

QUALE SCIENZA

DIDATTICA DELLA SCIENZA E FORMAZIONE DELL'UOMO

di Giuseppe Del Re*

Dal punto di vista dello scienziato, chimico e fisico che ha dedicato la vita all'insegnamento universitario. Per dimostrare che le scienze, anche quelle «dure», formano la persona nel rigore del ragionamento, nell'attenzione alla realtà, nel raccogliere dati, nel distinguere tra dati e interpretazione. Ma è comunque necessaria la passione sia in chi insegna sia in chi impara.

Quando chiesi a un «esperto» americano invitato dai promotori e responsabili del progetto OCSE-PISA a un simposio a Berlino se le scuole americane fossero migliorate, la risposta fu: «certamente; pensi che mio figlio nel penultimo anno di *high school* (scuola secondaria) studia il calcolo differenziale». Tre anni dopo domandai a una docimologa americana, specialista dei quiz di chimica¹, se dopo la riduzione dello spazio delle materie letterarie la cultura scientifica degli studenti americani fosse diventata migliore. Rispose con una sola parola: *worse*, peggiore. Per chi ha insegnato per cinquant'anni fisica e chimica all'università questa risposta è la conferma di un giudizio ormai consolidato anche da noi. A cosa può servire apprendere elementi specialistici della scienza prima degli studi universitari invece di approfondire l'uso del vocabolario e imparare ad argomentare, com'è indispensabile anche per gli articoli scientifici?

*Ordinario di Chimica Teorica presso l'Università "Federico II" di Napoli.

Sui fini dell'educazione

Se si ammette che saper ragionare viene prima del saper risolvere un'equazione o del dimostrare sperimentalmente cose come la differenza tra l'acido cloridrico e la soda caustica, la questione delle materie scientifiche nella scuola primaria e secondaria si pone perciò in un modo tutto da scoprire: davvero e in che senso l'insegnamento delle materie scientifiche può essere formativo, o serve solo per consentire agli studenti di capire più o meno a che cosa si riferiscono certi termini di uso corrente? E soprattutto: se uno studente volesse dedicarsi a studi scientifici all'università, gli servirebbe a qualcosa avere delle nozioni più o meno approssimative di quelle che sono in realtà specializzazioni molto complesse? Non sarebbe meglio che si formasse, secondo la tradizione millenaria

¹ Dorothy Gabel, della Iowa University.

L'AVVENTURA SCIENTIFICA



Castanea sativa

dell'Europa, studiando più sul serio letteratura, storia e filosofia, materie che non studierà più?

A queste domande si potrebbe rispondere semplicemente riprendendo una famosa analisi di Platone,² ma qui riassumeremo la questione riducendo per semplicità le sette arti liberali della tradizione classico-cristiana alle tre più rappresentative ai nostri fini: dialettica, geometria e astronomia. Questo ci basterà per indicare la struttura dell'istruzione che dalle scuole dell'antica Grecia arrivò alla prima metà del Novecento, formando gli scienziati che scopersero la teoria della relatività, la fisica dei quanti e i cicli stellari.³ Quell'istruzione privilegiava la formazione dell'uomo integrale, eppure considerava indispensabili le materie che abbiamo chiamato geometria e astronomia. Dove sta allora la differenza fra le scelte didattiche di moda e ciò che si dovrebbe insegnare se si vuol salvare il futuro della nostra civiltà? Risposta: c'è senz'altro l'esigenza che la scuola fornisca un minimo di informazioni utili per la vita pratica anche a chi non proseguirà negli studi scientifici; ma quello che va tenuto presente in primo luogo è l'importanza dei concetti primari e dei metodi della scienza per la formazione dell'uomo libero - cioè dell'uomo capace di pensare in modo autonomo, di valutare le proprie azioni in termini di responsabilità, di gustare nella giusta misura tutto ciò che è nobile e bello. I pragmatisti hanno voluto rompere con questa finalità primaria sostenendo che si trattava di un lusso per i nobili (com'era di fatto nel mondo anglosassone anche dopo le campagne napoleoniche), e la scuola di massa deve invece tener presente che l'uomo non è che un animale di una specie che usa il cervello per affermarsi sulle altre tramite il progresso (*sic!*).

