d'uno corpo in un altro senza diminuzione o accrescimento di materia» (si vedano le illustrazioni nella pagina a fronte). Egli intende ad esempio trasformare un cubo in una sfera avente lo stesso volume. È come se Leonardo «scolpisse» mentalmente forme geometriche, «sculture» che, come visto, Pacioli realizzava anche nella realtà. Sottolinea la «invariabilità» dei fenomeni geometrici studiati (senza diminuzione o accrescimento di materia): essi sono l'opposto delle continue variazioni di materia che sta contemporaneamente studiando nel corpo dell'uomo e in quello della Terra. È possibile trasformare figure e corpi geometrici gli uni negli altri senza che muti la loro area o il volume. Nonostante le variazioni imposte qualcosa in essi resta immutato. Era questa caratteristica delle scienze esatte che Pacioli descriveva come «divina».

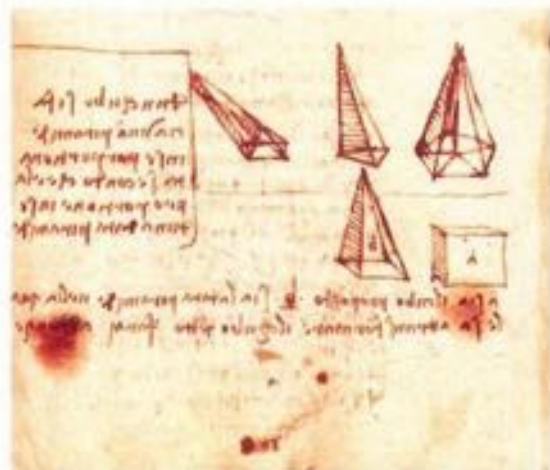
Ri
di ess
emer
Esse
I p
sopra
nella
quali
conq
Firen
fiorer
to sul
nicazi
co sa
vellei
inaud
della
gio vi
Per
forti
capol
no le
fasi o
misur
palazz
tica»
da un
una r
sintesi
termin
però
cartog
di più
il goni
mento
import
to di c
attrave
della c
second
Armor
l'Uom
renti d
però n
poteva
equiva
zione»
prima
con Sa
un'ope
sinistra
anche
Sant'A
due, m
loro «ir
ria di p
Così
armoni
Rimini
armoni
diverse
d'agost

Riassumendo: rapporto tra «analisi» delle parti e ricucitura o «sintesi» di esse nel tutto; metamorfosi di forme: sono queste le idee generali che emergono al di là dello specifico contenuto geometrico di questi studi. Esse caratterizzano anche altri campi contemporanei di ricerca.

I primi mesi dopo il rientro a Firenze sono dedicati da Leonardo soprattutto a questi studi di geometria e matematica. Ne viene distolto nella primavera del 1502, quando entra al servizio di Cesare Borgia. In qualità di ingegnere militare assiste il Valentino nella campagna di conquista che questi sta conducendo nell'Italia centrale. Rientrato a Firenze, nel 1503, trova un'altra guerra in atto, quella che la Repubblica fiorentina sta conducendo contro Pisa; anche in questo caso è interpellato sulla deviazione dell'Arno in modo da tagliare una vitale via di comunicazione tra Pisa e il mare. Il lavoro realizzato in questo contesto bellico sarà di genere ben diverso da quello fantastico e, almeno in parte, velleitario delineato venti anni prima nella lettera al Moro. Non ordigni inauditi e segreti ma splendidi rilievi cartografici che sono tra i capisaldi della nuova cartografia rinascimentale. Ancora una volta è nel linguaggio visivo che il pensiero di Leonardo riesce a essere rivoluzionario.

Per Cesare Borgia deve realizzare soprattutto misurazioni di roccheforti e città del territorio romagnolo e marchigiano. Una di queste è il capolavoro della cartografia rinascimentale: la mappa di Imola (si veda le illustrazioni nella pagina successiva). La mappa è il risultato di due fasi o tecniche di rilievo. Leonardo ha anzitutto realizzato una dettagliata misurazione delle singole strutture urbanistiche, strade, palazzi e così via, quartiere per quartiere. Questa fase «analitica» in cui ha misurato le singole «parti» della città, è seguita da una fase di «sintesi» o di riunificazione di queste misure in una rappresentazione d'insieme del tessuto urbano. Questa sintesi finale delle «parti» nel «tutto» (continuo a usare una terminologia poco gradevole, ma molto cara a Leonardo) è però realizzata non in modo intuitivo come avveniva nella cartografia medievale, ma in base a una ulteriore misurazione di più ampio spettro realizzata con l'ausilio di uno strumento: il goniografo circolare. Posto a una certa altezza, questo strumento consentiva di misurare gli angoli radiali delle più importanti componenti del paesaggio urbano. Sono il risultato di questa seconda misurazione le otto linee principali che attraversano la mappa, grazie alle quali le singole «parti» della città e del suo territorio sono rappresentate nella mappa secondo rapporti proporzionali corrispondenti alla realtà. Armonica ri-composizione delle «parti» nel «tutto»: come l'Uomo vitruviano era la rappresentazione unitaria di due posture differenti del corpo, come un oggetto emetteva numerose piramidi visive che però non intaccavano l'unità dell'immagine, come una figura geometrica poteva essere sezionata in parti che, rimesse insieme, avevano un'area equivalente alla figura di partenza, così la mappa di Imola è la «riunificazione» sintetica e proporzionale di dettagli analiticamente misurati. Poco prima di lasciare Firenze (c. 1501) ha probabilmente realizzato il cartone con Sant'Anna, la Madonna, il Bambino e San Giovannino (a pagina 73), un'opera in cui ha trasfigurato artisticamente questa visione. La gamba sinistra della Madonna (la figura che tiene il Bambino) potrebbe essere anche la gamba destra della Sant'Anna; viceversa la gamba destra di Sant'Anna potrebbe essere la sinistra della Madonna. Le figure sono due, ma Leonardo, con una immagine di grande potenza, sottolinea la loro «interdipendenza» nell'insieme unitario che formano. Sintesi unitaria di parti distinte, come nella mappa eseguita per il Valentino

Così un teatro di guerra continuava a generare pensieri di sublime armonia matematica. Mentre, sempre per conto del Valentino, visita Rimini Leonardo sente persino nello scroscio di una fontana questa armoniosa coordinazione delle parti nel tutto: «Fassi un'armonia colle diverse cadute d'acqua, come vedesti alla fonte di Rimini [...] addi 8 d'agosto 1502» (Ms. L 78r). La proporzione musicale, era, accanto alla



Esempi di trasformazione di un solido in un altro avente lo stesso volume. In un caso Leonardo trasforma il cubo in una tavola rettangolare (Codice Forster I 17r), nell'altro il cubo in piramide (ibidem 15v).



Mappa di Imola (RL, 12284) e, in basso, rilievi topografici preliminari (RL, 12686r). Leonardo ha prima misurato la città strada per strada («analisi»); ha quindi, nella mappa definitiva, ricucito insieme le misure particolari, raccordandole in modo proporzionale con l'ausilio di un goniometro («sintesi»).



geometrica e all'aritmetica, il terzo tipo di «divina proporzionalità» inclusa dal Pacioli nelle prime diramazioni nell'albero copiato da Leonardo. Le scienze esatte continuano ad attrarre Leonardo anche nei mesi trascorsi al seguito di Cesare Borgia. Nel Manoscritto L annota una promessa fattagli da quest'ultimo: «Borges ti farà avere Archimede...» (Ms. L 2r). Da Archimede traeva ispirazione per molti degli esercizi geometrici sulla equivalenza tra figure geometriche. La mappa di Imola appartiene a questo ordine di idee: misura, proporzionalità, armonia.

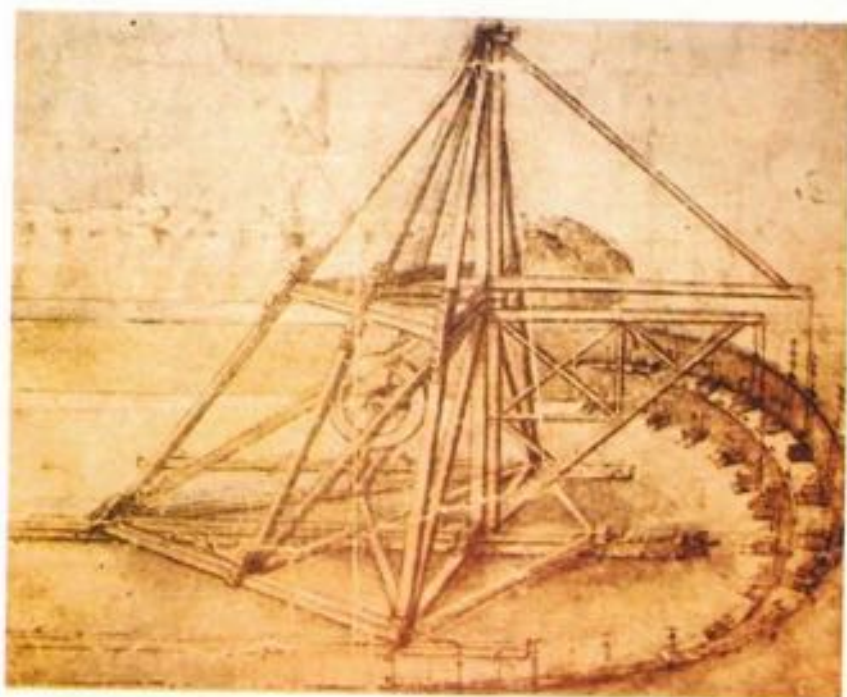
Quando, rientrato a Firenze, si trova impegnato in un nuovo teatro di guerra, realizza anche in questo caso carte geografiche, ma le impronta questa volta a ben altro ordine di idee. Oltre che nella deviazione dell'Arno - per fini bellici - le autorità lo coinvolgono anche in un vecchio sogno dei fiorentini: rendere navigabile l'Arno in modo da assicurare a Firenze una via al mare. Realizza a questo scopo uno dei più spettacolari progetti macchinali della sua carriera: quello per una scavatrice (CA 4r, a pagina 74). La «gru» ha braccia anteriori di varia lunghezza, capaci di operare contemporaneamente su più livelli di scavo. I lavoratori operano su tre livelli e in sincronia: i contenitori pieni di terra sono sollevati in alto grazie al contrappeso dato dai lavoratori che saltano dentro i cesti vuoti abbassandoli. I progetti sono affidati a disegni macchinali finiti, acquerellati come quelli realizzati da giovane a Firenze. Però con una fondamentale differenza: la spettacolarità non è più intuitiva, fantastica ma ha un contenuto «teorico» molto forte. Il telaio piramidale da cui si diparte il braccio mobile della scavatrice ha la lucidità formale dei contemporanei studi di geometria, mentre il suo meccanismo possiede la esatta calibratura di pesi degli studi di statica. Contemporaneamente esegue, come detto, mappe della valle dell'Arno. È in queste che sembra allontanarsi dall'orizzonte «quantitativo» che aveva ispirato la mappa di Imola. In alcuni casi (Md II 7v-8r) disegna tratti collinari in scorcio prospettico, rivelando ancora un sensibilità per la misura e la proporzione. In altri

nalità»
ato da
che nei
ota una
ede...»
esercizi
i Imola
nia.
atro di
pronta
iazione
vecchio
urare a
acolari
A 4r, a
paci di
perano
in alto
ti vuoti
querel-
damen-
a ha un
parte il
poranei
calibra-
, come
itanarsi
vola. In
oettico,
In altri



Leonardo: la scienza trasfigurata in arte

Nella pagina precedente:
Sant'Anna, la Madonna, il Bambino
e San Giovannino
(c. 1501, Londra, National Gallery).
Leonardo suggerisce una apparente
fusione visiva tra i corpi
della Madonna e di Sant'Anna;
la gamba sinistra della Madonna
potrebbe anche essere la destra
della Sant'Anna e viceversa.
È questa una trasfigurazione artistica
della riflessione di Leonardo
sul rapporto tra il «tutto»
(il gruppo di figure)
e le «parti» (le singole figure).



Macchina escavatrice (CA 4r).

casi invece (si vedano le illustrazioni nella pagina a fronte), delineando mappe del corso dell'Arno e dei suoi affluenti da un punto di vista molto elevato, esprime un opposto ordine di idee, non più matematico o geometrico, ma fisico. Ciò che caratterizza il corso di un fiume è la sua continua «mutazione»; ogni regolarità geometrica è vana in questo caso. Leonardo segna il corso principale, ma si vede costretto a fiancheggiarlo spesso con linee ulteriori: il greto varia perennemente con le stagioni o per l'azione di affluenti. In margine a uno dei disegni scrive che quando un affluente si versa nel fiume maggiore «...la percussione d'esso fiume minore fa piegare l'acqua del maggiore all'opposita riva e così la piega e consuma» (RL 12279). Il disegno, per assecondare questa continua metamorfosi, assume la vibrazione di un tracciato sismografico.

Variabilità, fluidità, consunzione. Come già negli anni precedenti, questa dimensione «fisica» e qualitativa affianca quella geometrica e quantitativa. Alla fine degli anni novanta il Cenacolo era stato il massimo tentativo realizzato da Leonardo di applicazione allo studio e rappresentazione del mondo di un paradigma quantitativo. Nel corso di questi primi anni del secolo il versante qualitativo, fisico della sua ricerca comincia ad acquisire invece un peso maggiore. In un passo (LdP 17) esprime chiaramente questa posizione:

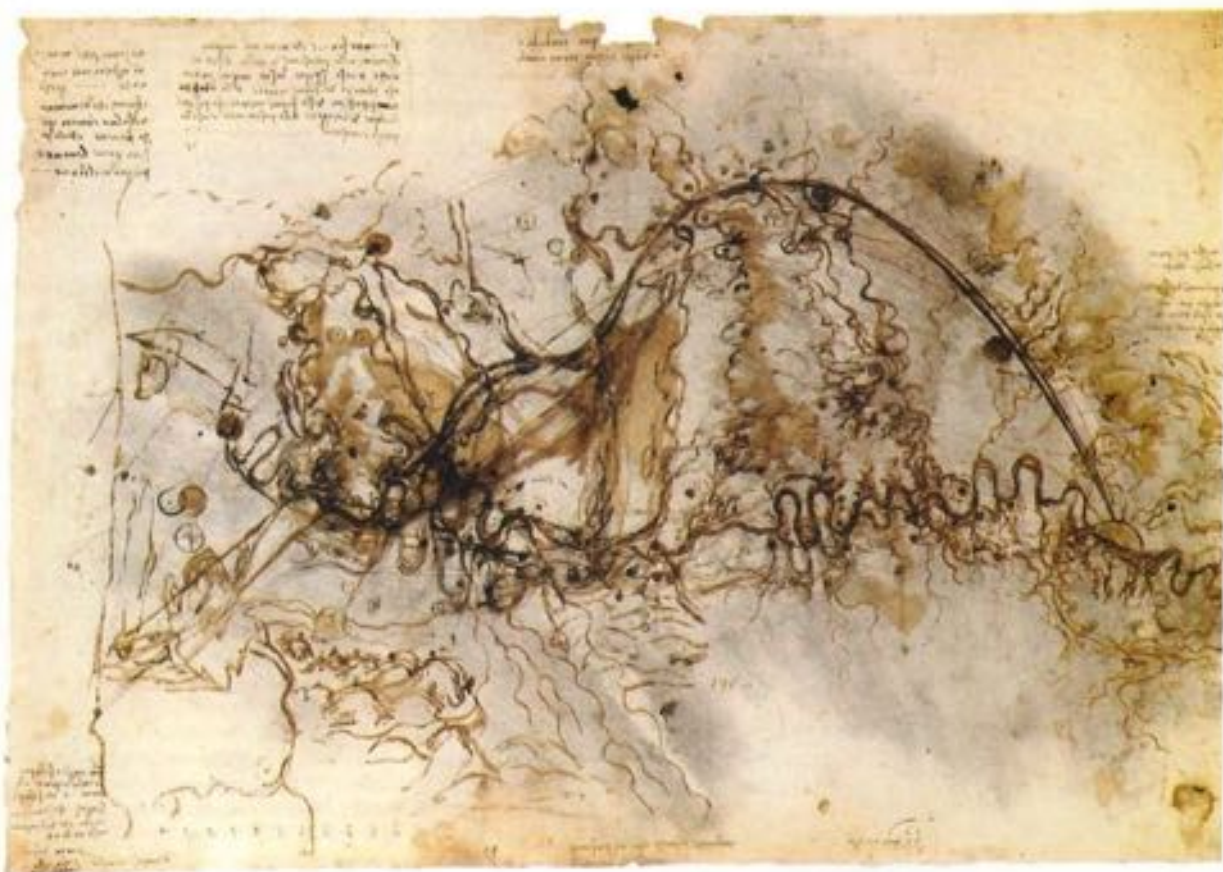
...E se l'geometra riduce ogni superficie circondata da linee alla figura del quadrato, et ogni corpo alla figura del cubo; e l'aritmetica fa il simile con le suoi radici cube e quadrate; queste due scienze non s'astendono se non alla notizia della quantità continua e discontinua, ma della qualità non si travagliano, la qual è bellezza de l'opere de natura et ornamento del mondo.

