
Galileo, la matematica, la natura

La filosofia naturale 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 conoscer i caratteri nei quali è scritto. Egli è scritto in lingua matematica, e i caratteri son triangoli, cerchi ed altre figure geometriche, senza i quali mezzi è impossibile a intenderne umanamente parola; senza questi è un aggirarsi vanamente per un oscuro labirinto.

G. Galilei [1]

Abbiamo chiesto di commentare la frase di Galileo citata nel titolo. Presentiamo qui i contributi dei colleghi che hanno partecipato alla nostra iniziativa.

Gino Biondini e Barbara Prinari

Fisici Matematici

La frase di Galileo Galilei (1564 - 1642) ne "Il saggiaiore" si può sintetizzare nella tanto semplice quanto profonda affermazione "Il libro della natura è scritto in lingua matematica". Solo qualche anno prima, nello stesso spirito, Leonardo da Vinci (1452-1519) scriveva: "Nessuna humana investigatione si puo dimandare vera scienza s'essa non passa per la matematica dimonstrazione". Ancora forse più sorprendente è che Leonardo questo scrivesse nel suo "Trattato della pittura", suggerendo un legame senza precedenti tra arte e scienza.

Pur senza trascurare Leonardo, si deve però senza dubbio a Galileo, e in particolare al suo studio quantitativo del moto della caduta dei corpi, l'aver dimostrato il ruolo centrale della matematica nel tentativo di comprendere l'universo che

ci circonda. Da Galileo in poi la matematica è diventata uno strumento prezioso, e in molti casi indispensabile, in quasi tutte le discipline scientifiche. Al punto che Eugene Wigner parlava della "irragionevole efficacia della matematica nelle scienze naturali" [2]. E al punto che al giorno d'oggi siano in molti a ritenere che una disciplina non si possa considerare veramente scientifica a meno che non faccia ricorso in qualche misura a metodi quantitativi.

È inoltre suggestivo come non sia inusuale, nell'ambiente matematico, usare il concetto di bellezza nel descrivere la matematica [3]. Il che ingenera la domanda se si possa davvero pensare ad un'equazione, una teoria, o, più in generale, alla Matematica, come a qualcosa di intrinsecamente bello. Ovviamente l'affermazione non ha valore assoluto. Ma lo stesso si potrebbe dire per l'affermazione che un brano musicale, o qualsiasi altra opera d'arte siano belli. In entrambi i casi, vale il modo di dire che la bellezza risieda nell'occhio di chi guarda. La matematica può essere considerata alla stregua di un pezzo di musica contemporanea, o di un'opera d'arte moderna, che, pur sembrando astrusi e impenetrabili

li ad un profano, risultano chiari, intellegibili ed emozionanti all'occhio o all'orecchio allenati. Si pensi, ad esempio, alla "Grande Fuga" Op. 133 di Ludwig van Beethoven (1770 - 1827), definita dai contemporanei del compositore una mostruosità, il prodotto della follia senile del Maestro [4], ma oggi universalmente riconosciuta come uno dei capolavori della musica classica.

Per tornare a Galileo, la matematica non è che un linguaggio, e come i linguaggi naturali si può adoperare per esprimere una infinita varietà di concetti. Come per un'opera letteraria, sono sia il contenuto che le modalità con cui tale contenuto è espresso cui i matematici si riferiscono quando parlano di bellezza. Per illustrare questa idea, concludiamo così come abbiamo iniziato, con le parole di un gigante, in questo caso del pensiero matematico e filosofico del ventesimo secolo: "*Mathematics, rightly viewed, possesses not only truth, but supreme beauty - a beauty cold and austere, like that of sculpture, without appeal to any part of our weaker nature, without the gorgeous trappings of painting or music, yet sublimely pure, and capable of a stern perfection such as only the greatest art can show.*" [5].

Ferdinando Boero

Zoologo

La filosofia naturale di Galileo è rivolta all'universo, dove l'approccio matematico e geometrico è l'unico possibile. Con il telescopio Galileo ha scrutato l'immensità dove l'occhio umano non era ancora arrivato e, assieme a Copernico, ha cambiato la nostra visione della posizione del mondo nell'universo. La filosofia di Lamarck e di Darwin (i fondatori della teoria dell'evoluzione e dell'ecologia) ha cambiato la nostra visione del mondo vivente e del nostro posto all'interno di esso. La teoria della biologia non si basa sulla matematica, e usa una lingua diversa da quella fatta di cerchi, triangoli e altre figure geometriche elaborata da Galileo. Ci sono più cose, in cielo e (soprattutto) in terra, di quante ne sogni una sola filosofia. La proposta di Galileo è veramente universale, potrebbe essere paragonata all'alfabeto della scienza. Le sue forme geometriche sono le lettere senza le quali non è possibile parlare. La chimica è il dizionario, con la tavola periodica di Mendeleev che mette assieme le sin-

