

Oltre il "compromesso delle risposte corrette": una nuova via per la didattica della fisica

di Chiara Giannotti

Il panorama dell'insegnamento scientifico si arricchisce di un contributo fondamentale con il nuovo libro di Paola Falsini, *Ripensare l'insegnamento della fisica*. Il testo è il frutto di circa vent'anni di ricerca e sperimentazione sul campo, all'interno del gruppo di lavoro del CIDI di Firenze, coordinato da Carlo Fiorentini. Il libro si rivolge ai docenti della scuola secondaria di secondo grado; in particolare, parla a quegli insegnanti curiosi, fiduciosi nelle capacità degli studenti e profondamente insoddisfatti dell'approccio enciclopedico dei manuali scolastici tradizionali.

L'autrice si fa portavoce di un disagio metodologico condiviso: troppo spesso la didattica tradizionale e i testi in adozione producono infatti risultati deludenti. Anche quando gli studenti ottengono buoni voti ci si accorge che spesso si tratta di un puro e sterile maneggiamento di formule, privo di una reale comprensione concettuale. Questo disagio si è manifestato chiaramente nel corso della carriera dell'autrice come docente, iniziata nel 1984 all'Istituto Tecnico Commerciale di Bagno a Ripoli e proseguita nel lungo sodalizio con il Liceo A. M. Enriques Agnoletti di Sesto Fiorentino, dove ha insegnato fino al 2024. Attraverso il confronto con i modelli tradizionali e con le innovazioni di fine anni Ottanta — come il PNI (Piano Nazionale Informatica), in cui il laboratorio era visto come motore del cambiamento su ispirazione del progetto americano PSSC (*Physical Science Study Committee*) — Falsini rileva la necessità di un cambio di paradigma. Le indagini sugli apprendimenti di quegli anni le danno ragione: le concezioni ingenuie degli studenti permangono anche dopo aver frequentato i corsi di fisica del PNI o altri percorsi ispirati al modello PSSC.

Alla ricerca di una modalità in grado di superare queste difficoltà, l'autrice trova validi alleati in due testi: *The Project Physics Course* (PPC), scoperto grazie ai colleghi di Bagno a Ripoli, fondamentale per l'integrazione tra storia e scienza e *Guida all'insegnamento della fisica* di Arnold Arons. Proprio in quest'ultimo si trova esplicitato il concetto cardine del "compromesso delle risposte corrette" e viene dimostrato come la capacità meccanica di risolvere un problema o applicare una formula non implichi affatto l'aver capito il fenomeno sottostante. La scelta di superare questo compromesso si ispira alla riflessione epistemologica del Novecento, che demistifica il ruolo del processo induttivo puro. I fatti sperimentali, da soli, non svelano la realtà; servono piuttosto ad attivare interrogativi e a stimolare la curiosità. I concetti scientifici sono infatti spesso controintuitivi e collidono con il senso comune, come accade ad esempio per lo studio del moto di caduta dei gravi. Richiamando il grande psicologo Jerome Bruner, l'autrice mette in evidenza l'idea che il fare scienza sia intrinsecamente un "processo narrativo", fatto di formulazione di ipotesi, verifiche, errori e continue correzioni. Da qui nasce un approccio nuovo, che si articola in una costruzione collettiva della conoscenza, grazie ad un'attività di discussione, sapientemente guidata dal docente a partire dalle concezioni intuitive degli studenti.

I quattro percorsi didattici

Il nucleo operativo del libro propone quattro percorsi strutturati, sperimentati e revisionati nel corso degli anni. In ognuno di essi l'interazione con la classe è continua e mira a sviluppare la capacità di farsi la domanda fondamentale: *“Come facciamo a sapere che...?”*, cercando le risposte non solo nei fatti osservati ma anche nella storia della scienza, che offre l'esempio di come i concetti si siano faticosamente evoluti nel tempo. Progettati per il Liceo Scientifico, questi percorsi si prestano, con opportuni adattamenti, anche ad altri indirizzi di studi, offrendo un modello di didattica profonda, ricca di significato e capace di generare competenze durature.

1. Introduzione al concetto di forza

Questo percorso, centrale nel curriculum di Fisica del primo anno del Liceo Scientifico, dedica grande attenzione al linguaggio specifico della disciplina, messo a confronto con il

lessico comune, a partire dal significato stesso della parola "forza". Si inizia con l'analisi delle idee pregresse degli studenti su questo termine, per poi porre la domanda cruciale: "Da che cosa è possibile riconoscere che è presente una forza?". Attraverso esperienze con oggetti elastici, ci si concentra sulla deformazione, mentre si rimanda agli anni successivi il concetto di forza come causa del cambiamento del moto di un oggetto. Stimolati a rappresentare le forze in modo autonomo, gli studenti arrivano spontaneamente alla rappresentazione tramite frecce. Questo approccio ribalta la struttura classica dei manuali, che tendono a introdurre l'algebra dei vettori prima ancora di aver presentato il concetto fisico di forza. La scoperta in laboratorio del legame quantitativo tra forza e deformazione guida gli studenti verso la costruzione del concetto di "costante elastica" di una molla e verso una solida e consapevole definizione operativa di forza. È un ottimo esempio del metodo adottato: prima si costruisce il significato fisico e solo dopo gli si attribuisce un nome, come raccomandato da Arons in *Guida all'insegnamento della fisica*.

