



UNIVERSITA' degli STUDI del MOLISE

GABRIELE RAGO

UNIVERSALITA'
DELL'OPERA
DI LEONARDO DA VINCI

Presentazione

Quando ho conosciuto Gabriele Rago, in occasione di alcuni cicli di lezioni di Fisica che ha tenuto presso il nostro Ateneo, ho avuto l'immediata sensazione di trovarmi di fronte ad un uomo di elevata cultura e di notevole umiltà intellettuale, nel rispetto della più alta concezione Galileiana.

Gabriele Rago si laurea in Fisica nel 1960 presso l'Università di Napoli, dove già da studente ebbe la fortuna e il merito di essere tra gli allievi più apprezzati da Renato Caccioppoli, con il quale superò l'esame di Analisi I con il massimo dei voti, un prezioso quanto raro riconoscimento dell'illustre matematico napoletano.

Da laureato rimase a Napoli dove svolse inizialmente ricerche nel campo della ionizzazione atmosferica e successivamente sull'assorbimento e propagazione delle onde elettromagnetiche e materiali antiradar queste ultime per conto dall'Air Force Materials Laboratory of United States ove collaborò fino al 1970, pubblicando a suo nome diversi articoli, sugli Annual Summary Report dell'O.A.R. e sulla rivista internazionale High Frequency.

Docente di Esercizi di Fisica e Complementi di Fisica Sperimentale nel biennio di ingegneria dell'Accademia Aeronautica di Pozzuoli, svolse ivi fra l'altro, ricerche sulle proprietà fisiche dei frammenti meteoritici.

Nel 1964 vinse il concorso per un posto di assistente ordinario alla cattedra di Teoria e Tecnica delle Onde Elettromagnetiche presso l'Istituto Universitario Navale di Napoli e nello stesso anno vinse un concorso nazionale per la cattedra di Matematica e Fisica nelle Scuole Secondarie Superiori.

Nel periodo 1992-2002 scrisse articoli per la rivista Didattica 92 (Moti armonici- Onde e loro propagazione) e per il periodico mensile della sezione Mathesis (La sostanzializzazione- L'inganno dei sensi- Un oggetto chiamato spazio- Una particolare ciclotomia).

Nell'anno accademico 2001-2002 ha insegnato Didattica della Fisica presso la Scuola di Specializzazione all'Insegnamento Secondario dell'Università del Molise, redigendo all'uopo alcune dispense introduttive.

Dall'anno 2000 tiene annualmente un ciclo di lezioni di divulgazione scientifica presso l'Università del Molise della Terza Età e del Tempo Libero.

Questo suo scritto, "L'Universalità dell'opera di Leonardo da Vinci" che piglia spunto dall'omonimo seminario tenuto nel 2007 nel corso della XVII edizione della Settimana della cultura scientifica e tecnologica, si presenta come una fruibile guida per il visitatore e le scolaresche che osservando i modelli fedelmente realizzati dai disegni del genio leonardesco (esposti nel nostro Ateneo), potranno meglio comprendere ed interpretare la sua opera, ideologicamente collocata nel complesso rapporto tra uomo e macchina.

L'autore traccia una sintetica quanto inedita monografia di Leonardo da Vinci, spaziando con notevole intuito epistemologico, dalla sua struttura concettuale nel contesto dell'evoluzione del pensiero scientifico, all'attività creativa e alle realizzazioni di progettista ed artista non poco condizionate dalle vicende politiche ed economiche dell'Italia rinascimentale. Emerge così un'immagine di Leonardo più umana e più razionale espuriata da romanzeschi enigmi e più vicina a noi come un uomo del passato con la coscienza e l'intuizione del nostro tempo per ispirarci e difendere il futuro delle nostre idee.

Catello Di Martino

Prof. Associato Biochimica e Fisiologia Vegetale

Universalità dell'opera di Leonardo da Vinci

Leonardo da Vinci fu notoriamente uomo d'arte e di scienza, eclettico e leggendariamente geniale, che non meno di altri ingegni del suo tempo contribuì al fiorire del nostro Rinascimento. La sua fama è più comunemente legata alla tanto celebrata Gioconda ed alla sua straordinaria attività di inventore, ma ciò che è meno noto e che lo distingue dai suoi contemporanei è che nei suoi scritti, all'epoca rimasti sfortunatamente inediti, precorse molte delle conoscenze scientifiche che poi da altri, in tempi e luoghi diversi, furono recuperate nei secoli successivi. Non v'è dubbio che, ancor prima che con Galileo, nasce con Leonardo la Scienza moderna nel suo spirito e nel suo metodo, con studi sistematici e fondanti in tutte le discipline, dalla pratica dell'arte alla meccanica, dall'anatomia alla geologia e al modello dell'Universo. Se egli avesse pubblicato la sua opera, è possibile che la scienza avrebbe raggiunto più rapidamente la posizione a cui pervenne qualche secolo più tardi, per la profonda influenza che tali studi avrebbero potuto avere sull'evoluzione intellettuale e sociale dell'umanità.

Ciò non vuol dire che i pensieri di Leonardo non fossero al suo tempo conosciuti attraverso i contatti interpersonali, che allora erano efficaci per lo meno quanto la comunicazione scritta. Tanto più perché Leonardo viaggiò molto ed ebbe relazioni con eminenze culturali, politiche, artistiche e con gente di ogni ceto sociale. Però le idee, quanto più sono fondamentali e nuove, tanto più per essere assimilate hanno bisogno di supporti tangibili che possono raggiungere un pubblico più vasto e durare nel tempo. Invece Leonardo non lasciò molto di sé, perché la maggior parte dei suoi progetti non ebbe mai realizzazione.

Nel campo della pittura ci restano di lui pochi pregevoli dipinti, tra cui la famosa Gioconda e le ricostruzioni dei due grandiosi dipinti murali della battaglia di Anghiari in Palazzo Vecchio di Firenze e del Cenacolo in S. Maria delle Grazie in Milano. Questi ultimi, benché danneggiati ancor prima che fossero terminati a causa delle innovative tecniche adoperate, rimasero per qualche tempo esposti ed oggi ci sono noti solo grazie ai cartoni ed alle numerose copie che all'epoca della loro esposizione ne sono state fatte. La battaglia di Anghiari dopo cinquant'anni di esposizione fu ricoperta da una controparete, sulla quale affrescò il Vasari, mentre il Cenacolo, sempre più danneggiato e irriconoscibile, ha subito in passato diversi interventi di recupero fino ad un recente coraggioso restauro che, più che un restauro, è praticamente una ricostruzione sulla base delle copie esistenti.

Benché Leonardo abbia certamente praticato la scultura, se non altro come allievo del Verrocchio e come egli stesso dichiara in una lettera a Ludovico il Moro, relativamente a quest'arte di lui non ci è pervenuto nulla. Esiste solo in una chiesa di Collodi un angelo di terracotta quasi certamente a lui attribuito (figura 1) ed abbiamo i progetti di un monumento equestre a Francesco Sforza di concezione molto dinamica col cavallo impennato (figura 2),



Fig 1



Fig 2

che poi più riduttivamente Leonardo riprogettò col cavallo al trotto. Il progetto durò diversi anni e si arrivò a realizzare il modello in gesso del cavallo con i relativi stampi. Però ormai si era giunti al 1499 e la notevole massa di bronzo occorrente per la fusione divenne più urgentemente necessaria per fabbricare i cannoni destinati a fermare l'invasione francese. Malgrado ciò quest'ultima prevalse e le soldataglie entrate in Milano usarono il modello del cavallo come bersaglio distruggendolo. Anche gli stampi furono forse trafugati e del cavallo non se ne fece più nulla.

Nel campo dell'architettura si sa solo che Leonardo collaborò con l'ingegnere Francesco di Giorgio Martini per il sollevamento del tiburio del duomo di Milano e nient'altro.

Per quanto riguarda il resto delle sue molteplici e multiformi produzioni, particolarmente ingegneristiche e scientifiche, sappiamo per sua stessa ammissione che Leonardo aveva in animo di scrivere diversi trattati, ovvero trattato della pittura, degli elementi macchinali, delle acque, dell'anatomia, del volo ed altri, ma nessuno di questi vide mai la luce.

Fortunatamente Leonardo teneva quotidianamente un diario in cui su dei fogli annotava i suoi pensieri, i suoi progetti, le sue esperienze e corredeva il tutto con dei chiari disegni. Sui fogli annotava di tutto: le cose che aveva intenzione di fare, le persone che aveva incontrato o doveva incontrare, elenchi di vocaboli con il loro significato, elenchi di parole latine e persino gli avvenimenti per lui più importanti e le note della spesa. Di questi fogli ce ne sono pervenuti circa ottomila su più di centomila che si suppone abbia prodotto. I manoscritti inoltre sono redatti con la mano sinistra, perché Leonardo era mancino, e con la caratteristica scrittura allo specchio, cosiddetta perché è l'immagine speculare di una scrittura normale. Altra interessante caratteristica della scrittura e dei disegni è l'uniforme spessore del tratto, ottenuto usando un particolare pennino ideato e realizzato dallo stesso Leonardo. La figura 3 mostra il tipo di scrittura e la figura 4 riproduce il disegno di progetto del pennino insieme ad una sua recente realizzazione ad opera di un laboratorio romano. La lunga autonomia di scrittura consentita dal serbatoio evita l'interruzione del pensiero durante l'atto di intingere il pennino e la calibrazione della canalina assicura lo spessore e l'uniformità del tratto. Un simile dispositivo è stato riscoperto ed adottato solo in tempi recenti con i cosiddetti graphos che usano i disegnatori per ottenere linee di diversi spessori calibrati.

