

Lucio Lombardo Radice

**La filosofia della natura e la scienza nel
pensiero di Leonardo da Vinci**



In: "L'uomo del Rinascimento", Roma, 1958 pp. 17-44

*I. La filosofia della natura e la scienza
nel pensiero di Leonardo da Vinci*

«La natura è costretta dalla ragione della sua legge, che in lei infusamente vive»

«La proporzione non solamente nelli numeri e misure fia ritrovata, ma etiam nelli suoni, pesi, tempi e siti, e 'n qualunque potenza sia»

Leonardo

«La filosofia è scritta in questo grandissimo libro che continuamente ci sta aperto innanzi agli occhi (io dico l'universo), ma non si può intendere se prima non s'impara a intendere la lingua, e conoscere i caratteri nei quali è scritto. Egli è scritto in lingua matematica, e i caratteri sono triangoli, cerchi, e altre figure geometriche...»

Galileo

Progresso del pensiero, involuzione della società italiana. Quando si tenta di dare un inquadramento, e sia pure sommario e approssimativo, del pensiero di Leonardo, non si può non restare impressionati dal fatto che egli nulla pubblicò delle sue esperienze, meditazioni e invenzioni, che egli non ebbe intorno a sé una scuola, un ambiente culturale nel quale diffondesse i suoi metodi e i suoi risultati, ma solo qualche rarissimo allievo devoto, come il Melzi. A noi sembra da respingere senz'altro un'interpretazione psicologica dell'isolamento scientifico di Leonardo, che taluno vorrebbe dovuto a qualche suo «complesso d'inferiorità» come autodidatta e inesperto di latino, incapace di citare gli «autori» in gara con i dotti umanisti, o a una sua originaria amarezza e ritrosia dal mondo, come figlio illegittimo e fanciullo dall'infanzia infelice. Potranno giustamente interessare, e anche affascinare, le caratteristiche di temperamento di questo genio, capace del più grande calore intellettuale e del più impressionante gelo sentimentale: ma non concernono la sostanza del problema del suo isolamento scientifico.

Un relativo isolamento nella ricerca caratterizza tutta l'epoca nella quale Leonardo visse, non il solo Leonardo. Il fatto è che da una parte l'indagine sperimentale è vista con diffidenza dalla Chiesa, che in particolare ostacola in modo esplicito la anatomia umana, e che condanna tutte le conclusioni non concordanti con le dottrine teologiche; e che, dall'altra parte, l'organizzazione stessa dell'alta cultura allora esistente porta necessariamente all'isolamento del ricercatore, al piccolo gruppo di iniziati, alla scuola chiusa. Occorre non dimenticare che nell'Italia attorno al 1500 il ricercatore, medico, matematico, ingegnere, ha bisogno per vivere e per studiare di appoggiarsi all'incerto favore di principi, re e papi. I ritrovati tecnici e scientifici diventano necessariamente un

patrimonio segreto, che serve a farsi preferire agli altri concorrenti: una proprietà individuale, esclusiva che si offre in gara con altri. Perfino la cattedra universitaria non è una posizione stabile: chi è stato assunto è esposto continuamente ai rischi delle «disfide» di rivali desiderosi di subentrare al suo posto. Se egli non sa risolvere i problemi proposti dal concorrente, la perdita del posto è quasi sicura. Così le formule matematiche, i ritrovati della medicina, i congegni della meccanica applicata tendono a restare un segreto del mestiere, che il maestro confida gelosamente solo all'allievo o agli allievi più fidati. Ricorrono continuamente, nelle lettere nelle quali Leonardo chiede una sistemazione presso questo o quel potente, sia esso Ludovico il Moro, il duca Valentino, il doge di Venezia o Bajazet II, le assicurazioni che egli possiede ritrovati a tutti sconosciuti: modi di far bombarde o di prosciugare paludi o di affondare navi o di costruire ponti che egli solo possiede.

Seppure così ci si renda conto, in prima approssimazione, del fatto che Leonardo abbia tenuto per sé tutti i suoi scritti, e intendesse pubblicarne solo una parte, resta tuttavia aperto un altro problema. Come mai Leonardo non riuscì a realizzare se non pochissimi, e in parte, e compiutamente nessuno, dei suoi progetti di macchine utensili e di armi, di bonifiche e di ponti e così via, neppure quelli che erano tecnicamente realizzabili, e non solo anticipazioni geniali della tecnica dell'avvenire? La risposta a questa domanda implica un giudizio su tutta la società in cui Leonardo visse, e va molto al di là dei limiti del presente studio, che si propone essenzialmente un'interpretazione del pensiero scientifico di Leonardo da Vinci. Tenteremo di dare solo un orientamento, sulla traccia di alcune fondamentali osservazioni di Antonio Gramsci.

Il giovane Leonardo vive nella Firenze di Lorenzo il Magnifico; ed è proprio Lorenzo dei Medici il suo primo protettore, colui che lo raccomanda a Ludovico il Moro. Ora, appunto Lorenzo simboleggia nel modo più completo il «punto critico», il punto di svolta che la società italiana attraversa attorno alla metà del 1400. Lorenzo rappresenta sì un momento culminante della civiltà rinascimentale: ma è il vertice di una parabola, il punto più alto a partire dal quale ha inizio il regresso. Dice Gramsci: «La funzione di Lorenzo è importante per ricostruire il nodo storico italiano, che rappresenta il passaggio da un periodo di sviluppo imponente delle forze borghesi alla loro decadenza rapida. Lo stesso Lorenzo può essere assunto come "modello" della incapacità borghese di quell'epoca a formarsi in classe indipendente e autonoma, per l'incapacità di subordinare gli interessi personali e immediati a programmi di vasta portata... »¹. Che cosa era successo? I Medici, i banchieri che avevano dominato l'Europa, i borghesi che avevano avuto nelle loro mani principi e re, si vanno trasformando in proprietari fondiari, signori e nobili: sono il simbolo dell'involuzione della borghesia comunale italiana.

« Nel 1400 lo spirito di iniziativa dei mercanti italiani era caduto: si preferiva investire le ricchezze acquistate in beni fondiari e avere un reddito certo

¹ ANTONIO GRAMSCI, *Il Risorgimento*. Torino, Einaudi, 1951, p. 35.

dall'agricoltura, piuttosto che arrischiarle nuovamente in viaggi e in investimenti all'estero... Da allora si è radicato in Italia lo spirito retrivo, per cui si crede che sola ricchezza sicura è la proprietà fondiaria»². E' interessante per noi osservare che i soli progetti di Leonardo che hanno un principio di attuazione, in Lombardia, in Toscana, nel Lazio, sono (oltre a certi ritrovati della tecnica militare) alcuni piani di regolazione delle acque e di bonifica fondiaria.

La borghesia comunale «non seppe crearsi la propria categoria di intellettuali, e quindi esercitare un'egemonia oltre che una dittatura; gli intellettuali italiani non avevano un carattere popolare-nazionale ma cosmopolita sul modello della Chiesa e a Leonardo era indifferente vendere al duca Valentino i modelli delle fortificazioni di Firenze»³.