La Battaglia d'Anghiari, realizzata in questo periodo (c. 1504-1506), è il massimo capolavoro di Leonardo ed è per l'appunto espressione

di una visione potentemente qualitativa, fisica, anti-matematica.

L'opera, dipinta su una delle pareti della Sala del Gran Consiglio in Palazzo Vecchio, ha avuto un destino anche peggiore del Cenacolo. Ciò che Leonardo riuscì a dipingere sulla parete, forse solo una parte dell'insieme, fu ricoperto nella seconda metà del XVI secolo dagli attuali affreschi e non si sa se fu distrutto prima di essere ricoperto o se il capolavoro leonardiano ancora si cela sotto l'attuale decorazione. Ciò che di esso sappiamo è dovuto a studi preparatori di Leonardo e a copie abbastanza fedeli (si veda l'illustrazione a pagina 76).

La Battaglia d'Anghiari è in certo senso l'esatto opposto del Cenacolo: l'azione avviene all'aperto, in uno spazio completamente «fisico», naturale e gli attori del dramma sono sì uomini ma colti nel momento della loro, solo in parte metaforica, trasformazione in «bestie». Occorre infatti prendere alla lettera la definizione che Leonardo dà della guerra: pazzia bestialissima (LdP 177). Nella guerra l'uomo è in preda alla parte della sua anima che lo accomuna al mondo animale, l'anima passionale. L'ira, la ferocia della guerra «mutano» l'uomo in bestia. È questo il senso delle decorazioni zoomorfe sulle corazze e sugli elmi; è per questo che il cavaliere a sinistra non solo assume con le braccia una postura tentacolare simile al polipo della sua corazza, ma soprattutto copre con il busto la testa del suo cavallo: il suo corpo sembra in tal modo fondersi



Due mappe del corso dell'Arno. La rappresentazione di un soggetto mutevole e dinamico come il corso di un fiume genera un disegno che ha l'irregolarità e la vibrazione di un tracciato sismografico (RL 12279 e 12678).



con quello del cavallo, come un centauro, la personificazione per antonomasia dell'uomo-bestia. Non solo siamo di fronte a uno scarto dalla dimensione quantitativa del Cenacolo, ma anche a un abbandono dell'«antropocentrismo» di quegli anni.

Dietro queste «forme» artistiche sta la nuova piega presa da una parte della contemporanea ricerca psicologica e biologica di Leonardo.

Quando Leonardo, negli anni novanta, faceva coincidere l'anima umana con il «senso comune» rivelava già una tendenza a studiare l'uomo come «animale», esaltando le componenti «sensitive» della sua conoscenza. Al pari dei sensi, anche le passioni accomunano uomini e animali e, di conseguenza, affascinano notevolmente Leonardo. Da un punto di vista fisiognomico infatti gli uomini caratterizzati da una anomala conformazione ossea del volto sono definiti da Leonardo «bestiali et iracondi con poca ragione» (LdP 292). Ciò che caratterizza gli *uomini bestiali* è un'alterazione intellettuale (*poca ragione*) ma anche passionale (*iracondi*). In un uomo che si abbandona frequentemente all'ira la parte passionale e animale della sua anima è molto forte a scapito di quella razionale e umana. La guerra è una situazione in cui l'uomo si



Pietro Paolo Rubens, copia della Battaglia d'Anghiari di Leonardo. Questo capolavoro (c. 1504-1506), andato perduto, è noto solo attraverso copie, tra cui questa (c. 1603) considerata molto affidabile. Specie nel cavaliere a sinistra si ritrovano numerose allusioni zoologiche. La guerra, secondo Leonardo, trasforma l'uomo in bestia.

trova esposto proprio alle passioni della parte «bestiale» della sua anima. Un disegno eseguito in preparazione della *Battaglia d'Anghiari* sottolinea l'analogia del volto umano sconvolto dall'ira e dalla ferocia con quello di altri animali (si veda l'illustrazione a pagina 78).

Le passioni non solo trasformano l'anima dell'uomo ponendola sotto il controllo della sua componente bestiale, ma, col tempo, trasformano anche il suo corpo e non solo in senso metaforico come nel guerriero-centauro raffigurato nella *Battaglia di Anghiari*. Leonardo approfondisce in questi anni uno dei metodi della scienza fisiognomica: quello noto, a partire dal XVIII secolo, come *patognomica*. Se un individuo ha la tendenza a un certo tipo di passione, questa finirà con l'imprimere in modo permanente nel suo corpo i segni espressivi che la caratterizzano. A proposito dell'ira Leonardo scrive «e quelli ch'hanno le linee interposte infra le ciglia forte evidenti sono iracondi» (LdP 292): chi si adira aggrotta frequentemente l'espressione del volto; alla fine questa resterà permanentemente aggrottata anche quando l'individuo è calmo. Alcuni studi relativi alla *Battaglia d'Anghiari* rappresentano volti «momentaneamente» stravolti dall'ira; altri studi della stessa epoca rappresentano invece volti «permanentemente» trasformati dall'ira (si vedano le illustrazioni nella pagina a fronte). La presenza di una testa di leone sulla spalla di uno di questi ultimi, conferma il temperamento leonino, e perciò iracondo, dell'effigiato.

Lo studio psicologico e fisiognomico delle passioni ha portato Leonardo a sottolineare una potenziale «continuità» tra uomo e bestia. Questa viene studiata anche da un punto di vista anatomico. In uno studio di anatomia comparata pressoché contemporaneo alla *Battaglia di Anghiari* (si vedano le illustrazioni a pagina 79), accanto a un confronto tra arto umano ed equino Leonardo disegna un arto composto da ossa in parte di uomo in parte di cavallo, quasi una controparte anatomica del guerriero-centauro effigiato nella *Battaglia di Anghiari*, che quindi è una metafora poggiante su una ben precisa linea di studio biologico.

Lo studio anatomico di Leonardo assume sempre più una dimensione di ricerca non solo sull'uomo ma sugli animali in generale. È un punto molto importante. Lo studio del corpo animale aveva avuto nella tradizione classica e medievale un significato duplice: utilizzo del corpo animale ai fini della comprensione dell'anatomia umana o al contrario studio comparato, tendente a evidenziare gli aspetti comuni, oltre che le differenze, tra i vari tipi di animali tra cui l'uomo. Il primo tipo di studio è quello galenico. Galeno sezionò scimmie e altri animali e attribuì le conoscenze così acquisite al corpo umano. Nel *De humani corporis fabrica* (1543) Vesalio, nel tentativo di accentuare la specificità umana della sua ricerca anatomica, si scaglia proprio contro questo tipo di studio. Tiziano realizza anche un'incisione ispirata a questa polemica anti-galenica di Vesalio, spingendola fino alla caricatura (si veda l'illustrazione a pagina 80 in alto): la famosa statua classica rappresentante Laocoonte e i suoi figli diviene un gruppo di scimmie, l'animale più utilizzato da Galeno nelle sue anatomie. Era però esistito anche un altro tipo di uso della dissezione animale, quello di tradizione aristotelica, nel quale lo studio del corpo animale aveva un valore in sé, nell'ambito di una prospettiva di ricerca *de animalibus*. È in testi medievali appartenenti a quest'ultima tradizione che troviamo inseriti anche soggetti come la fisiognomica. Questa tradizione aristotelica non è stata una linea «perdente» rispetto a quella vesaliana. Tra la fine del XVI e l'inizio del XVII secolo Girolamo Fabrici d'Acquapendente (1533-1619) inaugurerà, in aperta polemica con Vesalio, uno dei più affascinanti progetti di ricerca biologica dell'età moderna, ispirato proprio alle linee di anatomia comparata appena descritte.

Quando Leonardo intorno al 1490 progettava un trattato anatomico si trovava in posizione ambigua. Da un lato inseriva soggetti come la fisiognomica, tipici del trattato biologico *de animalibus*, dall'altro lo intitolava *de figura umana*. L'antropocentrismo, che caratterizzava anche altri campi della sua ricerca in quegli anni, era sostanzialmente, al pari della matematica e delle proporzioni, una influenza esercitata su di lui dalla linea dominante della cultura rinascimentale. L'anatomia puramente umana di Vesalio è anch'essa il frutto di questa stessa cultura umanistica. Tuttavia su questa via Leonardo non otterrà i risultati di Vesalio. Come al fondo egli resta più un «fisico» che un «matematico», così, in biologia, egli è interessato più agli aspetti comuni che a quelli di distinzione tra uomo e bestia. Un programma di ricerca tipico di questi anni è il seguente (RL 19030r):

homo la descrizione dell'omo nella qual si contiene quelli/ che son quasi di simile spetie come babbuino, scimmia e simili/ che sono molti/ lione e sua seguaci [...]/ cavallo e sua seguaci [...]/ toro e sua seguaci...

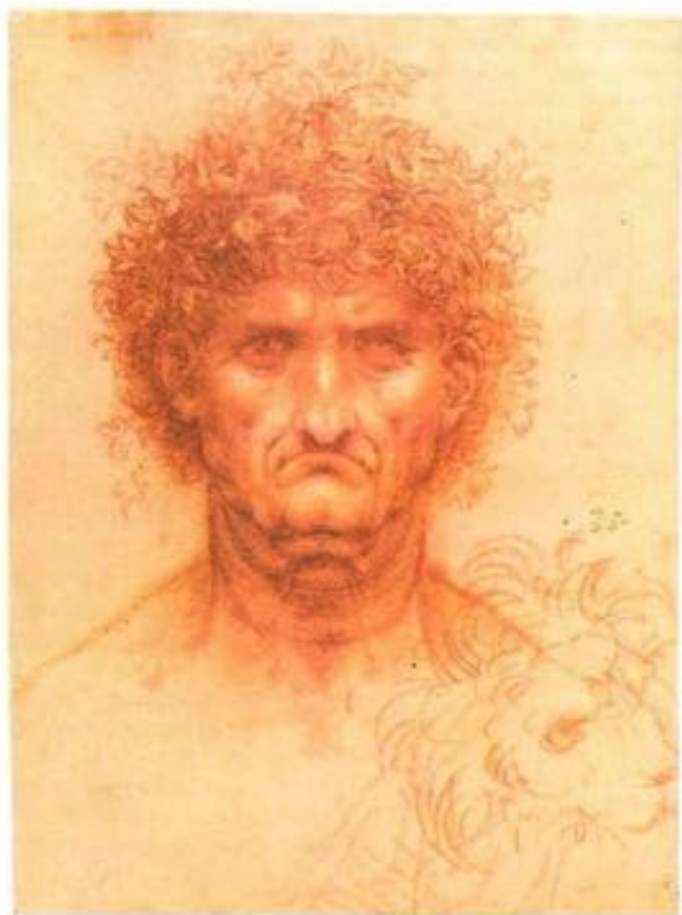
Inoltre, al di là delle distinzioni e dei confronti, Leonardo sottolinea la fondamentale unità anatomica tra uomini e animali; ciò che varia è solo la misura delle parti anatomiche non la loro natura (Ms. G 5v):

... tutti li animali terrestri hanno similitudine di membra, cioè muscoli nervi et ossa, e nulla si variano se non in lunghezza, o in grossezza, come sarà dimostrato nella notomia...

Se questo animalismo aristotelico ha nella Battaglia d'Anghiari la sua espressione artistica più impressionante, genera allo stesso tempo la ripresa in grande stile degli studi sul volo u-



Due studi sulle passioni e sulla fisiognomica dell'epoca della Battaglia d'Anghiari. Nel primo, qui sopra, (Budapest, Szépművészeti Múzeum) l'espressione del volto è «momentaneamente» sconvolta dall'ira; nell'altro (RL 12502) lo è «permanentemente» (patognomica).





In questo disegno, contemporaneo della Battaglia d'Anghiari, Leonardo sottolinea l'analogia tra uomo e bestia (leone e cavallo) quando essi sono in preda a passioni come ira e ferocia (RL 12326).

mano, che sono la sua espressione *tecnica*. Negli anni novanta la macchina volante era stata espressione di una fiducia illimitata nelle possibilità dinamiche dell'uomo. Ora, invece, essa nasce in base alla convinzione di una sostanziale contiguità anatomica e funzionale tra uomo e uccello. Si moltiplicano gli studi sull'anatomia dell'ala; essa ha, secondo Leonardo, un braccio, un gomito, una mano e un «dito grosso» o alula, come l'arto superiore dell'uomo (RL 12625r, a pagina 80 *al centro e in basso*). È sulla base di questa analogia di fondo che egli crede possibile il volo umano. Le ali della macchina volante non sono altro che una amplificazione di questa somiglianza archetipica tra braccio umano e ala. Alcuni progetti per l'ala meccanica contenuti nel *Codice sul volo degli uccelli* (Torino, Biblioteca Reale), datato 1505, contemporaneo alla *Battaglia d'Anghiari*, hanno uno «scheletro» interno che «imita» quello naturale (CVU 7r).

Il *Codice sul volo degli uccelli* contiene due progetti alternativi di macchina volante. Entrambi tentano di imitare in modo assai più fedele di quanto avveniva negli anni novanta le funzioni del volatile. In un primo gruppo di studi (CVU 17r, a pagina 81 *in alto a destra*) la macchina tenta di riprodurre il volo battente, il volo ottenuto cioè grazie al movimento attivo di abbassamento e innalzamento delle ali; il pilota muove con mani e piedi dei sistemi di carrucole, su cui, in alto, sono impiantate le ali. In un altro gruppo di studi (CVU 7r, a pagina 81 *in alto a sinistra*) l'ala meccanica tenta invece di riprodurre le manovre di equilibrio realizzate dall'uccello nel volo a vela, cioè grazie al vento. Specie in quest'ultimo caso al pilota viene richiesta non più solo «forza», come negli anni novanta, ma anche «destrezza».

Leonardo non spiega come integrare le due funzioni; né giunge a progettare, a quest'epoca, una modalità di volo tipo aliante moderno, cioè solo grazie al vento. Questa sarebbe stata una inutile scorciatoia al fine che si prefiggeva: ri-creare il volatile naturale, il quale utilizza non solo il vento (come l'aliante) ma anche il battito alare. Questa «mimesi» radicale resta di fatto un'utopia anche oggi. Ma essa era tutto ciò che interessava Leonardo. Anche il moderno volo a motore (quindi di tipo

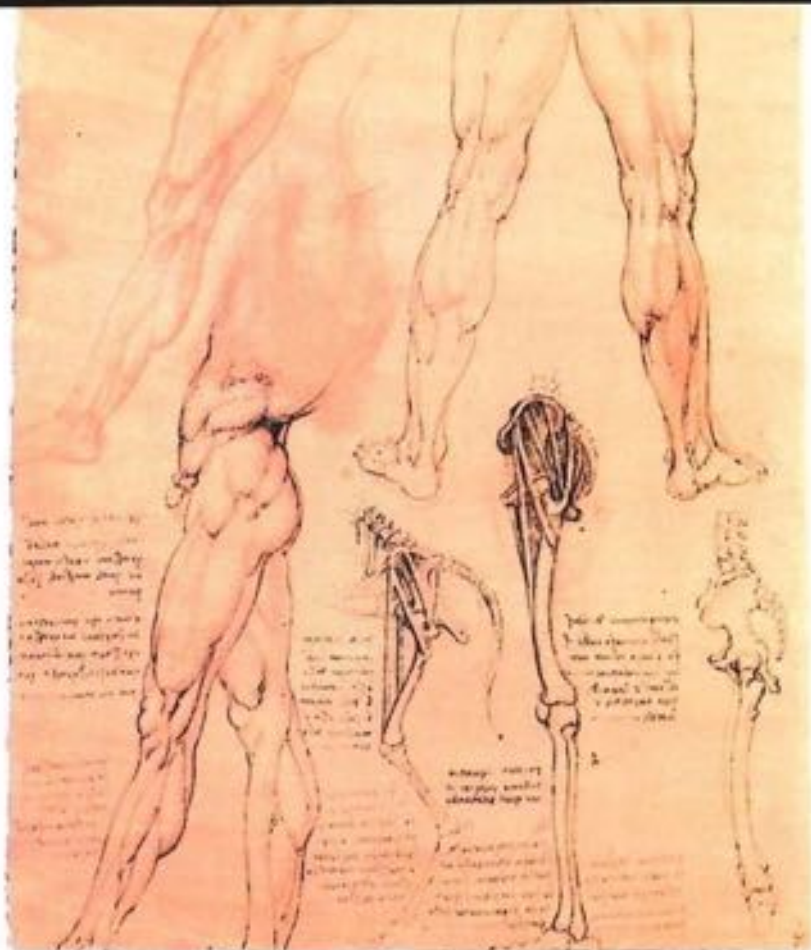
non naturale) lo avrebbe deluso.