Vengono poi analizzate nel dettaglio alcune forze specifiche, come la forza di gravità (in particolare la sua relazione con i termini "peso" e "massa", spesso confusi nel linguaggio comune) e le forze d'attrito. In questo contesto, con il supporto dei diagrammi di corpo libero, viene evidenziata la reciprocità delle forze tra due oggetti - anticipazione del principio di "azione e reazione" - e individuato un criterio per riconoscere le forze a partire dalle situazioni sperimentate. Infine, dallo studio di situazioni pratiche in cui più forze agiscono in direzioni diverse, viene messa in luce la natura vettoriale delle forze e si arriva alla formalizzazione con la regola del parallelogramma.

2. Moti celesti e moti locali: una nuovissima scienza su un soggetto antichissimo

Questo percorso utilizza l'osservazione del cielo come introduzione al linguaggio del moto, argomento di fondamentale importanza per il secondo anno di Liceo Scientifico. Prende avvio con una proposta di lavoro per l'estate tra la fine del primo anno e l'inizio del secondo: l'osservazione diretta del cielo alla maniera degli antichi, tramite l'uso di un quadrante di altezza realizzato dagli studenti con materiale casalingo. Il lavoro estivo diventa oggetto di revisione e discussione collettiva al rientro a scuola dopo le vacanze.

Lo scopo iniziale è comprendere le ragioni del successo secolare del modello geocentrico. La discussione tocca domande antiche e affascinanti: "Come facciamo a sapere che siamo noi, Terra, a muoverci?" e porta gradualmente alla formulazione del primo modello geocentrico a due sfere, che immagina la Terra immobile al centro della sfera celeste. Si analizzano quindi i limiti di questo modello, proseguendo con la revisione dell'ultima parte del lavoro estivo, inerente all'osservazione della Luna e del Sole e, in particolare, allo spostamento delle stelle rispetto al Sole. Attraverso l'uso del software Stellarium si mostra l'"anticipo" delle costellazioni e si introduce l'antico "problema dei pianeti", formulato da Platone. Il modello a due sfere si complica, con le soluzioni proposte da Aristotele, Ipparco e Tolomeo, sostenitori dell'universo geocentrico. In continuità con la ricerca di una soluzione al problema dei pianeti, ma con un salto temporale di secoli, si presenta quindi il modello copernicano, ispirato all'antico universo eliocentrico di Aristarco di Samo (descritto criticamente dallo stesso Tolomeo nell'*Almagesto*), che porta a un vero e proprio ribaltamento del punto di vista. Qui entra in scena la figura di Galileo Galilei e la sua critica al modello aristotelico. Proprio da questa critica nasce la necessità di una nuova concezione del movimento e di un nuovo linguaggio del moto: bisogna capire a fondo il moto sulla Terra per poter descrivere quello nei cieli. La cinematica assume così un valore profondo, legato all'eterna ricerca dell'uomo di un ordine geometrico del cosmo. Lo studente viene guidato, attraverso la lettura di brani di Galileo e la sperimentazione diretta in laboratorio, allo studio del moto rettilineo uniforme, della caduta dei gravi- esempio che la natura ci offre di moto rettilineo uniformemente accelerato- fino al principio di indipendenza dei moti e alla descrizione del moto del proiettile.

3. Moti celesti e moti terrestri (le leggi della dinamica e la gravitazione universale)

In stretta continuità con il precedente, questo percorso, pensato per il terzo anno del Liceo Scientifico, colloca la fisica nel cuore della Rivoluzione Scientifica del XVII secolo.

Attraverso la lettura guidata di brani del *Sidereus Nuncius* e la ricostruzione storica delle intuizioni che guidarono Newton verso i tre principi della dinamica e alla legge di gravitazione universale, si ripercorre l'unificazione del sistema del mondo nata dalla rivoluzione copernicana. Questo approccio storico svela la natura autenticamente corale della scienza, delineando un cammino che unisce in un unico filo conduttore Copernico, Keplero, Galileo, Cartesio e Newton. Emerge così in modo chiaro come le grandi scoperte non siano mai il frutto isolato di un singolo genio, ma il risultato di un lavoro collettivo, stratificato nel tempo e basato sulla collaborazione, anche a distanza, tra menti straordinarie.

