

Capitolo 31

Tra fisica e filosofia

31.1. La rivoluzione scientifica

Tra la fine del Cinquecento e l'inizio del Settecento ha origine in Europa una profonda revisione metodologica nello studio della Natura che prende il nome di "*rivoluzione scientifica*" e che trova nelle figure del pisano Galileo Galilei (1564-1642) e dell'inglese Isaac Newton (1642-1727) i principali artefici del suo sviluppo.

I nuovi presupposti culturali vedono nell'affermazione del cosiddetto **metodo scientifico** lo strumento principe di questa innovazione. Con il "metodo" sono definitivamente gettate le basi della scienza moderna, la cui nascita segna un allontanamento sempre più marcato dai concetti della fisica aristotelica.

31.2. La filosofia: nasce il pensiero razionale

Una delle principali caratteristiche del "metodo scientifico" è *l'approccio esclusivamente razionale allo studio dei fenomeni naturali*. Il ché, però, non rappresenta di fatto una novità nella storia del pensiero occidentale.

Sappiamo, infatti, come già le antiche civiltà dei Sumeri, degli Assiri, dei Babilonesi e degli Egiziani siano state in grado di sviluppare notevoli conoscenze tecnologiche mettendo a frutto le esperienze artigiane da loro maturate nel corso dei secoli: si pensi, ad esempio, all'invenzione della ruota o alla costruzione delle piramidi. D'altro canto si sa anche che questi popoli non provarono mai a coordinare tutte queste nozioni in una formulazione teorica generale capace di fornire una valida interpretazione della realtà fisica nel suo complesso.

Questo limite intellettuale è in parte imputabile a una concezione **fatalista** dell'esperienza, nella quale il *magico e il soprannaturale* hanno il sopravvento sullo sviluppo di un pensiero di stampo *razionale*. All'interno di un tale orizzonte culturale, in cui tutto sembra immutabile e predestinato, anche la vita dei singoli uomini, non risulta particolarmente interessante il tentativo di capire la Natura e i suoi fenomeni se non entro gli angusti limiti di quello che è un mero uso applicativo, con fini esclusivamente utilitaristici, delle conoscenze tecniche di volta in volta conquistate.

E' solo con l'avvento della cultura greca che per la prima volta l'Uomo tenta di interpretare la complessa realtà del mondo che lo circonda, di carpirne i segreti per puro e semplice spirito di conoscenza e senza dichiarate finalità tecnico-pratiche. Le ipotesi di partenza sono allora di tipo nuovo, completamente fondate su *paradigmi intellettuali di stampo logico-razionale e non più magico-mitologico*.

Questo cambiamento di prospettiva rappresenta un passo decisivo nello sviluppo del pensiero occidentale e il vero fattore di novità di cui siamo debitori alla cultura greca antica.

I filosofi greci, quindi, possono essere considerati, in un certo senso, i precursori degli scienziati moderni, perché sono i "sapienti" che più di altri avvertono il bisogno di indagare razionalmente la realtà sensibile e il suo rapporto con l'Uomo.

Si è soliti far coincidere il periodo di nascita della filosofia con la figura di *Talete di Mileto*, vissuto nel VI sec. a.C.. Con lui prende l'avvio una profonda indagine teoretica volta alla ricerca del *principio ultimo* su cui si fonda la realtà sensibile. Questa indagine costituisce il primo passo verso una comprensione razionale del mondo e sfocia in una serie di ipotesi attraverso le quali tutta la molteplicità di forme con cui la Natura si manifesta viene inizialmente ricondotta a poche o, addirittura, ad un'unica sostanza originale: **l'archè**.

Ai fini del nostro discorso, è però importante sottolineare anche quello che, di fatto, rappresenterà un limite evidente del pensiero greco: l'implicita convinzione, cioè, che il fine ultimo della conoscenza sia solo quello di stabilire **l'essenza ed il perchè** delle cose, piuttosto che quello di indagare **"il come"** queste avvengano.

