

pedagogia e vita

BIMESTRALE DI PROBLEMI PEDAGOGICI
EDUCATIVI E SCOLASTICI

Estratto dal n. *2/1993*

I valori educativi e formativi dell'insegnamento delle scienze esatte

di CARLO FELICE MANARA

Per poter valutare il contributo dell'insegnamento delle scienze esatte, ed in particolare della matematica, alla formazione dei giovani, pensiamo che sia utile riflettere un poco sulla scienza in generale e soffermarsi poi in particolare sulla matematica.

Per quanto riguarda il concetto di scienza, ricordiamo che la riflessione risale alla filosofia greca, che aveva già fatto una distinzione fondamentale tra vari modi di conoscenza, individuando la differenza tra la semplice «opinione», cioè la conoscenza basata sull'impressione, sul sentimento, e la «scienza», che veniva specificata come conoscenza che tende alla certezza e la raggiunge attraverso la ricerca dei fondamenti, delle cause, della spiegazione di ciò che è oggetto di esperienza e di osservazione.

Adotteremo anche noi qui questo modo di vedere ed aggiungiamo che ogni scienza ha le sue procedure ed i suoi metodi per raggiungere il proprio scopo, cioè, ripetiamo, per ottenere un certo tipo di certezza attraverso le cause, i fondamenti di ciò che si osserva e si sperimenta.

Infatti, per esempio, la certezza che si può conseguire con la fisica, sperimentale e teorica, differisce da quella che si ottiene nella biologia e questa, a sua volta, è diversa da quella che si ottiene nella storia (nella misura in cui questa dottrina assume il carattere di una conoscenza certa e fondata).

Osserviamo inoltre che ogni scienza ha un suo oggetto materiale: esiste cioè un insieme di cose, di fenomeni che la scienza vuole spiegare e di cui cerca i fondamenti; ma si deve tener conto del fatto che l'oggetto materiale, studiato da una determinata scienza, non è sufficiente per qualificarla. Infatti un medesimo ente, materialmente considerato, può essere oggetto di studio e di indagine da parte di molte scienze: pensiamo per

esempio all'uomo, che è studiato dalla fisica, dalla chimica, dalla biologia, dalla psicologia, dalla neurologia, dalla sociologia, dall'economia ecc.

Possiamo quindi concludere che una scienza è qualificata non solo e non tanto dal suo oggetto, materialmente considerato, ma anche, e soprattutto, dai suoi metodi, dalle sue procedure; in forma approssimata e superficiale, potremmo dire che una scienza è soprattutto qualificata dal punto di vista da cui essa guarda al proprio oggetto, e dai metodi che essa impiega per costruire la spiegazione dei fenomeni.

In questo ordine di idee pare che si possa proporre una distinzione importante tra le scienze che hanno come oggetti materiali enti della natura, e quelle che hanno come oggetto l'uomo, i suoi comportamenti, la sua storia.

D'ora innanzi noi dedicheremo qui la nostra attenzione soprattutto alle scienze della natura; in questo ordine di idee si potrebbe dire che la costruzione di una spiegazione razionale e coerente di un insieme dei fenomeni si attua attraverso un procedimento che passa per varie fasi.

Le enumereremo qui di seguito, tenendo tuttavia presente che, nella pratica, esse non sono separate, così come noi le presentiamo qui, e soprattutto non si realizzano secondo una scansione temporale parallela a quella che qui adottiamo nella esposizione. In altre parole, la distinzione che, per amore di chiarezza, sarà da noi fatta tra le varie fasi non significa per nulla la loro separazione, nella realtà della ricerca scientifica.

1. OSSERVAZIONE DELLA REALTÀ

La prima delle fasi a cui accennavamo è ovviamente la osservazione della realtà; questa osservazione conduce alla stesura di quelli che vengono chiamati protocolli; è questo il nome che si dà abitualmente alla raccolta ordinata di osservazioni. Qui vale la pena di osservare che la raccolta dei fatti e di osservazioni è generalmente diretta da una intuizione del ricercatore, e resa metodica da un abbozzo di spiegazione.

