

Scienza ed educazione

di Carlo Felice Manara

Pubblichiamo l'intervento del prof. Carlo Felice Manara all'incontro "Scienza ed educazione", organizzato dal SEED e svoltosi a Milano il 9 gennaio 1992. Premettiamo le domande che un gruppo di lavoro ha rivolto, all'inizio dell'incontro, al relatore. Gli appunti sono stati rivisti dall'autore

Domande

1) È necessario che insegnando le discipline scientifiche, in particolare la matematica, che richiede procedimenti astrattivi, si riesca a non far perdere ai ragazzi il rapporto con la realtà? È possibile insegnare con questa prospettiva, rispettando i diversi ambiti e metodi delle discipline?

2) Nell'insegnamento delle discipline scientifiche si trasmettono conoscenze (dati, interpretazioni, spiegazioni, concetti) e procedure, metodi di conoscenza. Vogliamo che i giovani raggiungano un certo "sapere", ma anche un "saper fare", e che questi due aspetti siano strettamente collegati. Vorremmo ottenere che essi non sappiano cose inutili, che non applicano in nessuna situazione e che non sanno motivare o collegare (tipicamente, sapere "a memoria"); ma neppure che facciano, operino, manipolino, strumenti o formule, senza conoscerne il significato (limite fondamentale dell'attuale istruzione tecnica).

Tra questi due aspetti si colloca il "saper dire", cioè saper utilizzare correttamente il linguaggio o i linguaggi delle scienze, non solo come terminologie, ma come strutture intrinseche a quello che si conosce e come tramite della comunicazione del sapere. È giusto insistere su questo argomento? Occorre conoscere i diversi "linguaggi" delle scienze, colle-

gati ai diversi metodi che ciascuna disciplina usa, o si può anche parlare di "linguaggio" della scienza?

Dal punto di vista didattico, è possibile insistere sulla precisione ed il rigore del metodo (o del linguaggio) senza sacrificare le (eventuali) doti di intuizione, curiosità e fantasia dei giovani?

3) Il percorso scolastico di apprendimento di una disciplina deve necessariamente avvenire in modo da rispettare le effettive capacità dei discenti; perciò in ogni campo si operano opportune semplificazioni, e normalmente si giunge, entro la scuola superiore, a conoscere gli aspetti più elementari delle discipline. Viceversa, oggi si sente parlare sempre più frequentemente della "complessità" come categoria interna alla scienza; dunque potrebbe risultare necessario che la scuola giunga ad affrontare tale aspetto. Come si possono conciliare tali necessità? È giusto che alla scuola spetti sempre di più il compito di trasmettere i concetti fondamentali, i "mattoni" del discorso scientifico, anche se sembra che si accentui il divario rispetto allo stato attuale delle immense conoscenze scientifiche dell'umanità?

4) C'è dialettica tra la possibilità di insegnare qualcosa a qualcun'altro, e la possibilità della "scoperta" libera da parte dell'intelligenza? Fino a che punto può essere giusto guidare le conoscenze, piuttosto che lasciare completamente libere le menti di cercare i propri strumenti di fronte ai problemi che la realtà pone?

Intervento del prof. Manara

1. Le domande che mi sono state rivolte coinvolgono - a mio parere - da una parte

la concezione stessa della scienza, i suoi metodi, il suo linguaggio; e d'altra parte esse coinvolgono il valore formativo dell'insegnamento della scienza in sé, e della scienza come fatto storico, come un dato della società umana, dato particolarmente importante per la nostra vita e per la società di cui facciamo parte.

Pertanto mi permetterò di organizzare le mie risposte in un modo che non è strettamente aderente alla organizzazione delle domande, ma che mi facilita il compito di mettere in evidenza un certo desiderio di organicità nei pensieri che vorrei esporre.

Per quanto riguarda il concetto stesso della scienza, vorrei mettere in evidenza un carattere che mi sembra importante, anche se non esaurisce tutto il complesso universo che oggi noi consideriamo pensiero scientifico.