Leonardo nei suoi viaggi portava sempre con sé la notevole mole dei suoi manoscritti, certamente con l'intento di servirsene per la stesura dei suoi trattati e, quando finalmente approdò nella sua ultima residenza francese di Cloux de Lucè, dove ebbe la tranquillità necessaria per attendere all'opera, non ne ebbe il tempo perché venne a morte. La mole dei fogli, per sua volontà, venne ereditata dall'ultimo suo affezionato allievo, il patrizio lombardo Francesco Melzi, il quale trasferì il tutto nella sua villa sull'Adda ed ivi attese alla stesura postuma di un trattato della pittura. Poi anche il Melzi morì e la mole dei fogli finì in soffitta.



Fig 3



Fig 4

Qui un tutore di casa Melzi li scoprì e ne trafugò una parte che poi, pentito, restituì. Gli eredi Melzi per premiare l'atto di onestà gli fecero dono del materiale trafugato e di qui partì la rapina di quanti avanzavano richiesta di altre donazioni, fin quando intorno al 1600 un tal Pompeo Leoni artista estimatore di Leonardo si fece consegnare quanto era rimasto, lo riordinò per materie e ne fece dei codici che distribuì nelle varie biblioteche d'Europa. Il codice Atlantico, il cui contenuto riguarda prevalentemente la meccanica, si trova presso la Biblioteca Ambrosiana di Milano e sempre in Milano presso la Biblioteca Trivulziana si trova il codice Trivulziano particolarmente dedicato alla grammatica. Il codice sul volo degli uccelli con altri argomenti di meccanica fu destinato alla Biblioteca Reale di Torino. Il codice Urbinate, cosiddetto perché inizialmente destinato ad Urbino, è stato poi trasferito nella Biblioteca Apostolica Vaticana in Città del Vaticano. Il codice Arundel, dedicato in prevalenza alla geometria e all'ottica, emigrò nella Libreria Britannica di Londra, mentre il codice Windsor, prevalentemente dedicato all'anatomia, si trova nella Biblioteca Reale omonima. Il codice Hammer si conserva nella Bill Gates Collection di Seattle. Altri codici sono negli Uffizi di Firenze e nella Biblioteca dell'Istituto di Francia a Parigi. Il riordino operato dal Leoni non ha però conseguito lo scopo di una esauriente divisione delle tematiche, obiettivamente impossibile per la natura stessa della stesura ed in compenso ha arrecato un danno, perché ha praticamente distrutto l'ordine cronologico che avrebbe meglio potuto chiarire l'articolarsi del pensiero di Leonardo.

Nel 1902 è stata istituita una Commissione Vinciana, tuttora operante, di cui ha fatto parte anche il filosofo Giovanni Gentile, con l'intento di reperire e catalogare tutti gli scritti vinciani esistenti nel mondo. Si ignora, infatti, dove possono essere finiti i manoscritti mancanti e si spera col tempo di poterne scoprire alcuni altri, come infatti è accaduto per caso nel 1967 a Madrid. Perché solo dai manoscritti è possibile ricostruire tutta intera la personalità di Leonardo.

Nelle Scienze Umane è dibattuto se, ed in che misura, geni si nasce o si diventa. Ma certamente nel diventarlo, Leonardo ebbe dalla sorte una grossa mano. Innanzitutto egli visse tra il 1452 ed il 1519, un periodo in cui l'Umanesimo sfociava nel più pieno Rinascimento e la società, particolarmente italiana, dava vita ad una rivoluzione di vaste dimensioni nei costumi, nella cultura e nei rapporti col mondo.

Fin da quando l'Uomo era apparso sulla Terra, egli per necessità di sopravvivenza, ma anche per una naturale curiosità, aveva sempre ricercato le cause e gli effetti dei fenomeni di cui era testimone e spesso vittima ed aveva elaborato contingenti teorie cui fare ricorso per migliorare, prevedendone il corso, la sua esistenza. Veniva così sviluppandosi una tecnica. Ma la mente umana ha anche la tendenza ad immaginare e creare. Cosicché sono nate la poesia e l'arte e con esse le religioni e la filosofia con le quali la mente, scavalcando l'esperienza ritenuta ingannevole, particolare e contingente, ha cercato di cogliere i principi primi del mondo, dai quali ogni cosa particolare discende.

La filosofia ci ha regalato molti validi concetti tra cui l'attenzione all'Uomo come soggetto di conoscenza e come microcosmo, nonché l'importanza della deduzione, ma è poi caduta facile preda dei dogmatismi. In particolare nel tardo Medioevo la fede cristiana in una verità rivelata dai profeti e dal Cristo si è fusa con le verità aristoteliche opportunamente interpretate e con la cosmogonia di Tolomeo, dando luogo a quella dottrina filosofico-religiosa che va sotto il nome di Scolastica. Questo complesso dottrinale, proponendo una verità totalizzante e data una volta per tutte, spegneva ogni anelito di ricerca che non fosse deduttiva e si poneva pericolosamente in contrasto con l'apparire di una verità diversa, come ha dimostrato il seguito della Storia.

Dal canto suo, invece, la tecnica andava collezionando risultati sempre più generali che acquistavano valore di principi. Dalla necessità di quantificare le grandezze erano nate la misura e da questa per successive generalizzazioni l'aritmetica e l'algebra. Dalla necessità di identificare i pezzi di terreno era nata la scienza delle figure geometriche, delle loro proprietà e delle relazioni logiche tra proprietà che si

rinviano tutte a pochi assiomi. La geometria divenne una base per la filosofia di Platone e si scoprì utile nello studio dell'ottica e dell'astronomia. La matematica si rivelò uno strumento valido per la risoluzione dei più svariati problemi, tra i quali anche quelli finanziari. L'astronomia fornì descrizioni quantitative dei moti celesti e si volse a considerare il ruolo della Terra. Aristarco aveva già l'idea di una rotazione e di una rivoluzione, anticipando di molto Copernico. Si aveva idea della rotondità della Terra ed Eratostene ne aveva misurato il meridiano con una precisione sorprendente per i mezzi adoperati. Si cominciarono a progettare i viaggi di scoperta che culmineranno nei viaggi di Colombo e di Magellano. Il genio di Archimede dal canto suo indagava sui principi che regolano molti fenomeni fisici e Pitagora mescolava alla sua filosofia l'indagine sperimentale sulle corde vibranti. La cultura greca, travasata ed ampliata poi in quella Ellenistica, si fuse con la cultura araba e con le culture orientali e tutte si potenziarono a vicenda.

Questo fervore di studi e di ricerche crebbe sempre più, attraversò tutto il Medioevo come un fiume sotterraneo e finalmente all'epoca di Leonardo, favorito anche dalla caduta di Costantinopoli che dirottò verso l'occidente gli studiosi orientali e la cultura ellenizzante, venne allo scoperto, prese coscienza delle sue potenzialità e rovesciando la Scolastica, proclamò apertamente l'indipendenza da ogni principio di autorità, la sua fede nell'esperienza e la sua libertà di interpretare autonomamente i fatti e le scritture. La novità, la freschezza e l'impeto di questo movimento travolsero persino il papato, che in questo periodo assunse comportamenti molto più tolleranti ed illuminati. A prescindere dal mecenatismo per le forme classicheggianti e meno ascetiche dell'arte, basti pensare che Copernico nel 1530, riluttante a pubblicare le sue teorie di cui diede alle stampe solo una parte, fu spinto proprio dal papa Clemente VII a pubblicare la sua opera per intero; opera che poi gli giunse stampata nel 1543 sul letto di morte. Sarebbero trascorsi appena pochi anni e poi si sarebbe scatenata la dura reazione del Concilio di Trento (1545-1563), di cui ebbero a soffrire Galileo e la memoria di Copernico e certamente anche Leonardo, se fosse stato vivo, avrebbe avuto le sue serie difficoltà.

Ma i mutamenti culturali non sono la sola caratteristica del periodo di cui parliamo. Da qualche tempo circolava, infatti, mediamente in Italia una notevole ricchezza, prodotta in gran parte dai fiorenti commerci delle repubbliche marinare, ma anche dalle industrie tessili della Toscana e della Lombardia, famose in Europa e dalla attività dei banchieri che gestivano la ricchezza internazionale avvalendosi di progredite tecniche finanziarie e contabili. Inoltre si viveva in Italia una anomala e per certi versi favorevole situazione politica: mentre in Europa si andavano costituendo i grandi stati unitari, nel nostro Paese permaneva una divisione in tanti piccoli stati a dimensione regionale che erano in continua contesa tra loro per stabilire la loro supremazia con la magnificenza, lo splendore, la grandiosità ed anche con piccole sanguinose guerre.

Venivano così a concorrere diversi fattori per fornire motivazioni e mezzi ad una gran voglia di fare, creando così un mare di opportunità per tutti. Vi era una sete di pittori, scultori, decoratori, artisti dello spettacolo, architetti ed ingegneri capaci di produrre importanti opere d'arte, ideare manifestazioni, erigere monumenti, sistemare il territorio, costruire fortificazioni e progettare sempre più efficienti armi per l'offesa e la difesa. Era quindi più che naturale che si sviluppasse la competizione e da questa emergessero qualificati artisti e geniali inventori. Non meraviglia che in questo clima Leonardo finisse con l'essere uno dei tanti e trovare poi le condizioni per superarli.

