

QUANDO È NATA LA FISICA MODERNA IN EUROPA? PIERRE DUHEM E LA TEORIA DELL'IMPETUS DI GIOVANNI BURIDANO di Carolina Borella

La scienza deve molto a Copernico, Galileo, Keplero, Newton. Qualcuno, tuttavia, ha sostenuto che senza le idee antipatrici degli intelletti più brillanti del Medioevo, forse non ci sarebbe stata alcuna rivoluzione scientifica. Perché nessuna teoria è una spiegazione definitiva. Lo stesso moto uniformemente accelerato prenderebbe le mosse da un concetto formulato nel XIV secolo: l'impetus.

Anticamente si credeva che i cieli fossero governati da leggi totalmente differenti da quelle vigenti sulla Terra. In ciò risiede il motivo principale per cui un filosofo importante come Aristotele, sicuramente creativo da molti punti di vista, non riuscì a inventare la scienza così come oggi la conosciamo. Generalmente, inoltre, tutte le leggi universalmente valide e utilizzabili a fini scientifici sono dotate di una caratteristica speciale: il carattere quantitativo. Finché l'universo venne considerato come un animale vivente, mancò lo slancio intellettuale necessario all'individuazione del carattere matematico di tali leggi (le entità viventi sono regolate da appetiti, da atti di volizione che non possono essere calcolati numericamente¹). Oggi la divisione aristotelica fra fisica terrestre e fisica celeste è stata superata e sappiamo che l'intero mondo materiale è soggetto alle stesse leggi; i fenomeni naturali, inoltre, non vengono più studiati attraverso indagini qualitative perché sono stati introdotti strumenti di misura capaci di valutare in modo rigoroso le loro variabili significative. Secondo un'opinione largamente condivisa, il cambiamento di prospettiva avvenne nel Seicento durante quella famosa "rivoluzione scientifica" che costituì il passaggio dal vecchio al nuovo, originando un modo completamente nuovo di intendere la scienza. Questo fu possibile solo grazie al lavoro di Copernico, Galileo, Cartesio e Newton, uomini illustri che consentirono alla fisica di uscire dagli spazi angusti dell'aristotelismo per percorrere la strada dell'eliocentrismo, del moto uniformemente accelerato e del principio d'inerzia.

Ma siamo sicuri che la rivoluzione seicentesca abbia provocato un cambiamento di "paradigma" tale da originare un modo completamente nuovo di intendere la scienza?

Pierre Maurice Duhem, famoso fisico e filosofo francese di inizio Novecento, non ne era affatto convinto. Innanzitutto, secondo lui, l'aristotelismo non rimase a lungo un corpo rigido di dottrine difeso fedelmente dai suoi seguaci; soprattutto, leggiamo nelle sue opere monumentali "Le Système du Monde ed Études sur Léonard de Vinci", il fatto che lo Stagirita non avesse capito affatto la funzione delle matematiche nella scienza fisica (il concetto aristotelico di movimento presupponeva un passaggio dall'essere in potenza all'essere in atto e si configurava come alterazione nelle qualità, come generazione e corruzione nella sfera dell'essere) non autorizza a negare che i pensatori scolastici possano aver contribuito a gettare le basi della scienza moderna. La tesi di Duhem prevede infatti il concetto di "continuismo storico", di cui lo studioso si servì per raggiungere due obiettivi: da un lato chiarire che non esiste alcun vuoto tra scienza antica e Seicento, dall'altro mostrare come il pensiero dei grandi scienziati seicenteschi, anziché il prodotto di una folgorante creazione, fu il risultato di una lunga gestazione.

Nelle opere di Duhem, in particolare ne "La teoria fisica" del 1906, il continuismo viene associato a una "tradizione" che "garantisce alla scienza una vita e un progresso perpetui"²; il processo scientifico viene visto come una "crescita graduale che non conosce rivoluzioni, ma solo rallentamenti

¹ Si pensi, per esempio, a quanto Aristotele insegna nel *De Coelo*: lasciando cadere allo stesso istante da una medesima altezza due corpi, l'uno due volte più pesante dell'altro, il più pesante raggiunge il suolo due volte più velocemente. Aristotele spiegava le ragioni di questa legge dicendo che il corpo più pesante ha una natura due volte più grande ed è dunque due volte più desideroso di raggiungere il suo luogo naturale (il centro della terra).