Infatti la nascita improvvisa di una teoria nel cervello di uno scienziato, a seguito di un caso fortuito (come vorrebbe la celebre leggenda della mela di Newton), è un tema caro all'aneddotica, ma non risponde alla realtà della ricerca scientifica. In generale occorre invece una paziente ed attenta osservazione, talvolta faticosa e frustrante, spesso fatta in laboratorio con la ripetizione del fenomeno che interessa sotto varie modalità. Ed inoltre questa ripetizione paziente e faticosa delle osservazioni, e la ricostruzione dei fenomeni sotto le circostanze che si ritengono interessanti, è guidata quasi sempre dal germe di una spiegazione che il ricercatore ha costruito nella propria mente e della quale egli cerca conferma. Pensiamo infatti che, se non esistesse questa rudimentale struttura esplicativa delle

cose che si osservano, la raccolta di fatti e di osservazioni sarebbe di ben poca utilità. In certo senso vale ciò che Luigi Pirandello fa dire ad un suo personaggio¹ il quale afferma che «... i fatti sono un sacco vuoto».

Vale la pena di ricordare anche ciò che veniva opposto a Galileo, da parte dei suoi contestatori, che si appellavano alla «sensata experientia», la quale fa vedere che la piuma cade più lentamente del sasso. Da un certo punto di vista, il successo della spiegazione che Galileo dava del fenomeno si fondava anche su una gerarchia tra le cause, che era in forma più o meno esplicita nella mente del grande pisano; secondo questa gerarchia, vi è un fenomeno fondamentale, che è quello della caduta libera dei gravi nel vuoto; esso è perturbato, in modo più o meno grave, da una miriade di altri fatti, i quali ne alterano l'apparenza, ma non distruggono la gerarchia di importanza tra le cause del fenomeno.

Osserviamo inoltre che la ripetibilità del fenomeno che si vuole spiegare è una circostanza che certo favorisce la costruzione di teorie valide, ma, a nostro parere, non costituisce una caratteristica essenziale della conoscenza scientifica. Non intendiamo infatti adottare qui la opinione di certi autorevoli autori che negano la dignità di scientificità ad ogni conoscenza la quale non riguardi fenomeni riproducibili a volontà; pensiamo infatti che la conoscenza scientifica sia caratterizzata da altre circostanze, che cercheremo di mettere in luce.

2. FORMULAZIONE DI IPOTESI

Una seconda fase della costruzione di una spiegazione razionale dei fenomeni e delle osservazioni è costituita dalla formulazione (più o meno esplicita) di una ipotesi sulla costituzione della realtà, nell'ordine di idee e sotto il punto di vista che interessa la singola scienza. Questa formulazione di ipotesi assume di solito la forma della costruzione di un modello della realtà osservata: qui il termine «modello» ha un significato che spesso coinvolge anche una componente dovuta alla fantasia, che spesso costruisce una immagine della realtà che si vuole spiegare; immagine che riguarda la costituzione intima (e quindi non osservabile) della realtà stessa. In altre parole, la formulazione di una ipotesi potrebbe essere presentata dicendo che lo scienziato afferma: «La realtà ci si presenta sotto questa e quest'altra apparenza perché è costituita così e così»; ed il termine «costituita» riguarda tanto la forma delle eventuali parti della realtà materiale, che non vengono singolarmente percepite, quanto il comportamento

¹ Nella novella intitolata «Vexilla regis», che appartiene alla raccolta delle *Novelle per un anno*.

della realtà in conseguenza di stimoli e di eventuali manipolazioni. Così, per esempio, la classica teoria cinetica dei gas spiegava l'insieme dei fenomeni presentati da questi fluidi, costruendo un modello secondo il quale il gas era immaginato costituito da una folla di molecole, tutte uguali tra loro, di forma sferica, in moto rapidissimo, che urtano contro le pareti del recipiente che contiene il gas e rimbalzano con elasticità perfetta. Ovviamente queste molecole non erano percepite direttamente e singolarmente, e quindi la loro esistenza e le loro proprietà erano oggetto di una ipotesi, nella formulazione della quale l'immaginazione aveva un ruolo importante. La validità di una costruzione come questa non è quindi valutabile direttamente con l'osservazione, ma viene giudicata attraverso le conseguenze, che il ragionamento trae dalle ipotesi enunciate.