Gli studi sui volatili che, nel *Codice sul volo degli uccelli*, precedono i due gruppi di progetti meccanici di volo battente e a vela, studiano per l'appunto queste due funzioni negli uccelli (si vedano le illustrazioni a pagina 81 in basso). Esiste un solo confronto per essi, che non a caso nasce in connessione alla riscoperta medievale dei testi animalistici di Aristotele: il *De arte venandi cum avibus* di Federico II. A confronto con Leonardo mancano in quest'opera due elementi: tendenza mimetica, che è la molla dello studio leonardiano, dimensione visiva della ricerca. In uno dei più belli esemplari dell'opera le illustrazioni - ovviamente non eseguite dall'autore del testo (altra fondamentale differenza) - hanno o una funzione classificatoria dei vari tipi di uccelli o, quando ne illustrano i movimenti, si limitano a due modalità che ricorrono sempre uguali: ali alzate o abbassate, in figure molto compatte e statiche. Al contrario in Leonardo i disegni nascono solo per esprimere funzioni, ad esempio i vari movimenti realizzati dalle ali per fronteggiare le raffiche di vento (CVU 8r).

Se la dimensione di anatomia comparata e ricerca *de animalibus*, distingue questi più tardi studi sul volo da quelli degli anni milanesi, un carattere li accomuna: la presenza di considerazioni di statica. Le leggi dei pesi e della gravità vengono continuamente applicate, nel *Codice sul volo degli uccelli*, allo studio del volo naturale e di quello meccanico. Le ali dell'uccello sono come i bracci di una bilancia, che ha il suo «centro di gravità» o fulcro nel corpo. Il vento è il «peso» che agisce su queste braccia. Ad esempio (si veda l'illustrazione a pagina 82 in alto a sinistra), se una raffica di vento colpisce l'uccello sopra l'ala lo ribalta in basso; per ritornare orizzontale la manovra effettuata dall'uccello consiste nel piegare un'ala, lasciando estesa l'altra: il vento esercitando maggiore peso o pressione sull'ala estesa riporta il volatile in assetto.

Le ultime pagine (prime per noi: Leonardo, come anche in altri casi ha compilato il Codice partendo da quella che per noi è l'ultima pagina) del *Codice sul volo degli uccelli* non sono altro che un approfondimento di leggi statiche, alcune delle quali applicate nelle pagine precedenti. Esse sono anche un riassunto dei più frequenti problemi che Leonardo affronta negli studi di statica veri e propri.

Ad esempio Leonardo esamina il comportamento di due tipi di bilancia: rettilinea e circolare. La prima ha forma di sbarra, la seconda di ruota o carrucola (si veda l'illustrazione a pagina 82 in alto a destra). Quando una



Studi di anatomia comparata. In uno Leonardo confronta arti umani ed equine (RL 12625r); in un altro raffigura la gamba umana «in punta di piedi», in modo da accrescere la somiglianza con il cavallo (Ms. K 109v).

A destra: Nicolò Boldrini, da Tiziano. Molto probabilmente Tiziano partecipa alla polemica antigalenica di Vesalio realizzando questa caricatura del Laocoonte, una famosa statua classica. Galeno, sosteneva Vesalio, aveva basato le sue conoscenze anatomiche su dissezioni non di uomini ma di scimmie. Leonardo, pur avendo effettuato molte dissezioni umane è, al contrario di Vesalio, molto affascinato dalla somiglianza anatomica tra uomini e animali. Sotto: rispettivamente, scheletro di braccio umano (RL 19000v) e scheletro dell'ala di un uccello (RL 12625r). Secondo Leonardo tra ala e braccio esistono profonde analogie.



bilancia rettilinea viene abbassata da un lato essa comincia a oscillare fino a che non torna orizzontale. Questo dipende dallo spessore del suo fulcro. Come mostra il disegno quando la si abbassa da un lato la parte di bilancia posta sopra la linea orizzontale è maggiore e quindi più pesante di quella sottostante; è essa ad avviare l'oscillazione. Questo non avviene nel caso di una bilancia rotonda, a cui sono appesi due pesi eguali e che è stata abbassata a sinistra da un operatore; in questo caso la parte di bilancia-ruota soprastante la linea orizzontale resta eguale a quella sottostante.

La bilancia rotonda si avvicina al caso «ideale» di bilancia con fulcro privo di spessore fisico: «Come se 'l centro matematico fussi soffiiziente a esser polo de la bilancia, la ventilazione non accaderebbe mai in tal bilancia» (CVU 1r), se il fulcro (polo) fosse immateriale non si avrebbe mai oscillazione (ventilazione). Anche in questo caso Leonardo distingue due ambiti: uno «matematico», ideale e privo di moto, uno «fisico», materico e in variabile movimento.

Più volte, in questa sezione del codice, Leonardo precisa che cosa egli intenda per «gravità»: essa nasce quando un corpo è tratto fuori dal suo luogo «naturale»; quando, ad esempio un pezzo di terra è posto in aria o acqua. Allora, se esso è libero da impedimenti, tende a scendere verso il centro della Terra «per linea brevissima», cioè secondo una traiettoria retta e verticale. Studia anche le modalità di alterazione di questo libero

ritorno verso il «luogo naturale» attraverso i cosiddetti «piani inclinati». In uno di questi esperimenti due corpi rettangolari sono legati tra loro da un cavo passante per una carrucola e insistono sopra due piani di diversa inclinazione. Essi hanno uguale peso o gravità ma il corpo di destra sembra avere peso minore perché insiste su un piano meno inclinato (ovvero più lontano dalla verticale e più vicino alla orizzontale). In tal modo, posti su piani inclinati, due corpi di peso eguale si comportano come se fossero di peso diverso.

Dopo avere dedicato gli anni tra il 1504 e il 1506 soprattutto allo studio del volo e alla esecuzione della Battaglia d'Anghiari e dopo un viaggio di alcuni mesi a Milano, gli ultimi anni fiorentini (1507-1508) sono dedicati alla ripresa sistematica degli studi di anatomia. Leonardo è solito frequentare l'Ospedale di Santa Maria Nuova a Firenze, per vari motivi.





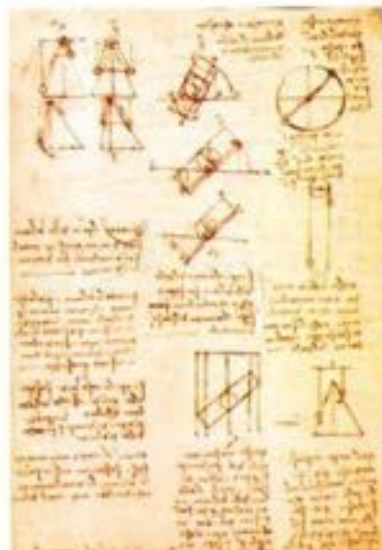
Vi tiene in deposito i suoi soldi e anche altri beni pregiati all'epoca, come una cassa di libri. Lo frequenta però anche in relazione ai suoi interessi scientifici. Nell'inverno 1507-1508 segue un vecchio, un centenario; si interessa all'andamento della sua salute. A un certo punto il vecchio muore e Leonardo ne disseziona il corpo. Ecco come, con parole molto suggestive, descrive questa esperienza: «E questo vecchio di poche ore innanzi la sua morte, mi disse lui passare cento anni e che non si sentiva alcun mancamento nella persona, altro che debolezza. E così standosi a sedere sopra uno letto nello spedale di Santa Maria Nova di Firenze, senza altro movimento o segno d'alcuno accidente, passò di questa vita. E io ne feci notomia, per vedere la causa di sì dolce morte: la quale trovai venire meno per mancamento di sangue e arteria che notria il cuore e li altri membri inferiori, li quali trovai molto aridi, stenuati e secchi...» (RL 19027v). La causa individuata da Leonardo dopo la dissezione fu - in termini moderni - arteriosclerosi e ischemia: occlusione dei vasi con mancato afflusso di sangue ai tessuti. Ciò che lo affascina è tuttavia la «metamorfosi» che nel corso del tempo le strutture anatomiche hanno subito. E infatti egli conclude il suo referto dichiarando di avere «comparativamente» condotto anche la dissezione di un bambino di due anni: «l'altra notomia fu di un putto di due anni nel quale trovai ogni cosa contraria a quella del vecchio».

Qui sopra: due tipi di macchina volante progettati nel Codice sul volo degli uccelli; uno (a sinistra) tenta di ottenere semplicemente i movimenti di equilibrio nel volo a vela cioè grazie al vento (7r), l'altro invece tenta di ottenere una battuta alare che sollevi e faccia procedere la macchina (16v-17r). Si noti nel primo lo «scheletro» interno dell'ala meccanica, simile a quella naturale. Sotto: Federico II, De arte venandi cum avibus (Roma, Biblioteca Vaticana, Cod. Ms. Pal. Lat. 1071 15v). Le illustrazioni sono piuttosto schematiche; in questo caso le ali sono alzate (uno dei due unici tipi di movimento rappresentati). I disegni di Leonardo nascono invece proprio per «fermare» i più vari movimenti effettuati dagli uccelli per mantenersi in equilibrio (CVU 8r).



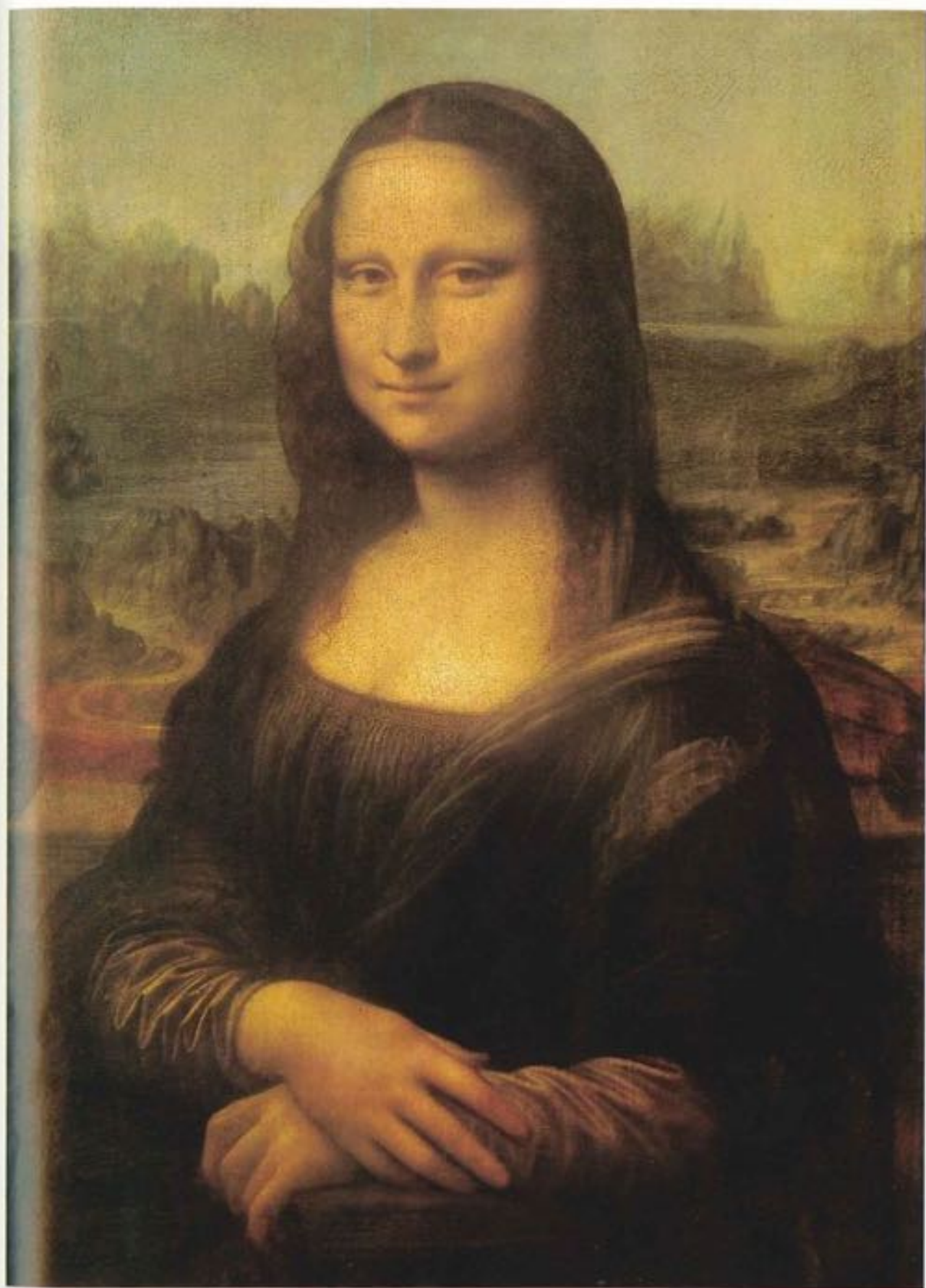
Leonardo: la scienza trasfigurata in arte

Qui sopra: un uccello, colpito da una raffica di vento, per tornare orizzontale accosta un'ala al corpo, estendendo l'altra. Il vento premendo sul braccio più lungo, lo riporta in orizzontale (CVU 9r). Al centro: modo per stabilire il «centro di gravità» della macchina volante (CVU 15v). A destra: analisi di bilance «rettilinee» o a sbarra (CVU 1r), o «rotonde», a ruota (CVU 2v). Qui sotto: i nervi cranici sono rappresentati in modo poco realistico, secondo un ideale di regolarità geometrica (Weimar, Schlossmuseum).