L'altra fortuna di Leonardo fu quella di nascere nel piccolo borgo di Vinci come figlio illegittimo del notaio ser Piero da Vinci e di una popolana di nome Caterina. Questa circostanza, che non può proprio dirsi fortunata se ancora oggi in un clima di ampie vedute sociali la parola "bastardo" suona come una gravissima offesa e se di essa ebbe a patire lo stesso Leonardo per l'incresciosa vertenza con i fratelli legittimi che volevano diseredarlo, fu nondimeno per il Leonardo che conosciamo a dir poco provvidenziale. Infatti, il padre, che pur lo amava tantissimo, non ritenne opportuno avviare il figliolo alla carriera giuridica, ben conscio che per la sua condizione di illegittimo non sarebbe stato ben accolto nel suo ambiente. Bene fece,

perché, se ciò fosse avvenuto, probabilmente Leonardo sarebbe rimasto un oscuro notaio, come lo sarebbero rimasti ser Piero e suo padre anch'esso notaio, se non avessero avuto la ventura di essere padre e nonno di cotanto genio. Ser Piero, invece, colpito dalla bellezza e precisione dei disegni che il figlio andava eseguendo, pensò di mandarlo a bottega presso il maestro Verrocchio.

C'è ora da dire che le botteghe del Rinascimento non erano quelle che oggi designiamo con lo stesso nome e cioè luoghi dove si impara un mestiere per poi esercitarlo a fin di lucro presumibilmente per tutta la vita. Queste botteghe erano luoghi in cui si realizzavano i più diversi progetti, da quelli di opere artistiche a quelli di arredamento e di spettacoli, in cui si imparava a risolvere ogni sorta di problemi e si imparava a dipingere, a recitare, a lavorare il marmo, a modellare l'argilla e a fondere i metalli. Esse erano dirette da valenti e famosi artisti tra cui appunto il Verrocchio e il Pollaiuolo ed è qui che Leonardo esercitò il contatto con le cose concrete ed affinò la capacità di osservare, progettare, verificare e dedurre nei più svariati campi di attività.

C'è chi riduttivamente vuole evidenziare in Leonardo la sua formazione di bottega, ma è proprio questa che non lo farà cadere nella trappola del sapere astratto e lo avvierà a comprendere il valore dell'esperienza che caratterizza la Scienza moderna. Leonardo stesso, polemizzando con i dotti del suo tempo, sostiene che, sebbene essi lo considerassero "uomo senza lettere", era bene sapere che non è vera scienza quella che nasce e muore solo nella mente, senza riscontro con il dato sperimentale.

D'altra parte le botteghe non erano solo ambienti di lavoro, ma punti in cui confluivano non solo committenti comuni, ma anche intellettuali di elevata e multiforme cultura, con i quali Leonardo interagì e dai quali ebbe preziose informazioni e libri sufficienti per integrare in senso teorico ed umanistico quella cultura che aveva dovuto ricevere per altra via. Fu così che Leonardo imparò il latino, conobbe Aristotele, lesse Archimede e li fuse con la sua esperienza, elaborando una sua metodologia scientifica che, con buona pace di Galileo, è l'atto di nascita della scienza moderna ed elaborando anche una sua filosofia, rispettosa dei "libri incoronati", ma tendente al panteismo idealistico. per le quali cose era conosciuto e stimato come saggio. Nell'ambiente della bottega, oltre ai condiscipoli che, come il Botticelli e il Perugino furono artisti di rilievo, conobbe anche Paolo Toscanelli astronomo teorico del viaggio di Colombo, Amerigo Vespucci che gli regalò dei libri ed Antonio dalle Torre che lo aiutò nei suoi studi di anatomia. Anche in seguito, a causa della sua attività al servizio dei potenti, ebbe modo di conoscere altre personalità come il matematico Luca Pacioli (figura 5), che fu suo amico e suo maestro in geometria (figura 6), nonché Fernandez Gonzales de Oviedo naturalista e biografo di Cristoforo Colombo, che lo avrebbe voluto con sé per dipingere adeguatamente la lussureggiante flora del Nuovo Mondo.