Una tale speculazione, quindi, è *più qualitativa che quantitativa*, e questa caratteristica di fondo **non conduce il filosofo alla misurazione della realtà fisica**, ma alla creazione di sistemi di pensiero che spesso, ancorché coerenti dal punto di vista logico, *risulteranno molto lontani da una corretta spiegazione dei fenomeni naturali*.

Lo studio dei modelli filosofici elaborati dal pensiero greco e la loro evoluzione concettuale raggiunge il suo punto più alto nella *Fisica* di **Aristotele** (384 a.C. – 322 a.C.), la cui interpretazione della Natura rimane un punto di riferimento indiscusso (e indiscutibile!!) fino all'inizio del 1600.

31.3. La fisica e la cosmologia in Aristotele

La visione cosmologica aristotelica si basa sui seguenti punti fondamentali: Cielo e Terra sono **luoghi nettamente separati** non solo da un punto di vista fisico, ma anche e soprattutto filosofico; sono governati da *leggi differenti*, contraddistinti da un *diverso tipo di movimento* e formati da *sostanze profondamente dissimili*. E ciò in virtù dell'idea che il Cielo, a differenza del mondo "sublunare", sia il luogo della perfezione filosofica e fisica.

IL "CIELO"

Al centro dell'Universo si trova la Terra, immobile e di forma sferica. Attorno ad essa, trasportati da *sfere cristalline*, si muovono i pianeti e la sfera delle "stelle fisse". Queste ultime hanno posizioni reciproche che non cambiano nel tempo, dando forma stabile alle costellazioni, anche se par-

tecipano al moto apparente del cielo notturno comune a tutti gli astri. Su questo sfondo immutabile si trovano i pianeti, i cui movimenti rispetto alle stelle fisse diventano evidenti ad occhio nudo anche dopo intervalli di tempo di pochi mesi: l'etimologia del nome "pianeta", infatti, deriva dalla lingua greca e vuol dire "vagabondo". Sulle sfere che circondano la Terra vi sono, nell'ordine: la Luna, Mercurio, Venere, il Sole, Marte, Giove, Saturno e infine le stelle fisse. Le sfere celesti sono definite "cristalline" non perché costituite da questo elemento, ma perché assolutamente trasparenti alla vista, quindi invisibili, impalpabili ed immateriali.

I corpi celesti sono oggetti puri, perfetti ed immacolati; hanno forma sferica perché, riprendendo l'assunto platonico, la sfera è il simbolo della perfezione e quindi meglio di altro si addice a rappresentare la perfezione del Cielo. L'elemento che riempie di sé l'intero Universo è l'etere (o quintessenza), entità impalpabile, trasparente, incorrotta ed incorruttibile, la cui onnipresenza rende impossibile l'esistenza del vuoto.

Aristotele nega il moto di rotazione della Terra. Se la Terra ruotasse, afferma, tutti gli oggetti in aria, le nuvole e gli uccelli e gli stessi corpi che lanciamo verso l'alto, dovrebbero ricadere spostandosi in verso opposto alla rotazione della Terra. E ciò non accade.