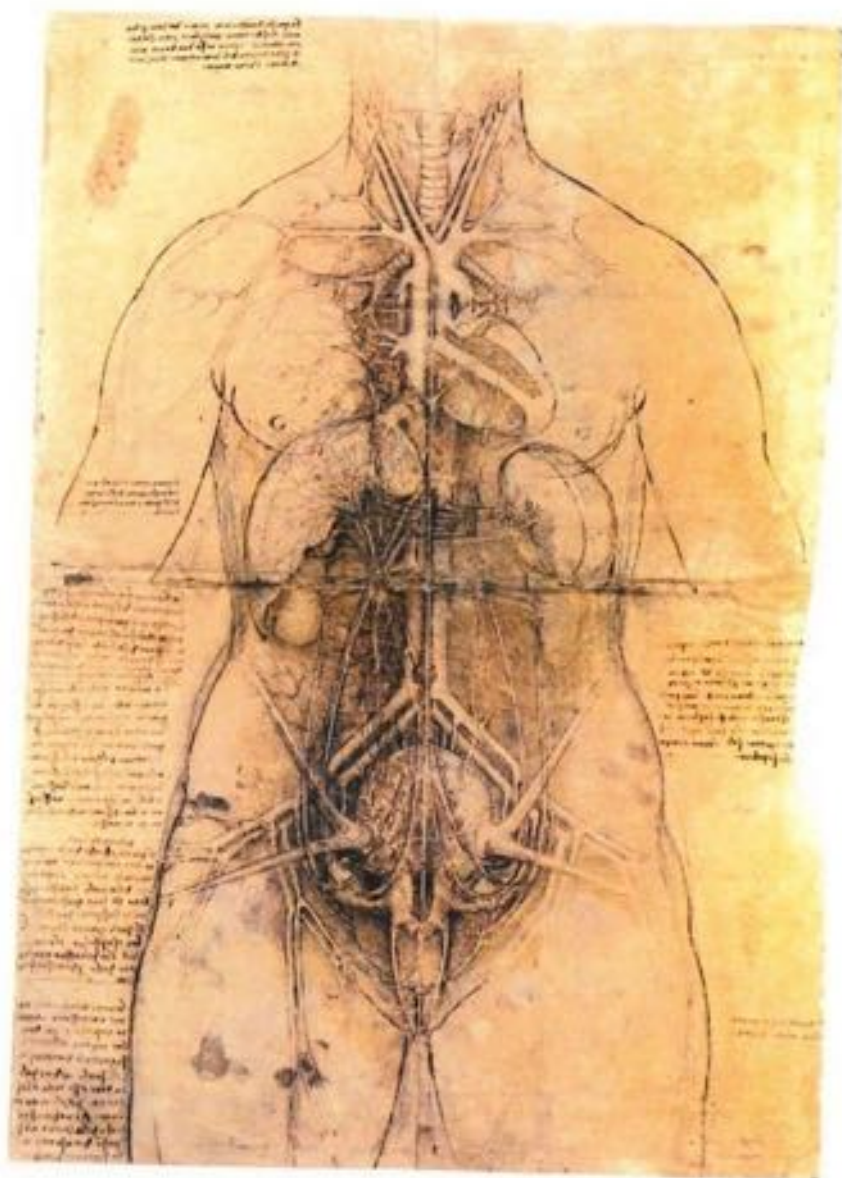


La «metamorfosi» era radicale. Nel mondo fisico, nel corpo umano la forma di certe strutture poteva trasformarsi nel suo opposto. È sicuramente questa sensibilità per una «mutazione» qualitativa o fisica che lo attrae nel corso degli studi che accompagnano la dissezione e altri che subito la seguono. Tuttavia anche in questo caso una opposta dimensione - matematica, quantitativa - fa sentire la sua influenza. Di fatto Leonardo in questi studi applica a strutture anatomiche molli come vasi, visceri, nervi quelle stesse «misurazioni» che intorno al 1490 aveva applicato alle ossa, al cranio in particolare. Ecco alcuni piani di lavoro: «Nota se è più grossa l'arteria che la vena o la vena che l'arteria» (RL 19051r); «Descrivi tutte l'altezze e larghezze delle intestine e misura a dita e mezzi e terzi diti della mano del morto e [...] metti la distanza che esse hanno dall'ombelico o dalle tette o fianchi del morto» (RL 19054v). Come misurando i crani il «terzo d'un volto» era stata l'unità di misura, in questo caso sono le dita della mano (un dito, 1/2 dito, 1/3 di dito) a esserlo; un esempio: «Il colon nei vecchi si fa sottile come il lor dito di mezzo della mano, e nei giovani è simile alla lor maggior grossezza del braccio» (RL 19039v). È una conseguenza di quest'approccio «quantitativo» la raffigurazione di vasi (RL 19051v), nervi (Weimar, Schlossmuseum), bronchi (RL 19054v) e visceri (RL 12281r) (si vedano le illustrazioni a pagina 84) come tubi dotati di una «regolarità» e simmetria di forma e decorso assai poco realistiche. Con questa visione interferisce però continuamente l'approccio opposto, fisico-qualitativo. Così, mentre le misura e le raffigura come fossero strutture «solide», sottolinea la mutevolezza formale delle vene: «Le vene sono astensibili e dilatabili» scrive, e studia questa mutazione fisica in vari casi, ad esempio per effetto del tempo: «Quando le vene s'invecchiano esse si destruggan la loro rettitudine nelle loro ramificazioni e si fan tanto più flessuose over serpeggianti» (RL 19027r).

Come descrive queste «mutazioni» che intaccano una «ideale» regolarità quantitativa, allo stesso modo accanto alle ideali ramificazioni «solide» di vasi, nervi e visceri Leonardo considera i parenchimi degli organi, ciò che chiama «materia», «grossezza», «sostanza» e che sembra appartenere a una dimensione totalmente impossibile da quantificare. Mentre disegna bronchi e trachea come ramificazioni rispondenti a una precisa



La Gioconda (c. 1503-1506 la figura; c. 1510-1515 il paesaggio. Parigi, Louvre).
La morbidezza dell'incarnato tradisce il nuovo ideale «femminile» di bellezza corporea.



I bronchi (RL 19054v) e il sistema urogenitale e altri organi nella donna (RL 12281r) hanno una regolarità geometrica. Al contrario la sostanza parenchimatosa che nel polmone circonda i bronchi e nella donna forma i suoi fianchi è rappresentata da un tratteggio (nel primo caso) o da contorni larghi (nel secondo) che ne sottolineano la natura materica non riducibile a regolarità solidistica.



regolarità, scrive a lato «La sostanza del polmone è dilatabile e astensibile ed è inframessa infra le ramificazioni della trachea [...] e questa tal sostanza s'interpone infra essa ramificazione e le coste del petto a uso di morbida coltrice» (RL 19054v). Nel disegno questa qualitativa «sustanza» è resa attraverso un tratteggio curvilineo. In modo analogo è disegnata la sostanza del cervello (rappresentato col cranio scoperchiato) a fronte dei regolari e rigidi tubuli nervosi che da esso originano (Weimar, Schlossmuseum). Infine i visceri e il sistema urogenitale nel grande disegno di anatomia femminile (RL 12281r). In quest'ultimo caso un brano descrive la continua metamorfosi di materia che è alla base della vita: le

vene mesenteriche, che irrorano gli intestini, suggono cibo digerito che (trasformato in sangue nel fegato) nutre i vari tessuti e le arterie stesse; queste ultime, in particolare quelle spleniche, restituiscono il sangue residuo agli intestini, che lo espellono come feci, in un ciclo che si ripete fino a che, dopo la morte, gli intestini rendono ciò che hanno ricevuto per l'ultima volta dalle arterie alla terra della sepoltura:

L'omo more e sempre rinasce in parte per le vene miseraiche, le quale son radice di nutrimento vitale. More per le arterie generate sempre con esse vene miseraiche: una piglia e l'altra rende, l'una piglia vita e l'altra rende la morte la qual si depone e si mista nelle superfruità venali e intestine alle quali appicca quel che appiccare sole l'ultima en terra cioè alla sepoltura.

Questa materia sottoposta a continuo ricambio è nel disegno espressa dalle dimensioni «veneree» della figura, dai contorni larghi e arcuati, specie in corrispondenza di bacino e cosce. Se i sistemi di vasi e intestini raffigurati all'interno del corpo con la loro regolarità sembrano ancora una volta esprimere una bellezza «quantitativa», i contorni della figura esprimono una bellezza opposta, «qualitativa», fatta di continua metamorfosi, morbidezza, fluidità. Nel passo del *Libro di Pittura* citato all'inizio la predilezione di Leonardo va verso questa seconda forma di bellezza. La *Gioconda* e gli studi preparatori per la *Leda*, due capolavori eseguiti in

questi anni, esprimono pienamente questa bellezza qualitativa, di cui Leonardo indaga, nell'anatomia, le cause interne.

Ciò che distingue l'incarnato della *Gioconda*, a differenza ad esempio della *Cecilia Gallerani*, è la sua morbidezza; dietro si indovinano non strutture anatomiche solide, ma fluide, cedevoli. Roberto Longhi, il maggiore storico dell'arte italiano del Novecento, notoriamente poco attratto da Leonardo, così descriveva la *Gioconda* nel 1914: «nella fredda levità della sostanza, un senso non di pienezza ma di gonfiezza e di conseguente vacuità interiore. Nessuno ci toglierebbe di mente che non ci sia un principio d'infezione sotto questa maschera giallognola, molliccia, boffice [...] che non ci sia una frode nel peso di questa pallida pagnottella». Al di là del discutibile giudizio, sostanzialmente negativo, Longhi coglieva perfettamente la principale caratteristica formale del ritratto. Anche i disegni che Leonardo esegue per una *Leda* sono ispirati a questo nuovo tipo di bellezza «qualitativa». Come l'anatomia del corpo femminile la figura è descritta con un tratteggio incurvato e ha proporzioni veneree e contorni larghi soprattutto in corrispondenza del bacino, lì dove, nel corpo femminile, ha sede la *matrice*, l'utero.

Un altro gruppo di studi anatomici eseguiti in questi anni (c. 1508) è proprio di soggetto embriologico, e a differenza dei più tardi e più famosi studi dedicati al feto, si occupa soprattutto degli organi femminili: l'utero, la vulva e i suoi muscoli. In un caso (RL 19101r) rappresenta la vulva, probabilmente di una multipara, dilatata subito dopo il parto; in un altro (RL 19095v) studia la collocazione dell'utero in rapporto al bacino. Il corpo femminile, le sue funzioni, le sue proporzioni ricevono un'attenzione senza precedenti. Nel disegno di coito eseguito negli anni novanta l'accento era sul ruolo attivo realizzato essenzialmente dal maschio; ora invece studia il contributo «dinamico» dato dalla donna, al momento del parto. L'utero e il bacino che lo ospita determinano il nuovo ideale di bellezza «venerea» che caratterizza la *Leda*. È una novità fondamentale. Cennino Cennini, agli inizi del Quattrocento, aveva escluso dalle «proporzioni perfette» non solo gli animali ma anche la donna: «Nota che, innanzi più oltre vada, ti voglio dare a lettera le misure dell'uomo. Quelle della femmina lascio stare perché non ha nessuna perfetta misura» (*Libro dell'arte*, cap. LXX). Leonardo aveva già intaccato questo «ideale», cercando una ragione proporzionale anche negli animali. Ora va oltre e propone come modello estetico il corpo femminile. Il Quattrocento aveva celebrato soprattutto un ideale maschile di bellezza. L'*Uomo vitruviano* di Leonardo ne era stata la massima espressione. Esso rappresentava non le misure perfette dell'uomo in generale, ma quelle del maschio. E invece ora Leonardo propone un opposto ideale estetico: femminile, qualitativo. L'ideale antropocentrismo del Quattrocento, al quale Leonardo ha contribuito non poco negli anni trascorsi a Milano, è radicalmente sconvolto. Nasce un nuovo pensiero, che nell'arte si chiamerà manierismo, nella scienza animismo, empirismo qualitativo. □

Studio per la Leda (Chatsworth, Devonshire Collection).

Le proporzioni «veneree», i fianchi larghi, il tratteggio incurvato rinviano al nuovo ideale «femminile» di bellezza corporea che Leonardo indaga contemporaneamente negli studi anatomici.



Posizione dell'utero in rapporto agli altri organi e al bacino (RL 19095v).

Perdita del centro

La complessità della natura sembra vanificare il tentativo leonardiano di sintesi scientifica e artistica con un'eccezione: la creazione di immagini che, come fatte d'aria, assecondano il flusso degli elementi

Nel 1508 Leonardo lascia definitivamente Firenze per approdare a Milano. Nella capitale lombarda ha trovato in Charles d'Amboise, governatore in nome del re di Francia, un nuovo protettore. A parte alcuni impegni concreti, come progetti di ingegneria idraulica, l'ultima parte dell'attività di Leonardo ha un carattere fortemente teorico. Niente più che questa estrema fase è diverso dagli anni giovanili, così impegnati in progetti empirici, ma, anche, niente è più simile, per il ritorno sempre più netto del pensiero di Leonardo da una visione incentrata sull'«uomo» a una imperniata sul «mondo» e sul variabile gioco degli elementi fisici.

Un primo esempio del carattere teorico della sua attività è l'opera anatomica che in un appunto dichiara di voler terminare nell'inverno del 1510, approfittando quindi di una stagione particolarmente adatta alle dissezioni. Si tratta di un gruppo di studi dedicati al sistema scheletrico e muscolare dell'uomo (c. 1510-1511). Colpisce il ritorno a tematiche apparentemente di anatomia artistica e soprattutto il forte «antropocentrismo» di questi studi. Essi, come vedremo, tendono a sottolineare gli aspetti anatomici che distinguono l'uomo dagli animali, andando in una direzione opposta rispetto agli studi di anatomia comparata eseguiti all'epoca della *Battaglia d'Anghiari*. Ma sono, in questo loro «antropocentrismo», un capitolo isolato ed estremo, molto

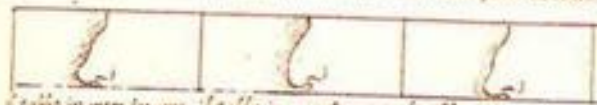
influenzato da coordinate culturali ben precise. È probabile infatti che entrambi gli aspetti di questi studi, attenzione verso ossa e muscoli da un lato, studio di ciò che distingue l'uomo dall'altro, siano il frutto dell'influenza esercitata su di lui dall'opera di Galeno, attraverso la mediazione di un giovane professore di anatomia, Marcantonio della Torre. Leonardo ha infatti ripreso i contatti con il mondo culturale pavese e proprio a Pavia, all'università, insegna anatomia Marcantonio. Così scrive Vasari nella vita di Leonardo:

Attese di poi [...] alla notomia degli uomini aiutato e scambievolmente aiutando in questo Messer Marc'Antonio della Torre, eccellente filosofo, che allora leggeva in Pavia e scriveva di questa materia e fu de' primi, come odo dire, che cominciò a illustrare con la dottrina di Galeno le cose di medicina, et a dare vera luce alla notomia, fino a quel tempo involta in

IN QUESTO caso ti bisogna mettere a mente le varietà di quattro membri diversi in profilo, come sarebbe naso, bocca, mento e fronte. Diremo prima de' nasi, li quali sono di tre sorti, cioè diritto, concavo e convesso. De' diritti non v'è altro che quattro varietà, cioè lungo, corto, alto con la punta, e basso. I nasi concavi sono di tre sorti, de li quali alcuni hanno la



concavità nella parte superiore, alcuni nel mezzo et altri nella parte inferiore. Li nasi convessi ancora si variano in tre modi, cioè alcuni hanno il gobbo nella parte di sopra, alcuni in mezzo et altri nella parte di sotto; li



il gobbo in mezzo fra loro, il gobbo in mezzo fra curvet, il gobbo in mezzo fra linee concave,

Qui sopra, da un disegno di Leonardo: vari tipi di naso (LdP 289).

Nella pagina a fronte: *Anatomia della mano* (RL 19009r) e di mano, braccio e muscoli facciali (RL 19012v). Nel *De usu partium* Galeno esalta la mano come lo «strumento» corporeo più proprio a un essere intelligente quale l'uomo.

molte e grandissime tenebre d'ignoranza; et in questo si servì maravigliosamente dell'ingegno, opera e mano di Lionardo, che ne fece un libro...

La collaborazione tra Leonardo e Marcantonio sarebbe stata insomma analoga a quella che vent'anni prima aveva accomunato, nel campo delle scienze esatte, Leonardo a Luca Pacioli per la composizione di un testo sulle proporzioni. Molto probabilmente proprio grazie a Marcantonio, Leonardo conosce l'opera e il pensiero di Galeno. Se da un punto di vista strettamente anatomico Galeno è un «animalista», ha cioè utilizzato dissezioni animali per capire l'anatomia umana (e di ciò lo rimprovera senza mezzi termini Vesalio), da un punto di vista «filosofico» egli esalta invece le proprietà del corpo umano, in un senso assai diverso dallo studio anatomico *de animalibus* verso il quale Leonardo sembrava così interessato.

Già in precedenza egli aveva cercato di procurarsi un'opera di Galeno, il *De usu partium* (Sull'utilità delle parti) annotando in un foglio anatomico: «galieno de utilità» (RL 19019r). Ora, forse proprio con l'aiuto di Marcantonio, egli ha modo di studiare effettivamente l'opera. Forse Marcantonio gli traduce i passi più difficili o gliela spiega, così come Luca Pacioli aveva fatto con Euclide.