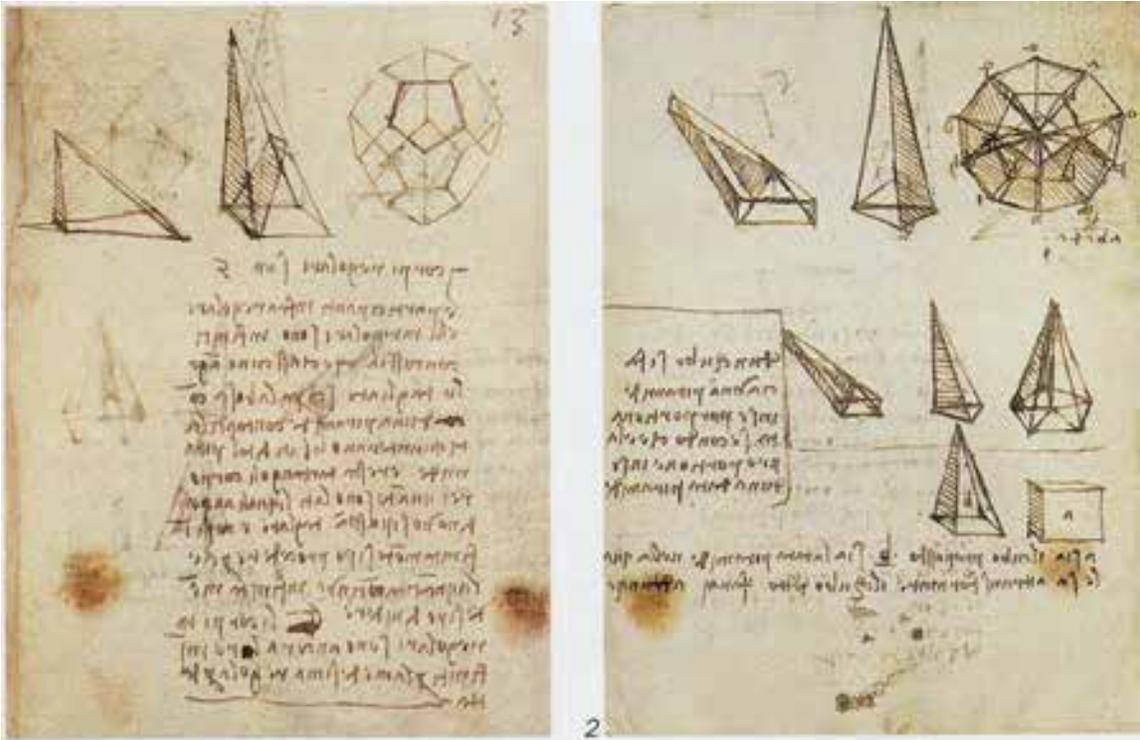


Fig 5

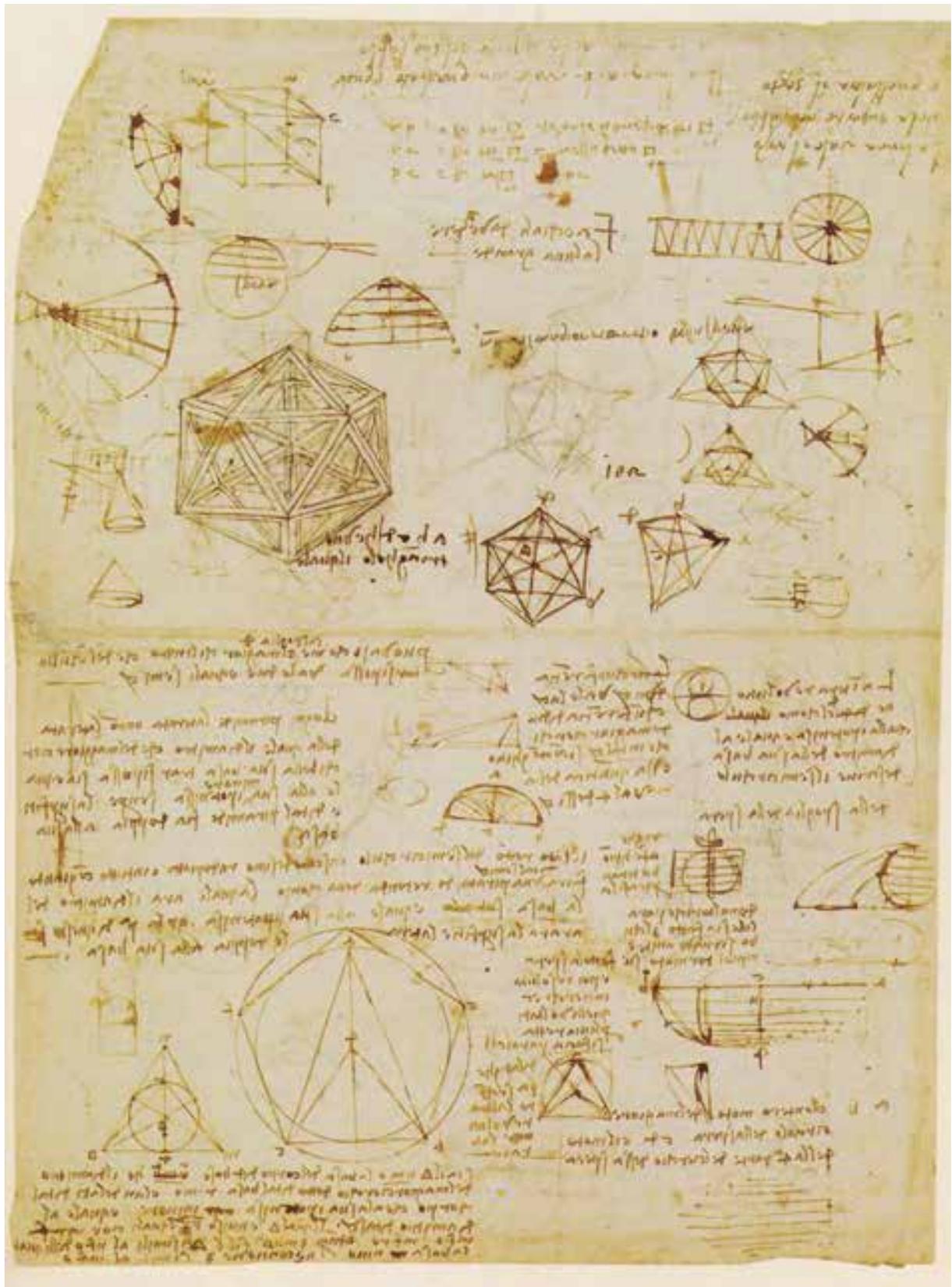


Fig 6

Affrancatosi dalla bottega, Leonardo esordì essenzialmente come pittore, ma da subito si rivelò poco affidabile. Produceva i suoi lavori con estrema lentezza e consegnava, quando consegnava, con notevole ritardo. Ciò era dovuto al fatto che, non sempre soddisfatto del suo lavoro, tornava a fare modifiche e ritocchi che allungavano i tempi. Nel suo primo periodo fiorentino dipinse una Adorazione dei Magi, un S. Girolamo e due Annunciazioni di cui la prima con un errore di prospettiva che poi appare corretto nella seconda. La sua non era una pittura di getto, ma una occasione di studio per capire i problemi della comunicazione pittorica.

Era appunto il tempo in cui si cominciava ad avvertire l'esigenza del realismo nell'arte ed era un realismo che passava per l'indagine scientifica.

Si tendeva innanzitutto ad ottenere che l'espressione pittorica piana si dotasse di quella capacità comunicativa che per sua natura non aveva e cioè l'indicazione della profondità. I primi tentativi di risolvere questo problema consistettero nel ricercare quei dettagli dell'immagine bidimensionale che conferiscono la sensazione della profondità e si scoperse che essi consistevano nell'apparente inclinazione di linee che dovrebbero essere orizzontali. Nasceva così la prospettiva ed un primo esempio di questa tecnica possiamo averlo in Giotto, ma le inclinazioni adottate da questo artista erano approssimative e visibilmente sbagliate. Fu il Brunelleschi che, introducendo i punti di fuga, enunciò delle regole corrette, che però sono pur sempre regole pratiche e fu invece Leonardo che, ricorrendo alle sue più avanzate conoscenze geometriche e guidato dalla relazione che esiste tra la scena reale e la sua riflessione sul piano di uno specchio, riconobbe che i punti dell'immagine pittorica corretta sono le proiezioni dei punti dello spazio ritratto sul piano della rappresentazione. E' questo un primo esempio di effettivo incrocio della scienza con l'arte, che risponde concretamente al realismo scientifico enunciato astrattamente per la prima volta da Piero della Francesca.

Ma la prospettiva è solo uno degli elementi che simulano la profondità. Contano anche le dimensioni apparenti nei vari piani e soprattutto le ombre che richiamano ancora un problema di proiezioni e quindi di geometria. Inoltre la profondità mette in gioco fattori fisici qual è il maggiore assorbimento subito dalla luce proveniente dai piani più lontani, il che suggerisce di adottare un diverso sfumato su piani diversi. La stessa profondità non è poi il solo problema del realismo: il dipinto non è una sorgente di luce, ma riflette solo quella che non assorbe; quindi la luminosità del quadro non è quella della realtà. La quantità e qualità della luce riflessa dipendono dal potere rifrangente dei pigmenti e dalla trasparenza dei veicoli, il che pone un problema scientifico sperimentale sulla composizione dei colori, nel quale Leonardo impegna, come mostra il vasto ricettario nei suoi appunti e nel suo trattato postumo sulla pittura. Inoltre Leonardo condusse anche ricerche tendenti ad ottenere delle tecniche, che gli consentissero rifacimenti e ritocchi e per questa esigenza, nello stesso tempo che scoperse ed amò l'olio, rinunciò alla collaudata tecnica dell'affresco per avventurarsi in sperimentazioni, che gli valsero le già ricordate disastrose conseguenze nella battaglia di Anghiari e nel Cenacolo. Parimenti, Leonardo non si contentò della profondità fisica, cui aggiunse come elemento fondamentale la profondità psicologica, curando le espressioni (vedasi la Gioconda, figura 7) e le atmosfere degli ambienti (vedasi la Vergine delle Rocce, figura 8).

Questi problemi appassionavano Leonardo più della pittura stessa e come se questo non bastasse, il programma di Piero della Francesca indicava come altro importante elemento di realismo la fedeltà della rappresentazione anatomica. Leonardo prese sul serio questa indicazione ed iniziò una serie di studi anatomici, che non si limitarono agli aspetti esteriori delle membra, ma si spinsero al loro sezionamento per appurare



Fig 7



Fig 8

la loro struttura interna ed alla ricerca della fisiologia, per poter più adeguatamente rappresentare non solo l'essere vivente ma anche il suo atto di moto.

Da cosa nasce cosa e questo suo interesse, nato dalle esigenze del realismo pittorico, finirono col

trasformarsi in un autonomo interesse scientifico cui diede nel tempo largo sviluppo. Arrivò persino a studiare l'embriologia e, cosa nuova e impensabile al suo tempo, diede una rappresentazione del feto nei suoi vari stadi (fig. 9). I risultati delle sue osservazioni venivano puntualmente documentate nei manoscritti con chiari ed artistici disegni consentitigli dalla sua abilità di pittore. Per assolvere queste esigenze di chiarezza, inventò diverse tecniche di rappresentazione: le sezioni, le prospettive, le trasparenze, le diverse colorazioni e, quanto mai originalissima, la tecnica dell'esplosione oggi molto adoperata nella rappresentazione dell'assemblaggio degli organi meccanici (figura 10). Leonardo si mostra orgoglioso di queste tecniche, perché, a suo dire, consentono di vedere con un solo colpo d'occhio quello che non si vedrebbe negli stessi corpi degli esseri viventi, senza disfarne più d'uno. Sono le stesse tecniche che adopererà nella rappresentazione meccanica in una sorta di anatomia delle macchine.

Lo studio dell'anatomia torna a servire la pittura perché è un modo per capire il meccanismo della visione. L'occhio non emette segnali esplorativi, come sostenevano alcune teorie del tempo, ma riceve semplicemente i raggi delle diverse sorgenti e questi lo impressionano. Leonardo scopre che l'occhio funziona come una piccola camera oscura e che la parte sensibile che raccoglie l'immagine è la retina. La cosa interessante è che egli, per affettare più agevolmente un occhio di bue, lo fa prima bollire nella chiara d'uovo, anticipando di cinque secoli quella che oggi è la tecnica di congelamento dei preparati anatomici per meglio ricavarne fettine ultrasottili da osservare al microscopio in luce trasmessa. Non è il solo caso di tecnica preparatoria, perché, ad esempio, Leonardo, per osservare la struttura interna delle ghiandole, le riempiva preventivamente di un materiale fluido, che poi si solidificava fornendo un calco.

Per gli stessi fini pittorici, l'interesse per l'anatomia delle piante è pari a quello per l'anatomia umana e ciò induce Leonardo a studiare l'anatomia e la fisiologia vegetale, che inevitabilmente il suo spirito speculativo non può non paragonare a quelle dell'uomo, cogliendo differenze ed analogie. Nascono così l'anatomia e la fisiologia comparate e la comparazione diventerà in seguito una sua abitudine mentale e si estenderà alle macchine, alla Terra e all'Universo. In biologia vegetale scopre la fillotassi, il geotropismo, il meccanismo del nutrimento e la circolazione ascendente e discendente. Contestualmente studia la circolazione nell'Uomo, la circolazione delle acque sulla Terra e per eccesso di comparazione ignora la vera funzione del cuore che vede solo come riserva di sangue e di calore.

Aveva trent'anni quando Leonardo decise di trasferirsi a Milano presso la corte di Ludovico il Moro. Le ragioni di questa decisione sono diverse e non tutte chiare.



Fig 9



Fig 10

Da un lato per le ragioni suddette non trovava facilmente commesse, malgrado l'interessamento del padre e Milano più dinamica di Firenze poteva forse offrire di più. Dall'altra gli pendeva un processo per sodomia che poi fu sospeso, perché tra gli accusati c'era anche un rampollo dei Tornabuoni, potente famiglia imparentata coi Medici. Un'altra fonte narra che Ludovico il Moro avesse chiesto a Lorenzo dei Medici, suo alleato ed amico, un abile suonatore di liuto da impiegare nei suoi spettacoli e si dava il caso che Leonardo avesse costruito un liuto e lo suonasse divinamente, accompagnando canzoni da lui scritte e cantate. In sostanza, Leonardo era quello che oggi si direbbe, un cantautore e per di più si narra che fosse uomo di bell'aspetto, di piacevoli modi e bravo nel raccontare facezie e proporre indovinelli. Fatto sta che nel 1482 Leonardo si ritrova a Milano, ed esiste una lettera, con la quale egli offre al Moro i suoi servigi come pittore, scultore, architetto e ingegnere militare.