² Duhem, *La teoria fisica*, Bologna, Il Mulino, 1978, p. 39.

e accelerazioni”¹ senza alcun “ribaltamento”, infatti, le teorie date per acquisite dalla comunità scientifica non vengono mai negate e possono continuare a produrre nel tempo nuovi risultati sperimentali e nuove leggi. In questo senso la saldezza di un enunciato dipende dalla saldezza di tutto un insieme di teorie, perché se in un dato momento avvenisse una rivoluzione in fisica e queste teorie fossero rifiutate, si avrebbe conseguentemente anche il crollo dei risultati e delle leggi sperimentali che su di esse si reggevano. Non sono stati in molti, fra i filosofi novecenteschi, a condividere questa tesi; personalmente diffido dall’idea che possa esistere un “disegno preconstituito” e condivido l’opinione di chi considera il lavoro di Duhem eccessivamente aprioristico, subordinato a uno schema rigido e preconstituito. Ma vale la pena analizzare i suoi studi da più prospettive, perché presentano risvolti decisamente interessanti e inaspettati.

Riflettendo sui legami tra passato e presente, lo studioso attaccò vigorosamente l’immagine di Galileo rivoluzionario, sostenendo che il suo merito era stato solo quello di raccogliere i frutti seminati molto prima di lui da un illustre maestro scolastico vissuto nel XIV secolo, esponente della Scuola nominalista parigina: Giovanni Buridano. Famoso soprattutto per i suoi studi di logica, fu apprezzato da Duhem per un motivo in particolare: formulò una teoria importantissima del movimento basata sul concetto di *impetus*, antenato del moto uniformemente accelerato e del principio di inerzia, nonché punto di partenza di una nuova fisica destinata a soppiantare quella aristotelica. Insieme ai suoi allievi Nicola Oresme e Alberto di Sassonia tracciò le linee essenziali del metodo scientifico, ovvero il riconoscimento della realtà oggettiva di un mondo razionalmente ordinato, l’esigenza di compiere esperimenti per rivelare i suoi segreti, il contributo vitale della matematica per fare emergere tale razionalità in modo sempre più preciso (quest’ultimo aspetto, tuttavia, venne trattato prevalentemente dalla Scuola di Oxford). Su queste basi, a detta di Duhem, si è sviluppato tutto il sapere scientifico fino a oggi.

Affinché ciò si realizzasse, era necessaria una struttura sociale tale da consentire e incoraggiare il dibattito libero e incondizionato: proprio quello che offrivano le università medievali, dove venivano insegnate discipline fondamentali come la teologia, la filosofia e le scienze naturali.

In questo senso la Chiesa cattolica esercitò un influsso positivo, poiché non ostacolò l’autonomia delle nascenti istituzioni accademiche e incoraggiò i maestri teologi a studiare la filosofia naturale di Aristotele, permettendo a quest’ultima di assumere un ruolo di primo piano nel processo educativo.

Nel 1277, però, il vescovo di Parigi Étienne Tempier condannò una lista di proposizioni peripatetiche (219 in tutto) contrarie alla fede in quanto limitatrici della potenza divina. Concetti come l’esistenza del vuoto, il movimento rettilineo dell’ultima sfera celeste e la pluralità dei mondi, rifiutati nettamente dagli averroisti latini, venivano invece accettati dai teologi parigini con la seguente motivazione: ciò che appare impossibile in rapporto alle leggi naturali non lo è in assoluto, perché la sovrana libertà della potenza creatrice non ha limiti. Di conseguenza i maestri dell’Università di Parigi furono invitati a modificare le loro teorie scientifiche² fondate sulla fisica aristotelica, un sistema teorico consolidato che nessuno avrebbe mai osato mettere in discussione. Duhem insiste su un punto molto importante: le imposizioni della Chiesa cattolica, paradossalmente, ebbero il merito di incanalare le discussioni di filosofia naturale nella direzione che alla fine ha portato alla fisica moderna. La censura delle tesi aristotelico-averroiste, quindi, favorì un cambio di prospettiva: lentamente i maestri medievali cominciarono prendere in considerazione l’idea che, forse, certi fenomeni naturali avrebbero potuto verificarsi anche senza l’intervento di Dio. Secondo Duhem fu proprio Buridano a gettare il sasso nello stagno: formulò, all’interno delle sue *Quaestiones sulla Fisica e sul Del cielo aristotelici*, una “moderna” spiegazione del moto dei proiettili e dei corpi in caduta libera,