gole parole di cui è composta la materia. E poi ci sono la geologia, e la biochimica, e poi lo stato della materia che non ha paragoni rispetto a tutti gli altri: la materia vivente. Organizzata in milioni di forme meravigliose che si assemblano in entità che cambiano continuamente, ogni giorno diverse dal giorno precedente, in un brandello imprevedibile di realtà. Non esiste nulla di più complesso nell'universo conosciuto. Non si descrive la vita con cerchi e triangoli, e non la si capisce attraverso formule. Bisogna usare l'approccio di Lamarck e di Darwin e di tutti quelli che ancora si affannano a comprendere i misteri della struttura e della funzione della materia vivente. Le lettere e le parole diventano letteratura e poesia, obbediscono alle regole sintattiche e grammaticali scoperte da Galileo e dai suoi seguaci, poi vanno oltre. Ci sono altre lingue e altre realtà. Non esiste unità in questo mondo, ma diversità. La musica non si può ridurre alle sette note e anche se può essere suonata da un computer, non può essere immaginata da un computer. I ricercatori di tutto il mondo devono essere grati a Galileo e al suo metodo. Relativamente a certi livelli di organizzazione è insostituibile, e chi studia cose più complesse ha il dovere di conoscerlo e rispettarlo, pretendendo altrettanto rispetto. Purtroppo c'è chi pensa che la scienza sia solo galileiana e matematizzata, e questo, con tutto il rispetto per Galileo, non è scientificamente corretto. Lo spiega Darwin: "Getta in aria una manciata di piume", dice ne l'Origine delle Specie, "e tutte cadranno al suolo secondo leggi ben definite". Si riferisce alla caduta dei gravi, ai cerchi e ai triangoli di Galileo. Poi continua con: "ma come è semplice questo problema se confrontato con le innumerevoli azioni e reazioni tra piante e animali che, nel corso dei secoli, hanno determinato l'insieme di alberi che formano la foresta davanti ai miei occhi".

La scienza parla molte lingue.

Fabio Bossi

Fisico Sperimentale

Possiamo capire il mondo? Riusciamo a tenere sotto controllo i mille eventi che accadono intorno a noi, indipendentemente da noi, a dispetto di noi, a volte, sembrerebbe, contro di noi? La risposta è sì, possiamo farlo, perché abbiamo svelato

il segreto che ci consente di riuscire ad interrogare il mondo e a riceverne risposte: abbiamo scoperto la matematica. La forza ordinatrice della matematica è talmente potente ed implacabile che ci consente di trovare un ordine nascosto anche nelle cose disordinate, nel caos.

Ci conforta questa consapevolezza? Sì, se ci aiuta a capire che il mondo intorno a noi non è necessariamente ostile, che possiamo comunicare con lui e possiamo tenerlo sotto controllo, e, a volte, addirittura, usarlo a nostro vantaggio. No, se ci fa riflettere sul fatto che la nostra esistenza è del tutto ininfluenza rispetto all'esistenza del mondo ed al suo funzionamento, che le nostre dimensioni sono irrilevanti, le nostre aspirazioni irrilevanti.

La matematica è una moneta, che ci dà conforto o scoramento a seconda della faccia che guardiamo. Ma è l'unica moneta autentica che abbiamo a nostra disposizione.

Mario Castellana

Filosofo

Succede a volte anche nella storia delle idee, comprese quelle scientifiche, che la base di alcuni eventi, rivelatisi in seguito significativi come nel caso di Galileo, si trovi posta all'inizio quasi per gioco, come risulta dagli studi sulla nascita della prima Accademia dei Lincei, sorta a Roma nel 17 agosto del 1603 quando dei giovanissimi studiosi, su iniziativa del diciottenne Federico Cesi, si riunirono in casa sua

"in un'atmosfera quasi di congiura, di giuoco segreto e dopo polemico però provvisti *in corpore* dell'occhio della lince per guardare oltre e avventurarsi in quello che veniva chiamato "il gran theatro della natura" ".

Pur dispersi, come era prevedibile, dall'intervento successivo nel 1604 del Sant'Uffizio, il gruppo continuò ad incontrarsi col dare vita a quell'ideale di "lincealità" caratterizzato dall'osservazione dei fenomeni naturali con la matematica per spazzare via le false conoscenze sino all'entrata dello stesso Galileo nel 1611, che diede più concretezza a tale progetto. Non a caso tutti i componenti erano d'accordo nel dare vita a quella che chiameranno "nostra filosofica militia", idea dello

stesso Cesi in "Il natural desiderio di conoscere", grazie all'alleanza strategica con la matematica concepita come strumento *sine qua non*; grazie a questo Gianlo bifronte, il loro iniziale gioco si stava tramutando in qualcosa di molto più serio sino a porre le basi della scienza moderna.