La solitudine, limite dell'uomo italiano del Rinascimento. All'involuzione della società italiana in senso economico e politico, che porta dalla borghesia dei mercanti e dei banchieri, dal regime comunale a una nuova aristocrazia fondiaria, a nuovi ordinamenti di tipo feudale, a una nuova e quasi incontrastata dittatura spirituale della Chiesa cattolica (Venezia è un'eccezione, e meriterebbe una trattazione separata), non corrisponde però una involuzione del pensiero in quanto tale; al contrario, la libera ricerca intellettuale raggiunge posizioni avanzatissime. L'Umanesimo, dunque, ebbe sì «il carattere di una restaurazione, ma, come ogni restaurazione, assimilò e svolse, meglio della classe rivoluzionaria che aveva soffocato politicamente, i principi ideologici della classe vinta, che non aveva saputo uscire dai limiti corporativi e crearsi tutte le superstrutture di una società integrale. Solo che questa elaborazione fu "campata in aria", rimase patrimonio di una casta intellettuale, non ebbe contatto col popolo-nazione»⁴.

Leonardo è l'esempio forse più grande e significativo dell'elaborazione di un pensiero quanto mai progressivo e rivoluzionario che resta però «campata per aria», che sfugge per la tangente, che rimane conquista personale, quasi senza eco immediata. Sarebbe stolido moralismo «rimproverare» a Leonardo il suo aristocratico disinteresse per la diffusione delle sue conquiste intellettuali, la sua glaciale indifferenza alle lotte politiche, il suo cosmopolitismo, il suo distacco dal popolo-nazione. Sono conseguenze di un'epoca, di una struttura sociale, di un costume, non responsabilità dell'individuo Leonardo. L'uomo Leonardo rimane anzi per noi, affrancato dalla sua solitudine, come ideale di umanità piena e completa, come simbolo della possibilità di un dominio completo e multiforme del pensiero individuale sui vari rami della conoscenza e dell'attività pratica in sviluppo, quando il pensiero stesso trovi unità e forza in un metodo di ricerca e d'azione che nasce dalla realtà e dalla consapevolezza delle sue leggi. E perciò Antonio Gramsci affermava, pur sottolineando i limiti dell'uomo italiano del Rinascimento, che «l'uomo moderno dovrebbe essere una sintesi di quelli che vengono... ipostatizzati come caratteri nazionali: l'ingegnere americano, il filosofo

² ANTONIO GRAMSCI, *op. cit.*, p. 9.

³ ANTONIO GRAMSCI, *Lettere dal carcere*. Torino, Einaudi, 1949, p. 138.

⁴ ANTONIO GRAMSCI, *Il Risorgimento*. Torino, Einaudi, 1951, p. 27.

tedesco, il politico francese, ricreando, per così dire, l'uomo italiano del Rinascimento, il tipo moderno di Leonardo da Vinci divenuto uomo-massa o uomo collettivo pur mantenendo la sua forte personalità e originalità individuale»⁵.

Leonardo artista e Leonardo scienziato. La completezza di Leonardo da Vinci non è somma di diverse e separate capacità, ma legame intrinseco tra varie attività.

La ricerca scientifica in Leonardo da Vinci, per esempio, è intrecciata con i problemi e le difficoltà, figurative, coloristiche, tecniche, che egli incontrava nella sua attività di artista: di pittore, di scultore, di architetto, di decoratore. E', del resto, questa tra arte e regola scientifica, una connessione che non caratterizza il solo Leonardo, ma tutto il Rinascimento. I nomi di Leon Battista Alberti, di Piero della Francesca, di Paolo Uccello o di Leonardo appartengono tutti tanto alla storia delle arti figurative quanto a quella della geometria: né Leonardo era il solo artista che si dedicasse in quell'epoca all'anatomia umana. Prospettiva ed anatomia sono strumenti necessari del grande realismo pittorico del Quattrocento, e non è un caso che a queste discipline diano un contributo fondamentale i pittori.

Inoltre, come è stato ripetutamente osservato, le botteghe dei pittori del '400 sono qualcosa di assai più complesso dello «studio» del pittore di oggi: hanno il carattere piuttosto di una scuola tecnica, nella quale si impara «progettazione architettonica», «scienza delle costruzioni» e «resistenza dei materiali» (per usare il linguaggio delle scuole moderne tecniche).

Questo stretto legame tra lo sviluppo delle arti, in senso realistico, costruttivo e tecnico, e il sorgere della ricerca scientifica moderna nell'Italia del Quattrocento, è senza dubbio da tenere ben presente quando si studia Leonardo scienziato. Tuttavia, vi è una profonda differenza tra Piero della Francesca e Leonardo, tra Bramante e Leonardo, diremmo anche tra Michelangelo e Leonardo.

In Leonardo da Vinci, ricerca scientifica ed elaborazione tecnica sono, almeno da un certo momento in poi, attività autonome rispetto al suo lavoro di artista; e pensiamo anzi si possa affermare che nel periodo della piena maturità di Leonardo la indagine scientifica, la «filosofia naturale», sia il suo interesse e la sua attività prevalente.

È quindi possibile studiare, per così dire in prima approssimazione, Leonardo come scienziato e «filosofo naturale», indipendentemente da Leonardo artista. La ricerca scientifica era, ai tempi di Leonardo, ai suoi albori e nella maggior parte dei campi bisognava cominciare quasi dal nulla. Erone, Euclide, Archimede, il sistema solare tolemaico erano le eredità lasciate dalla antichità classica; la numerazione moderna, la notazione decimale, i principi dell'algebra, l'alchimia venivano dagli arabi. Per quanto riguarda gli elementi teorici e formali della scienza il medioevo cristiano non aveva lasciato nulla, ma per quel che riguarda la tecnica era stato un'epoca di rinnovato progresso dopo un periodo di

⁵ ANTONIO GRAMSCI, *Lettere dal carcere*. Torino, Einaudi, 1949, p. 199.

stasi. Alla fine dell'impero romano infatti si conoscevano soltanto la fusione dei metalli, l'applicazione su scala ridotta dell'energia animale e infine l'uso, ancora più limitato, dell'energia idraulica. Nel medioevo invece l'applicazione di queste tecniche ebbe con l'artigianato, con le varie «arti», un largo sviluppo, impedito in passato dall'ampia disponibilità di schiavi. L'energia idraulica venne largamente usata in numerose lavorazioni, applicata alle prime macchine (follatura dei tessuti con maglio battente azionato dalla ruota idraulica, fucinazione dei metalli con il maglio, seghe idrauliche, mole da arrotare, pompe nelle miniere, mantici per forge, laminatoi e trafilie nella lavorazione dei metalli, ecc.). Con i mulini (XII sec.) venne utilizzata l'energia del vento; si ebbe un più esteso impiego dell'energia animale. Si scoprì la bussola (XII sec.) e importanti innovazioni ci furono nella navigazione e in generale nel campo dei trasporti.

Il 1450 segnò poi la grande invenzione della stampa che permise, tra la seconda metà del '400 e i primi del '500, una produzione libraria scientifica notevole; vennero diffuse con la pubblicazione dei codici medioevali le opere dei grandi pensatori dell'antichità e dei più grandi commentatori di Aristotele, quelle dei nostri umanisti e dei dottori delle scuole di Oxford e di Parigi.