L'aspetto particolare che qui mi interessa mettere in evidenza è dato dal fatto che la scienza ci si presenta come conoscenza fondata e motivata: non quindi puro e semplice elenco di dati, non un mero coacervo di informazioni. Io penso infatti che la procedura caratteristica della scienza si possa presentare, in forma sommaria e rudimentale, come una successione di certe operazioni, che potrebbero essere identificate nel modo seguente: osservazione, formulazione di ipotesi, deduzione, verifica.

È appena necessario ricordare che questi momenti non sono separati di fatto, né hanno, nella realtà della ricerca scientifica, una successione cronologica che rispecchia l'ordine con il quale li ho elencati qui; infatti questa elencazione vuole essere soltanto la presentazione di una gerarchia logica, e non necessariamente intende dare una descrizione del-

la realtà dei fatti, come essi storicamente avvengono.

In particolare mi pare di poter dire che, tra i momenti che ho presentato poco fa, quelli della formulazione delle ipotesi e della deduzione sono tipici e caratteristici del pensiero scientifico: vorrei infatti osservare che questo pensiero si caratterizza, a mio parere, come la ricerca del fondamento nascosto, ma necessariamente esistente, delle apparenze esteriori. In forma suggestiva, anche se poco precisa, vorrei dire che il ricercatore procede come se dicesse: «Le cose ci si presentano con queste apparenze perché sono "costituite" in questo ed in quest'altro modo».

Per la scienza dunque è la costituzione intima delle cose che spiega le apparenze che noi vediamo, osserviamo, sperimentiamo. Questa costituzione intima non è ovviamente percepita direttamente (altrimenti sarebbe oggetto di osservazione diretta), ma è considerata come il fondamento necessario della conoscenza razionale; conoscenza che vuole essere, ripeto, non una pura elencazione di fatti, non come un semplice accumulo di informazioni, ma come una specie di possesso "dal di dentro", una conoscenza dei principi e delle cause delle cose che percepiamo.

Mi rendo ben conto del fatto che questo

modo di pensare tradisce una concezione metafisica della realtà, ed accetto anche che questa visione sia considerata e qualificata come ingenuamente, acriticamente metafisica. Ma ritengo che senza questa impostazione, anche rudimentale ed acritica, non si possa comprendere in alcun modo il processo conoscitivo della scienza.

Il secondo momento della costruzione di una spiegazione scientifica della realtà è quello in cui si deducono le conseguenze delle ipotesi formulate. Infatti, come abbiamo rivelato, il contenuto delle ipotesi non è oggetto di osservazione diretta. Pertanto la validità delle ipotesi non può essere giudicata soltanto dalla validità delle conseguenze che da esse si possono trarre. È appena necessario osservare che noi giungiamo a queste conseguenze adottando le leggi e le procedure della nostra logica; e non è detto che queste procedure rispecchino esattamente la costituzione della realtà che noi osserviamo. Anzi, si potrebbe dire che la nostra mente giunge alle conclusioni percorrendo delle strade del tutto diverse da quelle con cui la realtà collega le cause con gli effetti.

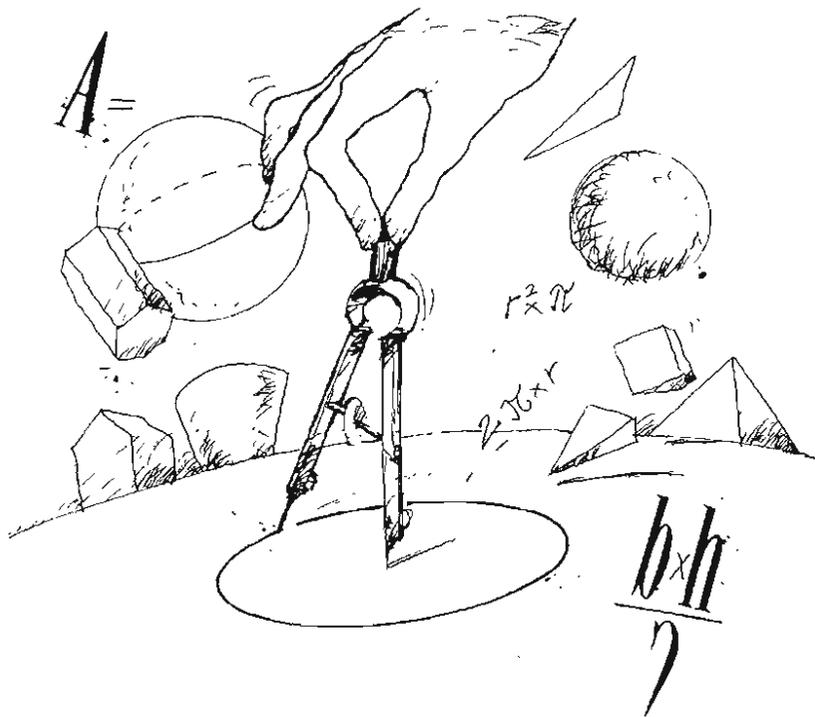
Sulla validità della procedura deduttiva, almeno in linea di principio, non pare che vi siano dubbi tra coloro i quali praticano la ricerca scientifica; Federico Enriques, nelle sue riflessioni sulla logica, trovò necessario rilevare esplicitamente la esistenza e l'importanza di questo momento strettamente logico del pro-