¹ Maiocchi, *Chimica e filosofia. Scienza, epistemologia, storia e religione nell’opera di Pierre Duhem*, La Nuova Italia, Firenze, 1985, p. 277.

² Una precisazione: nel Medioevo il termine latino *scientia* non significava “scienza” nella sua accezione moderna. Ciò che noi chiamiamo con questa parola era allora catalogato come “*filosofia naturale*”, cioè lo studio della natura in vista di una conoscenza teoretica sul mondo fisico.

profondamente innovativa rispetto a quella peripatetica.

La teoria dell'impetus prevede che i corpi pesanti, una volta lanciati o lasciati cadere, si muovano in virtù di un impeto impresso dal motore al corpo, una *qualitas* che non ha nulla in comune con la spinta propulsiva dell'aria ipotizzata da Aristotele. Tale impulso, proporzionale alla velocità iniziale e al peso del corpo messo in movimento, consente a quest'ultimo di proseguire indefinitamente nella direzione iniziale, a meno che la resistenza esterna (l'aria) o interna (il peso del corpo) non arrestino la sua azione, cosa che normalmente si verifica nel mondo naturale. Ma in quello celeste, dove non esiste nessun elemento disturbante, i corpi possono continuare a muoversi senza mai arrestarsi: partendo da questo presupposto, Buridano oltrepassò coraggiosamente i confini della sfera terrestre attribuendo un movimento proprio ai pianeti.

L'azione delle intelligenze angeliche diventava quanto mai superflua dal momento che le sfere celesti continuavano a muoversi perpetuamente, in virtù della spinta iniziale impressa loro da Dio al momento della creazione. Per la prima volta la fisica del mondo sublunare si confondeva con quella celeste: questo stesso punto di vista sarebbe stato sostenuto due secoli dopo da Niccolò Copernico.

Il lavoro di Buridano fu analizzato da Duhem non solo da un punto di vista storico, ma anche – e soprattutto – epistemologico.

Quest'ultimo difese con convinzione l'unitarietà, la chiarezza, la coerenza della teoria intesa in senso classico, considerandola *“un metodo di classificazione che ci impedisce di annegare nell'estrema complessità dei fenomeni”*, nonché una *“economia di pensiero”*: ai suoi occhi, infatti, tutte le ipotesi basate su immagini erano transitorie e instabili, mentre solo le relazioni di natura algebrica potevano durare imperturbabili.

Secondo tale visione, la teoria viene costruita senza tener conto dell'esperienza, ponendo del tutto liberamente in via ipotetica alcuni principi che sono formule simboliche; le singole ipotesi non vengono sottoposte a esperimento cruciale, poiché alla fine sarà l'insieme della teoria, intesa come un tutto indivisibile, a essere confrontata con l'esperimento. Se lo scienziato non verifica una corretta aderenza ai dati osservativi, la teoria sarà considerata insufficiente, e piano piano scomparirà in seguito a una lunga serie di trasformazioni parziali. Coerentemente con le sue