Pertanto una terza fase, importantissima, della costruzione di una teoria è costituita dalla deduzione, la quale rende esplicite le conseguenze che si traggono rigorosamente dalle ipotesi enunciate e formulate.

In questo ordine di idee si comprende il successo della matematizzazione della scienza fisica. Infatti l'impiego della matematica implica che le ipotesi siano formulate con relazioni (equazioni e disequazioni) tra le grandezze in gioco e le deduzioni siano ottenute con il calcolo, cioè applicando le leggi del linguaggio matematico. Pertanto le deduzioni sono controllabili da chiunque conosca le leggi del calcolo ed il legame tra le premesse ipotetiche e le conseguenze diventa sicuro come il legame che intercede tra i dati di un problema e le soluzioni che si ottengono calcolando.

3. VERIFICA

Alla fase della deduzione segue infine la fase della verifica, la quale sottopone le conseguenze delle ipotesi formulate alla osservazione della realtà, che è in questo ordine di idee il tribunale di ultima istanza.

Infatti, se le conseguenze che si deducono rigorosamente da una ipotesi sono smentite dalla realtà, l'ipotesi è con ciò stesso confutata ed invalidata (oggi si usa dire «falsificata», con una traduzione ad orecchio di un termine straniero).

Se invece le conseguenze tratte rigorosamente dalle ipotesi sono confermate dalla osservazione della realtà, l'ipotesi viene considerata provvisoriamente valida. Tuttavia è ben noto che la conferma sperimentale delle deduzioni da una ipotesi non costituisce la dimostrazione assoluta della sua validità; infatti già la logica antica aveva formulato il principio *ex falso sequitur quodlibet*; principio da cui si trae che conseguenze valide possono essere dedotte anche da premesse false. D'altra parte, è chiaro che ipotesi diverse possono dar luogo a spiegazioni accettabili di un medesimo fenomeno. E ciò è confermato, nel campo delle scienze fisiche,

da S. Tommaso d'Aquino, il quale, in un passo della sua *Summa Theologica*, afferma esplicitamente che le apparenze dei moti dei pianeti, che al suo tempo erano spiegate con le costruzioni mentali del sistema tolemaico, potrebbero benissimo essere spiegate in altro modo².

4. L'IMPIEGO DELLA MATEMATICA

Il breve *excursus* sul metodo delle scienze della natura ci permette di conoscere meglio i caratteri specifici della matematica. Abbiamo infatti visto poco sopra che il successo della matematizzazione delle scienze della natura si spiega, in parte almeno, con il fatto che la matematica fornisce a queste scienze uno strumento molto potente di espressione e di deduzione; in altre parole, la matematica permette di rappresentare con precisione gli oggetti della scienza e soprattutto permette di passare con grande certezza dalla formulazione delle ipotesi alle conseguenze, da sottoporre al tribunale di ultima istanza della verifica sperimentale.

Tuttavia queste circostanze non esauriscono i caratteri specifici della matematica. Volendo riflettere su questi, si potrebbe anzitutto osservare che oggi non si pretende più di caratterizzare la matematica attraverso certi oggetti; ciò accadeva secondo una impostazione classica, che si illudeva di qualificare la matematica come «scienza della quantità», magari suddividendo quest'ultima in «quantità discreta» (oggetto dell'aritmetica) e «quantità continua» (oggetto della geometria). Oggi si osserva che l'ambito degli oggetti studiati dalla matematica si è esteso in modo da comprendere anche enti non rappresentabili con numeri e oggetti che non hanno la proprietà di continuità che era considerata qualificante per la geometria.