Se in seguito la matematica anche per il ricco ventaglio di articolazioni al suo interno è stata interpretata come un puro linguaggio universale ed utile per ogni contesto di ricerca proprio per la sua presunta neutralità, rimane sempre aperto il problema relativo al fatto che i suoi prodotti sempre più astratti, pur essendo frutto dell'immaginazione umana e quasi "poesia matematica" a dirla con Federigo Enriques, prima o poi trovano corrispondenza quasi perfetta nei fatti reali sino a farli "cantare", per usare un'espressione di Gaston Bachelard, come il calcolo tensoriale prima per il reale relativistico, gli spazi astratti e l'algebra non-commutativa di Dirac, gli spazi hilbertiani per arrivare ai diagrammi di Feynman e così via; ma è da tenere presente nell'ambito di alcuni risultati provenienti dalla neuro-geometria la presa d'atto della forma geometrica degli stessi sillogismi aristotelici e degli schemi mentali di ordine cognitivo, quasi come iscritti nella profondità biologica. Tutto questo non può più essere inserito nel cosiddetto e controverso capitolo della "*The Unreasonable Effectiveness of Mathematics*" [2] che porta ad evidenziarne il carattere quasi miracolistico insieme ai conseguenziali aspetti convenzionali e linguistici, ma deve indurre a pensare le matematiche nel senso genuinamente galileiano come pensiero *tout court*, cioè in grado di conoscere sempre più in profondità le strutture del reale nelle diverse articolazioni.

Occorre, pertanto, lavorare a tracciare dei binari di un discorso fondato sulla "*Reasonable Effectiveness of Mathematics*" [2], di una nuova "filosofica militia", come voleva il giovane Cesi e sulla sua scia Galileo, più in grado di fare i conti coll'implicita razionalità, convinti che interrogandone la storia, stiamo interrogando in realtà la nostra razionalità da più parti messa in discussione. In tal modo, tra l'altro, riacquista un maggior senso l'invito fattoci da Einstein nel suo "Credo epistemologico" prima di morire, dove si lasciava in eredità tale questione dove oltre a credere nel valore esplicativo delle matematiche, era ritenuto un bisogno cruciale sforzarsi di darne una com-

preensione più adeguata, cosa che Galileo all'alba della scienza moderna aveva iniziato a fare nel tentativo di convincere gli aristotelici che anche "le cose cangianti di questo mondo sublunare" erano degni di "dimostrazioni matematiche".

Giampaolo Co'

Fisico teorico

La frase di Galileo va contestualizzata. A me, che opero nel XXI secolo, l'idea di una natura che segue leggi matematicamente definite, da scoprire, appare ingenua, ma devo considerare il contesto in cui Galileo lavorava. Doveva convincere che quanto si osservava nel cannocchiale non era un artificio dello strumento, ma una osservazione oggettiva; tutti coloro che guardavano con quello strumento, o con uno analogo, vedevano lo stesso fenomeno. Oggi, utilizziamo tele-, e micro-, scopi, di varia natura e funzionamento, che ci permettono di osservare fenomeni che appaiono a distanze 10^{-15} volte inferiori e 10^{26} volte superiori a quelle della nostra vita quotidiana, ma nessuno dubita dell'oggettività delle osservazioni fatte, anche perché, dopo Galileo, la ripetibilità dell'osservazione è diventata un paradigma dell'analisi scientifica di un fenomeno.

Abbiamo dovuto riscrivere molto delle leggi che regolano i fenomeni della vita quotidiana per poter descrivere quelli che avvengono su scale micro- e macro- scopiche. Nonostante l'osservazione di fenomeni assolutamente imprevedibili estrapolando la fenomenologia della quotidianità, gli strumenti teorici che adottiamo sono sempre gli stessi. Sono i triangoli, i cerchi e altre figure geometriche, l'oscillatore armonico, le equazioni differenziali. Ci siamo resi conto che i fenomeni che osserviamo sono più complicati e complessi di quanto noi riusciamo ad immaginare, eppure utilizziamo sempre gli stessi strumenti teorici di base.

Sorge, quindi, il pensiero che la matematica non sia nelle cose, come diceva Galileo, ma sia in noi. Certamente, la storia della matematica ci indica chi e quando ha formulato dei concetti ben precisi che oggi utilizziamo, ma rimane il dubbio che la matematica non sia solo un costrutto culturale, ma, nella sua parte più profonda, la logica non contraddittoria a due valori (vero o falso), abbia qualche connessione con qualche

cosa di profondo legato al nostro essere animali pensanti. In linguistica, Noam Chomsky, e chi ne segue le idee, ha formulato l'ipotesi che il linguaggio sia strettamente legato alla biologia umana, distinguendolo dalle lingue che ne sono la realizzazione pragmatica e formalizzata, e quindi prodotto culturale, di questo principio istintivo di base che è insito nella nostra essenza umana.