A Milano Leonardo rimase per circa vent'anni e questo fu per lui un periodo di grande serenità e tranquillità. Fu anche il periodo in cui le diverse opportunità trascinarono i suoi interessi verso la meccanica. La regione era ricca di industrie, aveva necessità di sistemazioni idrauliche ed era un campo aperto all'adozione di nuovi ritrovati tecnici. D'altra parte la perpetua guerra con Venezia faceva sentire l'esigenza di sempre più sofisticati armamenti e il fasto della corte aveva bisogno di spettacoli, assistiti da sempre più ingegnosi e sorprendenti meccanismi. Cosicché Leonardo, nel mentre che continuava ad esercitare la pittura realizzando la Vergine delle Rocce, la Dama con l'Ermellino e più tardi il Cenacolo e nel mentre che continuava i suoi studi sperimentali, particolarmente quelli di anatomia, andava riempiendo i suoi quaderni con una quantità di progetti per le più diverse applicazioni. Ci sono pervenuti progetti per una vite di Archimede (figura 11), per una macchina produttrice di lime (figura 12) per un giunto cardanico, per i cuscinetti a sfere (figura 13), per un differenziale, per un cambio di velocità (figura 14), per catene di acciaio, per perforatrici, per torni, per una macchina filettatrice, per battelli a pale (figura 15), per un



Fig 11 "ALA Leonardesca Università Molise"

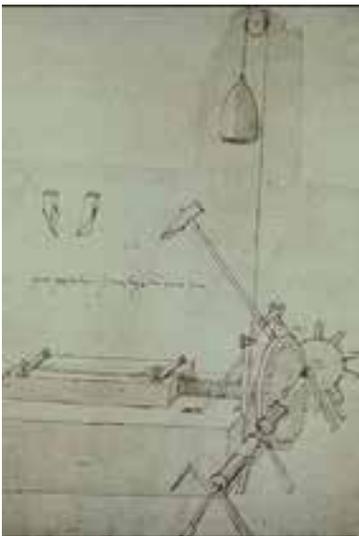
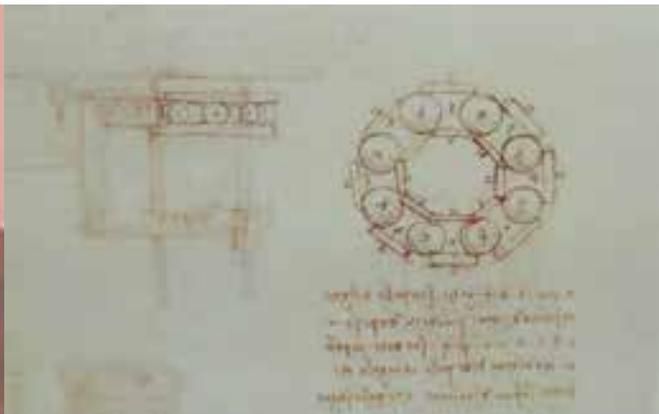


Fig 12

Fig 13



paracadute (figura 16), per un filatoio, per cimatrici, per un carro semovente caricabile a molla (figura 17), per la biella, per degli aspirafumo, per ponti girevoli, per vari tipi di gru, per un mulino a cascata (figura 18), per un battipalo, per una sega alternativa (figura 19), per un carretto automatico a molla, capace di suonare contemporaneamente più strumenti (figura 20), e per un pendolo a scappamento, solo per citarne alcuni. A queste ideazioni, per così dire civili, si aggiungono tutti gli ingegnosi ritrovati di impiego militare come il carro armato (figura 21), il carro falcato, il mulinello di pale, le ringhiere di protezione, i cannoni di grande diametro, i cannoni a vapore, l'accensione automatica dei cannoni e la loro carica dal retro, i proiettili sagomati, gli attenuatori del rinculo, i cannoni a revolver, la balestra gigante (figura 22), il gruppo di quattro balestre, i ponti trasportabili, vari tipi di bastioni e i rostri subacquei (figura 23). Altri progetti civili di dimensione più ampia sono la sistemazione della rete



Fig 14

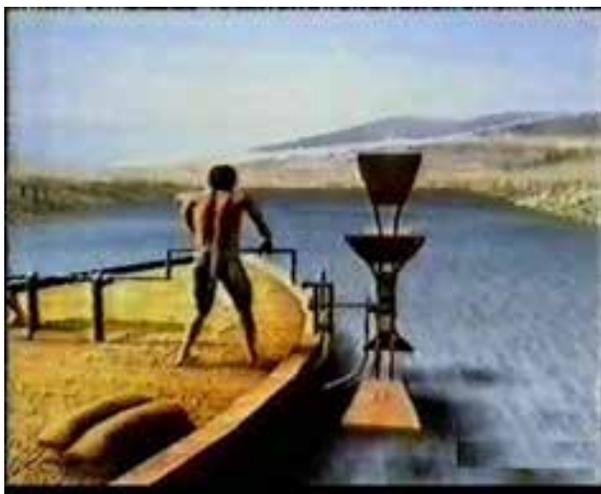


Fig 15



idrica lombarda con l'adozione di chiuse a doppie porte, la progettazione di una città ideale su tre livelli che potesse separare le zone più vivibili da quelle per loro natura più infette, i rilevamenti topografici della zona di Imola ed il progetto di un arditissimo e modernissimo ponte sul Bosforo ad una sola arcata (figura 24) offerto al sultano e mai realizzato, né quasi sicuramente realizzabile con le risorse tecniche dell'epoca. Infine non abbiamo traccia, probabilmente per la scomparsa dei relativi manoscritti, di quelle poderose macchine di cui Leonardo sicuramente si servì per innalzare e movimentare astri e figure mitologiche nei fantasmagorici spettacoli offerti alla corte del Moro. Di questi nelle cronache del tempo è rimasta famosa la cosiddetta Festa del Paradiso.

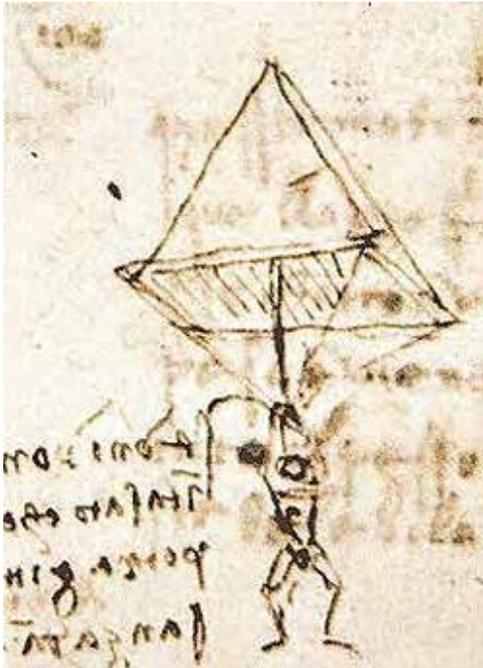


Fig 16

Non sappiamo con certezza quanti e quali di questi progetti abbiano trovato all'epoca una realizzazione. Molti di essi, però, in epoca recente hanno dato luogo a delle ricostruzioni, talvolta in scala ridotta, sulla base dei disegni di Leonardo al fine di popolare le varie sale dedicate al ricordo del Genio, tra cui il Museo della Scienza e della Tecnica di Milano. Questo particolare accento però, sulle attività di Leonardo, rischia di creare un equivoco: lo si fa passare per uno straordinario e versatile inventore il che non corrisponde all' effettivo valore della sua opera. Molte delle macchine che vengono presentate non sono una novità. La vite di Archimede non è nemmeno un'invenzione del siracusano, perché la usavano già gli egizi. Gli stessi egizi avevano già idea della trasformazione dell'attrito radente in volvente, quando facevano rotolare i massi di pietra su tronchi cilindrici. Esistevano già enormi e funzionali gru usate da Brunelleschi per sollevare e movimentare i materiali al livello della cupola di S.Maria del Fiore e Leonardo, che all'epoca era allievo del Verrocchio, le vide e ne rimase impressionato. I battipalo erano già in uso al tempo di Cesare per gettare ponti sul Reno e il mulino ad acqua era già stato descritto da Vitruvio. Nella maggior parte dei casi Leonardo ha apportato solo più o meno geniali modifiche a dispositivi già noti. Poi, al suo tempo, considerato quanto abbiamo già rilevato sul Rinascimento, essere inventori era una regola e d'ingegneri ve n'erano di bravissimi. Basta ricordare il Taccola, Francesco di Giorgio Martini e Leon Battista Alberti, il quale, fra l'altro, progettò un ingegnoso dispositivo per recuperare le navi romane affondate nel lago di Nemi.

Il rumore sollevato sulle dotazioni di macchine dei musei rischia di oscurare il vero fondamentale contributo di Leonardo al problema della meccanica. Il comune inventore pratico, sulla base dell'intuizione e dell'esperienza, cerca il dispositivo che può risolvere un particolare problema, lo prova e se ha successo, lo adotta. Leonardo, invece, fa scaturire le sue soluzioni dalla ricerca dei principi dai quali certi comportamenti discendono, a prescindere dal caso particolare. Riconosce, inoltre, che questi principi hanno portata universale e si possono trasferire al corpo umano, alla Terra e all'Universo.