destinato - a mio parere - ad esprimere esplicitamente la fiducia di ogni operatore della scienza nella validità della procedura logica di deduzione. Ovviamente la "coerenza" di cui parla Enriques si riferisce al comportamento della realtà sperimentale.

2. Il concetto di scienza che ho cercato di presentare mi pare che spieghi la presenza del pensiero scientifico come un dato storico costante nella storia dell'uomo. E quando parlo di pensiero scientifico intendo, ripeto, la ricerca della spiegazione razionale della realtà osservata, attraverso la ricerca delle cause sufficienti a spiegare, motivare, fondare ciò che vediamo e sentiamo. Vorrei aggiungere che, a mio parere, il tentativo di spiegare l'esistenza della scienza solo col desiderio di operare sulla natura e di asservirla ai nostri fini non è sufficiente per spiegare e giustificare un fatto storico imponente: la ricerca delle cause, l'ansia della chiarezza e della certezza, in un mondo oscuro e complicato. Quindi io penso che la concezione secondo la quale l'esistenza della scienza si giustifica soltanto come la ricerca di una dottrina che diriga ed illumini teoricamente la tecnica, l'operare dell'uomo pratico, diretto a fini utilitaristici, sia una visione riduttiva della scienza, visione incapace di spiegare a fondo la esistenza di ricerche astratte e di rami della scienza che, al loro nascere, non avevano alcuna applicazione pratica.

In altre parole, una visione cosiffatta non riuscirebbe a spiegare le fatiche e le vicende della ricerca scientifica, che la storia ci presenta. E ciò sia detto senza negare un altro fatto importantissimo, che io ritengo caratteristico del nostro tempo: il legame tra scienza e tecnica, legame che oggi va facendosi sempre più stretto, rendendo sempre più labile ed evanescente la linea di confine, che una volta separava le due attività umane, in modo netto e ben visibile. Sarebbe molto interessante dedicare una riflessione molto approfondita a questo fatto, che io - ripeto - considero molto importante, e caratteristico dell'epoca in cui viviamo; ma ritengo che non sia questo il posto né il momento per svolgere queste considerazioni.

3. Mi pare abbastanza chiaro che ogni scienza, pur rimanendo nel quadro generale che ho cercato di tracciare, sviluppi per proprio conto un suo linguaggio specifico; questo dipende ovviamente da tutta una quantità di fattori: tra gli



modo di pensare tradisce una concezione metafisica della realtà, ed accetto anche che questa visione sia considerata e qualificata come ingenuamente, acriticamente

cedimento di formazione di una spiegazione scientifica dell'esperienza empirica; precisamente egli enunciò un postulato che chiamò "postulato di coerenza",