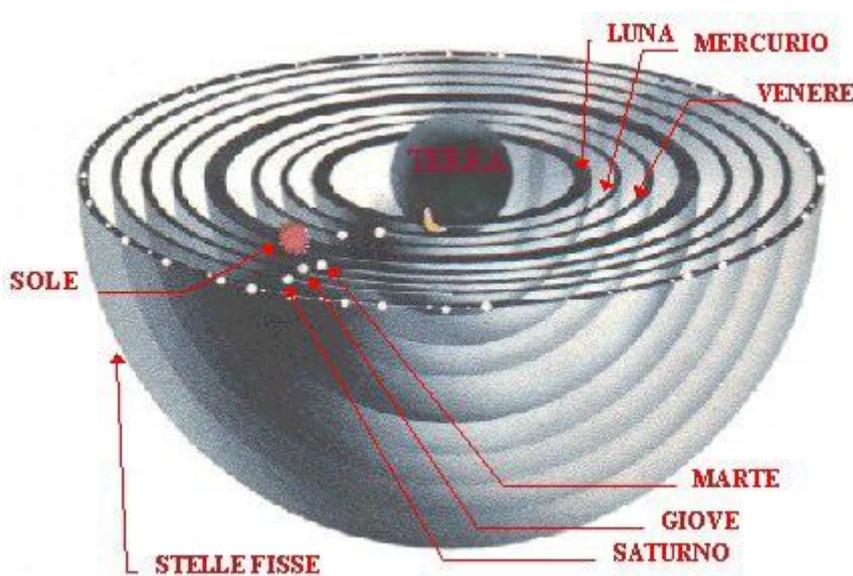


Fig.1 – Le sfere cristalline di Aristotele e la posizione dei pianeti.

IL MONDO "SUBLUNARE"

Il mondo sublunare è invece imperfetto, mutevole, corruttibile e mortale. E' composto dai quattro elementi già suggeriti da Empedocle: *aria, terra, acqua e fuoco* e dalle loro combinazioni. Gli elementi sono suscettibili di trasformarsi l'uno nell'altro, per esempio attraverso processi di evaporazione o di congelamento, di rarefazione o di condensazione; mediante questi processi possono essere spiegati anche i vari fenomeni meteorologici. La tendenza al disordine del mondo sublunare è indotta dal moto circolare del cielo della Luna che trascina gli elementi terrestri producendone il rimescolamento (ne sono conseguenza le esalazioni dalla "sfera del fuoco" con cui trovano spiegazione i fenomeni astronomici come le comete, i meteoriti e la stessa Via Lattea).

IL MOTO

Le sfere cristalline si muovono invece di *moto circolare uniforme* (il moto perfetto, caratteristico dell'armonia celeste, in quanto senza inizio né fine, e per questo motivo eterno). La causa del moto, che si propaga da una sfera all'altra per attrito, è da ricercarsi nell'intervento iniziale sulla sfera

più esterna, e solo su di essa, dell'Ente Supremo, il *Primo Motore Immobile* (immobile perché, se si dovesse muovere, il suo movimento richiederebbe la presenza di un altro ente).

Il moto caratteristico del mondo sublunare è il *moto rettilineo non uniforme*. Aristotele, in proposito, distingue tra moti naturali e violenti (o artificiali). **I moti naturali** sono spiegati attraverso il **“finalismo”**, ipotesi filosofica secondo la quale i vari corpi hanno come “fine”, come “scopo”, il ricongiungimento al loro “luogo naturale”: questo “luogo” è rappresentato dalla Terra per gli oggetti pesanti quali l'acqua e la terra, e dal Cielo per gli oggetti leggeri come l'aria e il fuoco. Una tale interpretazione “finalistica” spiega la tendenza degli oggetti pesanti a cadere verso il basso e di quelli leggeri a salire verso l'alto e spiega perché la Terra, il corpo più pesante di tutti, deve necessariamente occupare il centro dell'Universo. Si tratta di una spiegazione teleologica, che analizza il moto in base ad un fine prestabilito, non alle sue cause.

L'“HORROR VACUÏ”

Per Aristotele lo spazio vuoto non può esistere. Una delle motivazioni che sostengono questa ipotesi è quella secondo la quale, nel vuoto, non vi sarebbe nulla ad offrire resistenza al moto degli oggetti; quindi non ci sarebbero differenze di velocità tra corpi pesanti e corpi leggeri, cosa che contravviene chiaramente quanto si osserva, e cioè che il sasso cade più velocemente della piuma (in questo caso, però, Aristotele dimostra di non considerare gli effetti introdotti dalla resistenza dall'aria).

Per questo motivo, senza incontrare nessuna resistenza, si arriverebbe anche al paradosso che ogni oggetto sottoposto agli effetti di una forza per un periodo sufficientemente lungo potrebbe facilmente raggiungere una *velocità infinita* che lo renderebbe presente contemporaneamente in più punti dell'Universo.