Per Leonardo i principi primi sono il moto e le forze che lo governano, quindi fa un lungo esame di come le forze agiscono,



Fig 17

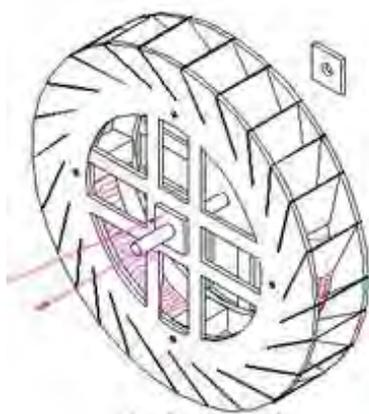




Fig 18

"ALA Leonardesca Università Molise"

si originano, si spengono, si trasferiscono e delle relazioni che esse hanno con la velocità. Dice testualmente:

"Forza, dico essere una virtù spirituale, una potenza invisibile la quale per accidentale esterna violenza è causata dal moto e collocata e infusa nei corpi, i quali sono dal loro naturale uso retratti e piegati, dando a quelli vita attiva di meravigliosa potentia; costringe tutte le create cose a mutazione di forma e di sito; corre con furia alla sua desiderata morte, e vassi diversificando mediante le cagioni. Tardità la fa grande e prestezza la fa debole; nasce per violenza e muore per libertà e quanto è maggiore più presto si consuma. Scaccia con furia ciò che si oppone a sua disfazione, desidera vincere, occidere la sua cagione il suo contrasto e, vincendo, se stessa occide; fassi più potente dove trova maggior contrasto. Ogni cosa volentieri fugge sua morte; essendo costretta, ogni cosa costringe. Nessuna cosa senza lei si muove e nessun moto fatto da lei fia durabile; e spesso genera mediante il moto nuova forza."

Più di uno sostiene che Leonardo ha intuito il principio di inerzia, ma dalla lettura del passo precedente pare invece che egli resti ancorato al principio aristotelico che il moto può essere causato solo da una forza e quindi non ha il concetto di moto e ancor meno di moto uniforme come uno "status" che non ha bisogno di cause per mantenersi, così come poi lo vide chiaramente Galileo. In Leonardo, invece, nasce un diverso concetto della forza soggetta a trasformarsi in qualcos'altro e un diverso concetto dell'azione che egli chiama "colpo" o "percussione" e che contiene l'idea del trasferimento. Nasce anche l'idea che la velocità possa convertirsi in una forza e tener luogo di questa.

Che i moti inerziali esistano, è dimostrato continuamente dall'esperienza comune quotidiana. Esistono cioè, moti che continuano a verificarsi senza l'apparente intervento di una forza. Con questo

fenomeno dovette fare i conti anche Aristotele, malgrado i suoi principi affermassero il contrario e se la cavò dicendo che il mezzo esercita una spinta sul corpo in moto. Il che a noi, edotti del fatto che sui corpi a coda tronca muoventisi in un mezzo fluido agisce la pressione generata per effetto Bernoulli dall'espansione dei filetti fluidi nella scia, potrebbe anche apparire plausibile. Sennonché l'azione frenante all'apertura dei filetti è ben maggiore della spinta recuperata e Leonardo, pur senza queste raffinate considerazioni, sa benissimo che i fluidi frenano ma non accelerano positivamente i corpi. La sua spiegazione, invece, è che la forza, trasferita con la percussione sotto forma di velocità, continua

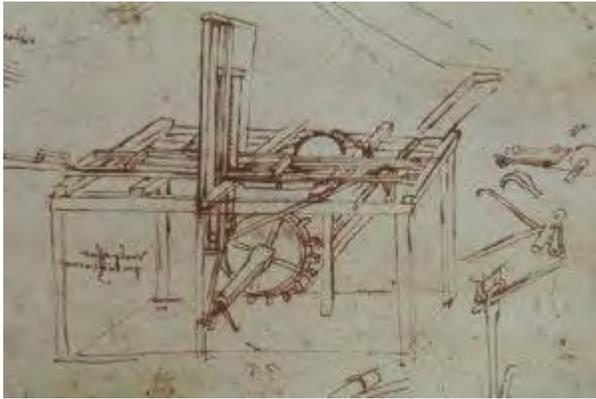


Fig 19



"ALA Leonardesca Università Molise"



Fig 20



Fig 21



ad essere presente nel corpo ed è cagione del suo successivo movimento fin quando questa velocità non viene abbattuta.

Non solo nel moto inerziale ma anche nelle macchine si proponeva un problema simile. All'inventore sprovveduto la notevole forza prodotta da una leva o da un piano inclinato sembravano una creazione di vantaggio, ma Leonardo osserva, come alla creazione di una forza corrisponda una proporzionale perdita di velocità e viceversa, cosicché ciò che si conserva e rimane inalterato in ogni punto della macchina, è il prodotto $F v$ che anche Leonardo chiama "potenza". Ora noi sappiamo che la potenza è energia trasferita o trasferibile nell'unità di tempo e ciò ci autorizza a pensare che Leonardo, senza conoscere il nome di questa grandezza non ancora evidenziata, avesse in realtà scoperto la conservazione dell'energia, identificando l'energia con la *virtù spirituale infusa nei corpi come meravigliosa potentia*, che può assumere l'aspetto di forza o di velocità ed avesse intuito il fatto che l'energia è un concetto più ampio di quello di forza, essendo questa una manifestazione del trasferimento di quella.

Il diverso concetto di forza porta anche altre conseguenze. Se una forza causa una velocità e la velocità a sua volta causa una forza, è possibile pensare un sistema in cui questi scambi avvengano alternativamente dando luogo ad un moto perpetuo. Leonardo stesso propose un esperimento mentale per illustrare questo concetto. Se pratichiamo un foro nella Terra lungo un diametro fino a farlo riemergere dalla parte opposta e in questo pozzo gettiamo un sasso, questo cadrà fino al centro della Terra e per la velocità acquisita proseguirà fino a portarsi all' antipodo della posizione iniziale, dopo di che ricadrà facendo il percorso inverso e poi ricadrà di nuovo, oscillando all'infinito (fig. 25). Ma ciò è vero solo se nel condotto non esiste aria o altro fluido frenante, altrimenti l'oscillazione si smorza e il sasso alla fine si ferma al centro della Terra. Sono dunque le resistenze del mezzo e gli attriti quelle cause che impediscono il moto perpetuo.

Leonardo quindi studia gli attriti ed in particolare la resistenza dei mezzi fluidi, scoprendo che questa, almeno per i moti da lui sperimentati, è proporzionale alla sezione del corpo in moto ed alla sua velocità. In conseguenza progetta dispositivi che eludono o sfruttano questa resistenza come il paracadute e la particolare struttura dei proiettili a forma ogivale con alette di direzione, in luogo delle palle di cannone ordinariamente in uso all'epoca (figura 26).

Un'altra conseguenza del concetto di forza è che, se essa nasce quando la potenza è costretta a non trasferirsi, per ragione di equilibrio esiste comunque, una forza uguale e contraria che la costringe e, quando questa non c'è più, anche la forza, come dice Leonardo, muore e si trasforma in velocità. Su queste basi nasce il principio di azione e reazione che Leonardo intuì per primo, ma non ne ebbe merito perché le sue riflessioni furono ignorate.

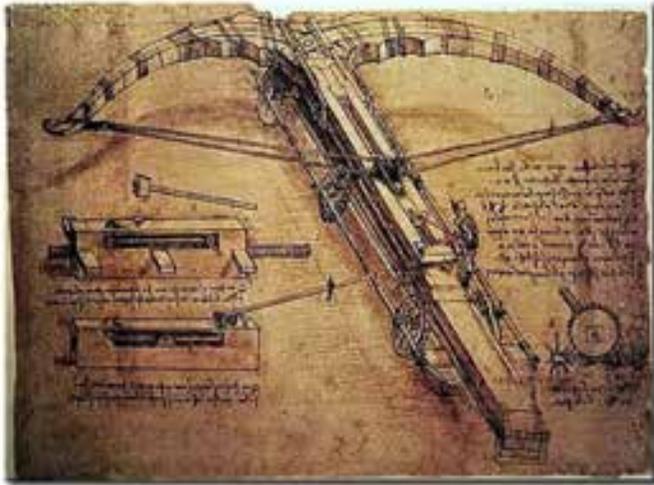


Fig 22



Fig 23



Fig 24

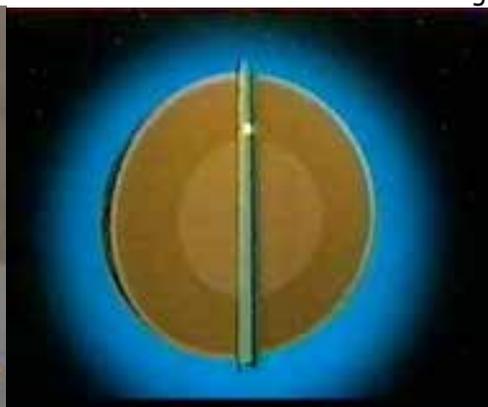


Fig 25

Dalla relazione $f_v = f'v'$ la proporzionalità tra le velocità e i bracci conduce anche alla relazione $f_b = f'b'$ da cui le condizioni per l'uguaglianza e l'equilibrio dei momenti che Leonardo studiò unitamente alla composizione delle forze, l'individuazione dei centri di azione e dei baricentri, la diversa collocazione dei

punti di applicazione e dei vincoli, le condizioni di equilibrio e il poligono di appoggio.

Leonardo osservò anche che un sistema equilibrato si manovra con maggiore facilità introducendo quel principio che egli applicò nella doppia gru girevole con carichi compensati (figura 27) e che oggi si ritrova applicato nelle teleferiche, nelle funicolari, negli ascensori e nei dolly che servono a spostare con facilità nello spazio i cineoperatori.