Alla scuola degli abacisti in Firenze, Leonardo, il più grande autodidatta della storia, compie i primi passi della sua educazione matematica che completerà a Milano coadiuvato dal matematico Luca Pacioli, di cui compra per 119 soldi la *Summa*: «impara la moltiplicazione delle radici da maestro Luca». Come si rileva dai suoi appunti, con il passar degli anni, le incertezze ed errori dei primi calcoli con le frazioni o con i radicali vengono del tutto eliminati; scarse sono però le conoscenze di Leonardo sull'algebra che allora era ai suoi inizi. Quasi mai applica l'algebra nei suoi studi e in certi problemi meccanici (ove per la risoluzione basterebbero semplici equazioni lineari); quando il calcolo diventa un po' più complesso, vediamo che i risultati per lo più non sono esatti.

Leonardo, come meglio vedremo in seguito, attribuisce una grande importanza alla applicazione delle «scienze matematiche» in ogni ramo dello scibile. «Leonardo sapeva trovare il numero in tutte le manifestazioni della vita cosmica, anche quando gli occhi profani non vedevano che arbitrio e disordine»⁶. Non è però un matematico nel senso odierno della parola e non fa della matematica astratta. Studia la matematica perché la ritiene fondamentale soprattutto per la meccanica.

Della geometria gli sono note certe costruzioni di geometria piana (eseguita con un solo aprir di seste), la iscrizione approssimata dei poligoni regolari in un cerchio, le curve involuppo. In questo campo i suoi contributi di studio sono notevoli e vanno rilevati i suoi chiari accenni al metodo infinitesimale a proposito di studi sull'ellisse e sulla cubatura di solidi, le ricerche sulle lunule, le intuizioni sulla evoluta e il centro di curvatura di una curva, ec... ; le sue nozioni arrivano però solo fino alla conoscenza dell'ellisse, della parabola e della spirale di Archimede. Alcune ricerche egli fa, ispirato dal *De transformationibus*

⁶ ANTONIO GRAMSCI, *Passato e presente*. Torino, Einaudi, 1951, p. 59.

geometricis del famoso cardinale Niccolò da Cusa, sulle trasformazioni dei solidi, cioè «d'un corpo a un altro senza diminuzione o accrescimento di materia», e ne considera subito le applicazioni: «geometria che s'astende nelle trasformazioni de'corpi metallici che sono di materia atta a stendersi e racortare secondo le necessità de' loro speculanti».

Ha una predilezione, Leonardo, per la geometria e la studia profondamente quale base per il disegno prospettico e quindi per la pittura; per lui «il principio della scienza della pittura è il punto, il secondo è la linea, il terzo è la superficie, il quarto il corpo, che si veste di tal superficie».

Non è qui il caso di enumerare le conoscenze specifiche nei vari rami della scienza che Leonardo aveva a sua disposizione; quanto si è detto a modo di esempio ci fa vedere la esiguità e la limitatezza delle nozioni e degli strumenti della scienza naturale all'inizio del Rinascimento.

Le «frasi fatte», i «luoghi comuni» contengono spesso un giudizio sostanzialmente giusto. Così la definizione di Leonardo come il più grande «genio universale» bene coglie la straordinaria capacità di Leonardo di studiare tutti gli aspetti della realtà, della storia naturale, di costruire, di sintetizzare e anticipare metodi e risultati in tutti i campi della ricerca scientifica. Nulla però si toglie alla universalità del genio individuale di Leonardo osservando che la ricerca scientifica – appunto perché ai suoi inizi – è per sua natura universale nel secolo di Leonardo. Diremmo anzi che la nostra ammirazione per il genio di Leonardo aumenta se consideriamo la sua gigantesca opera non tanto in estensione, quanto – per così dire – in profondità; non tanto enumerando la moltitudine e la varietà dei singoli risultati della sua indagine naturale, quanto cercando di cogliere l'impostazione nuova, rivoluzionaria e unitaria, che consente a Leonardo di raggiungere quei risultati.

Leonardo scienziato è uno dei grandi artefici di quella «rivoluzione copernicana» che segna l'inizio della ricerca scientifica moderna. Diciamo: «rivoluzione copernicana» per indicare il vero e proprio rovesciamento dialettico del rapporto ragione-natura che il naturalismo rinascimentale opera, in tutto simile al rovesciamento del rapporto Terra-Sole che Copernico opererà audacemente all'inizio della seconda metà del 1500, e che bene simboleggia la rivoluzione scientifica generale del secolo. Sarebbe errato, senza dubbio, dare un giudizio superficialmente negativo sul pensiero medioevale, sulle discussioni «scolastiche» delle Università medioevali, sulle questioni che l'aristotelismo e il tomismo posero e svilupparono: ché, anzi, non si può non restare ammirati di fronte alla potenza di analisi logica dei dotti medioevali, alla loro capacità di investigare le forme del pensiero. Resta tuttavia il fatto che si pretende di dedurre le leggi naturali da una semplice analisi mentale, che si nega il carattere di scienza a tutto ciò che non sia pura speculazione, che si disprezzano le «arti meccaniche» come inferiori.

In Leonardo si delinea in modo chiarissimo, e talvolta drammatico, il capovolgimento di una tale impostazione. Non più il filosofo immobile che pretende di far muovere l'universo secondo gli schemi mentali da lui elaborati, ma

lo scienziato – ricercatore e sperimentatore – che si muove per indagare le meraviglie dell'universo. Il senso di stupore e di esaltazione che fa di Leonardo, in certi suoi brani, il poeta delle meraviglie dell'universo, non ha nulla di mistico. Il fatto è che, agli occhi di Leonardo, pioniere del naturalismo e dello sperimentalismo, si presenta il mondo intiero da scoprire: la sua ricerca ha per obiettivo non il chiarimento di questo o quel fenomeno ancora oscuro, ma la conoscenza e la comprensione di tutta la natura nella sua infinita varietà e complessità.

La meccanica, «paradiso delle scienze matematiche». Cercheremo più avanti di chiarire meglio il carattere nuovo, audace, rivoluzionario del naturalismo di Leonardo. Ci limitiamo qui a ricordarne le linee fondamentali, per espone poi – con qualche dettaglio – il più grande contributo di Leonardo alla scienza moderna: i suoi lavori di meccanica matematica e di meccanica applicata.

Il naturalismo di Leonardo non è mai semplice empirismo, pura registrazione dei fenomeni naturali. L'esperienza diretta, sensibile, è certo – come vedremo meglio in seguito – alla base del metodo scientifico di Leonardo. Ma vi sono altri due elementi fondamentali. Il secondo è la convinzione che in ogni fenomeno naturale è insito un rapporto numerico, una legge aritmetica o geometrica. Per Leonardo, la conoscenza della realtà naturale è, in ultima analisi, matematica. Il terzo elemento fondamentale è il legame che per Leonardo la conoscenza scientifica dei fenomeni naturali ha con la tecnica, con la «operazione» manuale. Ogni scienza deve avere i suoi «giovementsi», non deve essere «inutile». Leonardo non intende solo conoscere, vuole anche costruire. Questi tre elementi fondamentali si ritrovano, sia pure con diverso peso relativo, in tutta l'indagine naturale di Leonardo, in Leonardo studioso di anatomia come in Leonardo botanico o in Leonardo geologo e così via. Ma diventano vero e proprio sistema scientifico, corpo coerente di esperimenti e di risultati, nel ramo della scienza che naturalmente si presentava come il primo da costituire e da sviluppare: nella «scienza naturale più elementare, la meccanica dei corpi terrestri e celesti» (in particolare la meccanica dei corpi rigidi), che occupa il «primo posto» nel periodo iniziale di sviluppo della ricerca scientifica moderna⁷.