E se fosse così anche per le basi logiche della matematica? Se non solo esistesse una lingua universale, ma anche una logica universale, non più prodotto culturale, ma necessità biologica. Non è la natura che ci parla in lingua matematica, ma siamo noi che ci siamo evoluti per percepirla in termini matematici.

Stefano De Rubertis

Geografo economico-politico

Il passo che qui proviamo a commentare non esprime soltanto un punto di vista, esso contiene un vero e proprio programma, le basi per una rivoluzione culturale: Galileo indicava una strada per la conoscenza universale, in netta contrapposizione con quella ufficiale. A ben guardare, l'idea di universalità pervade tanto la scienza di Galileo quanto le credenze dell'Inquisizione, suo feroce nemico. Due generi di integralismo che, sia pure in forme molto diverse, si confrontano da secoli, nei contesti più vari e con alterne vicende.

Come osserva con grande lucidità il geografo francese Augustin Berque riflettendo sul rapporto tra scienza e potere, l'idea di uni-verso, nel suo contrapporsi a quella di di-verso, insinua la certezza che esista una sola verità, negando evidentemente qualunque alternativa. Questa assolutizzazione o universione, come la definisce l'autore, "è possibile soltanto in due modi: eliminando l'incommensurabile a vantaggio del commensurabile (che è la via del positivismo moderno) oppure abolendo tutte le misure (che è la via del misticismo)"[6]. Insomma, sembra emergere una consapevolezza che definirei postmoderna, foriera di non pochi problemi, non ultimo quello di veder mettere in discussione la stessa legittimazione della scienza. O, al contrario, di assumerla come verità assoluta: rendere la realtà trasparente, regolare, geometrica, cancellando

l'utilità e il senso di qualunque confronto, di fatto riducendo i gradi di libertà individuale.

Evidentemente, una solida fiducia nella scienza, alla cui costruzione Galileo ha tanto contribuito, non è un risultato ottenuto una volta per tutte. Razionale e irrazionale si fronteggiano, essendo l'uno complemento dell'altro. Il commensurabile ha senso grazie al suo opposto. La lettura e le interpretazioni del mondo quanto più diventano profonde e incisive tanto più restituiscono immagini sfocate della realtà. Le probabilità si sostituiscono alle certezze. Le relazioni sono più importanti degli elementi. La soggettività e le qualità dell'osservatore ridefiniscono il significato di oggettività delle osservazioni. La ricerca di nuovi equilibri ha pervaso, sia pure in misura e modalità differenti, ogni ambito disciplinare, con una nuova e più sofisticata consapevolezza delle proprie possibilità e delle proprie debolezze.

Così, anche la geografia moltiplica le sue anime, utilizza qualitativo e quantitativo, gradualmente (molto gradualmente) abbandona presunzioni di oggettività assoluta per giungere a verità parziali e temporanee, maturate attraverso processi di condivisione. In ogni epoca il prestigio della disciplina è derivato dalla sua utilità, che in futuro si misurerà sempre più con la sua capacità di rendere conciliabili rappresentazioni diverse, sottraendo a ognuna inaccettabili pretese di universalità, preferendo il confronto al conflitto. Ciò non toglie che la geografia sia e sarà ancora una scienza, visto che ne ha mutuato il metodo e che, anche quando non ricorre al linguaggio matematico, ne utilizza la logica rigorosa, sempre pronta a mettersi in discussione. Oggi la geografia della post-modernità è più matura e consapevole dei propri limiti. Questo non ne restringe la validità, anzi, è utile oggi almeno quanto lo è stata nel passato.

Sandra Lucente

Matematica

Caro Galileo, circa 400 anni fa inviasti *Il Saggiatore*, elegante trattato in forma di lettera, al poeta Virginio Cesarini. Allora ti rispondo anche io in forma di lettera. Hai notato che la parola lettera è un bisenso? Indica sia il singolo elemento dell'alfabeto sia la composizione di tanti segni imbustati.