L'UNIVERSO È “FINITO”

L'ipotesi dell'impossibilità del vuoto attribuisce allo spazio una chiara fisicità materiale. Lo spazio esiste in quanto “contiene” la materia, ne è in qualche modo il limite esterno, il contenitore; dove termina la materia finisce anche lo spazio, o meglio, *dove non c'è materia (e quindi c'è il vuoto) non può esserci nemmeno lo spazio.*

Affermare l'esistenza del vuoto, dice Aristotele, significherebbe inoltre ammettere l'infinità dello spazio (perché, se dove finisce la materia c'è il vuoto, allora di là da esso si può incontrare altra materia seguita da altro vuoto, senza alcun limite...) e l'impossibilità per l'Universo, di avere un centro; ogni punto, infatti, trovandosi alla stessa distanza (infinita) dagli estremi, potrebbe a ragione essere considerato il centro dell'Universo. Sarebbe quindi tolta alla Terra la sua posizione privilegiata e la stessa teoria finalistica del moto vedrebbe rimosse le sedi dei “luoghi naturali” verso cui tendono gli elementi.

LE FORZE

I moti naturali sono spiegati con il *finalismo*. Per quanto riguarda invece i **moti artificiali**, Aristotele afferma che *è la forza la vera causa del moto*. A questa conclusione giunge osservando come ogni cosa cessa il movimento quando la forza che sostiene l'oggetto viene meno (la barca si ferma quando cessa l'azione del vento, la freccia cade a terra dopo che è stata scagliata dall'arco ...). Anche in questo caso la sua analisi non giunge a intuire l'importanza del ruolo svolto dagli attriti i quali, essendo delle forze come le altre, sono gli unici responsabili dell'interruzione del movimento al venire meno della forza iniziale (nel caso della barca, quindi, è la forza d'attrito dell'acqua a fermarla quando il vento cessa la sua azione ...).

Abbiamo poi già visto come, nel caso dei moti in caduta libera, venga fornita una interpretazione che *lega la velocità di caduta alla quantità di materia*: l'oggetto che ha più materia (peso maggiore) cerca di ritornare più velocemente al suo "luogo naturale", la Terra. *Aristotele mette quindi in relazione, erroneamente, la forza con la velocità (e non con l'accelerazione, come intuirà molto più tardi Newton) arrivando alla conclusione (errata e smentita da Galileo) che gli oggetti più pesanti cadono più velocemente.*

Inoltre, per risolvere il problema del perché un corpo messo in moto (ad es. la freccia scagliata dall'arco) continui a muoversi per qualche istante anche quando non è più soggetto ad una forza (quella impressa dalla corda tesa dell'arco), Aristotele sostiene che chi spinge il corpo è l'aria che lo circonda, la quale tende a richiudersi dietro il corpo in moto sospingendolo in avanti (anche se con una forza sempre minore, che va sempre più diminuendo). Anche questa interpretazione è strettamente legata all'idea che non possa esistere il vuoto: la natura ha "orrore del vuoto" (*horror vacui*) al punto tale che, quando si presentano le condizioni perché questo si possa realizzare, come nel caso della freccia che, attraversando l'aria, darebbe l'idea di lasciare dietro sé uno spazio momentaneamente vuoto, subito la Natura stessa provvede ad evitare che ciò succeda. L'aria si sposta velocemente nello spazio lasciato libero dalla freccia e nel fare ciò, come già osservato in precedenza, oltre ad evitare la formazione del vuoto, causa la momentanea prosecuzione del movimento stesso dell'oggetto.

Per Aristotele, infine, non esistono **forze a distanza**, ma solo **forze a contatto** (che agiscono solo attraverso il contatto fisico del corpo su cui premono). Quest'affermazione risulterà essere profondamente problematica anche per Newton, duemila anni dopo, quando il moto dei pianeti sarà spiegato attraverso gli effetti della forza gravitazionale; ci si chiederà, allora, come può la Terra attirare la Luna se non c'è contatto tra i due corpi ??