altri, ricorderò l'oggetto materiale di ogni scienza, il punto di vista sotto il quale l'oggetto viene studiato, e le circostanze nelle quali la ricerca scientifica viene svolta. Si potrebbe dire che queste circostanze spingono ogni scienza a costruire il proprio linguaggio particolare, pur senza determinarlo in modo definitivo. E ciò perché la formazione del linguaggio di ogni singola scienza viene determinata anche da molti altri fattori, che sarebbe difficile enumerare e soppesare singolarmente. Infatti il linguaggio deve ubbidire a varie necessità, alcune primarie, delle quali diremo brevemente, ed altre forse meno appariscenti ma pure importanti. Tra queste ultime vorrei ricordare il compito di comunicazione delle conoscenze e dei concetti, compito che il linguaggio deve assolvere e che determina spesso delle scelte storiche che non sono tutte spiegabili in termini razionali astratti. È noto per esempio che fin verso il secolo XVII il linguaggio ufficiale delle scienze era il latino usato come lingua internazionale: in latino è stata scritta l'opera fondamentale di Huygens sulla probabilità, in latino è scritta l'opera di Bonaventura Cavalieri sugli indivisibili, in latino è scritta l'"Etica" di Spinoza, in latino sono scritti i "Principia" di Newton. Tale fatto è forse dovuto al peso della filosofia scolastica, che aveva dominato la cultura scientifica e teologica per secoli; e la dipendenza dalla scienza dalla filosofia e della teologia ispirava forse anche la dipendenza del linguaggio della scienza da quello delle altre due dottrine.

Oggi, come tutti sanno, l'ufficio di lingua internazionale della comunicazione scientifica è stato assunto dalla lingua inglese; anche in questo caso le ragioni sono da ricercarsi forse nella situazione politica e nell'influenza che l'economia e la tecnica hanno sulla ricerca scientifica.

Ma il compito di comunicazione che il linguaggio scientifico deve svolgere è soltanto uno di quelli ai quali deve assolvere; a mio parere infatti un compito fondamentale del linguaggio scientifico è quello della rappresentazione precisa ed univoca degli oggetti e dei concetti che vi si riattaccano. Questa esigenza fondamentale della univocità spiega l'abbandono frequente del linguaggio comune e la nascita dei linguaggi particolari, dei gerghi tecnici, dei simbolismi. Da questo punto di vista la matematica ci offre un esempio tipico: infatti il suo linguaggio è quasi totalmente simbolizzato e codificato in maniera convenzio-

nale; in più i simboli sono dotati di una sintassi, cioè di un insieme di regole che permettono la deduzione rigorosa e ineccepibile, con l'impiego delle sole regole formali dei simboli adottati. Vorrei osservare che questo stato di cose è frutto di una lunga evoluzione storica: ciò si può constatare per esempio leggendo i testi in cui Niccolò Tartaglia, nel secolo XVI, presentava la procedura di soluzione dell'equazione cubica: infatti le operazioni che noi oggi rappresentiamo con formule sono da lui presentate con parole, che descrivono delle procedure: per esempio ciò che oggi noi rappresentiamo con il simbolo di radice quadrata di un numero dato viene da lui indicato con parole del linguaggio comune, con frasi del tipo: «Prendi quel numero che, moltiplicato per se stesso, produce il dato...». Il caso della matematica è soltanto un esempio tipico di questa evoluzione della scienza; ma anche le altre scienze ce ne offrono esempi molto importanti; il primo è dato dalla fisica, che oggi è completamente matematizzata, nel senso che ha preso in prestito dalla matematica simboli e strutture deduttive. Ma anche la chimica si può dire abbia fatto coincidere il proprio progresso verso lo stato di scienza con l'adozione di un simbolismo chiaro e univoco.

Cose analoghe si potrebbero ripetere, anche se in diverse misure, per le altre scienze, e tralasciamo le facili esemplificazioni.

Vorrei osservare che questa ricerca di linguaggio tecnico preciso, ricerca che - come abbiamo visto - costituisce una fisionomia tipica della scienza, ha un valore formativo importantissimo per i nostri scolari.

Infatti il mondo di oggi ci seppellisce sotto una massa asfissiante di informazioni inutili e fuorvianti, e soprattutto ci affoga con un'alluvione di messaggi allusivi, imprecisi, destinati a muovere le emozioni con il pretesto di dare delle informazioni. L'abitudine al linguaggio preciso e univoco è quindi una formazione che può essere data con l'insegnamento della scienza e che risulta utile soltanto ai fini della costruzione di una cultura seria e autonoma, ma anche (e vorrei dire soprattutto) per il carattere del cittadino. Questi infatti ha tutto da guadagnare accostandosi alla scienza: e noi dobbiamo insegnargli ad apprezzare il carattere di pensiero motivato e fondato, di metodo coerente e rigoroso per guardare alle cose, cercando le ragioni intime delle apparenze, e non arrestandosi alla superficie. Ricordo che il mio

maestro, Oscar Chisini, nella prefazione al suo trattato di geometria analitica e proiettiva, osservava che questa educazione intellettuale è utile a chiunque, allo scienziato come all'avvocato, all'ingegnere come al magistrato.