Non è un caso che la tua lettera fosse indirizzata ad un poeta, tante lettere ad un letterato! Immagino la prima lettura di quella frase da parte di chi doveva solo controllare che tutti i caratteri fossero al posto giusto. Magari il tipografo si mise a pensare all'universo come libro. Quanti caratteri occorre per descriverlo? Quattrocento anni dopo i caratteri si infilano ordinati su un monitor e solo a volte sulla carta. Ma non sai cos'è un monitor e prima dovrei raccontarti del meraviglioso passaggio intermedio alla macchina da scrivere che ha messo un *set* di caratteri in tante case. Ogni tanto passavamo il dito sulla C per stampare la lettera sul polpastrello. C di cometa dirai, non ne sono esperta, ti voglio scrivere di C di carattere. Un altro bisenso, un segno tracciato ma anche le doti dell'individuo. Torniamo alla tua idea di una gigantesca stamperia o macchina da scrivere che ricostruisca il libro dell'universo e che contenga tutti i caratteri della matematica. Vedi Galileo, innanzitutto deve essere una macchina da scrivere in espansione, e non tanto perché si espande l'universo, cosa che tu puoi discutere meglio di me, quanto perché si espande la matematica e acquisisce nuovi caratteri. Così si riesce a girare altre pagine del libro dell'universo. Ti faccio un esempio. Ti ricordi delle dispute algebriche che il secolo precedente al tuo portarono ad introdurre i numeri immaginari? Ecco, oggi li usiamo per capire i segreti dell'infinitamente piccolo. Si chiama equazione di Schrödinger e dovrebbe interessarti tanto. Se tu hai studiato le grandi macchie solari, noi col tuo metodo scientifico ci siamo interessati alle particelle più piccole della materia. Se ripensi alla fatica di misurare distanze planetarie con il tuo cannocchiale, ti sembrerà grande fortuna il nostro essere dotati di satelliti artificiali che ci guardano da lontano. Ma anche per costruire questi abbiamo dovuto allargare il *set* di caratteri matematici, e per interpretare le notizie che ci mandano abbiamo persino deciso di usare caratteri appartenenti a diversi *font*. La macchina da scrivere immaginaria della matematica ha oggi infatti diverse geometrie che ci regalano i percorsi più brevi sulle superfici più disparate. Quando scriviamo di raggi di luce in spazi amplissimi e non teniamo fermo l'osservatore non ci importa più che le parallele non si incontrino. Ma nel semplice lavoro di chi mette in fila arbusti vo-

gliamo invece lasciare costante le distanze nel campo per favorire la crescita delle piante e i saggi assiomi di Euclide ci occorrono ancora. Lo so che non hai nemmeno letto l'ultima frase, stai ancora pensando all'osservatore che si muove e a quanto quell'Einstein che non hai mai sentito nominare sia stato influenzato dal tuo discorso sui sistemi inerziali. Ma ti prego seguimi ora sulla faccenda degli alberi. Hai sicuramente notato che le radici e i rami seguono la stessa regola della diramazione che si legge sulle foglie. Come la esse maiuscola dei libri antichi somigliava alla effe minuscola e per certi libri bisognava avere un monoclo per distinguere i caratteri, così noi abbiamo guardato da vicino e da lontano i fenomeni. In alcuni oggetti questa doppia visione non dà differenze. Mandelbrot nel 1970 ha iniziato a chiamare questi oggetti frattali, ha persino proseguito la tua frase dicendo "Le nuvole non sono delle sfere, le montagne non sono dei cono, le linee costiere non sono dei cerchi, il sughero non è liscio ed i fulmini non si muovono lungo linee diritte". Non era in polemica con te, voleva solo chiedere di allargare la stamperia, di creare nuovi caratteri per quello che cresce con poca regolarità. Sono nate nuove idee di perimetro, di area, di volume. Avrai subito pensato a quel che scrivevi nel Sidereus Nuncius sulla Luna che non è una sfera perfetta ma ha monti e valli, sulla meravigliosa Via Lattea che sembra un ammasso. I tuoi seguaci cosmologi stanno discutendo ancora su cosa questa teoria dice sul susseguirsi di vuoti e pieni di materia, su scale diverse. Di certo, per affermare o smentire una idea usano sempre la matematica i cui caratteri, come quelli delle parole, se scambiati cambiano senso. Causalità e casualità ad esempio. La teoria dei frattali è vantaggiosa perché mette insieme queste due parole e perché guarda i mondi in movimento. Sai, oggi abbiamo il carattere della quarta dimensione, il tempo. Anzi stiamo già leggendo le pagine del libro sulla dimensione infinita che ci serve per i movimenti dei fluidi, e ti prometto di spiegartela la prossima volta, così ti togli tutti i dubbi che avevi sulle maree. Noi ne abbiamo molti ancora sui vortici e sul moto dei gas. La vera rivoluzione (oltre quella dovuta a voi giganti del Seicento si intende) è arrivata quando abbiamo introdotto in stamperia i caratteri della probabilità e della incertezza, così le passeggiate di parti piccolis-

sime della materia le discutiamo non punto per punto ma con funzioni d'onda. Ovviamente i vecchi caratteri non sono desueti e le passeggiate di informazioni le discutiamo con la teoria dei grafi, un set di caratteri nato poco dopo di te, molto potente e molto schematico. Cosa succede ora? Quello che succede sempre nelle lettere: si cerca una chiusura. Oggi si usano le *emoticon*, dopo tutti questi caratteri inventati siamo tornati ai disegni. Ma io cercherò una chiusura classica, perché sono abituata all'eternità dei caratteri matematici, alla ricerca di regole nella complessità. Questo rende meno oscuro il labirinto del sapere. Ci incontreremo lì, perché in fondo, a tutti gli scienziati piace quel labirinto. Parafrasando il finale della tua lettera: per minor tedio di V. S. Illustrissima e mio, ho risolto più tosto di rimmetterla a tante altre letture dello stesso libro nei secoli futuri.