Pertanto oggi la matematica ci si presenta come una dottrina qualificata più dai suoi strumenti concettuali e dalle sue procedure che dai suoi oggetti materialmente considerati. In altri termini, si può pensare alla matematica come ad un sapere astratto, che si avvale di simbolizzazioni convenzionali e permette deduzioni rigorose con l'utilizzazione delle leggi sintattiche formali dei simboli costruiti. È tuttavia da osservarsi che questa

² «... sicut in astrologia ponitur ratio excentricorum et epicyclorum ex hoc quod, hac positione facta, possunt salvari apparentia sensibilia circa motus celestes; non tamen ratio haec est sufficienter probans, quia etiam alia positione facta salvari possunt» (*Summa Theologica*, pars I, q. XXXII, a.1 ad 2m).

Queste parole potrebbero essere liberamente tradotte nel modo seguente: «... così in astronomia si immaginano ep cicli e moti eccentrici perché, con questi modelli, si possono rappresentare i moti dei corpi celesti; tuttavia queste immagini non sono sufficienti [per garantire la validità dei modelli], perché le stesse apparenze potrebbero essere salvate con altre ipotesi».

costruzione di simbolismi dotati di leggi interne non è puramente arbitraria o cervellotica: in altre parole la matematica non è una esercitazione di pura enigmistica o una costruzione di giochi intellettuali strampalati e strani. Per quanto astratte siano le costruzioni della matematica, esiste sempre un punto di partenza, anche se talvolta remoto e distaccato: esso è costituito dall'esperienza concreta, che fornisce i primitivi contenuti dell'aritmetica e della geometria.

5. VALORI EDUCATIVI

Le brevi osservazioni, svolte poco sopra a proposito delle scienze della natura e della matematica, ci permettono di riflettere sui valori educativi e formativi dell'insegnamento di queste dottrine.

Vale la pena di osservare che a questo proposito ci pare che si possa parlare di formazione con la scienza e di formazione alla scienza; entrambe di grande importanza e di grande valore per la costruzione della personalità del giovane.

Per quanto riguarda le prima, cioè la formazione con la scienza, osserviamo che lo scienziato deve essere un osservatore attento e paziente, e deve accettare umilmente la lezione (a volte dura e pesante) della realtà. Egli quindi deve essere pronto ad abbandonare le proprie costruzioni mentali, anche se sono eleganti e se gli sono costate molta fatica.

Questo atteggiamento può essere molto difficile da sostenere: infatti la conoscenza scientifica ha spesso conferito prestigio, autorevolezza e fama a chi giunge a farsi conoscere e valutare; ma, soprattutto nel mondo di oggi, la scienza ha acquistato una grande importanza, ed anche permette di ottenere, o almeno di sperare, posizioni economicamente brillanti. Infatti la nostra società ed il nostro modo di vivere hanno messo la scienza in stretto contatto con la tecnica: talvolta si potrebbe addirittura asserire che il mondo di oggi ha asservito la scienza alla tecnica; e quest'ultima è stata spesso considerata quasi esclusivamente come strumento di dominio delle risorse della natura, di imposizione di volontà, di potenza e di supremazia economica e politica. L'educazione con la scienza, quella vera, può e deve invece tendere alla formazione del rispetto della verità, indipendentemente dalla fama e dal potere.

Inoltre, l'impiego della matematica nella formulazione delle ipotesi e la utilizzazione delle strutture matematiche nella deduzione costituiscono una palestra unica di educazione alla chiarezza delle idee, alla precisione della espressione, al rigore della deduzione.

È facile osservare che viviamo in un mondo ed in una società nella quale il rumore (e non solo quello fisico), il clamore, l'ostentazione, la ricerca della gloria effimera, conferita dai mezzi di comunicazione sociale, sem-

brano aver sconvolto la gerarchia dei veri valori. Si legge spesso che oggi stiamo vivendo in una «civiltà dell'immagine»; ciò implica la diminuzione della capacità di attenzione, di astrazione, di ragionamento rigoroso e coerente.

Infatti si tende a sostituire la parola, come simbolo del concetto, con l'immagine, ed a sostituire l'accostamento delle immagini al ragionamento. Ciò provoca come conseguenza, tra l'altro, il fatto che la nostra società cade sempre più in preda ai persuasori occulti ed alle ondate emotive, spesso provocate ad arte e per interessi non sempre confessabili. Ed è pure facile osservare che il linguaggio comune diventa sempre più confuso ed impreciso, approssimato e sguaiato. Pertanto la formazione alla precisione della espressione ed al rigore del ragionamento sono valori che servono al giovane anche come futuro cittadino.