Anche qui l'approccio è molto diverso da quello dei libri di testo, dove vengono prima presentate le tre leggi della dinamica e, in un capitolo separato, successivo alla trattazione delle leggi di conservazione, la legge di gravitazione universale. Il percorso didattico proposto dall'autrice scardina questa impostazione frammentaria ed evidenzia come i *Principia* di Newton rappresentino una teoria matematica unificata dei fenomeni naturali. *“Si dovrà spiegare agli studenti che il cuore dell'opera di Newton sono proprio le tre leggi che portano il suo nome, si consiglia di leggerle e commentarle [...]”*. In particolare, l'analisi del testo della seconda legge porta al complesso concetto di accelerazione nei moti curvilinei, all'esame delle innumerevoli applicazioni della legge stessa e alla sottile questione della differenza tra massa inerziale e massa gravitazionale, tutti temi centrali della classe terza.

L'obiettivo diventa a questo punto *“fornire un'interpretazione delle leggi di Keplero, avendo a disposizione le leggi del moto”*. Si arriva così alla legge di gravitazione universale, dalla quale emerge una profonda continuità concettuale: la stessa forza già studiata da Galileo non regola solo la caduta dei corpi terrestri, ma governa anche il moto della Luna intorno alla Terra e dei pianeti intorno al Sole. La presentazione delle conferme sperimentali della legge di gravitazione universale, tra cui forse la più spettacolare è la scoperta del pianeta Nettuno, offre infine uno straordinario esempio di come una trattazione teorica trovi piena validità e riscontro nella realtà fisica.

4. I principi di conservazione

Il percorso affronta temi particolarmente cari ai fisici di tutti i tempi: i principi di conservazione e il concetto di energia. Come nei casi precedenti l'approccio è molto diverso da quello che troviamo nei libri di testo dove, seguendo le indicazioni Nazionali, il concetto di energia compare già tra gli obiettivi specifici del primo biennio. Ispirato alla lettura del testo *L'evoluzione storica del concetto di energia in fisica* di F. Bevilacqua, questo percorso è pensato per una terza Liceo Scientifico, da affrontare subito dopo lo studio delle leggi della dinamica e della gravitazione.

L'itinerario indaga le origini storiche che hanno portato alla necessità di introdurre nuove grandezze fisiche, come la quantità di moto, l'energia cinetica, l'energia potenziale, l'energia meccanica, quasi tutte inizialmente confuse con il concetto di forza.

Per iniziare si propongono agli studenti delle letture del testo di Bevilacqua, che richiamano l'idea di conservazione di Epicuro -*nulla si origina dal nulla*- e di Lucrezio -*nulla si crea, nulla si distrugge*-. Si passa quindi alla ricerca attorno all'impossibilità di realizzare il motore perpetuo, si prosegue con lo studio dei pendoli (ritornando ancora a Galileo) e degli urti, che porta alla nascita del concetto di "forza viva" (*vis viva*) di Leibniz, fino ad arrivare alla codifica formale del principio di conservazione dell'energia meccanica.

L'autrice pone l'accento sul fatto che l'energia non è una sostanza tangibile, ma una straordinaria costante matematica che rimane identica a se stessa mentre la natura cambia continuamente le sue configurazioni, proprio come nella celebre metafora di Richard Feynman in *Dennis la peste*, che ben esprime la natura sfuggente e astratta di questo concetto attraverso il racconto dei blocchetti di legno indistruttibili di un bambino, che la madre ritrova sempre nello stesso numero totale, sia quando sono visibili, sia quando sono nascosti nelle scatole o immersi nell'acqua torbida della vasca.

Conclusioni

Ripensare l'insegnamento della fisica ha il grande pregio di non livellare la conoscenza. Nei manuali odierni ogni formula e ogni capitolo sembrano posti sullo stesso piano,

appiattiti in un eterno presente senza storia né tempo. Paola Falsini, al contrario, seleziona i concetti fondamentali, scardina l'impianto enciclopedico e utilizza la storia della scienza non come un semplice approfondimento o un "di più", ma come lo strumento principe per mostrare i nodi concettuali ed evolutivi della disciplina.

Il volume si rivela un testo prezioso, appassionato e rigoroso. È una lettura raccomandata a chiunque creda che insegnare fisica significhi, prima di tutto, insegnare a pensare e a dubitare. Si rivolge a chi ha fiducia nel fatto che, stimolando gli studenti, si possano aprire nuove vie dell'intelletto. Proprio come scriveva Galileo Galilei nel 1638 nei suoi *Discorsi e dimostrazioni matematiche intorno a due nuove scienze*:

«Dietro a questi così nobili ritrovamenti, altri non meno grandi col tempo si faranno, per l'operazione di altri intelletti specolativi e curiosi: sì perché la materia che trattiamo è immensa, sì perché le sensate esperienze e le necessarie dimostrazioni, che in questa nostra età se ne son prodotte, apriranno la strada ad altri ingegni capaci di penetrare in più riposti segreti.»