Luigi Martina

Fisico Teorico

Nelle parole di Galilei confluiscono il "*De Divina Proportione*" e il "*Mysterium Cosmographicum*": rinascimento italiano e riforma luterana. Forgiando la cultura europea, il tempo ha prodotto neoplatonismo e positivismo. Il dramma prima scientifico, e poi personale, di Boltzmann si collocò esattamente al centro dello scontro tra tali concezioni totalitarie, che produssero poi gli orrori successivi. Le riflessioni sui fondamenti della Matematica (il modo di pensare) e della Fisica (il modo di percepire l'universo), accompagnarono le contemporanee scomposizioni dell'anima (Freud) e dell'arte (Picasso), verso una deviazione permanente nel cammino del *logos* creatore. Le magnifiche sorti e progressive vennero sepolte assieme al vitalismo romantico. Matematica, Scienza ed Arte condividono ora l'incertezza e l'ansia dell'umanità. Non più triangoli, ma frattali. Non ragioniamo più con l'orbita, ma in termini di orbitali. Il banditore del re è sostituito dal web e dagli algoritmi di profilazione. Il cinquecentesco ritratto della matematica famiglia Neudorffer è sostituito dallo sberleffo al mondo di Einstein.

Marco Mazzeo

Fisico Sperimentale

Per comprendere in fondo la famosa frase di Galilei, che potremmo per certi versi definire il fondamento dello statuto epistemologico della scienza moderna, essa va divisa in due parti, inserendola, inoltre, nel suo contesto storico.

Nella prima lo scienziato pisano afferma che la filosofia naturale, pur essendo una attività meramente umana, è scritta in un libro, che non è però cartaceo ma è niente meno che l'universo stesso. Il senso di questa affermazione è soprattutto fondativo: Galilei intende rendere indipendente la scienza da altre discipline, dalla teologia alla filosofia in particolare, e dalla tradizione. Ovviamente Galilei con questo non voleva affermare che tutta la tradizione passata fosse da buttare. Voleva piuttosto sostenere che è lo studio diretto del mondo naturale la fonte della vera conoscenza, e che al più i testi del passato possono avere la loro validità a patto che siano supportati dai fatti osservativi e che siano studiati con senso critico. È evidente qui l'attacco alla filosofia aristotelico-scolastica di quel periodo, la quale era divenuta una sequenza di commenti dei testi aristotelici.

La seconda parte della frase Galilei sostiene che l'universo stesso, si badi bene non la filosofia naturale ma la stessa realtà, sia scritto in linguaggio matematico. Essa va contestualizzata nel dibattito tra due diversi modi di intendere il ruolo della matematica nelle scienze naturali e ha enormi implicazioni circa il rapporto che decidiamo debba esserci tra scienza e verità. Questi due punti di vista sono la visione modellistica e quella platonista. Nel primo caso il rapporto che c'è tra matematica e realtà è lo stesso che passa tra una mappa geografica dell'Italia e la penisola vera e propria: ovvero una ottima rappresentazione ma pur sempre una rappresentazione, la quale può migliorare con rappresentazioni più efficaci e dettagliate. In quest'ottica il rapporto tra scienza e verità è solo un rapporto di efficacia: le teorie semplificano il mondo mediante enti geometrici o algebrici e consentono di fare previsioni utili mediante teoremi. Questi enti vivono in un mondo virtuale (culturale), entro cui abbiamo stabilito certe regole matematiche e logiche, e da cui possiamo, mediante teoremi, estrarre certe conclusioni da confrontare, mediante

regole di corrispondenza, con la realtà naturale (fenomeni osservati), artificiale (tecnologia) o tecno-naturale (esperimento). Per un modellista dunque non esiste una teoria vera, ma solo una teoria efficace. Per i platonisti (moderni pitagorici) la matematica ha un ruolo differente: essa è intesa come il linguaggio della struttura stessa dell'universo e della sua dinamica, la quale va esplorata come si esplora la geografia di un nuovo ambiente. Le teorie in questo senso sono da scoprire e non da inventare: è il caso della famigerata teoria del Tutto, nei confronti della quale vi è la fede (platonica) che esista una struttura matematica da scoprire per unificare le forze e che essa sia una e necessaria.