Concludendo questa veloce presentazione della fisica aristotelica, è importante mettere in evidenza come il più grande filosofo dell'antichità *tratti il problema del movimento dando una **descrizione qualitativa** di questo fenomeno: egli implicitamente respinge la possibilità di fornirne una **trattazione quantitativa e matematica coerentemente con l'idea che il numero, discreto per sua natura, non possa descrivere un fenomeno come il moto perché questo coinvolge le grandezze continue di spazio e tempo.***

Contro queste concezioni, ben radicate nella cultura degli intellettuali fino al periodo rinascimentale, dovrà combattere a fondo Galileo per poter fondare le teorie che ancora oggi sono alla base della fisica e della scienza moderna.

31.4. La nascita del metodo scientifico

Analizziamone i caratteri fondamentali utilizzando alcuni passi tratti dalle stesse opere di Galileo.

Il rifiuto del principio di autorità (concetto spesso riferito ad Aristotele e sintetizzato dal detto: "*Ipse dixit*"). Galileo afferma, invece, che nelle scienze naturali la conoscenza ("l'apprendersi al vero") ha un oggettivo riscontro con la realtà, basta applicare il corretto metodo: allora le conclusioni di "un mediocre ingegno" che segua questo metodo valgono più dell'opinione anche di un grande filosofo.

"... Ma nelle scienze naturali, le conclusioni delle quali son vere e necessarie ne' vi ha che far nulla l'arbitrio umano, bisogna guardarsi di non si porre alla difesa del falso, perché mille Demosteni e mille Aristoteli resterebbero a piede contro ad ogni mediocre ingegno che abbia avuto ventura di apprendersi al vero..."

Galilei, *Dialogo sui Massimi sistemi*.

La distinzione tra conoscenza filosofica e scientifica, ciascuna delle quali si pone domande diverse sulla realtà cui tenta di rispondere con diverso metodo di indagine; mentre la filosofia si occupa dei sistemi ultimi (le “essenze”) della realtà, la conoscenza scientifica si limita ad isolare alcune caratteristiche dei fenomeni (le “affezioni”) che si possono cogliere senza ambiguità. Si pongono qui le premesse affinché, nell’analisi dei fenomeni naturali, si attui quel passaggio dalla ricerca dell’**essere** e del **perché** delle cose (“tentar le essenze ... é impresa vana”) allo studio relativo al **come** i fenomeni avvengano.

“...Perché, o noi vogliamo speculando tentar di penetrar l’essenza vera ed intrinseca del le sostanze naturali; o noi vogliamo contentarci di venir in notizia d’alcune loro affezioni. Il tentar l’essenza, l’ho per impresa non meno impossibile e per fatica non meno vana delle prossime sostanze elementari che nelle remotissime cose celesti (...). Ma se vorremo fermarci all’apprensione di alcune affezioni, non mi par che sia da disperare di poter conseguirle anco nei corpi lontanissimi da noi, non meno che nei prossimi...”.

Galilei, *Lettera delle macchie del Sole*.

La scelta di descrivere i fenomeni riferendosi a caratteristiche misurabili (come le dimensioni di un oggetto, la sua massa o le coordinate che ne precisano la collocazione nello spazio e nel tempo), le uniche che si accompagnano “necessariamente” alla “materia o sostanza corporea”. In pratica, una tale opzione si concretizza nel considerare grandezze fisiche solo le caratteristiche misurabili di un corpo.

La scelta del “linguaggio matematico” come mezzo per esprimere in modo inequivocabile i contenuti della “nuova filosofia della natura”, cioè la nascente *fisica*:

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

Galilei, *Il Saggiatore*

Anche se Galileo non tratta mai esplicitamente nelle sue opere il problema del metodo, tuttavia é possibile estrarre dai suoi testi le seguenti indicazioni:

1. **l’osservazione della realtà, concretizzata in un processo di misura** delle caratteristiche quantitative del fenomeno osservato, deve avvenire attraverso l’uso del *linguaggio matematico*
2. **l’elaborazione di una teoria generale**; ad essa si arriva per *induzione*, cioè attraverso l’analisi di molte esperienze ripetute, anche tra loro diverse, delle quali si cercano di mettere in evidenza le caratteristiche di fondo, gli elementi teorici essenziali, utilizzati per fondare una visione sintetica e complessiva dell’intero fenomeno. Anche in questa fase, il linguaggio matematico gioca un ruolo fondamentale
3. **la critica della teoria attraverso l’esperimento**, cioè la riproduzione controllata in laboratorio del fenomeno studiato, con il quale, attraverso una nuova serie di misure, si pone la teoria sotto giudizio valutandone criticamente la correttezza esplicativa, con la consapevolezza dell’inevitabile fallimento dell’impianto teorico qualora questo dovesse dimostrarsi inadeguato o fallace nell’interpretazione di anche una sola situazione sperimentale.