«La meccanica è il paradiso delle scienze matematiche perché in quella si perviene al frutto matematico». Meccanica intesa nel senso più ampio, come meccanica teorica (cognizioni fisiche generali) e applicata. Leonardo è il precursore di Galileo e della meccanica moderna.

Leonardo trova già elaborate dalla scienza medioevale alcune nozioni meccaniche elementari⁸. Era oramai chiarito il concetto di momento di una forza, c'era stata la scoperta delle condizioni di equilibrio su di un piano inclinato (*gravitas secundum situm*), si era studiato, sotto l'aspetto cinematico, il moto

⁷ FEDERICO ENGELS, *Dialettica della natura*. Roma, Edizioni Rinascita, Introduzione, p. 16.

⁸ Per tutta questa parte, faremo riferimento soprattutto agli studi oramai classici dell'italiano Roberto Marcolongo. V. anche gli *Études sur L.d.V.* di Pierre Duhem.

rettilineo uniformemente accelerato, si cominciava a intravedere il principio di inerzia con la teoria dell'impeto.

La statica dei corpi rigidi e deformabili. Le ricerche di Leonardo sulla statica, nonostante il disordine con cui vengono fatte e le lacune che presentano, costituiscono un vero e proprio trattato di questa prima parte della meccanica. Sulla scienza dei pesi (leva angolare e bilancia) nulla egli aggiunge di nuovo a quello che già si conosce ai suoi tempi soprattutto attraverso le opere di Giordano Nemorario, famose in tutto il medioevo; ma quasi sempre egli rielabora concetti involuti e con la sua prosa robusta e incisiva e nel linguaggio volgare riesce a esporli mirabilmente. Per maggior chiarezza e concisione per primo stabilisce una specie di nomenclatura meccanica. Della nozione di momento di una forza (peso), agente alla estremità del braccio d'una leva obliqua o retta, Leonardo sa magistralmente valersi per una serie di casi non considerati dai suoi predecessori; scopre due casi particolari del teorema detto oggi di Varignon su momenti di forze concorrenti, venendo a risolvere numericamente il problema della composizione e scomposizione delle forze. E' questo il passo più grande fatto nella statica (dopo quello compiuto da Giordano Nemorario con la scoperta delle condizioni di equilibrio su di un piano inclinato); se fosse stato conosciuto universalmente all'epoca di Leonardo avrebbe sicuramente affrettato il rinnovamento di tutta la statica che solo un secolo e mezzo più tardi veniva intrapreso con le opere di Stevin e di Galileo.

Leonardo precede Galileo e Torricelli intuendo la condizione di equilibrio di un corpo pesante vincolato in relazione alla posizione del suo centro di gravità. Scopre il teorema del poligono di sustentazione per un corpo pesante posato su di un suolo. Le sue ricerche sulla teoria dei centri di gravità, per quanto limitate, sono le sole che si aggiungono dopo secoli a quelle di Archimede; egli fa un primo accenno dei metodi grafici per la determinazione dei centri di gravità di figure curvilinee; scopre e dimostra con eleganza due importanti teoremi sulla geometria del tetraedro; conosce tutta l'importanza del baricentro nel moto dei corpi come ad esempio nel volo degli uccelli.

Riprendendo probabilmente le considerazioni di Aristotele (Questioni meccaniche) e quelle di Erone (Meccanica) a proposito dei sistemi di carrucole mobili o fisse, Leonardo accenna chiaramente al principio dei lavori o delle velocità virtuali, mentre dà una teoria completa e quasi perfetta di questi sistemi. E' il primo che si sia occupato teoricamente e praticamente dell'attrito e delle conseguenti modificazioni che esso provoca nelle condizioni di equilibrio, precedendo di due o tre secoli Amontons e Coulomb; ma è il primo anche ad occuparsi della resistenza a flessione e pressione delle travi; il primo a tentare una teoria del classico arco, costruito sino ad allora con regole empiriche.

Queste ricerche, fra le principali di Leonardo nella statica, condotte sempre con metodo scientifico e sperimentale, fanno già di lui uno tra i maggiori meccanici dei suoi tempi. E già da questi brevi accenni, si vede lo «spirito tecnico», applicativo, della meccanica di Leonardo.

Dalla meccanica aristotelica alla meccanica moderna. Erronei principi della dinamica aristotelica hanno dominato pressoché incontrastati per secoli fino quasi a Galileo. Neanche Leonardo se n'è saputo liberare del tutto⁹.

Aristotele cade in un primo errore quando vuol dare una spiegazione alla causa del moto, dopo che il mobile è separato dal suo primo motore: «Di più si può osservare che i proiettili continuano a muoversi senza che il motore che li ha gettati continui a toccarli, sia a causa della reazione circostante, come si dice a volte, sia per l'azione dell'aria che, cacciata, caccia a sua volta producendo un moto più rapido che non è la tendenza naturale del corpo verso il luogo che gli è proprio. Ma nel vuoto, nulla di ciò può avvenire e nessun corpo può avervi un moto che se tal corpo v'è senza peso sostenuto e trasportato, come il fardello che porta un uomo». A prescindere dalla strana teoria del mantenimento del moto mediante il violento scotimento dell'aria, che invece di contrastare il moto lo favorisce, vi è qui un concetto fondamentale di Aristotele: un corpo si muove solo per l'azione di un motore distinto dal mobile, a lui esterno, e che gli sta a contatto per tutta la durata del moto. Cioè Aristotele non conosce la prima legge del moto, secondo la quale il mobile è incapace (inerzia) di liberarsi (in assenza di azioni esterne) dell'impeto impressogli dal motore. Un secondo errore commette Aristotele quando sostiene che la velocità di un mobile è direttamente proporzionale alla potenza (forza motrice), inversamente proporzionale alla resistenza; per cui nel vuoto (essendo nulla la resistenza) la velocità dovrebbe essere infinita. Le teorie del moto di Aristotele avevano incontrato critiche già nell'antichità, e più ancora nel Medioevo, soprattutto ad opera dei dottori della scuola parigina. Tuttavia, vi è un distacco sostanziale, qualitativo, tra le conclusioni dei dottori parigini contro la teoria aristotelica del moto intrattenuto dall'aria e la teoria di Leonardo sulla resistenza dell'aria e sull'inerzia dei corpi mossi. Ancora una volta, la novità è nel metodo. Quello che per i dottori parigini era essenzialmente disputa logica, contrasto speculativo, in Leonardo è problema sperimentale, conclusione sperimentale. È un argomento nuovo che risolve le questioni, per Leonardo come più tardi per Galileo: l'esperienza.

In Leonardo la critica alla meccanica aristotelica non è certo così completa e sicura come in Galileo.