I primi due capitoli del *De usu* sono interamente dedicati all'anatomia della mano. In questo modo Galeno intendeva esaltare la superiorità dell'uomo sugli altri animali; la mano è da lui indicata come l'organo più adatto a un animale intelligente quale solo l'uomo è: «Così l'uomo è il più intelligente degli animali e così le mani sono gli strumenti che si addicono a un animale intelligente». Questo aiuta a capire il senso non solo anatomico ma anche filosofico degli straordinari studi anatomici della mano eseguiti da Leonardo appartenenti al gruppo di cui stiamo trattando (RL 19009r e 19012v). In uno di essi la mano viene accostata alla testa; le parti più «umane» dell'anatomia sono rappresentate insieme. Per la prima volta la visione filosofica contenuta negli scritti anatomici di Galeno trova una espressione viva senza eguali. I medici umanisti stavano proprio in questi primi anni del Cinquecento avviando il recupero dell'opera autentica di Galeno, al di là delle abbreviazioni e interpretazioni medievali. Il pensiero del medico latino rappresentava l'avanguardia nella scienza medica dell'epoca. Marcantonio della Torre era, come attestato anche da Vasari, tra questi medici umanisti. Con questo gruppo di studi anatomici Leonardo partecipa a questa anatomia «umanistica» e galenica, attraverso rappresentazioni vive di cui nessuno fino ad allora era stato capace.

Questi studi anatomici sono l'ultimo, altissimo, contributo di Leonardo a una visione scientifica e naturalistica che pone al «centro» l'uomo. Sempre più nel pensiero di Leonardo l'uomo perderà questa posizione privilegiata tra le creature naturali. Sempre più la natura verrà indagata o per la straordinaria varietà di forme che assume o nei suoi aspetti più macroscopici: meteorologici, geografici, astronomici. Da un lato «va-





Studi sulla variabile configurazione di un corso d'acqua nei suoi vari strati (Ms. F 47r) o in una cascata (Ms. F 72r). In quest'ultimo caso Leonardo li descrive come bollori e come moti incidenti e riflessi.

riabilità» naturale, dall'altro, lo studio degli elementi: aria e acqua soprattutto. L'uomo o diventa una delle tante forme della variabilità naturale o viene riassorbito, come presenza irrilevante, nel potente gioco degli elementi che lo avvolgono.

L'anatomia offre un primo campo di studio della «variabilità» naturale: «Descrivi le membra invecchiate giovani e mezzane» (19095r); «... e il simile fa ne [...] maschi e femmine e animali di terra e d'aria e d'acqua» (19051r). Analogamente nel *Libro di pittura*, in alcuni brani tardi (c. 1508-1510), scrive:

Nelle istorie debbe essere omini di varie complessioni, età, incarnazioni, attitudini, grassezze, magrezze; grossi, sottili, grandi, piccoli, grassi, magri... (LdP 178)

...i nasi[...] sono di tre sorti, cioè diritto, concavo e convesso. De' diritti non vè altro che quattro varietà, cioè lungo, corto, alto con la punta e basso. I nasi concavi sono di tre sorti[...] Li nasi convessi ancora si variano in tre modi... (LdP 289, si veda l'illustrazione a pagina 86).

Il senso di tutti questi passi è chiaro: ciò che lo attrae è la «variabilità» anatomica di costituzione (grassi, magri eccetera) di età (giovani, vecchi, di media età), di genere (maschile e femminile), di specie (animali terrestri, d'acqua eccetera).

Gli studi di anatomia comparata, alcuni dei quali sono stati esaminati precedentemente, oltre che sottolineare la continuità tra uomo e bestia sono da Leonardo finalizzati anche a questo studio sulla variabilità naturale. Acqua e luce sono altri due campi di lavoro.

Nel 1508, con il trasferimento a Milano, Leonardo inizia il Manoscritto F. Poco prima, ha anche iniziato il Codice Leicester (o Hammer, c. 1506-1508, compilato fino al 1510). Entrambi sono largamente dedicati allo studio dell'acqua.

Ciò che affascina Leonardo è il mutevole aspetto assunto da un corso d'acqua. Uno dei fenomeni che prende in considerazione è la «varietà» di aspetto e velocità tra i vari strati di cui è composto un corso d'acqua: «Pochissime son le parti dell'acque correnti che si trovan infra la superficie e il fondo suo che corrino a un medesimo aspetto» (Ms. F 47r). Studia anche i variabili aspetti assunti da un'acqua che «percuota» altra acqua, cioè una cascata (Ms. F 72r, in questa pagina in alto) o anche quelli conseguenti al mescolarsi di acqua e aria. Numerosissimi sono poi gli studi dedicati al variabile aspetto assunto dalla corrente a seguito dell'interposizione di un ostacolo, di cui Leonardo tende a moltiplicare gli effetti variandone la forma (CL 24r) o la posizione (Ms. F 89r-v).

Anche i modi del variare della luce sono sottoposti ad analoga indagine. Leonardo li studia per esempio negli alberi (RL 12431r), specie nel Manoscritto G (c. 1510-1515). Negli alberi, a causa della presenza di variabili ramificazioni e foglie, la luce si mostra in tutta la sua mutevolezza di ombre più o meno colorate, di luminosità più o meno intensa (dal

lustro o parte più luminosa, alle *qualità mezzane* o gradazioni intermedie di luce, all'ombra), di colore più o meno netto. La luminosità di una foglia varia in base alla sua posizione più interna, tra altre foglie, o più confinante con l'aria («Quando l'una verdura è di dietro all'altra, li lustri delle foglie e le lor trasparenze si dimostrano di maggior potenza che quelle che confinano colla chiarezza dell'aria» (Ms. G 4r); una stessa foglia mostra un colore più o meno influenzato dall'azzurro dell'aria («Ancora che le foglie di pulita superficie sieno in gran parte d'un medesimo colore da ritto al loro riverscio, elli accade che quella parte ch'è veduta dall'aria, partecipa del colore d'essa aria...» (Ms. G 3r). Come gli ostacoli posti da Leonardo nell'acqua, le foglie e i rami si frappongono alla luce variandone l'aspetto come in un caleidoscopio.

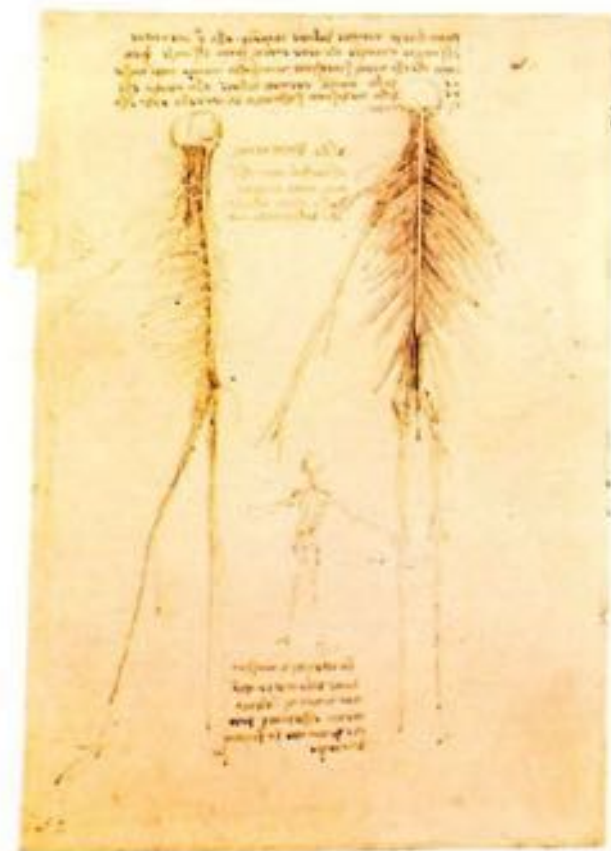
L'atteggiamento nei confronti di questa «variabilità» dei fenomeni naturali è doppio. Da un lato Leonardo tenta di individuare delle costanti generali, delle «leggi»; dall'altro il numero esorbitante di variabili, che spesso egli stesso contribuisce a generare, vanifica questo tentativo. A proposito della variabilità animale, scrive: «...Eccì poi li animali d'acqua che son di molte varietà, delli quali non persuaderò il pittore che vi facci regola, perché son quasi d'infinite varietà, e così li animali insetti» (Ms. G 5v). Il contrasto tra «analisi» della varietà e «sintesi» di essa in una regola generale resta insomma largamente irrisolto.

Qualcosa di simile avviene anche negli studi, già visti, sul sistema scheletrico e muscolare dell'uomo. Anche in questo caso Leonardo si dibatte tra due poli. Da un lato egli «scompon» il corpo e «analizza» ogni minimo dettaglio anatomico, dissezionandolo e rappresentandolo con cura; ad esempio «smonta» la spalla raffigurandola in visione esplosa o rappresenta i nervi da soli (si vedano le illustrazioni nella pagina successiva). Questo importante lavoro «analitico» è stato celebrato dagli storici come un esempio di studio anatomico basato sui «fatti» osservati nella dissezione e non sui «libri». Da questo punto di vista si è visto in Leonardo il precursore di Vesalio, che 30 anni più tardi, farà di questo approccio empirico fondato sulla dissezione analitica un manifesto. E invece ciò a cui Leonardo, almeno in teoria, mira davvero non è questa «analisi», che ai suoi occhi rappresenta solo una fase intermedia di lavoro, ma la «sintesi» finale, la ri-composizione dei dettagli, in un primo momento analiticamente scomposti, nella struttura d'insieme. Questa sintesi è ovviamente di tipo visivo e consiste in una rappresentazione anatomica il più possibile esaustiva, capace di mostrare le singole parti (muscoli, nervi, tendini, ossa, vene, arterie eccetera) contemporaneamente in una singola immagine, rappresentando i rapporti topografici in cui esse si trovano rispetto ai contorni del corpo. Scrive: «...non mutare mai li termini di nessun membro per alcuno muscolo che tu levassi per iscoprirne un altro [...] e questo farai acciò la figura di quel membro che tu descrivi non resti cosa mostruosa per averle tolto le sue parti...» (RL 19035r). Le tavole del sistema nervoso da solo o dei soli vasi che Vesalio inserisce nella *Fabrica* (1543) sarebbero parse a Leonardo «mostruose», troppo analitiche per essere figure definitive. Al

Anche il «corso» della luce, al pari di quello dell'acqua, varia per l'interposizione di ostacoli. Leonardo ne studia gli effetti in un boschetto di betulle (RL 12431r) o in un gruppo di foglie (Ms. G 10v).



La spalla (in basso a destra) è «scomposta» nei suoi elementi anatomici e mostrata in visione «esplosa» (RL 19001r); sopra: i nervi sono «isolati» dalle altre parti anatomiche (RL 19034v). Leonardo considera queste rappresentazioni analitiche come fasi intermedie di una rappresentazione globale; Vesalio invece (in basso a sinistra) rappresenta i nervi da soli e considera la sua tavola come definitiva (De humani corporis fabrica, 1543).



contrario la rappresentazione definitiva è per Leonardo non quella dei soli muscoli di tutto il corpo, ma quella di muscoli, ossa, nervi e vasi insieme. Egli realizza solo in parte questo progetto titanico di riproduzione visiva della realtà anatomica; ad esempio rappresenta la mano mostrandone contemporaneamente vasi, tendini e almeno in parte muscoli e articolazioni ossee.

Di sintesi come quella appena vista, riguardante la mano, Leonardo comunque non sembra soddisfatto. Inserisce continuamente note in cui si propone di migliorarle. Alla fine egli immagina il suo trattato anatomico come un «atlante» che, a imitazione di un'opera di geografia come la *Cosmographia* di Tolomeo, avrebbe rappresentato il corpo nella sua interezza e nelle sue varie «province» o membra: «Adunque qui con 15 figure intere ti sarà mostrata la cosmografia del minor mondo col medesimo ordine che innanzi a me fu fatto da Tolomeo nella sua cosmografia, e così dividerò poi quelle in membra, come lui divise il tutto in province» (RL 19061r).

Anche nello studio del «corpo del maggior mondo», cioè della Terra e del cosmo, egli tenta di ricomporre la variabilità dei fenomeni in un regola o in una rappresentazione unitaria.

Ad esempio la luminosità della Luna appare a Leonardo come il risultato di una «composizione» di parti. Il problema era dimostrare che la Luna non ha luce propria, ma la riceve dal Sole, come la Terra. Egli immagina che sulla Luna vi siano degli oceani. Ogni singola onda di questi si comporta come uno specchio riflettente, sulla Terra, l'immagine o *similitudine* della luce solare. Dalla Terra dovremmo allora vedere una miriade di singole immagini solari, separate dagli spazi d'ombra tra onda e onda. In realtà questo non avviene per la grande distanza che unifica o «componne» le varie immagini in una sola immagine luminosa, in modo che «e' pare tutt' un sole continuato negli molti soli specchiati nelle molte onde» (CAR 28r). Così da un lato Leonardo rappresenta (CL 1r) «analiticamente» la superficie lunare con le varie singole onde degli ipotetici mari; dall'altro lato raffigura «sinteticamente» la luminescenza «unitaria» di una falce lunare (CL 2r, si vedano le illustrazioni nella pagina a fronte).

Venendo alla geografia terrestre, la Terra è, come tutti i corpi fisici, «corruttibile». Continui movimenti avvengono nel suo corpo. Il suo «centro di gravità» è perennemente «variabile». Le acque cadendo dai monti si portano verso i fondali oceanici; trasportano con sé anche materiali erosi dai monti che in tal modo si abbassano e a volte crollano per il cedere di caverne sotterranee. Tuttavia entro questa realtà così «qualitativamente» mutevole, Leonardo non manca di individuare una «regola» quantitativa di equilibrio tra parti emerse e fondi oceanici, che nell'insieme si equivalgono: l'altezza della più alta montagna equivarrebbe alla bassezza del più profondo degli oceani.

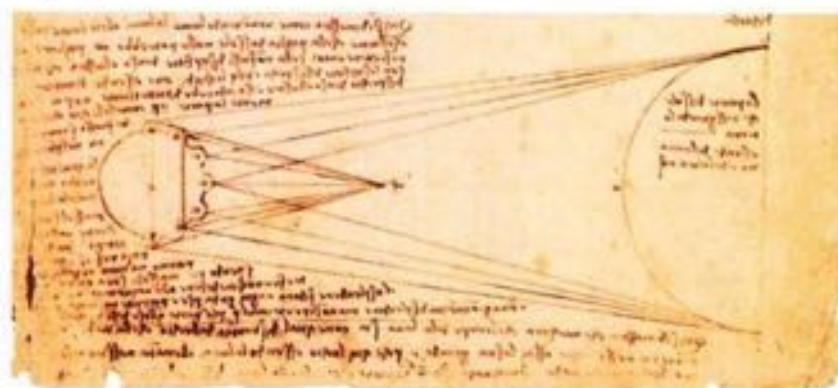
Nonostante questi tentativi, a volte riusciti a volte meno, di *comporre* i fenomeni in un quadro unitario, in una regola, è proprio la camaleontica variabilità della natura ad affascinare sempre di più Leonardo: il suo essere fatta di forme estremamente varie (le varie specie animali, i vari aspetti assunti da acqua e luce, le minute particole in cui è possibile scomporre il corpo umano) o continuamente variabili nel tempo (il corpo animale nelle età della vita, il corpo della Terra nelle

varie età geologiche). In questa estrema mutevolezza, che egli intende indagare in tutti i modi e in tutte le direzioni, l'uomo cessa di essere la creatura di riferimento con cui misurare tutto il resto e diviene uno dei tanti aspetti possibili di una natura sempre più inafferrabile.