Galilei era un modellista o un platonista? Per un modellista il modello copernicano è più efficace nel descrivere i fenomeni. Per un platonista invece la teoria copernicana è vera in virtù dei fenomeni che riesce a spiegare. Ricordiamo che il moto retrogrado del pianeta Marte poteva essere descritto adeguatamente sia dal modello tolemaico che da quello copernicano. Tuttavia Galilei sosteneva che la teoria copernicana fosse vera e quella tolemaica falsa. Come mai, visto che lui fu il campione dei relativisti per i quali, in nome proprio della relatività, è equivalente dire che la terra è ferma con il sole che gli si muove attorno o viceversa? In realtà le osservazioni bocciarono il modello matematico di Tolomeo, il quale, come prontamente dimostrò lo stesso Galilei mediante le osservazioni effettuate al suo cannocchiale, non poteva spiegare le fasi di Venere.

Galilei era evidentemente un platonista, sia perché, come lui stesso affermò più volte si definì pitagorico, sia perché la mentalità cristiano-monoteista, supponendo l'esistenza di una intelligenza divina la quale crea e ordina il cosmo, è più pronta a ritenere che esplorare la matematica dell'universo equivalga a capire la struttura con cui Dio ha fondato il mondo. La posizione platonista ha la sua legittimità. Tuttavia essa non tiene conto del fatto che le teorie evolvono nel tempo non tanto col risultato di creare modelli sempre più precisi di un canovaccio consolidato, quanto con quello di creare nuove strutture matematiche ed enti che scalzano completamente quelli precedenti. È la lezione che abbiamo imparato un secolo fa, quando i fisici, gran parte platonisti, si meravigliarono non poco quando videro che

i modelli classici erano incapaci a spiegare certi fenomeni.

Il mio punto di vista, da modellista, è che il platonismo, riportato in auge da Galilei, è stato di indubbia efficacia per 400 anni e lo sarà ancora, come una "finzione che funziona", ovvero come un modo euristico di approcciarci al mondo. Tuttavia se si prende troppo sul serio si rischia di ritenere assolutamente vere idee che sono solo "dinamicamente e temporaneamente vere", in quanto meri modelli contingenti e culturali del mondo, pur essendo vincolati ai fenomeni osservati.

Margherita Primavera

Fisica Sperimentale

Con tutto il rispetto per Galileo e la matematica (che adoro), a me sembra che il linguaggio di cui scrive Galileo vada inteso come l'abecedario, fondamentale certamente ... ma da lì a scrivere "I fratelli Karamazov" (solo per fare un esempio) ce ne passa: c'è di mezzo la comprensione della complessità dell'animo umano, la sensibilità di coglierlo nel profondo eccetera eccetera eccetera. Ho usato una metafora, ma spero che si colga cosa voglio esprimere!!

Marco Ticozzi

Ingegnere

Ad un ingegnere civile, qual io sono, il corso degli studi offre nei primi anni una sicurezza ontologica: la matematica e la geometria "sono", esistono apoditticamente perché servono a fare poi altre cose concrete. Sono a tutti gli effetti l'A-B-C da imparare per elaborare modelli interpretativi della realtà che poi si concretizzano in progetto.

Cito (a braccio) la conclusione di un testo di Giuseppe Grandori, uno dei pochi maestri che io abbia conosciuto all'università, nel quale egli asseriva che il tutto (la Scienza delle Costruzioni) era mirato all'interpretazione dei reconditi disegni della Provvidenza (la natura). In effetti, un ingegnere da giovane vede la realtà, a partire dalla composizione vettoriale delle forze nella Statica, come una successione, una ragnatela di forme geometriche che si compongono alla ricerca di un equilibrio e, in fin dei conti, di un

senso. La natura così è rappresentata *a fortiori* da geometrie connesse da relazioni matematiche.

Non vi sono dubbi epistemologici, semmai, dopo, dubbi pratici: "funzionerà?"; "starà in piedi?". Come un novello, sebbene erudito, "buon selvaggio" davanti all'asserzione di Galileo: "è così, e non c'è altro da dire", se non progredire e valutare criticamente il prodotto.

E l'imprinting iniziale spesso resta il parametro esperienziale per valutare l'evoluzione delle tecniche di calcolo: chi è nato con il metodo di De Saint Venant, assolutamente geometrico, interpreta le formulazioni di calcolo più raffinate, che si sono succedute nel tempo, usando quelle imparate agli esordi come contro-verifica istintiva.