Ma la via nuova, la via del controllo sperimentale, è trovata; e procedendo su questa via Leonardo non solo enuncia la legge di inerzia¹⁰, ma dà una prima formulazione concreta, evidente, del terzo principio fondamentale della dinamica

⁹ Pensiamo non sia inutile richiamare subito le definizioni delle tre leggi (o principi) fondamentali della dinamica e nell'ordine che a noi servono:

1^a legge, o legge dell'inerzia (Leonardo da Vinci): Se un corpo in quiete potesse essere sottratto all'azione di ogni forza, esso rimarrebbe in quiete e, se in movimento, esso si muoverebbe eternamente di moto rettilineo ed uniforme fino a che non intervenisse una forza esterna.

2^a legge, o legge di proporzionalità tra forza e accelerazione: L'accelerazione (variazione di velocità) è proporzionale alla forza che la produce ed ha luogo nella direzione della retta secondo la quale la forza agisce.

3^a legge, o legge della azione e della reazione: A ogni azione corrisponde una reazione uguale e contraria.

¹⁰ Oltre che Giovanni Buridan ed altri dottori del medioevo cristiano, anche il medico scienziato e filosofo arabo-persiano Avicenna (952-1037) aveva avuto una lucida intuizione della legge d'inerzia.

(legge di azione e reazione), in alcuni esempi pratici: «in quanto al moto dell'acqua, tanto fia a muovere il remo contro all'acqua immobile quanto a muovere l'acqua contro il remo immobile»; o ancora: «tanta forza si fa con la cosa incontro all'aria quanto l'aria contro la cosa».

Una potenza invisibile infusa nei corpi. Notevole è lo sforzo che Leonardo fa per chiarire e distinguere i concetti di gravità, di forza, di percussione. Rimandiamo per un'analisi approfondita agli studi su Leonardo meccanico che abbiamo inizialmente citato, per limitarci a un solo problema: che valore, che significato ha l'aggettivo «spirituale» che si accompagna spesso in Leonardo alla parola «forza»? Pensa Leonardo alle «virtù» della pseudoscienza medioevale, o ad una sorta di animismo cosmico? La «spiritualità» della forza ha in Leonardo un significato metafisico, mistico? Pensiamo che la cosa migliore sia citare per intero la definizione di forza data dall'«omo senza lettere» in uno dei suoi squarci più vigorosi e belli, anche sotto l'aspetto letterario: «Forza dico essere una virtù spirituale, una potenza invisibile, la quale per accidentale esterna violenza è causata dal moto e collocata o infusa ne' corpi, i quali son dal naturale uso retratti e piegati dando a quelli vita attività di maravigliosa potenza; costringe tutte le create cose a mutazioni 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 more 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; farsi più potente dove truova maggior contrasto. Ogni cosa volentieri fugie la sua morte. Essendo costretta, ogni cosa costringie. Nessuna cosa senza lei si muove. Il corpo dove nasce non cresce né di peso né di forma ».

Se il brano citato colpisce a prima lettura per l'aspetto letterario, una seconda e più distaccata lettura ci fa vedere che la sua bellezza è nella minuziosa esattezza scientifica usata da Leonardo per descrivere nascita, vita e morte della forza «infusa nei corpi» «per accidentale esterna violenza». La vera definizione di forza non è nell'aggettivo «spirituale», che apre il brano, ma nella descrizione complessiva. L'aggettivo «spirituale» è piuttosto una definizione negativa, che viene chiarita alla fine del brano: la forza infusa in un corpo non porta ad un suo accrescimento né di peso né di forma, e quindi la forza è qualcosa di imponderabile, di invisibile. Non è però una *materia* imponderabile, una quintessenza: ché in tal caso non avrebbe senso parlare di un suo consumarsi, della sua morte; ma piuttosto un modo di essere temporaneo, una capacità o «potenza» transitoriamente infusa nel corpo, attraverso il moto, da un agente esterno. E' un primo esempio (altri ne incontreremo tra poco) della necessità di non accontentarsi del primo, e per noi più consueto, significato, di fronte a talune formulazioni di Leonardo.

Leonardo ingegnere. Si è già visto che una caratteristica degli studi di Leonardo sta nel fatto che in essi non si perde mai di vista l'utilità pratica delle

ricerche. Molto spesso è partendo da un problema pratico che egli è portato a teorizzare. Questo carattere diventa predominante quando usciamo fuori dalla meccanica più propriamente teorica e ci inoltriamo nella meccanica applicata, ad esempio nell'idraulica, «la scienza dei moti delle acque»: « Quando tu metti insieme la scienza de' moti delle acque ricordati di mettere sotto a ciascuna proposizione li sua giovamenti; acciò che tale scienza non sia inutile».

In idraulica Leonardo scopre il principio fondamentale (principio dell'idrodinamica). Studia una grande serie di fenomeni idraulici; un secolo e mezzo prima di Pascal intuisce il principio della uguaglianza delle pressioni su uguali elementi di superficie (principio della idrostatica) come deduzione del principio idrodinamico; apriva addirittura a intendere l'attrazione molecolare dei liquidi distinguendola dalla gravità, e sul moto fa osservazioni acutissime e ne afferma il carattere di moto oscillatorio: «L'onda fugge il loco della sua creazione e l'acqua non si muove di sito, a similitudine dell'onde fatte il maggio nelle biade dal corso dei venti, che si vede correre l'onde per le campagne e le biade che non si mutano di lor sito».

Accade a volte che quando si viene a parlare della tecnica di Leonardo, delle sue più diverse macchine, i più si fermano a considerare soprattutto i suoi fantastici ordigni bellici trascurando così di entrare veramente nel merito della sua tecnica e delle svariate macchine da lui progettate. Si finisce così per averne un'idea errata e per portare Leonardo fuori del suo tempo. Un ingegnere ai tempi di Leonardo doveva soprattutto essere provetto in ingegneria e architettura militare, se voleva trovare di che vivere con la sua professione. Del resto dal secolo XII in poi e fino al Rinascimento non a caso la letteratura militare italiana è la più ricca e più che famosi erano le artiglierie e gli artiglieri italiani.

Leonardo faceva l'ingegnere militare, ideava macchine di guerra non per vocazione, ma – si potrebbe dire – per necessità professionale. Era attraverso questi suoi progetti che poteva sperare nei favori del duca Valentino, della Repubblica veneta o di Ludovico il Moro. Non bisogna però confondere la relativa indifferenza di Leonardo a servire come ingegnere militare questo o quel padrone con un suo cinismo nei confronti della guerra e delle sue distruzioni. Nella freddezza dei codici leonardeschi vibra una nota di sdegno e di ribellione proprio quando Leonardo parla della eventuale utilizzazione a scopo di guerra e di distruzione di certi suoi ritrovamenti tecnici «per le male nature degli uomini». Egli dichiara di aver trovato un mezzo nuovissimo per restare sott'acqua (probabilmente una specie di scafandro), ma afferma risolutamente: «questo io non pubblico e divulgo per le male nature degli uomini; li quali userebbero gli assassinamenti nel fondo dei mari, col rompere i navili in fondo e sommergerli insieme coloi uomini che vi san dentro; e benché io insegni delli altri, quelli non son di pericolo, perché di sopra all'acqua apparisce la bocca della canna, onde alitano, posta sopra li otri o sughero».

La vera passione tecnica e costruttiva è rivolta non agli ordigni di distruzione, ma alle macchine, agli apparecchi, ai ritrovati che possano portare giovamento agli uomini.