4. **l'applicazione della teoria a nuovi fenomeni** attraverso un processo di *deduzione*, per cui i risultati conseguiti vengono utilizzati per risolvere problematiche nuove, diverse da quelle di partenza, ma comunque connesse all'interno di una fenomenologia comune.

A differenza del modello scientifico aristotelico, in cui la teoria non rischia la prova dell'esperienza nel senso che non fornisce alla natura un linguaggio (matematico) che le consenta di esprimersi in un modo comprensibile all'Uomo, l'esperimento galileiano pone concretamente in rapporto tra loro "le sensate esperienze" e le "matematiche dimostrazioni", affidando all'esperimento e solo ad esso l'ultima parola sulla bontà di ogni teoria scientifica.

31.5. Tra filosofia, scienza e religione

Da quanto esposto nelle pagine precedenti nello studente potrebbe formarsi l'idea che la filosofia sia piena di concetti sbagliati e che la verità debba essere cercata con il solo metodo razionale suggerito dal metodo scientifico.

Se poi aggiungiamo che l'alba della scienza modernamente intesa, fatta coincidere con gli studi di fisica e di astronomia di Galileo (1600), ha causato attriti profondi con la Chiesa cattolica in quanto le nuove scoperte sembravano scontrarsi con il contenuto della Bibbia, ancora interpretata in senso strettamente letterale, ecco allora che la frattura tra filosofia, scienza e religione sembrerebbe essere inevitabile, con l'unico risultato di affidare alla razionalità scientifica le uniche parole di verità possibili che l'Uomo può esprimere su se stesso e sul mondo naturale.

Questo approccio, detto **scientismo**, è in realtà una *deformazione* dell'ottimismo neopositivista che ha in parte attraversato gli ultimi due secoli di storia del pensiero. Secondo tale (discutibile) impostazione, nessuna conoscenza deve essere considerata accettabile e certa se non è supportata dal metodo scientifico.

Lungi dal sostenere la correttezza di una tale posizione, ancorché parzialmente diffusa anche oggi, l'invito allo studente è di considerare come questi tre settori del pensiero umano (scienza, filosofia e religione), siano di fatto complementari, e come ciascuno di essi, limitatamente al suo ambito di azione, possa contribuire in modo proficuo e concreto non solo alla nostra conoscenza dell'Uomo e della Natura, ma anche e soprattutto ad affrontare quelle domande che nascono da una profonda ricerca di senso sull'Esistenza nel suo complesso, ricerca che valica i confini della realtà fisica misurabile.

L'errore che lo studente non deve compiere è quindi fondamentalmente di tipo epistemologico: non dobbiamo chiedere alla filosofia di chiarirci le idee sulle teorie del Big Bang relative alla formazione dell'Universo, così come non dobbiamo pretendere dalla scienza una improbabile risposta sull'"essere in quanto essere", sul divenire, sull'esistenza di Dio o sul significato della vita umana...

E questo perché, se anche un giorno l'Uomo dovesse arrivare a comprendere perfettamente i meccanismi fisici che spiegano la nascita, la vita, l'evoluzione e la morte dell'intero Universo, rimarrà a maggior ragione ineludibile la profonda e drammatica domanda che si pose il filosofo, matematico e scienziato tedesco Gottfried Leibnitz (1646-1716): " Perché esiste qualcosa, invece che il nulla ?? ...".

"... la Scrittura non ci insegna come vada il Cielo , ma come si vada in Cielo"

Galilei, Lettere.