Chi disse orgogliosamente "da mihi ubi consistam, Terram levabo", a parte il problema di individuare un fulcro adatto e le migliaia di miliardi di miglia che si sarebbero dovuti percorrere nell'Universo per sollevare la Terra di un solo millimetro, non considerò il fatto che la leva si sarebbe spezzata. Analogamente i progettisti dell'epoca pur avendo una certa conoscenza della resistenza dei materiali nei campi di impiego collaudati dalla pratica, non erano in grado di prevedere cosa sarebbe accaduto per impieghi in situazioni diverse. Basti pensare che il Brunelleschi fallì il progetto di inondare Lucca con le acque dell'Arno, inondando invece il campo degli assediati, perché non calcolò adeguatamente le differenze di livello. Leonardo invece, pose attenzione al problema delle resistenze dei materiali che distingue le macchine reali da quelle ideali e decide la plausibilità della realizzazione del progetto. Mise resistenze e deformazioni in relazione con le dimensioni e le condizioni di lavoro degli elementi resistenti. Studiò le travi appoggiate, incastrate, a sbalzo e caricate di punta. Costruì anche una macchina per testare le resistenze a trazione. Il suo studio nei metodi e spesso anche nelle conclusioni è degno di un moderno trattato di ingegneria civile.

Fra l'altro Leonardo studiò i moti e le loro caratteristiche; studiò il moto dei proiettili e la caduta dei gravi. Rilevò l'aumento della velocità di caduta col tempo e notò la deviazione verso est. Conscio, inoltre, che le sorgenti di potenza disponibili agiscono solo secondo poche semplici traiettorie, studiò la possibilità di utilizzare dispositivi meccanici che trasformano un tipo di moto in un altro, come ad esempio moto circolare in moto alternativo e viceversa, moto a velocità fissa in moto a velocità variabile, moto rotativo in moto oscillante, moti su piani perpendicolari l'uno nell'altro ("ingranaggio a lanterna") (figura 28) e così via.

Attenzione particolare Leonardo dedicò ai principi che regolano l'equilibrio e il moto dei fluidi ed in particolare le acque di cui era ricca la campagna di Vinci, dove egli bambino fece le sue prime esperienze e di cui era ricca la Lombardia, dove egli aveva più occasione di operare. Perfezionò il principio dei vasi comunicanti applicandolo a liquidi di densità diverse. Studiò il moto di una condotta stabilendo il principio di continuità e le leggi dell'efflusso dei liquidi attraverso gli orifizi. Calcolò la potenza di una cascata e la utilizzò come sorgente di energia. Progettò dei sollevatori di acqua funzionanti con la corrente



Fig 26



Fig 27 "ALA Leonardesca Università Molise"



Fig 28" ALA Leonardesca Università Molise"

dei fiumi o dei canali, per accumulare potenza nei bacini delle cascate. Diede un valido contributo alla navigazione tra fiumi e canali, perfezionando le chiuse delle conche di sollevamento. Sottopose a percussione la superficie dell'acqua e generò delle onde. Paragonò questi effetti a quelli ottenuti con la percussione delle sorgenti sonore sull'aria e, poiché le leggi della propagazione delle onde liquide e sonore presentavano analogie con la propagazione dei raggi luminosi, propose per primo una teoria ondulatoria della luce. Comunque gli studi di meccanica non distraggono Leonardo dalle ricerche di anatomia ed anzi queste si avvalgono di quelli per una veduta unificante, che riconosce operanti gli stessi principi nelle due discipline. Le tecniche di rappresentazione in un campo si rivelano ugualmente valide nell'altro. L'organismo animale si muove sotto l'azione di forze che agiscono attraverso dispositivi simili a quelli delle macchine, come leve, centri di rotazione e tiranti. Esistono in ambedue i campi, un problema degli attriti ed opportune idonee strutture per ridurli. Esiste negli organismi come nelle macchine un problema di adattamento della resistenza delle strutture ai carichi ed in ambedue esiste un problema di trasformare alcuni movimenti in altri più opportuni. E' comune, inoltre, il problema dell'alimentazione, della distribuzione dei nutrimenti e della raccolta dei rifiuti, così come in una fornace esiste un circuito di adduzione del combustibile ed uno di smaltimento delle ceneri. La circolazione del sangue e delle linfe soggiace alle stesse leggi dell'idraulica per quanto attiene alle sezioni, alle portate ed alle pressioni. La macchina vivente è soltanto più complessa e più enigmatica, soprattutto per quanto concerne l'autonomia e la programmazione dei movimenti.

Ciò tuttavia non significò una meccanizzazione della vita, ma fu visto da Leonardo come un travaso che può essere rovesciato, trasferendo la vita alle macchine. Uno dei suoi principali obiettivi, infatti, fu proprio quello di realizzare l'automazione, vale a dire quella proprietà delle macchine che riduce al minimo l'intervento dell'uomo, facendole abili di fare in suo luogo opportune scelte. Punto di arrivo di questa tendenza fu anche la progettazione e realizzazione di un robot, che, però, non era tanto più efficiente di una macchina automatica e le forme umanoidi erano principalmente dettate dalla esigenza di ottenere effetti speciali negli spettacoli.

Il concetto di vita si estende per Leonardo a qualunque cosa si muova o si trasformi nel tempo. Così anche la Terra, di solito considerata inerte, ha per lui una sua vita. Su di essa l'aria e l'acqua circolano in continuazione, questa circolazione erode le montagne ed i fiumi ne trasportano i detriti al mare. Il Po insabbierà l'Adriatico così come ha insabbiato la pianura padana ed eventi simili cambieranno l'equilibrio delle terre sulla crosta cosicché alcune zone si abbasseranno ed altre si solleveranno, formando nuove montagne. Questa insospettabile dinamica della crosta terrestre è causa del sollevamento dei fondi del mare e della presenza di fossili marini a grandi altezze, diversamente



Fig 29 "ALA Leonardesca Università Molise"



Fig 30

"ALA Leonardesca Università Molise"

inspiegabili e oggetto dell'interesse di Leonardo fin da quando in tenera età percorreva, esplorando, la campagna di Vinci. Non c'erano e non potevano esserci ancora i dati osservativi che poi furono a base della teoria del Wegener, ma l'intuizione di Leonardo è in parte giusta e con essa nasce la geologia. Parimenti Leonardo rifiutò l'idea che l'Universo fosse costituito da corpi di natura divina incorruttibile essenzialmente diversa da quella dei corpi del nostro mondo. Egli, invece, lo concepì come una macchina celeste conformatasi alle ordinarie leggi della meccanica e pervaso da uno spirito che gli dà vita così come la dà ai meccanismi viventi.

Infine gli studi anatomici e quelli meccanici confluiscono e si incrociano in un problema che appassionò lungamente Leonardo e che, dalla leggenda di Icaro in qua, fu il sogno della maggior parte delle menti speculative: il volo umano. Pareva impossibile che l'Uomo, avendo realizzato con la potenza del suo ingegno molte valide protesi del suo essere naturale, non potesse fare quello che normalmente fanno migliaia di volatili e milioni di insetti: cioè volare.

Tutto il problema sta nel fatto che nell'aria difficilmente si possono creare luoghi di reazione che possano sostenere o spostare un corpo pesante. Una possibile maniera per farlo è quello di percuotere ripetutamente l'aria con un'ala, creando così una pressione (volo battente). Ciò però richiede l'applicazione di una forza per lo meno pari a quella del peso da sostenere e con una velocità elevata, necessaria per impedire che l'aria compressa abbia il tempo di sfuggire da sotto l'ala, vanificando l'effetto voluto. E' la stessa ragione per cui oggi è estremamente difficile diffondere delle frequenze acustiche basse senza ricorrere a membrane radianti molto estese e per di più schermate, per isolare l'onda anteriore da quella posteriore. Leonardo pensò di realizzare la notevole forza necessaria con un sistema di leve che azionassero l'ala (figura 29), ma il dispositivo cozzava contro la legge da lui stesso stabilita, per la quale un guadagno di forza comportava necessariamente una riduzione di quella velocità, che, invece, doveva anche dal suo canto aumentare. Veniva cioè, vanificata "a priori" la possibilità di costruire una macchina volante

mossa solo dalla potenza di un uomo.

Una variante al volo battente può essere quella di far muovere l'ala contro l'aria con un moto circolare continuo. Nasce così l'idea dell'elica (figura 30), capace di generare un sostentamento ed una trazione. Dice Leonardo che come la vite si avvita nel legno la sua elica si avviterà nel cielo. Il sistema, per la sua stessa linearità, è più semplice, ma la legge meccanica resta inesorabilmente la stessa, perché all'elica si deve ugualmente imprimere una elevata velocità con una notevole forza. Allora perché gli uccelli senza un adeguato motore volano? La risposta è semplice: perché la Natura ha provveduto ad uguagliare la potenza disponibile a quella necessaria utilizzando due accorgimenti. Da un lato ha sviluppato notevolmente i muscoli pettorali che muovono le ali, quasi a somiglianza dei muscoli delle scimmie volanti e dall'altra ha ridotto i pesi degli organismi con l'adozione di ossa cave ugualmente resistenti ma più leggere. Recentemente un ingegnere aeronautico californiano, applicando le idee di Leonardo e avvalendosi dei materiali resistenti e nello stesso tempo più leggeri prodotti dalla tecnologia moderna, è riuscito a costruire un velivolo mosso dalla sola forza delle sue gambe, col quale non solo si è levato da terra ma ha anche compiuto l'eccezionale impresa di trasvolare il canale della Manica.