Ora, se pure si possiede una conoscenza abbastanza precisa delle numerosissime opere tecniche piccole e grandi progettate da Leonardo, è ben difficile invece valutare la sua influenza sulla evoluzione industriale della sua epoca. Forse, trovandosi a contatto con i fabbricanti, qualcuna delle sue macchine poté essere costruita per qualche manifattura; forse alcune macchine abbozzate nei suoi fogli erano già nell'uso. Ma cinquanta anni dopo la sua morte, molte delle macchine da lui studiate erano realizzate. Fra le più importanti, citando a caso nella vastissima materia, alcune macchine tessili, ingegnosi congegni per sollevamento dei materiali, il mulino a vento, il rapporto a rulli (realizzato nel XVI secolo), le draghe, l'uso del pendolo per azionare più uniformemente le pompe, grandiose balestre, mezzi meccanici per l'escavazione, tenaglie, seghe meccaniche circolari, trafile, torni, perforatrici, macchine per la costruzione di viti e aghi, tentativi per autolocomozione, congegni idraulici ecc. All'energia dell'uomo, Leonardo tenta di sostituire l'energia derivante dalla caduta di un peso o da una corrente o caduta d'acqua. Ha sfruttato l'energia dell'aria calda ascensionale (nel girarrosto a palette ad esempio) e quella del moto di un grosso pendolo. Egli sostituisce, a volte, al movimento di macchine complesse, una sola ruota con il suo movimento. E la sua mente spazia nelle cose più diverse, e tutto lo interessa: la topografia di una regione, le grandi opere di canalizzazione (nelle quali è provetto), la costruzione di edifici o il progetto di intere città.

L'esperienza, madre di ogni certezza. Abbiamo ritenuto opportuno, nell'esporre taluni risultati scientifici concreti di Leonardo da Vinci, di limitarci alla sola meccanica, teorica e applicata, alla scienza cioè alla cui costituzione in corpo dottrinario coerente e completo Leonardo ha dato il maggior contributo. Lo, abbiamo fatto soprattutto per aver sotto gli occhi un esempio, che ci consentisse di vedere meglio, in concreto, certi caratteri generali del naturalismo di Leonardo, sui quali vogliamo ora soffermarci più a lungo.

Leonardo non è da considerarsi soltanto uno dei fondatori di *determinate branche della scienza* (come l'anatomia, l'anatomia comparata, la botanica sistematica, la geologia, oltre che la meccanica dei solidi e dei fluidi): egli è uno dei fondatori della *scienza naturale in quanto tale*. In Leonardo vi è infatti chiara consapevolezza dei caratteri, dei metodi, degli scopi della ricerca scientifica, della posizione e della dignità proprie delle scienze naturali nel campo della cultura. Occorre tenere sempre presente che, all'epoca di Leonardo, la ricerca scientifica «doveva lottare per conquistare lo stesso diritto all'esistenza» (Engels). Talune affermazioni di Leonardo che ci possono oggi apparire quasi ovvie, rappresentavano allora un vero e proprio capovolgimento della «gerarchia» tradizionalmente fissata per i vari rami della cultura. Per la maggior parte dei dotti umanisti dell'epoca di Leonardo è scientifica solo «quella cognizione... che nasce e finisce nella mente»; la cognizione, «la quale è partorita dall'esperienza», è da catalogarsi come meccanica, è da porsi ad un diverso livello, non è da considerarsi vera scienza.

Per Leonardo, al contrario, «le scienze, che principiano e finiscono nella mente» non hanno verità, non sono vere, ma bugiarde scienze («le bugiarde scienze mentali»), perché in «tali discorsi mentali non accade esperienza, senza la quale nulla si dà certezza». Tra Leonardo, «omo senza lettere» ma «inventore», e il dotto umanista che «disputa allegando l'autorità» e «non adopra lo 'ngegno», vi è opposizione diametrale; nella formazione e negli interessi culturali, nella definizione stessa di cultura e scienza. Leonardo è sarcastico e aspro contro gli pseudoscienziati metafisici. «Se bene, come loro, non sapessi allegare gli autori, molto maggiore e più degna cosa a leggere è allegando la sperienza, maestra ai loro maestri. Costoro vanno gonfiati e pomposi, vestiti e ornati non delle loro, ma delle altrui fatiche, e le mie a me medesimo non concedono; e se me inventore disprezzeranno, quanto maggiormente loro, non inventori, ma trombetti e recitatori delle altrui opere potranno essere biasimati».

«Ma a me pare – dice Leonardo – che quelle scienze sieno vane e piene di errori, le quali non sono nate dall'esperienza, madre di ogni certezza, o che non terminano in nota esperienza, cioè che la loro origine e mezzo e fine non passa per nessuno dei cinque sensi».

Vanità delle scienze mentali. La posizione che si esprime in questa, ed in altre affermazioni di Leonardo, non porta – come si è già accennato – a un empirismo acritico, a un culto positivistico del dato sensibile in quanto tale. Tale posizione implica però il più rigoroso materialismo scientifico, la rimozione dalle scienze naturali sia della speculazione che «principia e finisce nella mente» quanto delle «cose ribelli ad essi sensi», degli enti sovranaturali. Implica la vanificazione della magia medioevale come «somma stoltizia», ed implica la netta separazione tra scienza e teologia, la totale indipendenza della ricerca scientifica dalla teologia.

La pseudoscienza medioevale, appunto perché non sperimentale e operativa, era caratterizzata da forme estreme di credulità, dalla speranza di potere dominare magicamente la natura, dalle più ambiziose fantasticherie. Ancora nel fondatore del moderno empirismo inglese, in Francesco Bacone (1561-1626), noi troviamo, accanto al metodo scientifico, sperimentale, la fede medioevale che la scienza possa realizzare «miracoli»; dal ringiovanimento al potere di suscitare temporali o di generare nuove specie. Tanto più notevole quindi la radicale critica di Leonardo al «miracolo» medioevale: «alli archimisti, cercatori di creare oro e argento,... all'ingegneri che voglion che l'acqua morta dia vita motiva a se medesima con continuo moto», cioè ai sognatori del moto perpetuo, «e al sommo stolto, negromante e incantatore», Leonardo dedica pagine di stringenti e minuziose argomentazioni per dimostrare essere impossibile «che l'incanti e spiriti adoprino e senza lingua parlino e senza strumenti organici (senza i quali parlar non si può) parlino, e portino gravissimi pesi, faccino tempestare e piovere, e che gli omini si convertino in gatte, lupi e altre bestie (benché in bestia prima entran quelli che tal cosa affermano)». La tesi di Leonardo è che non vi possa essere operazione, di nessun genere, senza strumento corporeo: «dove non è nervi e ossa non può essere

forza operata, in nessun movimento, fatto da gli imaginati spiriti». Leonardo non esita ad applicare la stessa tesi per quanto riguarda l'anima umana. «L'anima desidera stare col suo corpo, perché, senza li strumenti organici di tal corpo, nulla può oprare né sentire». Ciò non significa senz'altro che Leonardo non creda all'immortalità dell'anima (per quanto sia difficile dire in quale forma Leonardo pensasse una sopravvivenza dell'anima staccata dal corpo: diremmo piuttosto in senso panteistico che non nel senso dei dogmi cattolici). Significa però chiaramente che Leonardo esclude dall'indagine scientifica le «cose improvabili», come «l'essenzia di Dio e della anima e simili» che sfuggono al «sentimento» cioè ai sensi, all'esperienza, alla definizione scientifica. Leonardo va anche al di là della separazione tra teologia e scienza, tra indagine naturale e metafisica del sovrannaturale, separazione che è già quanto mai ardita ed eretica per la sua epoca. Leonardo capovolge audacemente il rapporto tra teologia e filosofia naturale, che la Chiesa cattolica affermava di dipendenza e subordinazione delle scienze alla teologia, di superiorità della teologia sulla scienza. Vi è un passo di Leonardo che ci sembra estremamente esplicito, e che vogliamo citare per intero.