Bisogna ammettere d'altra parte che, mentre l'utilità pratica di certe nozioni scientifiche, diciamo le leggi del moto dell'acqua nelle tubature, si giustifica facilmente specie in un'epoca in cui prevale il far da sé, è molto più difficile render conto dell'utilità di matematica e scienze a fini formativi. La dialettica, che comprendeva le materie «umanistiche», preparava ad argomentare in modo logico e coerente nel comunicare con le persone; e poiché il pensiero razionale è comunicazione con se stessi, insegnava a pensare. Contrariamente a uno dei miti di oggi, all'argomentare serve ben poco la conoscenza di elementi di logica matematica, perché la matematica non tiene conto delle connotazioni e denotazioni delle parole. Le connotazioni sono i significati in un contesto e le denotazioni sono i riferimenti a oggetti reali; per esempio, il «fior di latte» non è un fiore perché la parola «latte» dà a «fior» un senso (connotazione) diverso dal significato più frequente della parola «fiore», e *denota* un ben preciso derivato del latte anziché un organo di un vegetale. Si vede da quest'esempio che per decidere quale conclusione verrà tratta da un'argomentazione che dipende da connotazioni e denotazioni delle parole non serve gran che la logica formale. Si aggiunga che il

² *La Repubblica*, V, 520a sqq.

³ Ci riferiamo in particolare a Albert Einstein, Erwin Schrödinger e Arthur Eddington.

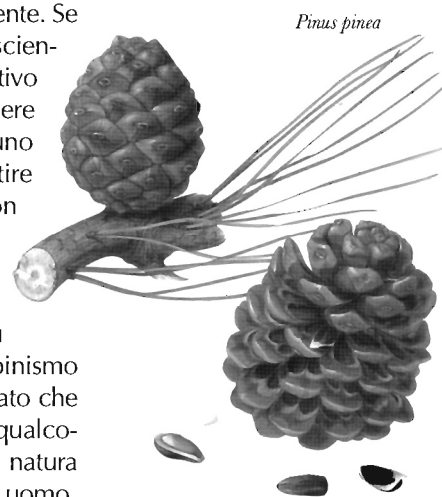
contesto che determina il senso di una parola non è dato solo dal discorso in cui compare, ma anche dall'ambiente, dalle circostanze, dallo stato d'animo di chi parla e di chi ascolta, e così via.

Allora, si dirà, la matematica serve solo a insegnare a far di conto? La risposta si trova nella seconda materia della terna indicata, la geometria. Ancora nel liceo classico tradizionale era prevista la geometria euclidea, e uno degli ossi duri era il teorema delle tre perpendicolari. Molti docenti erano i primi a non sapere perché diavolo i poveri studenti dovevano imparare la dimostrazione del teorema seguente:

Da un punto P fuori di un certo piano si tracci la retta p perpendicolare a quel piano e sia A il suo piede; si tracci poi una qualsiasi retta r del piano non passante per A ; allora la perpendicolare a r tracciata da A sarà perpendicolare a p . La risposta si coglie solo se si sa che si tratta di un passo nella dimostrazione del teorema di *esistenza e unicità* della perpendicolare a un piano per un punto P . Il fine formativo di chi prescrisse di studiare il teorema delle tre perpendicolari era precisamente che l'allievo capisse che, quando si cerca una conoscenza degna di fiducia, non si può definire una cosa se non si può dimostrare che esiste e che non c'è un'altra cosa per cui vale la stessa definizione. Lo stesso fine indusse a prevedere nel vecchio programma di matematica del liceo classico le dimostrazioni che conducono al concetto di limite e al concetto di continuo.

Ecco dunque la risposta concreta alla domanda se davvero la matematica sia importante per la formazione: sì, l'uomo istruito deve sapere far di conto, deve saper fare uno sviluppo algebrico e deve possedere i metodi e i concetti fondamentali *in quanto grandi conquiste del pensiero umano*.