4. Ho accennato a questioni di carattere didattico; vorrei tornare sopra questo argomento, occupandomi del significato della storia della scienza nella didattica e in generale nella formazione del giovane.

Infatti si potrebbe dire che ciò che abbiamo detto finora può riguardare l'educazione con la scienza: cioè l'educazione alla chiarezza concettuale, alla obiettività, alla costanza, al linguaggio chiaro e preciso, alla deduzione rigorosa ed ineccepibile a cui la scienza può condurre; e ciò, beninteso, al di là delle informazioni sulle teorie e sui metodi, informazioni che la scuola deve conferire in modo metodico ed organico.

Tuttavia ritengo che occorra anche pensare all'educazione alla scienza: e con queste parole io vorrei esprimere la mia convinzione sul fatto che la scuola deve anche insegnare ai giovani a capire il fatto storico ed umano costituito dalla scienza, fatto imponente quanti altri mai nella nostra società.

Ritengo che questo lavoro sia importante, per non dire addirittura necessario, per evitare che i giovani cedano a visioni fuorvianti, che vanno dalla chiusura e dalla incomprendimento delle opere dei nostri padri alla idolatria della scienza, diretta esclusivamente al dominio delle forze della Natura e vista come l'unica e suprema liberatrice dell'umanità dai suoi mali. Il che potrebbe condurre da una parte ad una visione limitata e chiusa dell'attività intellettuale dell'uomo, visione che esclude ogni altra forma di razionalità che non sia quella del metodo scientifico e dall'altra parte ad una idolatria che potrebbe condurre anche a crisi esistenziali, in caso di fallimenti di

Avviso ai lettori

Con questo numero, 6-91/92, si conclude l'annata di Libertà di Educazione.

Il prossimo numero, il primo dell'anno scolastico '92/93, sarà un numero doppio e sarà disponibile dal Meeting di Rimini.

Il numero 1/2-92/93 sarà spedito agli abbonati all'inizio di settembre

teorie o di sistemi scientifici.

Ho parlato prima della comprensione del lavoro e dell'impegno dei nostri padri; infatti la mentalità della ricerca scientifica conduce spesso a disprezzare una sistemazione teorica che sia superata, anche da poco tempo: vorrei dire che la scienza è tesa a conquiste sempre nuove e risonanti: quindi una teoria che non soddisfa più viene immediatamente gettata e capita spesso che i suoi sostenitori siano guardati con sufficienza e con compatimento anche da giovani che hanno una statura umana molto inferiore alla loro, e che hanno il solo vantaggio (non meritato) di vivere dopo di loro e di fruire di informazioni nuove. A questo proposito vorrei ricordare il detto, richiamato anche da Newton, secondo il quale noi siamo come pigmei che vediamo lontano perché sediamo sulle spalle dei giganti. E se ci ricordassimo più spesso di questo pensiero forse avremmo minore sicumera e maggiore apprezzamento per chi ha lavorato prima di noi. In questo ordine di idee penso che occorra porsi il problema di presentare la storia della scienza nelle scuole. Ciò permetterebbe anzitutto di coltivare quel senso di comprensione e di solidarietà umana, al di sopra dello spazio e del tempo, che dovrebbe essere uno degli scopi della coscienza storica dell'uomo. In secondo luogo io penso che spesso la presentazione storica potrebbe dare il senso della globalità di certi problemi, la cui soluzione ha dato luogo a teorie, che, pur essendo importanti per una gran quantità di ragioni, sovente hanno assunto un aspetto di autonomia, ma anche di complessità e di estensione che fa spesso perdere di vista il significato del problema da cui esse hanno origine. Ho in mente, come esempio tra i tanti possibili, il caso del capitolo trigonometria, che ancora oggi tiene un posto eccessivo in certi corsi di matematica delle scuole secondarie ed è presentata in modo tale da far dimenticare i problemi originali da cui è nata.