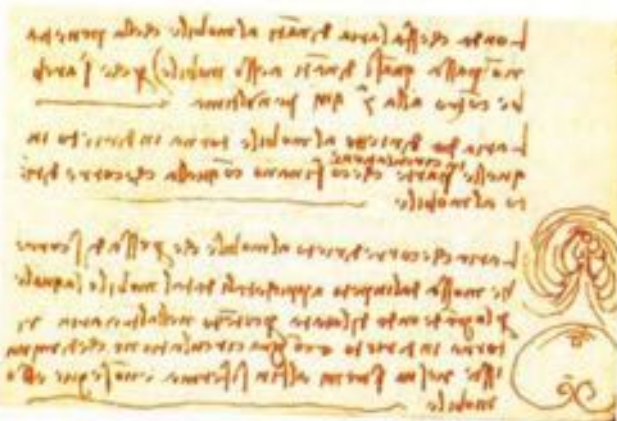
Negli anni novanta, epoca cui risalgono l'*Uomo vitruviano* e il *Cenacolo*, la ricerca di Leonardo aveva aderito all'ideale antropocentrico quattrocentesco e alla connessa visione antropometrica. I passi successivi del suo pensiero consistono in un progressivo allontanamento da questa concezione. Già nel corso degli anni novanta ha cercato una legge matematica anche nel corpo degli animali; quindi, all'epoca della *Battaglia d'Anghiari* (c. 1504) ha sottolineato le profonde analogie tra corpo e anima di uomini e animali. Subito dopo (c. 1507-1508) ha ulteriormente infranto l'ideale quattrocentesco, creando un nuovo canone estetico fondato sul corpo femminile. Il passo ulteriore è un ritorno: il mondo degli elementi - aria ed acqua soprattutto - ridiventa, come nel primo soggiorno fiorentino, una potente cornice che coinvolge in un vortice unitario uomo e natura. In generale egli sembra riappropriarsi in modo netto di una sensibilità fisica, qualitativa. Non per questo mancheranno i contrasti con l'opposta tendenza a «misurare» i fenomeni, che continua a essere presente.

La *Gioconda* (c. 1503-1504; c. 1510-1515 il paesaggio) è collocata in un loggiato aperto sul paesaggio attraversato da corsi d'acqua e vapori aerei; sui lati del dipinto si intravedono due colonnine e, in basso, il parapetto. Questa collocazione non è una novità; nel Quattrocento i ritratti con sfondo paesistico sono molto diffusi. In Leonardo è però qualcosa di più che un «genere» artistico; è la «forma» in cui si incarna lo sviluppo del suo pensiero. E infatti, una visione analoga, basata su una architettura fortemente aperta verso lo spazio naturale (il contrario dell'architettura del *Cenacolo*), viene espressa nel progetto di villa suburbana per Charles d'Amboise, cui Leonardo inizia a lavorare già prima di trasferirsi a Milano (c. 1506-1508). Il progetto, noto solo attraverso disegni e appunti, è totalmente dominato da una compenetrazione tra edificio e natura circostante, simile a quella che si verifica nella *Gioconda*. L'edificio è circondato da profondi loggiati che, come diaframmi aperti, lo collegano al giardino esterno. Quest'ultimo è dominato dagli «elementi» naturali, aria e acqua: un mulino genera «vento d'ogni tempo della state», mentre una sottilissima rete metallica (altro sottile «diaframma») circonda l'intero giardino racco-

Rappresentazione «analitica» (CL 1r in 1A) e «sintetica» (ivi, 2r in 2A) della superficie lunare. Nel primo caso in ogni onda dell'ipotetico mare lunare confluiscono i lati di una «piramide visiva» che ha la sua base nel sole e ne veicola l'immagine o similitudine; tra Luna e Sole è l'occhio dello spettatore posto sulla Terra, il quale riceve una serie di immagini-piramidi della luce solare riflesse dalle onde lunari.



L'aria spostata da un corpo in moto (indicato con un cerchietto) forma dietro di questo spirali avvolte su se stesse, incapaci di spingere il mobile (come invece vorrebbe la teoria dell'antiperistasi) (Ms. F 74r).



I raggi che veicolano l'immagine, entrando nell'occhio, subiscono una variazione dell'angolo di incidenza e un doppia rifrazione. La «piramide visiva» ipotizzata dall'Alberti, con vertice in un punto (nell'angolo in alto a sinistra) non esiste (Ms. D 10v).

gliando al suo interno «molte varie sorti d'uccelli»; anche l'acqua e i suoi animali sono presenti con fontane e canali ospitanti pesci, «di quelli che non intorbino le acque, cioè non vi si metta anguille...» (CA 732bv). Ispirato a questa spazialità interamente «naturale» è anche l'apertissimo sfondo paesistico nel dipinto con Sant'Anna, la Madonna e il Bambino (Parigi, 1510-1513).

In questa visione centrifuga, dall'uomo verso il mondo, due elementi del mondo naturale assumono una posizione di spicco: aria e acqua. Oltre che nella ripresa, come visto, degli studi di idrodinamica, questo si esprime anche nella forte attenzione attribuita al «mezzo» in cui si verifica un fenomeno; in tre campi distinti: dinamica, ottica e volo.

Negli studi di dinamica il movimento di un corpo è ora esaminato soprattutto in relazione al «mezzo» in cui avviene, aria, acqua o terra. L'antiperistasi, la teoria aristotelica che spiegava il movimento proprio appellandosi alla attiva partecipazione dell'aria, che passando dietro al mobile faceva sì che esso continuasse a muoversi anche lontano dalla causa del suo movimento (ad esempio la freccia lontano dall'arco), non poteva non richiamare, di nuovo, la sua attenzione. In precedenza era stato attratto in modo ambiguo ora da questa teoria ora da quella più moderna dell'impeto. Adesso rigetta decisamente l'antiperistasi - se non altro come conseguenza dell'aggiornamento dei suoi studi - ma lo

fa ricorrendo a tutto l'acume di cui è ora capace a proposito dei movimenti dei fluidi. Nel Codice Leicester (29v) osserva che un pallottola sparata da uno scoppietto in un «otro pieno d'acqua» continua a procedere nell'acqua anche se quest'ultima ha separato la pallottola dall'aria. Ha però anche una più sottile motivazione per negare l'«antiperistasi»: quando l'aria passa dietro al corpo in movimento, per riempirne il vuoto, percuote contro l'aria che il mobile trascina con sé, ma, prosegue Leonardo, «...quando due cose si percolano e' nasce il moto refresso di ciascuna li quali si convertano in oppositi moti revertiginosi...» (Ms. G 85v); l'aria cioè si richiude in se stessa, formando vortici in cui esaurisce la sua energia dinamica senza potere in tal modo spingere il corpo. Leonardo suggerisce vari esempi concreti, tutti di tipo «visivo», ad esempio il movimento vorticoso della polvere - e quindi dell'aria - sollevata da un cavallo in corsa (Ms. E 80r).

Sebbene incapace di propulsione, il «mezzo» aereo è comunque una realtà che influenza e come il movimento. Negato a esso il ruolo che gli attribuiva l'antiperistasi, esso ne acquista uno importante nella teoria dell'impeto che, proprio in questo modo, Leonardo modifica radicalmente. Fanno infatti irruzione nel mondo astratto della dinamica medievale dell'impeto (quella specie di energia motoria che si riteneva rimanesse impressa nel corpo in movimento) le complicità fisiche concrete, gli attriti, le resistenze del mezzo, secondo un programma, già in parte avviato verso la fine del Quattrocento, di polemica verifica «sperimentale» delle astratte pretese degli «speculatori» medievali. Un sasso lanciato da una fionda acquista «impeto», ma questo «non ha lunga permanenza, perché lo strepito generato dal moto [...] del mobile ci manifesta esso mobile trovare resistenza nell'aria da lui penetrata» (Ms. G 72v). Lo strepito, cioè il sibilo del sasso lanciato in aria è la prova, «acustica» questa volta, della resistenza opposta dall'aria al suo moto. Non lo interessa il movimento di un corpo in uno spazio astratto, ma in quello concreto. La varia densità dell'aria attraversata da un mobile va quindi attentamente valutata: «...non si può dare scienza, se prima non si dà la quantità della condensazione dell'aria percossa da qualunque mobile. La qual condensazione sarà di maggiore o minore densità, secondo la maggiore o minore velocità che ha in sé il mobile che la prieme...» (Ms. E 28v).

La variabile densità dell'aria era già stata considerata da Leonardo in ottica, portandolo a teorizzare la prospettiva aerea. È probabile che la

con
del
deg
neg
dis
visi
co
spe
Mi
sati
ma
la p
estr
rior
for
ca
var
aer
stru
rice
I
tor
trat
visi
pre
«qu
gior
infl
cie
un
que
mic
mes
vali
mor
nar
pan
ne
nea
visi
visi
imn
tran
vari
den
(Ms
«pir
mid
pun
mag
cie:
di l
punt
pitte
(bas
Anc
un p
ques
sotte
inter
valli
visi
atto

considerazione della interferenza dell'aria in dinamica sia un riflesso degli studi di ottica. Già a Firenze, negli anni giovanili, aveva dipinto e disegnato lo spazio più secondo una visione fisica e qualitativa che secondo i canoni astratti della prospettiva lineare. Successivamente, a Milano, da un lato si era impossessato, sviluppandola, di quest'ultima, dall'altro l'aveva integrata con la prospettiva aerea. Nei suoi anni estremi Leonardo radicalizza ulteriormente la sua simpatia verso una forma di prospettiva non matematica ma fisica, che tenga conto delle variabili concrete legate al mezzo aereo in cui la visione avviene e allo strumento organico, l'occhio, che la riceve.

Il Manoscritto D, compilato intorno al 1508-1510, è un piccolo trattato dedicato all'occhio e alla visione. Nel foglio 10v dopo aver preso in considerazione come la «qualità dell'aria», cioè la sua maggiore o minore umidità *per specie*, influenza la propagazione delle specie o immagini degli oggetti, passa a un altro tipo di alterazione «fisica», quella dovuta alla struttura anatomica dell'occhio. Sviluppando premesse contenute negli autori medievali di ottica, che in un primo momento aveva sottovalutato, Leonardo osserva una serie di discrepanze tra il meccanismo della visione ipotizzato dalla prospettiva lineare e centrale degli artisti, e la visione reale degli oggetti. I raggi visivi che recano le *similitudini* o immagini degli oggetti quando entrano nell'occhio vanno incontro a variazione del loro angolo di incidenza e a una duplice rifrazione (Ms. D 10v, *nella pagina a fronte in basso*). Ne consegue che la visione «piramidale» ipotizzata dagli artisti non corrisponde alla realtà. La «piramide visiva» implicava infatti che tutti i raggi visivi confluissero in un punto unico e centrale dell'occhio. Ma la situazione era ben diversa. L'immagine di un oggetto non confluisce in un sol punto ma su di una superficie: «da virtù visiva è sparsa per tutta la popilla dell'occhio» (F 28r). Quindi la «piramide prospettica» (base nella cornice del quadro, vertice nel punto di fuga verso il quale convergono le linee della rappresentazione pittorica) era stata costruita dagli artisti in base a una «piramide visiva» (base nell'oggetto visto, vertice nell'occhio) che, di fatto, non esiste. Anche la prospettiva perde il suo «centro» visivo: «La virtù visiva non è in un punto come vogliono e prospettivi pittori» (Ms. D 10). Non solo, ma questi ultimi non tengono conto del fatto che anche il piano del dipinto è sottoposto ad alterazioni visive da parte del riguardante: in una serie di intervalli uguali dipinti su un piano frontale rispetto all'occhio, gli intervalli estremi appariranno più piccoli a causa della diminuzione dell'angolo visivo. Nel *Cenacolo*, già consapevole di questo problema, aveva messo in atto accorgimenti per nascondere gli effetti. Ora invece ne trae tutte le



Sant'Anna, la Madonna e il Bambino
(c. 1510-1513, Parigi, Louvre).
L'ampio paesaggio è una presenza
fondamentale al pari delle figure.



Due studi risalenti al primo soggiorno milanese: un paracadute (c. 1485, CA 1058v) e due dispositivi di volo a vela (c. 1493, Md I 64r). Negli ultimi anni Leonardo vede nel volo a vela e aerostatico l'unico tipo di volo possibile.



conseguenze e decreta il contrasto netto tra *prospettiva artificiale*, quella degli artisti, e *prospettiva naturale*, quella della realtà. Ne consegue che una «mimesi» radicale del reale, basata su esatte leggi scientifiche, è impossibile. È un primo indizio di pessimismo, di sfiducia nei confronti della capacità dell'artista di rifare la natura. Tutto ciò che l'artista potrà fare sarà un «artificio». È una via potenziale verso il «manierismo», cioè verso una rappresentazione artistica del reale libera da regole oggettive di verisimiglianza.

Anche l'«imitazione» del reale con opere tecniche e ingegneresche è attraversata da una analoga crisi. Più lo studio e l'ammirazione di Leonardo nei confronti della natura diventano profonde più la sua volontà di imitarla sembra smarrirsi fino alla resa.

L'imitazione tecnica della natura appare a Leonardo, a confronto di quest'ultima, del tutto «imperfetta» e inadeguata. Ad esempio le navi, con cui l'uomo tenta di imitare i pesci, non riusciranno mai a eguagliare la «naturale» facilità con cui pesci e uccelli superano illeso ogni tempesta atmosferica: «La navigazione non è scienza fatta che abbia perfezione perché se così fussi essi si salverebbero da ogni pericolo, come fan li uccelli nelle fortune de venti dell'aria [...] e i pesci notanti nelle fortune del mare e diluvi dei fiumi, li quali non periscan» (RL 12666r).

Sebbene non lo dica espressamente, Leonardo pensa anche alla macchina volante, alla «navigazione aerea» con cui l'uomo tenta di imitare gli uccelli. Un passo nel quale sembra radicalizzare fino in fondo il tentativo di ri-creare artificialmente, attraverso la macchina, il volatile naturale, ri-producendone, con il pilota, anche l'«anima», contiene anche un'osservazione che sembra tradire un certo pessimismo: «L'anima [degli uccelli] alle membra delli uccelli senza dubbio obbidirà meglio a' bisogni di quelle che a quelle non farebbe l'anima dell'omo da esse separato, e massimamente ne' moti di quasi insensibile bilicazioni...» (CA 434r). Cioè: le manovre di equilibrio nell'aria condotte dall'«anima» del pilota, non riusciranno mai a eguagliare la prontezza e adeguatezza di quelle realizzata dall'«anima» o istinto naturale dell'uccello. Proprio per questo in una tempesta l'uccello si salva, la macchina probabilmente no.

Il passo appena citato risale al 1505, cioè all'epoca del *Codice sul volo degli uccelli*. I progetti di macchina contenuti in questo codice, con ali mobili, atte cioè a battere per sostenere in volo la macchina e a essere inclinate per consentire manovre di equilibrio, sono probabilmente tra gli ultimi tentativi fatti da Leonardo di realizzare il volo imitando gli uccelli, ri-producendo cioè l'anatomia e le funzioni delle loro ali. Successivamente egli sembra privilegiare una via diversa dal volo battente o imitativo: il volo a vela, con l'aiuto del vento, tipo aliante. Era in parte un ripiegamento, una abdicazione al tentativo di ri-fare, con la macchina, il volatile naturale, che sfrutta il vento ma batte anche le ali. Era, anche, una via più semplice. Già un anonimo ingegnere senese del Quattrocento aveva progettato sistemi di navigazione aerea sul modello del moderno paracadute. E lo stesso Leonardo nel corso del primo soggiorno milanese aveva studiato non solo un paracadute (CA 1058v, c. 1485) ma anche due più spettacolari dispositivi interamente basati sul principio del volo grazie al vento (Md I 64r, c. 1493?). Uno era un aliante costituito da una sfera di legno traforato ospitante il pilota e circondata da una ventola esterna; l'altro era una sorta di enorme aquilone cui era appeso il pilota, guidato da terra per mezzo di una fune. Entrambi avrebbero volato grazie al *corso de' venti* (Md I 64r). Se questo «volo a vela» aveva accompagnato, negli anni precedenti, il più ambizioso progetto di volo imitativo o battente, ora, in questa estrema fase di studio, diviene l'unica via tentata.