tesi continuiste, l'opera di Duhem presenta una scienza essenzialmente dinamica, che procede modificando continuamente i propri schemi concettuali in vista di un sempre maggior adeguamento all'ordine del mondo. Lo scopo della teoria non è quello di *“spiegare”* la realtà, cercando di raggiungere ciò che si nasconde sotto i fenomeni, quanto piuttosto di *“rappresentarla”* in modo sempre più dettagliato e preciso. Ora, l'unico modo per avvicinarsi il più possibile a tale incredibile ricchezza è costruire uno schema simbolico appropriato: le leggi sperimentali, ricavate per astrazione da un gran numero di fatti particolari, concreti, diversi e complessi, vengono matematizzate, poi ulteriormente generalizzate, raggruppate secondo determinati criteri e infine classificate; in questo modo ogni teoria fisica cerca di riprodurre, in maniera più o meno soddisfacente, le reali affinità tra le cose, passando alla teoria successiva quella parte di *“classificazione naturale”* che ha potuto costruire. Così è successo nel corso dei secoli alle dottrine astronomiche antiche e medievali: ad esempio il sistema copernicano, inteso come strumento calcolistico, non si è rivelato superiore al rivale tolemaico perché più semplice, ma perché più preciso. Duhem aveva attaccato vigorosamente l'immagine di Galileo rivoluzionario non solo perché credeva che le sue teorie fossero state anticipate da alcuni pensatori medievali, ma anche per ragioni metodologiche. Ai suoi occhi, infatti, lo scienziato pisano appariva singolarmente grossolano con la sua pretesa di far accogliere il sistema copernicano come teoria vera, mentre la plurisecolare storia dell'astronomia matematica suggeriva che l'eliocentrismo fosse soltanto una comoda ipotesi calcolistica.

La storia, lungi dall'assistere passivamente al progresso lento e continuo della scienza, si intreccia costantemente con il metodo fornendo la chiave per orientarsi nella scelta delle ipotesi. Ma in quale modo?

Sono le parti a definire la teoria o, viceversa, la teoria a definire le sue parti? I criteri soggettivi di selezione, afferma Duhem, perdono il loro carattere prioritario per lasciare spazio a un altro possibile atteggiamento: quello dello scienziato che non sceglie le ipotesi perché, in un certo senso, da esse stesse viene scelto, lasciando che la teoria germi in lui in modo del tutto naturale. I grandi fisici del passato non possono essere stati colpiti da repentini colpi di genio, perché una teoria non è affatto il prodot-

to improvviso di una creazione ma il risultato lento e progressivo di una evoluzione; nonostante la sua maturazione possa in molti casi apparire rapida e concisa, la verità è che una lunga preparazione ne ha preceduto l'apparizione. Per questo motivo diventa impossibile separare le ipotesi dalla trama evolutiva in cui sono inserite: secondo il criterio del "massimo risparmio", della massima conservazione della scienza già data, lo scienziato è portato a scegliere quella legge o quella teoria che meno lo costringa ad apportare cambiamenti allo sfondo conoscitivo già ereditato. Può succedere, infatti, che una volta terminato l'edificio teorico matematico - deduttivo, al momento del confronto con l'esperienza, le conclusioni della teoria entrino in contraddizione con i fatti. Cosa fare? Poiché la nostra definizione teorica, a quanto pare, non è stata in grado di accordarsi con le osservazioni, potremmo decidere di respingerla costruendone un'altra su nuove ipotesi. Ma se facessimo questa scelta, afferma Duhem, distruggeremmo inevitabilmente da cima a fondo un vasto sistema teorico che rappresenta

estremamente bene un altrettanto grande e complesso insieme di leggi sperimentali. In altre parole, lo scienziato deve cercare di mantenere la legge complicando gli schemi simbolici su cui essa si basa, piuttosto che rischiare di perdere il terreno già conquistato dalla teoria fisica. Una parte della teoria (certamente non tutta) dovrà essere abbandonata: sagacia e buon senso permetteranno poi al fisico di individuare e correggere le cause d'errore chiamate in esame. Ogni smentita dell'esperienza costringerà a raffinare lo schema teorico, che sottoposto a continui ritocchi per evitare ulteriori falsificazioni delle leggi, si avvicinerà sempre più a una corretta rappresentazione della realtà. Questo, secondo Duhem, è esattamente ciò che è successo alla teoria dell'impetus di Buridano, che ci ha lasciato numerose informazioni sui metodi, le teorie e le regole da lui impiegati per l'interpretazione dei fatti, lasciando intravedere uno spiraglio di comunicazione. E Galileo, in maniera del tutto inconsapevole, ha ereditato e tradotto nel suo linguaggio l'intero assetto simbolico utilizzato dal maestro parigino.

CAROLINA BORELLA

Carolina Borella è nata a Milano nel 1980 e si è laureata in Filosofia con indirizzo logico-epistemologico con il massimo dei voti.

Contatti:

Tel.: 339.4474215