Ora, l'uso della geometria come complesso di sintagmi di un linguaggio comune e convenuto, comunicativo ed efficiente per l'indagine, resta, quantomeno in me, la forma mentis dell'Ego (buon selvaggio), della supposta razionalità, ma anche chiave di lettura della natura nel bisogno di controllare e leggere anche l'emozione: un dipinto, una scultura, un'architettura appaiono ordinate secondo ordini geometrici che ne contemplano anche varianti e digressioni.

L'esperienza esistenziale della contraddizione, della varianza, della confutazione degli schemi propongono (all'Es-inconscio) l'ipotesi che non tutto possa essere descritto e che il lessico possa variare a seconda della cultura e dei punti di vista. Fino alla domanda ingenua se davvero esistano o no altri modi, altri linguaggi rispetto alla matematica, che è stata inventata, più che scoperta, nei tempi antichi. Perché il tutto nella sua molteplice ma unitaria diversità sembra sfuggirne.

Al di là delle fantasie infantili in campo fantascientifico e delle senili derive spiritual-esoteriche, la visione geometrica dialoga con la contezza delle contraddizioni, proponendo il tarlo creativo del dubbio. "Tutto si tiene" e si inizia con una lingua per approfondire o avvicinarsi al tutto. La certezza del linguaggio matematico e geometrico, assieme alla coscienza di derivare dalla cultura di origine Greco-Mediterranea, restano le chiavi della mia fascinazione verso la geometria. Come in un film di fantascienza, tutto quello che vedo si scompone in elementi geometrici cosiccome tutto quello che amo in quanto bel-

lo: ad esempio la pittura che, fino all'astrattismo del Novecento, si basa ancora (anche nel confutarla) sulla composizione geometrica rinascimentale secondo le forme che Galileo intravede nella natura.

Mi piace sempre pensare a come una costruzione di geometria applicata, quale è la prospettiva per la pittura e il disegno, venisse vissuta da Leon Battista Alberti e da Leonardo, per esempio, come strumento scientifico di conoscenza e rappresentazione della realtà, o meglio della natura; mentre nelle opere d'arte si applicavano i canoni di bellezza a loro volta figli di quelle proporzioni geometrico-numeriche teorizzate dei Greci nell'antichità.

E qui sta il primo dubbio costruttivo: questa bellezza, matematica, aveva trovato nei Greci giustificazione in quanto espressione di bontà e di giustizia, secondo visioni dunque relative al contesto culturale e alle necessità di ordine, anche sociale.

Il richiamo ai miti antichi, come forieri di una psicoanalisi collettiva, da parte dei padri della psicoanalisi moderna - individuale -, scardinando le certezze della modernità e permeando la coscienza del sé nel contemporaneo, rafforzano poi nel "buon selvaggio" il dubbio che possano esistere altre formulazioni e che il tutto non possa essere compreso soltanto in questa sintassi.

Ma come miti di bellezza estetica e di pensiero, nella mia visione geometrica del mondo restano affascinanti il quinto postulato di Euclide - cosiesteticamente raffinato e astruso, ma icasticamente risolutivo in un ambito di riferimento allo spazio piano a due coordinate - e l'assurda ma esteticamente efficacissima ricerca della sezione aurea, che tutte le volte mi sorprende con la domanda "*cui prodest?*", ma arriva con un numero impossibile - 1,6 e tanti decimali - a definire delle proporzioni estetiche che, tuttora radicate nello spirito, si dimostrano efficaci sia nel loro riprodursi ordinato che nel generare varianti.

Dunque sì, Galileo mi ha formato secondo l'asserzione in causa, e questo si è sedimentato con convinzione, ma non basta forse per la molteplicità naturale e culturale, e ne ammetto il limite personale.

- [1] G. Galilei: *Il Saggiatore, nel quale con bilancia esquisita e giusta si ponderano le cose contenute nella Libra astronomica e filosofica di Lotario Sarsi Sigensano, scritto in forma di lettera all'ill.mo et rever.mo mons.re d. Virginio Cesarini acc.o linceo m.o di camera di N.S.*, Giacomo Mascardi, Roma (1623).
- [2] E. Wigner: *The unreasonable effectiveness of mathematics in the natural sciences*, Communications on Pure and Applied Mathematics, 13 (1960) 1.
- [3] H. E. Huntley: *The divine proportion: a study in mathematical beauty*, (Dover Publications, città (1970), Serge Lang: *The beauty of doing mathematics*, Springer, Berlin (1985), G.-C. Rota: *The phenomenology of mathematical beauty*, Synthese (1977) 171.
- [4] G. Carli Ballola: *Beethoven: la vita e la musica*, Bompiani, Milano (2001).
- [5] B. Russell: *The study of mathematics in Mysticism and logic*, Penguin, città (1953).
- [6] A. Berque: *Ecoumène. Introduction à l'étude des milieux humains*, Belin, Paris (2000). p. 65