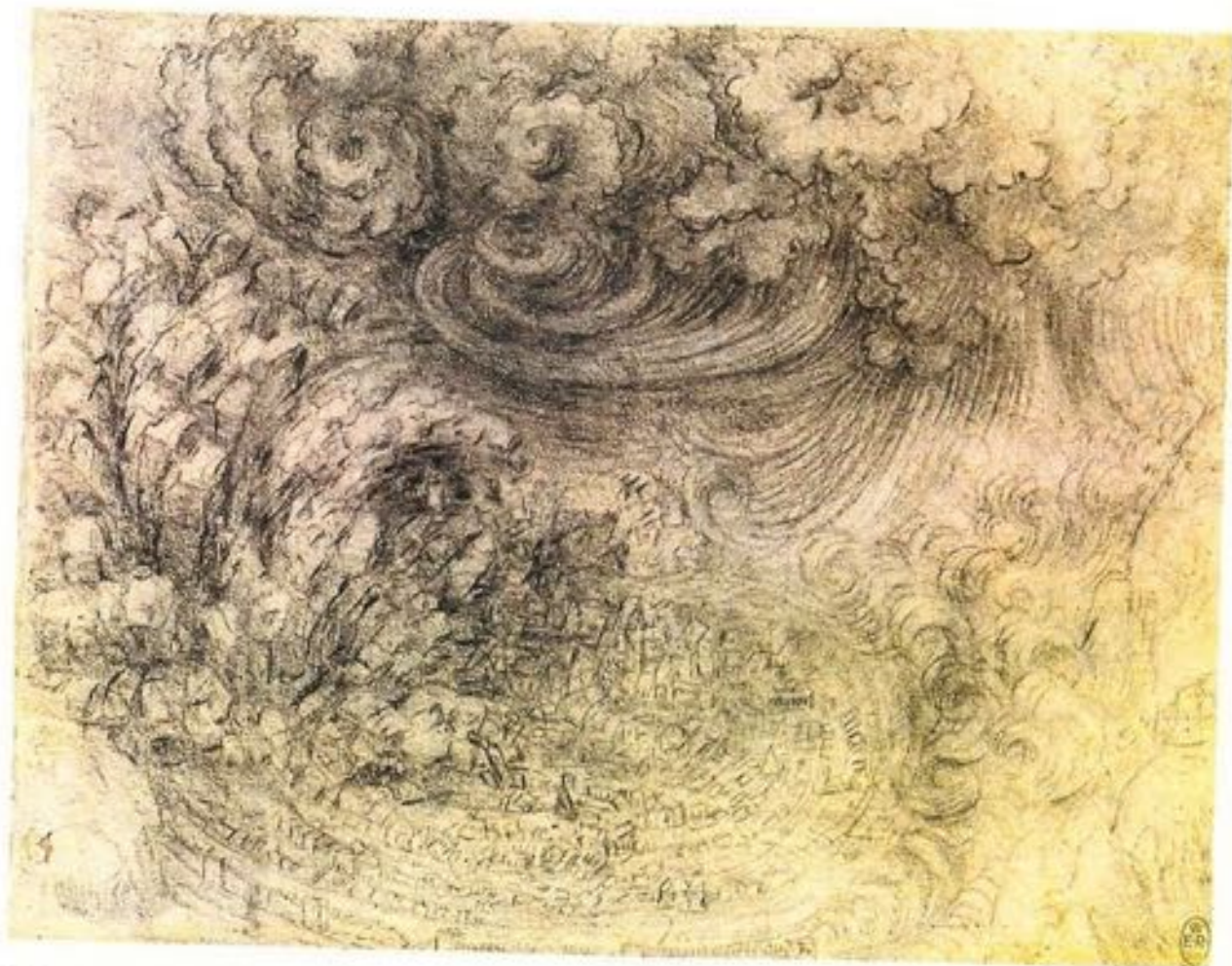


Studi di traiettorie di volo degli uccelli (Ms. E 49v) nell'ambito delle quali Leonardo introduce un foglio dedicato a una più generale definizione - in termini soprattutto «visivi» - dei vari tipi di moto (ivi, 42r).

Non è solo, come si accennava, un ripiegamento verso una via più facile ma anche una preferenza coerente con lo sviluppo della sua ricerca. Gli studi sul volo subiscono infatti la stessa sorte di altri campi della sua ricerca, venendo affrontati in relazione al «mezzo», cioè all'aria o al vento. Il Manoscritto E (c. 1513-1514) è pieno di studi dedicati al modo in cui gli uccelli interagiscono con l'aria. A volte si ha l'impressione che le modalità di volo degli uccelli siano un puro mezzo per catturare «visivamente» l'invisibile movimento dell'aria. Ad esempio, dal fatto che gli uccelli riescono con facilità a sostenersi in prossimità dei monti o degli scogli marini, Leonardo deduce il comportamento del vento che, percuotendo contro un ostacolo solido, rimbalza descrivendo circonvoluzioni spirali-formi sulle quali l'uccello si sostiene: «Sostiensì infra l'aria l'uccello con insensibile bilicazione, vicino alli monti o li alti scogli delli mari. E questo fa mediante li piegamenti de' venti percussori d'esse globbosità, li quali constretti all'osservazione del principiato impeto, piegano il loro retto corso in verso il cielo, con diverse rivoluzioni, sopra la fronte del quale si fermano li uccelli con le alie aperte, ricevendo sotto di se le continue percussioni de' refressi corsi de' venti...» (Ms. E 42v). Nel disegno le spirali descritte dall'aria sono equivalenti a quelle sottostanti formate dall'acqua. Studiare l'acqua era infatti un altro modo per afferrare gl'invisibili movimenti dell'aria: «Scrivi del nuotare sotto acqua e arai il volare degli uccelli per l'aria» (CA 571ar). Leonardo studia poi «Che qualità d'aria circunda li uccelli che volano» (Ms. E 45v), concludendo che l'aria è più densa sotto le ali, più sottile sopra, più spessa davanti all'uccello, meno dietro. L'aria, al contrario dell'acqua, è infatti, secondo Leonardo, «comprimibile». Quando l'uccello abbassa l'ala o anche semplicemente la tiene ferma sull'aria esercita su questa una pressione che la condensa in forma di cuscinetto sul quale l'uccello si sostiene in aria. Grande attenzione è anche riservata alle traiettorie descritte dagli uccelli in volo: rettilinee, curvilinee, «composte», spirali (in questa pagina in alto). E invece non una traccia di studio anatomico finalizzata alla creazione dell'uccello meccanico, la macchina volante, in cui prima aveva tanto investito. Anche il progetto

Un uomo scende nell'aria sospeso a una tavola. Estremo esito «aerostatico» dell'utopia del volo umano (Ms. G 74r).





Nel disegno di Diluvio di Leonardo dominano gli elementi naturali che travolgono ogni presenza umana (la città al centro, RL 12378); nel Diluvio universale dipinto da Michelangelo negli stessi anni nella volta della Cappella Sistina al contrario la natura è ridotta a pochi centi, domina l'uomo.

del volo umano nel tardo Leonardo ha subito una trasformazione in senso aerostatico, in rapporto al «mezzo». Il volo umano non è più ricreazione mimetica del volatile naturale, ma è giusta interazione con il mezzo, con l'aria. Partendo da considerazioni non di anatomia comparata ma di aerostatica (per esempio: «Quel grave si mostra più lieve che si astende in maggiore larghezza» (Ms. E 39r) vede riconfermata la possibilità del volo a vela: «Con questa conclusione si conclude il peso dell'uomo potersi, mediante una gran larghezza d'alie, sostenersi infra l'aria» (Ms. E 39r). Realizza in tal modo progetti in cui, radicalizzando le idee di volo a vela degli anni novanta, il dispositivo meccanico si riduce al minimo: una tavola, di opportuna superficie e opportunamente inclinata dall'uomo in rapporto al «mezzo» aereo (Ms. G 74r, *nella pagina precedente in basso*). È questa l'ultima idea sul volo umano prodotta da Leonardo ed è quella di un uomo che non imita l'uccello ma tenta quasi di «fondersi» con l'elemento aereo che lo circonda, secondo una traiettoria a zigzag che, casualmente, ricorda quella disegnata da Leonardo nel primo studio relativo al volo degli uccelli. Ciò che fa l'uomo volante in questo disegno è inserirsi il più possibile nel variabile gioco dei venti. La natura più che imitata, va assecondata.

La natura appare a Leonardo, in questi tardi anni, oltre che come straordinaria inventrice di forme la cui complessità è impossibile all'uomo imitare («Ancora che lo



ingegno umano in invenzioni varie rispondendo con vari strumenti [...] mai esso troverà invenzione più bella, né più facile, né più breve della natura, perché nelle sue invenzioni nulla manca e nulla è superfluo...», RL 19115r) anche come forza distruttrice. In ambo i casi l'uomo resta sopraffatto. I disegni di *Diluvi* (si veda l'illustrazione nella pagina a fronte) esprimono questa visione. I fluidi, aria e acqua, che occupano la sua contemporanea ricerca, sono qui raffigurati nel massimo della loro azione dinamica. I movimenti composti, le spirali, le percussioni, tutti i fenomeni che egli aveva studiato in idrodinamica e aerodinamica sono qui trasfigurati in una potente visione poetica. Gli elementi fluidi travolgono in un vortice dinamico ogni forma statica: piante, uomini, animali. In questo caso non c'è scampo per nessuno, anche pesci e uccelli non riescono a salvarsi: «...vedeasi li omini e uccelli che riempivan di sé li grandi alberi, che scoperti dalle dilatate onde componitrici delli colli, circondatori delli gran baratri» (Ms. G 6v), così scrive Leonardo in uno dei brani letterari contemporanei ai disegni di *Diluvi* e di analogo soggetto. L'uomo che, negli ultimi progetti sul volo, aveva cercato di assecondare il movimento dei fluidi naturali ne è ora completamente travolto. Non c'è traccia di presenza umana in questo spazio abitato solo dalle mutevoli potenze naturali. Negli stessi anni (c. 1509-1511) Michelangelo dipingeva, a Roma, sulla volta della Cappella Sistina uno spazio di tipo opposto: solo uomini, la natura ridotta a scarni brani di paesaggio.

È probabile che Leonardo abbia concepito i *Diluvi* proprio a Roma, in Vaticano. Nel 1513 ha infatti lasciato la Lombardia. A Roma è divenuto papa Leone X, un fiorentino della famiglia dei Medici, che, a Firenze, hanno ripreso il potere. Leonardo è molto stimato da Giuliano dei Medici, fratello del papa e proprio ponendosi al servizio di Giuliano mette piede nell'Urbe tra il 1513 e il 1514. In Vaticano, nel Belvedere, hanno preparato per lui un alloggio degno. Un documento datato 1 dicembre 1513 descrive dettagliatamente i lavori: «Cose s'hanno a fare a Belvedere nelle stanze di m.r Lionardo da Vinci. Uno tramezzo con tavole d'abeto [...] El solaro lungo pal. 20 e largo pal. 10 [...] Uno tramezzo nella cucina di tavole d'abeto...».

Negli anni trascorsi a Roma, con alcune interruzioni, Leonardo si occupa di molti problemi tecnici: bonifica delle paludi pontine, realizzazione di un porto a Civitavecchia, che concepisce a forma di spirale, costruzione di specchi ustori (a proposito dei quali ricorda la fusione della palla avvenuta, quando era giovane, nella bottega del Verrocchio), vari studi di meccanica. Tuttavia accanto a questi impegni concreti, gli anni romani sono devoluti a opere che sembrano la versio-



Feto nell'utero.
Leonardo studia, tra l'altro,
in che modo l'anima della madre
trasmette la vita al feto (RL 19102r)



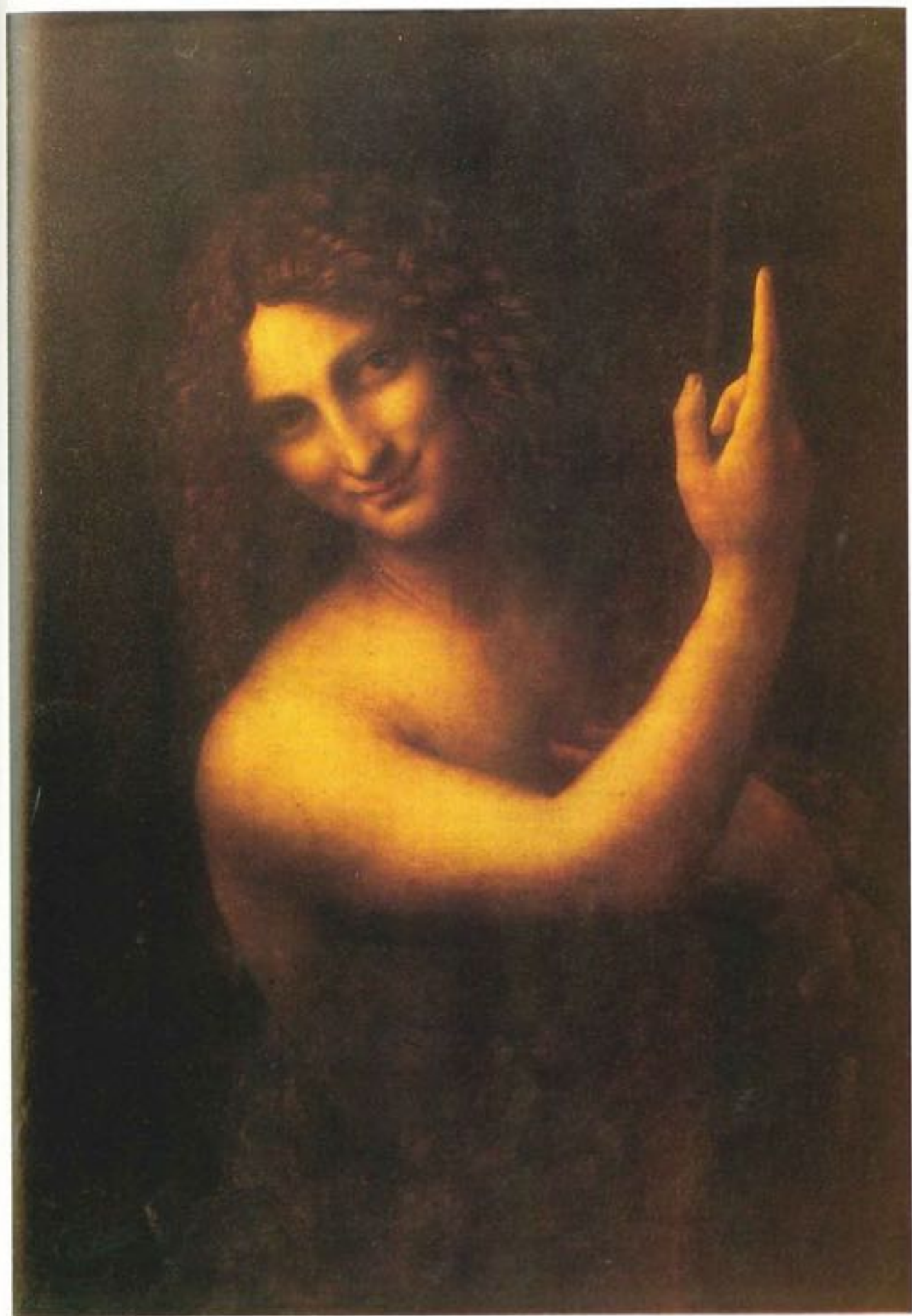
Due figure in cui prende forma visiva la visione animistica e aerea del tardo Leonardo: qui sopra la cosiddetta Pointing Lady (RL 12581), nella pagina a fronte il San Giovanni Battista (c. 1508-1513. Parigi, Louvre). Con i loro contorni sfumati, queste figure sembrano svanire nell'aria che le circonda.

al suo protettore Giuliano (invece di lavorare questi «...el più delle volte se n'andavano [...] colli scoppietti ammazzando uccelli per le anticaglie», CA 671r) tentano di impedirgli le dissezioni, calunniandolo presso il papa e all'Ospedale. I risultati di queste indagini anatomiche non ci sono giunti. Tuttavia negli ultimi tempi trascorsi in Lombardia (c. 1511-1513), egli ha già avviato una formidabile ricerca anatomica in due campi: embriologia e cardiologia. Nel primo caso ha studiato l'origine della vita, nell'altro come essa venga mantenuta. Se le anatomie degli anni novanta erano dominate dallo studio dell'«anima» come senso e volontà, i suoi estremi studi anatomici sono invece dominati dall'indagine sull'«anima» come potenza vitale.