«E se noi dubitiamo della certezza di ciascuna cosa che passa per li sensi, quanto maggiormente dobbiamo noi dubitare delle cose ribelli ad essi sensi, come dell'assenzia di Dio e della anima e simili, per le quali sempre si disputa e contende, e veramente accade che sempre, dove manca la ragione, supliscono le grida, la qual cosa non accade nelle cose certe. Diremo per questo che dove si grida non è vera scienza perché la verità ha un sol termine, il quale essendo publicato, il letigio resta in eterno distrutto, e s'esso letigio resurge, è bugiarda e confusa scienza, e non certezza rinata ».

Questi sono li miracoli! La matematica, la «nobilissima scienza strumentale over machinale», l'indagine naturale sono dunque per Leonardo le «vere scienze»: «bugiarda e confusa scienza», le dispute teologiche.

Siamo in un'epoca nella quale la dittatura spirituale della Chiesa cattolica si esercita ancora pienamente, con il valido concorso di tutti i potenti, di tutti gli Stati. Allora e dopo, dall'epoca di Leonardo a quella di Galileo ed oltre, il filosofo naturale sarà sempre costretto a presentare, in Italia, il suo pensiero in una forma che non contrasti direttamente con le dottrine della Chiesa. La «doppia verità» sarà la norma: l'ossequio formale alle verità enunciate dalla Chiesa, la fede scientifica in altre e diverse verità. Leonardo da Vinci scrive la maggior parte dei suoi appunti per sé stesso, nella sua scrittura alla rovescia non immediatamente decifrabile¹¹ (Leonardo era mancino): e perciò in molti brani di Leonardo ci sembra di trovare una indipendenza di pensiero, un ardimento di affermazioni più avanzati che non in successivi testi della filosofia naturale italiana.

Benché i contemporanei di Leonardo non conoscessero i suoi scritti, non sfuggì ad essi la sua indipendenza di pensiero rispetto alla dottrina cattolica e alla Chiesa. Dice il Vasari: «Filosofando delle cose naturali, attese a intendere la

¹¹ Anche se, come pare dimostrato, non sia il caso di parlare di scrittura «segreta».

proprietà delle erbe, continuando ed osservando il moto del cielo, il corso della luna, e gli andamenti del Sole. Pertanto si formò nel suo animo una concezione così eretica, che egli non obbedì più ad alcuna religione, poiché gli sembrava più grande esser filosofo che non cristiano». Il passo sarà soppresso dal Vasari nella 2^a edizione del suo libro: certamente per timore di essere andato troppo in là, non perché la sua opinione fosse cambiata.

L'affermazione del Vasari è interessante in quanto esprime l'idea che di Leonardo si erano fatta gli uomini della generazione successiva, attraverso testimonianze dirette. Certo, essa non può essere accettata acriticamente; e molti elementi possono portare a concludere che Leonardo fosse rimasto, sotto taluni aspetti, cristiano: ma certo non intimamente obbediente alla Chiesa, ma certo nemico delle superstizioni, del culto dei miracoli, della «religione de' frati». Si può pensare che Leonardo parli con tutta serietà quando dice: «Lascia stare le Sacre Scritture» ma l'ironia è evidente quando parla della religione de' frati: «E la definizione dell'anima lascio nelle menti de' frati, padri de' popoli, li quali per ispirazione san tutti li secreti». O ancora: «Quelli che saranno morti, dopo mille anni, fien quelli che daranno le spese a molti vivi» («Della religione de' frati che vivono per li loro santi, morti per assai tempo»). Il culto dei santi è oggetto di vari altri trasparenti e increduli enigmi, e così lo stesso culto della Madonna («molti, che tengon la fede del figliolo, sol fan templi nel nome della madre»).

E' stato notato in Leonardo un soffermarsi estatico di fronte alle meraviglie dell'universo, ed è stato detto anche che in Leonardo scienziato è vivo il senso del mistero. A noi pare che in Leonardo vi siano sì, momenti di esaltazione e di slancio, ma che essi non sorgano dallo stupore mistico di fronte all'inconoscibile, bensì piuttosto dalla conoscenza e dall'intuizione delle necessarie leggi della natura, della necessità «inventrice della natura... freno e regola eterna». «O mirabile e stupenda necessità, tu costringi colla tua legge tutti li effetti, per brevissima via, a partecipare delle lor cause. Questi son li miracoli». Anche se venato di un misticismo cosmico, il pensiero di Leonardo, filosofo naturale, è esaltazione della conoscenza e non del mistero, è affermazione delle leggi necessarie della natura, non poesia dell'inconoscibile.

In quale forma si esprimono per Leonardo le leggi che regolano i rapporti tra le cose e i processi naturali? Esse si esprimono, come si è già detto, in proporzioni numeriche ed in configurazioni geometriche, in termini matematici. Aritmetica e geometria, «cioè numero e misura », appaiono concepite da Leonardo non come forme del pensiero, come scienze puramente mentali, bensì come espressione dei rapporti più semplici e più generali della realtà naturale. Le «prime matematiche, cioè numero e misura, dette aritmetica e geometria... trattano con somma verità della quantità discontinua e continua». In questa definizione ci appare chiaro che per Leonardo l'astrazione matematica è l'astratto di un concreto: numero e misura sono le qualità dedotte dalla «quantità discontinua e continua».

La grande scoperta di Leonardo è che non solo la considerazione della quantità discontinua e continua in quanto tale, depurata per così dire da ogni altro

suo carattere fisico concreto, ma anche le considerazioni meccaniche e fisiche conducono al rapporto, alla legge matematica: «La proporzione non solamente nelli numeri e misure fia ritrovata, ma etiam nelli suoni, pesi, tempi e siti, e 'n qualunque potenza sia». Vorremmo sottolineare ancora il carattere di astrazione da un reale rapporto fisico che ha in Leonardo la matematica: non si tratta di una forma mentale che venga applicata all'esperienza per schematizzarla e sistamarla, ma di forme inerenti al mondo fisico, che in esso vengono trovate. Siamo molto lontani, ci sembra, dal razionalismo matematico platonico, dal metodo geometrico-deduttivo platonico. Per Platone, si tratta di stabilire il carattere di perfezione mentale, di armonia di determinate forme geometriche, e di inserire quindi la realtà in esse¹².