6. EDUCAZIONE ALLA SCIENZA

Abbiamo detto dei valori formativi autentici che si possono conferire con l'insegnamento della scienza; vorremmo ora considerare anche ciò che abbiamo indicato come formazione alla scienza. Per chiarire ciò che intendiamo indicare con questa espressione, ci rifacciamo a ciò che è stato detto sopra, a proposito dell'importanza che la scienza ha assunto nella nostra società; importanza che verosimilmente è destinata a crescere nel futuro. Di fronte a questo fenomeno imponente pensiamo che occorra educare i giovani a convivere con la scienza; e con questa espressione intendiamo dire che i giovani debbono essere educati a riconoscere alla scienza l'importanza che essa merita, ma anche a conservare una giusta scala di valori.

Infatti si tende da qualche parte a fare della scienza il valore supremo della nostra società e della nostra civilizzazione: la scienza è spesso presentata come l'unico strumento capace di liberare l'uomo dalla ignoranza, dal dolore, dalla malattia, dalla miseria.

In questo modo, si giudicano come umanamente arretrate epoche della storia, precedenti alla nostra, semplicemente perché non hanno avuto della scienza il culto che noi abbiamo; e si giunge spesso a disprezzare ogni tipo di cultura ed ogni tipo di pensiero che non sia dominato dalla scienza e da quelli che vengono presentati come i suoi metodi esclusivi.

È chiaro che questa esaltazione dello scientismo rischia di squilibrare e di sconvolgere la scala dei valori umani, e prepara cocenti delusioni.

Questi non sono i soli pericoli ai quali può dare luogo una eccessiva esaltazione della scienza e delle sue possibilità. Infatti, il magnificare la scienza come unica possibilità di liberazione dell'uomo si accompagna spesso alla battaglia contro l'atteggiamento religioso, che, in questo ordine di idee,

è spesso presentato come l'esempio più clamoroso di tendenza a conservare l'ignoranza e l'arretratezza, e quindi anche la schiavitù politica.

Di fronte a questi attacchi ingiustificati contro l'atteggiamento religioso dell'uomo, si verifica spesso anche il tentativo di difesa da parte di chi, in buona fede, vorrebbe fare della scienza e dei suoi metodi l'arma di difesa dell'atteggiamento religioso.

Questa condotta è molto facilmente spiegabile, quando si ricordi l'infondatezza e la mala fede di certi attacchi contro la religione; tuttavia vorremmo dire che non sempre il tentativo di fare della scienza un'arma per la difesa dell'atteggiamento religioso dell'uomo ha validità superiore a quella di chi attacca la fede in nome della scienza.

Si direbbe che la tentazione d'impiegare per l'apologia argomenti scientifici non sia nuova, ma non pensiamo che essa sia destinata a dare buoni risultati. A questo proposito, pensiamo sia bene ricordare ciò che già S. Tommaso d'Aquino osservava, scrivendo che «... se qualcuno, per difendere la fede, usa argomenti non validi, si rende ridicolo agli occhi degli infedeli: infatti costoro credono che noi ci appoggiamo su queste ragioni, e fondiamo su di esse la nostra fede»³.

Pertanto una seria formazione alla scienza ci pare necessaria per apprezzare con giustizia questa altissima attività umana, ma anche per conservare una giusta gerarchia di tutti i valori che coinvolgono l'uomo. Ciò potrebbe servire a non confidare alla scienza il compito impossibile della rendenzione dell'uomo da tutti i mali; ed anche a non conferire alla scienza poteri superiori a quelli che possiede.

Ciò tuttavia non impedisce d'impiegare la scienza come occasione di contemplazione individuale e di apprezzamento delle meraviglie del creato.

Carlo Felice Manara

³ «Cum enim aliquis ad probandam fidem inducit rationes quae non sunt cogentes cedit in irrisionem infidelium; credunt enim quod hujusmodi rationibus innitatur et propter eas credamus» (*Summa Theologica*, pars I, q. XXXII, a.1).