Negli studi embriologici (si veda l'illustrazione nella pagina precedente) studia come l'anima materna modelli le fattezze del feto come in una scultura («l'anima della madre che prima compone nella matrice la figura dell'omo», RL 19115r); come, nel corso dello sviluppo fetale, l'anima della madre «vivifichi» il feto (il feto «...è vivificato e nutrito dalla vita e cibo della madre [...] e una medesima anima governa questi due corpi» RL 19102r).

ne ludica, caricaturale quasi, della sua ricerca scientifica. Scrive Vasari, a proposito delle sue opere romane: «...formando una pasta di cera, mentre che camminava faceva animali sottilissimi pieni di vento, nei quali soffiando gli faceva volare per l'aria [...] Fermò in un ramarro, trovato dal vignaruolo di Belvedere, il quale era bizzarrissimo, di scaglie di altri ramarri scorticate, ali addosso [...] che nel muoversi quando camminava tremavano; e fattogli gl'occhi, corna e barba domesticatolo e tenendolo in una scatola, tutti gli amici ai quali lo mostrava, per paura faceva fuggire. Usava spesso far minutamente digrassare e purgare le budella d'un castrato [...] e gonfiandole ne riempiva la stanza, la quale era grandissima...». Sagome di cera volanti e budella riempite d'aria in luogo degli studi sull'aria e sul volo; il camuffamento di un ramarro con parti di vari animali, in luogo della ricerca sulle analogie anatomiche dei vertebrati. «Fecce infinite di queste pazzie» conclude Vasari. Il pessimismo sulla possibilità di imitare la natura e, in tal modo, di dominarla, si esprime forse anche in queste estreme forme ludiche, che, a quest'epoca, sembrano avere un senso più profondo e personale del divertimento occasionalmente approntato per una corte.

Eppure la ricerca continua. A Roma compie dissezioni, quasi certamente presso l'Ospedale di Santo Spirito, a due passi dal Vaticano. Due aiutanti tedeschi che gli sono stati assegnati e dei quali Leonardo si lamenta in alcune lettere inviate



Analogamente negli studi di cardiologia, effettuati sul cuore di un bue, Leonardo cerca di capire in che modo il movimento cardiaco assottigli il sangue trasformandolo in *spiriti* e *calor naturale*. Secondo la teoria tradizionale il sangue venoso subiva nel cuore un processo di «affinamento» che generava da esso *calor naturale* e *spiriti vitali*, entità responsabili della vitalità dei vari organi e del corpo nel suo insieme. Leonardo spiega questo fenomeno attribuendolo alle contrazioni ventricolari, le quali mettendo in moto il sangue genererebbero in esso calore e spiriti. Un fenomeno «meccanico» dunque, al quale Leonardo applica anche, con grande originalità, le leggi idrodinamiche dell'impeto e della percussione, principi di statica e di geometria (*si vedano le illustrazioni in queste due pagine*). Ma tutto questo ha un fine ultimo di natura più filosofica: capire in che modo si mantenga la vita. Anche la vita, come altri fenomeni, si trova connessa con un fluido «aereo», gli *spiriti vitali* e con l'*anima*, di cui quelli sono lo strumento: «...e queste tali confregazioni fatte dalla velocità del viscoso sangue lo va riscaldando e assottigliando e fallo penetrativo per li sottili meati e dà vita e spirito a tutti li membri dove s'infonde...» (RL 19063r).

Questa visione vitalistica e animistica riguarda non solo il corpo animale, ma anche il «corpo della Terra», che, anch'esso, ha un'anima. In un passo venato di quella poesia naturalistica che abbiamo già avuto modo di incontrare in saggi letterari giovanili, scrive: «Nessuna cosa nasce in loco dove non sia *vita* sensitiva, vegetativa e razionale. Nasce le penne sopra li uccelli, e si mutano ogni anno: nasce li peli sopra li animali, e ogni anno si mutano, salvo alcuna parte, come li peli delle barbe de' lions e gatte e simili: nasce l'erbe sopra li prati, e le foglie sopra li alberi, e ogn'anno in gran parte si rinnovano: adunque potren dire, la terra avere *anima* vegetativa...» (CL 34r).

Il Codice Leicester, da cui è tratto questo brano, è fatto più di parole che di disegni. Anche negli studi sul cuore la parola acquista uno spazio notevole. Più accosta concetti filosofici, come anima e vita, più si vede costretto a limitare l'uso dell'immagine. Di questo è ben consapevole. Così, trattando di anatomia, riconosce che per questi concetti non c'è che da usare la parola: «O se pur tu voi dimostrar con parole all'orecchi [...] parla di sustanzie o di nature...» (RL 19071r).

E tuttavia anche a nozioni teoriche come animismo, vitalismo, spiriti, aria Leonardo riesce a dare nei dipinti una espressione visiva. Le figure umane della sua estrema opera artistica scaturiscono infatti da quei concetti.

I tegumenti, posti al di sotto della pelle, hanno secondo Leonardo una natura «pneumatica», aerea. Polemizzando contro lo «stile muscolare», tipico di Michelangelo, egli raccomanda di addolcire i passaggi tra muscolo e muscolo perché: «...la natura ha riempito tal angolo [tra muscolo e muscolo] di piccola quantità di grasso spungoso, o vo' dire viscoso, con visciche minute piene d'aria...» (Ms. G 26).

Ma non è tutto. Non solo la parte anatomica più esterna del corpo è aerea come il mezzo che la circonda ma i suoi limiti, i contorni del corpo, da un punto di vista teorico secondo Leonardo non esistono. Non esistono né da un punto di vista «ottico» né da uno «filosofico». Otticamente l'occhio - che, come già accennato, riceve l'immagine non in un «punto» unico ma su di una «superficie» - vede il contorno di un oggetto in posizioni diverse rispetto a una parete di fondo: nel centro della sua superficie recettiva lo vede in corrispondenza di un'area centrale del fondo, mentre da punti più laterali della stessa superficie lo vede in corrispondenza di campi più laterali del fondo. Si formano quindi immagini multiple che impediscono di percepire tale contorno come linea veramente netta; esso appare «sfumato» (Ms. D 10v).

Anche da un punto di vista filosofico Leonardo ritiene impossibile definire la «superficie» o «termine» o «pelle» di un corpo come una realtà autonoma: «Tutti i termini delle cose non sono parte alcuna d'esse cose, perché il termine d'una cosa si fa principio d'un'altra. Adunque poi ch'è termini delle cose non so' parte d'esse cose né di quelle che co' lor si toccano, essi termini niente occupano...». Dove termina il corpo li inizia



Due studi sul cuore, nei quali Leonardo cerca di comprendere in che modo la vita si mantenga nel corpo: nel primo (qui sopra) la valvola aortica è analizzata da un punto di vista «geometrico» (RL 19079v); nell'altro (nella pagina a fronte), Leonardo analizza, da un punto di vista «dinamico», il flusso sanguigno attraverso la valvola aortica (RL 19083v).

l'aria che lo avvolge; il limite del corpo quindi non esiste come realtà a sé. O meglio non esiste come realtà materiale, solida; esso ha invece, in armonia con la generale visione animistica di questi ultimi anni, una natura «spirituale», non dissimile dagli *spiriti*, emanazioni dell'anima vitale che studiava in cardiologia. Leonardo è convinto che la linea, anche quella che delimita un oggetto, «...non è in sé materia o sostanza alcuna, ma si può nominare più presto cosa spirituale che sostanza, e per essere lei così condizionata, essa non occupa loco...» (RL 19151r).

Per tutti questi motivi il consiglio al pittore è netto: «...Adunque tu pittore non circondare li tua corpi di linee» (Ms. G 37r). Le figure partorite in questi ultimi anni dalla fantasia di Leonardo hanno i contorni «sfumati» e, virtualmente, sembrano svanire nell'aria che le circonda (si vedano le illustrazioni alle pagine 98 e 99). Come l'uomo che, nell'ultimo studio sul volo, sembrava fondersi con il variabile gioco dei venti.

Mentre si dedica a queste ultime riflessioni filosofiche e vi dà espressione visiva Leonardo è in Francia. Nel 1516 ha lasciato Roma accettando l'invito di Francesco I, re di Francia. Gli è stata offerta come dimora il castello di Clos-Lucé, immerso nella campagna francese nei dintorni di Amboise, sede di un palazzo reale. Il valore altamente teorico, filosofico della sua attività è ormai pienamente riconosciuto. Benvenuto Cellini lo attesta riportando un giudizio espresso da Francesco I, il quale «...disse che non credeva mai che altro uomo fusse nato al mondo, che sapessi tanto quanto Lionardo, non tanto di scultura, pittura e architettura, quanto che egli era grandissimo filosofo» (*Discorso dell'architettura*).

L'ultima trasfigurazione artistica di una teoria scientifica operata da Leonardo riguarda, come visto, un visione fisica fluida, qualitativa, vitalistica e animistica. Negli anni novanta egli aveva invece dato corpo a forme estetiche basate su una riflessione scientifica di tipo più matematico o quantitativo. Entrambi questi orientamenti scientifici avranno lunga vita. Il primo, quello animistico, sfocerà, tra XVI e XVII secolo, nelle correnti empirico-sensiste, negli infiniti mondi popolati da pianeti vivi come animali di un Giordano Bruno. Il secondo, quello matematico, impostato su basi assai più sistematiche, determinerà buona parte della rivoluzione galileiana. Anche in arte dal polo qualitativo germineranno le componenti più atmosferiche del manierismo, da Correggio a Parmigianino; da quello più quantitativo aspetti più classicisti dell'arte cinquecentesca. Ciò che non avrà seguito dopo Leonardo è invece il suo tentativo di unificare forma scientifica e forma artistica di queste concezioni del mondo. Da questo punto di vista egli rappresenta, nella storia della scienza e in quella dell'arte, non solo il primo esempio di una simile unificazione, ma forse anche l'ultimo. □



Note biografiche

- | | |
|-------------|---|
| 1452 | Il 15 aprile, a Vinci, nasce illegittimo Leonardo, da ser Pietro d'Antonio, notaio, e da una donna di nome Caterina. |
| 1469 | Leonardo è a Firenze, dove entra nella bottega di Andrea del Verrocchio. |
| 1472 | Risulta iscritto alla compagnia dei pittori, o «Compagnia di San Luca». |
| 1476 | Viene accusato anonimamente di aver praticato, insieme ad altri, sodomia contro un giovane diciassettenne. Il processo si conclude con l'assoluzione. |
| 1482 | Si trasferisce a Milano, dove rimarrà per quasi 20 anni. |
| 1483 | Contratto relativo alla <i>Vergine delle Rocce</i> . |
| 1489 | Inizia a lavorare per la corte milanese, retta da Ludovico il Moro, con un enorme monumento equestre in onore di Francesco Sforza. |
| 1490 | Intorno al volgere di decennio, esegue il ritratto di Cecilia Gallerani e avvia un programma di studi teorici in vari campi, dall'anatomia all'idrologia. |
| 1495 | Inizia a dipingere il <i>Cenacolo</i> nel refettorio dei frati di Santa Maria delle Grazie. |
| 1496 | Giunge a Milano fra Luca Pacioli, celebre matematico, che gli diviene amico e lo aiuta negli studi di geometria. |
| 1499 | È costretto a lasciare Milano, a seguito dell'arrivo delle truppe francesi. |
| 1500 | Leonardo è nuovamente a Firenze. |
| 1502 | Segue per alcuni mesi, in qualità di ingegnere militare, Cesare Borgia, impegnato in operazioni militari in Romagna. |
| 1503 | Sempre a Firenze, inizia un periodo segnato da importanti lavori: l'inizio del ritratto di <i>Monna Lisa</i> , la <i>Battaglia di Anghiari</i> (affresco in Palazzo Vecchio, 1504-1506), la ripresa di molti studi teorici: dal volo (1505) all'anatomia (1507-1508). |
| 1508 | È di nuovo a Milano. Al soldo dei francesi esegue lavori urbanistici e idrografici. Insieme a Marcantonio della Torre riprende gli studi di anatomia. |
| 1513 | Si trasferisce a Roma, in Vaticano, al servizio di Giuliano de' Medici, fratello del pontefice Leone X. Esegue progetti per il porto di Civitavecchia e la bonifica delle paludi pontine. Risalgono agli anni romani i disegni di <i>Diluvi</i> . |
| 1516 | Morto Giuliano de' Medici, suo protettore, Leonardo lascia Roma accettando l'invito del re di Francia Francesco I. |
| 1517 | Si trasferisce ad Amboise, in un castello messogli a disposizione dal re. |
| 1519 | Il 23 aprile fa testamento; pochi giorni dopo, il 2 maggio, muore. |

Letture consigliate

La bibliografia su Leonardo è sterminata. Essa è raccolta da E. Verga, *Bibliografia vinciana*, Bologna, 1931; A. Lorenzi - P. C. Marani, *Bibliografia vinciana 1964-1979*; M. Guerrini, *Bibliotheca leonardiana*, Milano, 1991.

Aggiornamenti sugli studi più recenti nelle riviste *Raccolta Vinciana* (Milano) e (fino al 1997) in *Achademia Leonardi Vinci* (Firenze e Los Angeles).

Qui di seguito, suddivise tematicamente, proponiamo alcune opere utili per un primo approccio allo studio di Leonardo:

Monografie d'insieme

Di taglio prevalentemente scientifico:

V. P. Zubov, *Leonardo da Vinci*, Cambridge, Mass., 1968.

K. D. Keele, *Leonardo da Vinci. Elements of the Science of Man*, New York-Londra, 1983.

M. Kemp, *Leonardo da Vinci. Le mirabili operazioni della natura e dell'uomo*, Milano, 1982.

Di taglio prevalentemente artistico:

K. Clark, *Leonardo da Vinci*, Milano, 1983.

C. Pedretti, *Leonardo. A Study in Chronology and Style*, New York-Londra, 1973.

M. Rosci, *Leonardo*, Milano, 1979.

J. Wasserman, *Leonardo*, Milano, 1981.

Ingegneria

B. Gille, *Leonardo e gli ingegneri del Rinascimento*, Milano, 1980.

P. Galluzzi (a cura), *Leonard de Vinci ingénieur et architecte*, Montreal, 1987.

P. Galluzzi, *Gli Ingegneri del Rinascimento da Brunelleschi a Leonardo da Vinci*, Firenze, 1996.

Statica e meccanica

A. Uccelli, *Leonardo da Vinci. I libri di meccanica*, Milano, 1940.

I. B. Hart, *The mechanical Investigations of Leonardo da Vinci*, London, 1925 (riedito in idem, *The world of Leonardo da Vinci*, London, 1961, pp. 185-339).

Volo

R. Giacomelli, *Gli scritti di Leonardo da Vinci sul volo*, Roma, 1936.

A. Uccelli e C. Zammattio, *I libri del volo di Leonardo da Vinci*, Milano, 1952.

C. Hart, *Leonardo's theory of bird flight and his last ornithopters*, in *The Prehistory of Flight*, Berkeley, 1985, pp. 94-115.

Anatomia, fisiognomica

C. D. O' Malley e J. B. de Cusance Morant Saunders, *Leonardo on the Human Body*, New York, 1983.

K. D. Keele e C. Pedretti, *Leonardo da Vinci. Corpus degli studi anatomici nella collezione di Sua Maestà la regina Elisabetta II nel Castello di Windsor*, Firenze, 1980-85.

D. Laurenza, *La 'composizione' del corpo. Fisiognomica ed embriologia in Leonardo*, in *Nuncius*, Firenze, 1998, 1, pp. 3-37.

Ottica, prospettiva

K. H. Veltman, *Studies in Leonardo da Vinci. Linear Perspective and the Visual Dimensions of Science and Arts*, München, 1986.

M. Kemp, *La scienza dell'arte. Prospettiva e percezione visiva da Brunelleschi a Seurat*, Firenze, 1994 (su Leonardo: pp. 55-64).

Geografia, studio di acqua e aria, etc.

M. Baratta, *Leonardo da Vinci e i problemi della terra*, Torino, 1903.

E. H. Gombrich, *La forma del movimento nell'acqua e nell'aria*, in *L'eredità di Apelle*, Torino, 1986, pp. 51-79.

E. Macagno, *Analogies in Leonardo's studies of flow phenomena*, in *Studi vinciani in memoria di N. De Toni*, Brescia, 1986, pp. 19-49.

Matematica, etc.

A. Marinoni, *La matematica di Leonardo da Vinci*, Milano, 1982.



Leonardo: la scienza trasfigurata in arte