Il razionalismo matematico di Leonardo è altra cosa: è, si potrebbe dire, un razionalismo fisico-matematico, che nasce dall'esperienza, che non pretende di imporre alle cose scherni mentali, ma che trae dalle cose rapporti reali; «... voi, speculatori, non vi fidate delli autori che hanno sol coll'imaginazione voluto farsi interpreti tra la natura e l'omo, ma solo di quelli che, non coi cenni della natura, ma cogli effetti delle sue esperienze hanno esercitato i loro ingegni».

Si potrebbe tuttavia pensare che elementi di platonismo, di razionalismo a priori, siano fatti propri da Leonardo quando egli afferma che «nessuno effetto è in natura senza ragione: intendi la ragione e non ti bisogna esperienza». Ancora una volta, a noi sembra che occorra attentamente indagare il significato, anzi i significati, che ha in Leonardo la parola «ragione». È questo un termine indubbiamente ricco di significati nel Quattrocento: ha ancora, per esempio, il senso di rapporto, oggi conservato solo in alcune locuzioni della tecnica aritmetica e delle costruzioni geometriche. Indubbiamente, «ragione» significa talvolta anche per Leonardo ragione umana, soggettiva. Talvolta, ma non sempre. Nei passi che più interessano la nostra ricerca, «ragione» equivale in Leonardo a regola obiettiva, a principio necessario obiettivo, connaturato alle cose e non puramente mentale.

In questo senso, «ragione» in Leonardo non equivale però (di norma) a legge naturale singola, ma a principio naturale al quale le singole leggi sono costrette a conformarsi: a legge di secondo grado, che regola non i singoli fenomeni e processi naturali, ma le leggi stesse. Ciò può sembrare astratto in una enunciazione generale, ma è estremamente chiaro e concreto in talune esemplificazioni di Leonardo. «O mirabile e stupenda necessità, tu costringi colla tua legge tutti li effetti, per brevissima via, a partecipare delle lor cause... O mirabile necessità, tu con somma ragione costringi tutti li effetti a partecipare delle lor cause, e con somma e inrevocabile legge ogni azione naturale colla brevissima operazione a te obbedisce...». Ecco enunciate due delle «somme e inrevocabili ragioni», che sono «regola eterna» della natura, la permanenza della

¹² Cinque i poliedri regolari, e cinque quindi necessariamente le forme che racchiudono gli elementi (e giacché gli elementi sono quattro, secondo la fisica greca, la quinta forma viene attribuita al cosmo nella sua interezza). Due le linee semplici, retta e cerchio: due soli quindi gli strumenti ai quali il geometra può fare ricorso, la riga e il compasso, due soli quindi i movimenti semplici che il fisico può introdurre, il rettilineo e il circolare.

causa nell'effetto e la sua trasmissione in esso, il principio cioè di causalità e di permanenza; il principio generale di minimo verificato dalle leggi naturali, che si particolarizza nei principi di minimo tempo, di minimo percorso e simili.

La scoperta di tali principi generali della natura attraverso l'esperienza ha un'importanza quanto mai concreta: essa dà un indirizzo sicuro alla ricerca scientifica, consente deduzioni e anticipazioni, trasforma la pura esperienza dei sensi in esperimento razionalmente predisposto e rivolto a un fine. « ...Mia intenzione è allegare prima l'esperienza e poi colla ragione dimostrare perché tale esperienza è costretta in tal modo ad operare. E questa è la vera regola come li speculatori degli effetti naturali hanno a procedere, e ancora che la natura cominci dalla ragione e termini nella esperienza a noi bisogna seguire in contrario, cioè cominciando – come disopra dissi – dalla esperienza, e con quella investigare la ragione ».

Le «somme ragioni», i principi naturali, una volta «investigati», una volta «intesi» permettono allo scienziato di prevedere e anticipare i risultati sperimentali, che si trasformano in verifica di leggi dedotte in conformità ai principi naturali. Ad esempio: il principio generale di conservazione, di permanenza nell'effetto di ciò che era nella causa, è guida per pervenire al principio di inerzia.

Insomma, non schemi razionali a priori ai quali la natura si adatta, ma razionalità infusa nelle cose e ad esse connaturata: «la natura è costretta dalla ragione dalla sua legge, che in lei infusamente vive ».

Dialettica intuitiva e dialettica moderna. Lo sperimentalismo, il razionalismo fisico-matematico, la ricerca dei principi oggettivi che governano la natura ci sembrano caratterizzare Leonardo filosofo naturale, e con lui la grande scuola del naturalismo rinascimentale italiano, che culminerà nel pensiero e nella tragedia di Galileo Galilei. Ciò non vuol dire che in Leonardo non vi siano residui degli schemi artificiali della scienza medioevale, né – d'altra parte – che non vi siano anticipazioni della moderna dialettica della natura.

Il ritorno all'osservazione diretta, alla visione immediata della vita della natura riavvicina Leonardo, sotto certi aspetti, alla più antica filosofia naturale greca. I «grandi fondatori della filosofia greca... vedevano il carattere essenziale di tutta la natura... in un eterno nascere e trapassare, in un incessante flusso, in un moto e in un cambiamento senza tregua» (Engels). Ora, seppure Leonardo da Vinci è tra coloro che aprono la prima fase della ricerca scientifica moderna, che consistette nella sistemazione e nella fissazione dei risultati sperimentali, nella solidificazione – per così dire – del movimento incessante delle cose nel rapporto matematico e nella immobile legge meccanica, l'occhio di Leonardo osservatore guarda i fenomeni della natura con la stessa viva immediatezza dei fondatori della filosofia greca. In molte frasi di Leonardo noi ritroviamo quel senso immediato della natura come moto e cambiamento senza tregua, quella dialettica intuitiva che ci affascina nei frammenti dei presocratici. «Guarda il lume e considera la sua

bellezza. Batti l'occhio e riguardalo: ciò che di lui tu vedi prima non era, e ciò che di lui era più non è. Chi è quel che lo rifà se il fattore al continuo more? ».

Ma il senso del divenire, del perenne nascere e trapassare, se può essere riavvicinato da una parte in Leonardo all'intuizione dialettica della più antica scienza greca, deve essere d'altra parte considerato come un'anticipazione della moderna dialettica della natura. Abbiamo sottolineato di proposito, in questo studio, tutto ciò che in Leonardo non è soltanto anticipazione dell'avvenire lontano, ma contributo allo sviluppo della grande ideologia scientifica del Rinascimento. Tuttavia, se pure crediamo che le linee fondamentali del pensiero scientifico di Leonardo siano quelle esposte, si inseriscano nello sviluppo della ricerca scientifica del suo tempo verso lo sperimentalismo e il razionalismo matematico e meccanico, occorre ricordare che Leonardo ebbe già l'intuizione (e qualcosa di più che non una semplice intuizione) della natura come storia, come processo e non come semplice meccanismo. Egli, per esempio, ebbe per primo l'idea di un processo evolutivo della terra, della variabilità di distribuzione delle terre e dei mari con il succedersi dei secoli (ricerche sui fossili, confutazione della versione biblica del diluvio, ecc.). Sono alcune delle osservazioni e degli spunti che solo tre secoli dopo, sulla base di un enorme lavoro di raccolta e di elaborazione di materiale, sviluppati in tutto il loro valore, metteranno in crisi la concezione matematico-meccanica della natura per far rinascere una concezione genetica, dialettica.