Pertanto la presentazione dell'aspetto storico dell'evoluzione della scienza contribuisce anche a quell'educazione alla scienza della quale ho parlato prima, e che completa il quadro dell'educazione con la scienza.

Tuttavia queste idee richiedono una attenta riflessione in sede didattica, perché non è ovviamente possibile presentare la scienza secondo la sua evoluzione storica: questa infatti avviene con pentimenti, revisioni, corsi e ricorsi; si potrebbe dire che il cammino della scienza fa

pensare al cammino di un fiume verso il mare; cammino pieno di anse e curve. Occorre inoltre evitare di dare alla storia della scienza l'aspetto di un'antologia di aneddoti o di curiosità; aspetto che attira spesso l'attenzione dei periodici di volgarizzazione o degli scrittori dei libri pseudostorici.

5. Ciò che ho detto finora mi ha condotto vicino alla questione del rispetto della originalità e della spontaneità degli allievi nell'insegnamento della scienza. In questo ordine di idee penso che questa questione sia abbastanza vicina a quella riguardante l'insegnamento per problemi. Le voci a favore di questi atteggiamenti didattici sono spesso numerose e insistenti. Penso di dover ricordare che queste idee non sono nuove: ricordo per esempio l'opera di un grande matematico del secolo XVIII, Clairaut, il quale scrisse un'opera didattica interessante, mirante a presentare l'insegnamento della geometria per problemi, partendo da situazioni concrete. Clairaut si dimostra critico nei riguardi dell'insegnamento tradizionale della geometria; insegnamento che, con

atteggiamento tipico dell'epoca, viene giudicato eccessivamente astratto e quindi tale da non creare interessi e motivazioni nei discenti.

Vorrei dire, a questo proposito, che il desiderio di creare interesse nei discenti dovrebbe essere uno degli strumenti principali di una didattica ben fatta: ma ho qualche perplessità sull'adozione metodica di queste tecniche didattiche; ho detto adozione metodica, perché penso che spesso anche delle idee didattiche molto valide siano rese meno efficaci, e addirittura controproducenti, se si pretende di adottarle in modo scriteriato, e di farne delle "trovate" destinate a risolvere ogni problema didattico. Effettivamente il rispetto per la curiosità e l'originalità del discente, lo stimolo alla ricerca alla costruzione autonoma della spiegazione della realtà richiede da parte dell'insegnante una preparazione molto profonda, un sicuro possesso della materia ed anche una maggiore attenzione e fatica nel lavoro didattico.

Come si vede, non manca il lavoro per chi lo voglia fare, e soprattutto lo voglia fare bene. ■

Una riflessione sulla scienza e la tecnologia si impone a tutti in questo momento storico-culturale. IN modo particolare si impone a quanti hanno un compito educativo e informativo, a diversi livelli: dalla scuola alle varie esperienze associative, al mondo dei mass-media...

Il presente volume è stato precisamente concepito come uno «strumento di lavoro» per un iniziale accostamento alle problematiche poste dalla scienza, dalla tecnologia e dalla loro storia. Nella sua articolazione in tre parti: Questioni generali, Protagonisti e Problemi di oggi guida rispettivamente alla riflessione critica sulle istanze e dimensioni fondamentali della scienza, sul modo in cui esse sono state affrontate e «vissute» da alcuni personaggi emblematici, sulla configurazione particolare che assumono nel nostro tempo. Il filo conduttore dell'intero discorso è duplice: mentre viene offerta una precisa e lucida informazione sui principali «nodi» della scienza, viene anche attivato un corretto e significativo confronto con la fede cristiana, nella prospettiva di una possibile e feconda integrazione tra fede e scienza, sia a livello personale che socio-culturale. Di qui il titolo del libro ("Uomo di scienza, uomo di fede"), che esprime bene tale integrazione.

Notiamo infine che, volendo essere anche un concreto «strumento di lavoro», ogni capitolo è corredato da una documentazione (esemplificativa) e di una traccia di lavoro (destinata soprattutto agli studenti).

A pag. 59 la recensione di Francesca Bonicalzi