Si può ancora pensare di muovere l'aria contro l'ala anziché l'ala contro l'aria e per la relatività dei moti si possono registrare gli stessi effetti di sostentamento e di trascinamento (volo librato). Solo che in questo caso la potenza necessaria è fornita dalla corrente d'aria, alla quale occorre affidarsi. Leonardo osservò ed annotò questo stare immobili degli uccelli nell'aria, il loro planare e si convinse sempre di più della opportunità di una forza esterna per realizzare il volo. Al giorno d'oggi, una raffinata tecnica dei materiali superleggeri ed una conoscenza più completa dell'aerodinamica consentono ai deltaplani di percorrere centinaia di chilometri e superare catene di montagne, sostenuti solo dalle correnti d'aria.

Un ulteriore modo di muovere un oggetto pesante nell'aria, sia pure per un attimo, è quello costituito dal rinculo del cannone, nel quale i gas prodotti da una esplosione reagiscono sul muro d'aria creato dalla loro velocità di efflusso dalla bocca. Dice Leonardo: *"quando essa fiamma percote e spinge nella contrapposta aria, essendo unita a quella che pinge nel fondo, è cagione che la bombarda spinga in dietro, perchè, non potendo la parte della fiamma che percote nell'aria avere quel subito transito che l'è necessario, fa forza dalla opposta parte"*. In questo caso la potenza c'è ma ha il difetto di essere istantanea. Ci vorrebbe un motore che generasse continue esplosioni.

In conclusione, quando i motori, di cui abbiamo ravvisato l'esigenza, qualche secolo dopo furono alla fine inventati, il volo meccanico nei suoi principi essenziali, compreso il principio di reazione, era già stato tutto pianificato nei disegni e nelle osservazioni di Leonardo da Vinci.

Con la caduta del Moro Leonardo è costretto a cercarsi nuovi committenti ed a rimettersi il sacco sulle spalle. Si dirige prima a Mantova, ma, constatato che Isabella teme, ospitandolo, la rottura con i francesi, riparte per Venezia, che allora si trovava sotto la minaccia dei turchi e poteva aver bisogno delle sue prestazioni. Di lì a poco però i turchi, a loro volta minacciati altrove, si ritirarono e Leonardo, licenziato, non ebbe altra scelta che rientrare in Firenze dove, salvo un breve periodo trascorso alle dipendenze del duca Valentino, rimarrà fino al 1506. In quest'anno Leonardo si reca a Milano per curare alcuni suoi interessi e venuto nelle grazie dell'allora governatore francese Carlo d'Amboise, viene da questo pressato a restare, chiedendone a Firenze il benessere con l'intermediazione di Luigi XII. Il soggiorno milanese dura fino al 1513, quando cioè Giuliano dei Medici lo invita a soggiornare in Roma presso la corte di suo fratello, che nel frattempo era stato eletto papa col nome di Leone X.

pacifista e considerava la guerra come un'insania mostruosa che spinge gli uomini agli assassinamenti. Ne ravvisava la necessità soprattutto in caso di difesa, ma metteva malvolentieri il suo ingegno al servizio delle macchine mortali e tendeva a tenerne segreti i progetti.

Agli inizi, per la repubblica di Venezia studiò un sistema di sbarramenti dell'Isonzo per allagare gli accessi alla città in caso di attacchi turchi e studiò la possibilità di attaccare la flotta turca dal fondo marino con un esercito di uomini provvisti di scafandri, respiratori subacquei ventilati (figura 31), e speciali attrezzi perforatori detti sfondacarene (figura 32).

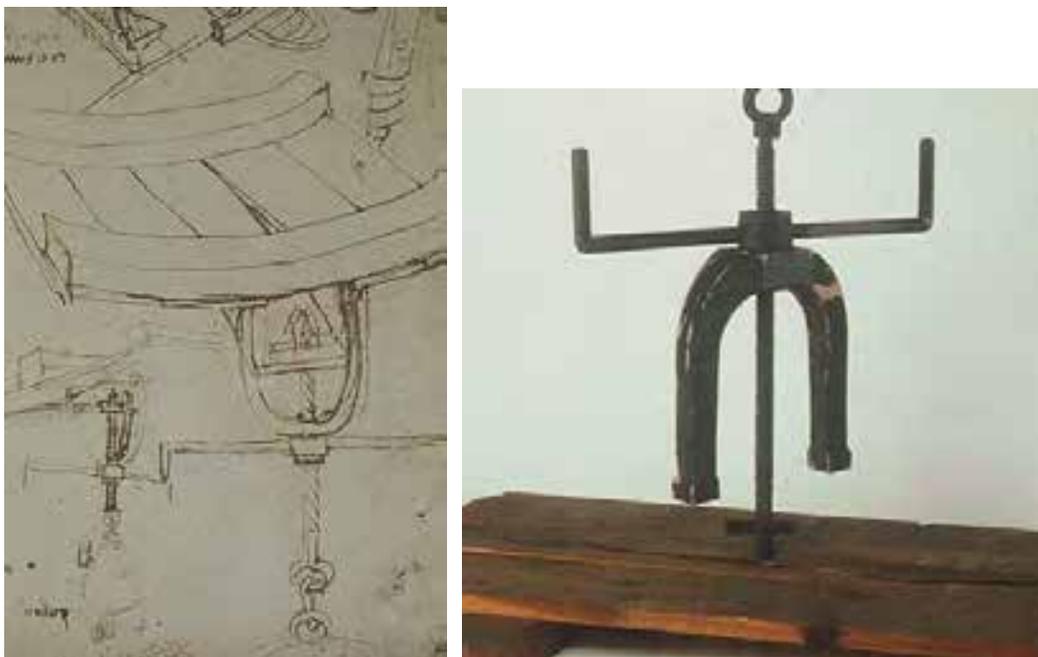


Fig 32

Per il Valentino si occupò fra l'altro della creazione e difesa delle piazzeforti e dell'approvvigionamento di salnitro. Per Firenze studiò un progetto di deviazione dell'Arno per affamare Pisa. In seguito, però, nel soggiorno romano intensificò gli studi di anatomia scoprendo l'arteriosclerosi, si occupò della bonifica delle paludi Pontine e, forse memore dei leggendari e improbabili specchi ustori di Archimede, avviò la costruzione di un grande specchio parabolico, che avrebbe dovuto sfruttare l'energia solare per riscaldare le caldaie delle industrie. Ancora nel soggiorno milanese si occupò essenzialmente di opere idrauliche mentre in quello fiorentino se, da un lato, colse l'occasione per intensificare gli studi sul volo, dall'altro, contravvenendo alla sua iniziale decisione di smettere, si dedicò ancora una volta al pennello, accettando l'incarico di dipingere la battaglia di Anghiari e, soprattutto, accettando di dipingere una nobildonna fiorentina, comunemente nota come Monna Lisa del Giocondo o semplicemente la Gioconda (figura 7). Fu questo un quadro emblematico che Leonardo non consegnò mai e portò sempre con sé nei suoi spostamenti, come un laboratorio nel quale poter studiare con ripensamenti e ritocchi le sue tappe verso la perfezione. Solo alla sua morte, forse un poco prima o un poco dopo, il quadro fu finalmente venduto a Francesco I per la favolosa somma di quattromila ducati d'oro e fu il quadro che, in luogo della tomba profanata, delle ossa disperse o dei diari dimenticati, traghettò nei secoli successivi la memoria del Maestro e risvegliò l'interesse per la riscoperta del suo genio.

Dal modo in cui fin qui sono stati esposti lo sviluppo e l'articolarsi dell'opera di Leonardo, si dovrebbe evincere che in essi le urgenze maturate in un settore disciplinare sono state cagione di ricerche ed acquisizioni in altre discipline molto diverse e le conoscenze da più parti acquisite si sono mediate tra loro, col risultato che ogni principio ha finito con l'assumere portata universale in una teoria unica e coerente. La gestione contemporanea di più problemi da parte di una sola mente ha fatto sì che questi apparissero facce diverse di una problematica unica. Questo sinergismo, che Leonardo rese operante tra i risultati delle sue speculazioni nei molteplici e più diversi campi di indagine, resta unico nella storia, anche se si è spesso registrata in passato una certa tendenza all'elettismo. Perciò ci viene fatto di chiederci cosa potrebbe produrre oggi una mente come quella di Leonardo, se mai rinascesse. La risposta deludente è che forse non sarebbe in grado di manifestare la sua universalità: le dimensioni assunte dal complesso delle conoscenze sono tali che lo scibile non riesce più ad essere dominato da una sola mente. Ne sono prova il proliferare delle specializzazioni e la polverizzazione degli indirizzi di laurea. Dobbiamo allora rinunciare a raccogliere l'esempio che ci tramanda Leonardo? Probabilmente no, perchè le moderne risorse dell'informatica ci vengono incontro. Oggi Internet ed il Web consentono rapide, voluminose e multiformi trasmissioni di messaggi e documenti per gli scopi più diversi, da quelli culturali a quelli commerciali, da quelli criminosi a quelli di svago, ma gli scopi per cui nacque la loro progenitrice Arpanet erano sostanzialmente quelli di creare un facile e rapido veicolo di comunicazione tra le società scientifiche. Compito che ancor più e meglio oggi è svolto dal Web su scala mondiale. E' sperabile allora che le diverse menti del mondo impegnate nella ricerca, potendo comunicare tra loro e scambiare con estrema facilità idee ed esperienze in tempo reale, possano lavorare sinergicamente come una sola mente virtuale, che, su scala macroscopica, si può comportare come si comportò quella umana di Leonardo da Vinci.