Passiamo alle altre scienze. Ci siamo limitati al termine astronomia, ma è stato solo per indicare con un termine concreto le scienze «fisiche e naturali»: si tratta sempre di ricerca della conoscenza al fine di distinguere le finzioni dai fatti e di spiegare i fatti stessi, cioè di correlarli, stabilire relazioni di causa-effetto e inquadrarli in uno schema coerente. Se si dice questo si è detto già in cosa sta la capacità formativa delle scienze: abituare a osservare i fatti, a distinguere l'oggettivo dal soggettivo senza dimenticare che chi osserva è un soggetto umano, far vedere con quali procedimenti, cautele e distinzioni si possa costruire uno schema teorico di spiegazione dei fatti. Tutto questo facendo sentire all'allievo che la spiegazione dei fatti è un'impresa umana che non si fa per calcolo o per profitto. È un'avventura simile a quella dell'alpinista che conquista una vetta. L'allievo alpinista segue gli esperti e da loro impara, e la ricompensa che ne ha è di poter contemplare anche lui dall'alto della vetta le montagne più basse, la pianura e il mare lontano. Poi forse la passione per l'alpinismo lo conquisterà; oppure, sceglierà un'altra strada; ma avrà imparato che scalare le montagne, come tutte le imprese umane che valgono qualcosa, si fa per passione, si fa per rispondere a un'aspirazione della natura umana; e avrà colto un'altra faccia di ciò che vuol dire essere un uomo.



Fino a uno o due decenni fa, quando si parlava di fini dell'educazione si aveva in mente la formazione dell'uomo e non la produzione industriale. È ben vero che quest'ultima è un progresso da certi punti di vista; ma, almeno per quanto riguarda la vera e propria scienza è un *prodotto*, non il motore della cultura europea. Pochi sanno che i grandi scienziati americani dell'epoca d'oro della fisica e della chimica - per esempio Linus Pauling e Robert Mulliken - avevano fatto il loro apprendistato in Germania; pochi sanno che un grande pioniere della meccanica dei quanti, Erwin Schrödinger, si diletta di traduzioni dal greco antico; pochi sanno che la parola «energia» viene da Aristotele e chi la trasferì dall'ambito filosofico a quello scientifico doveva conoscere molto bene la terminologia del maestro di color che sanno.⁴

⁴ Cfr. il nostro articolo sull'energia in *Emmeciquadro* n. 18, 2003, 43-48.

⁵ Cfr. A. Paola Longo, *Lingua matematica e quotidiana*, in *Emmeciquadro* n. 22, 2004, 52.

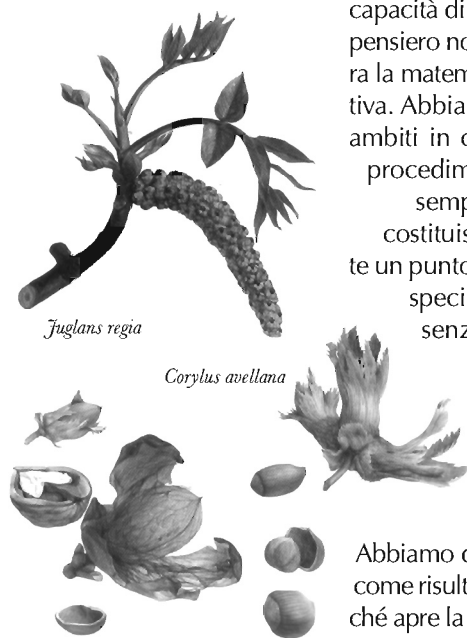
L'insegnamento delle scienze, dunque, non può sostituire quello delle materie letterarie, anzi non può essere formativo se non a condizione che il primo occupi il posto che gli spetta;⁵ ma una volta garantita l'educazione all'espressione e alla comunicazione precisa ed efficace, e quindi la capacità di analisi delle opinioni e convinzioni nel vasto territorio in cui il pensiero non limita il vero a ciò che si può dimostrare per via logica, allora la matematica e le scienze possono davvero avere una funzione formativa. Abbiamo detto che la matematica è formazione al rigore in quegli ambiti in cui si deve cercare una dimostrazione e insegna con quali procedimenti si costruisce un intero corpo di conoscenze rigorose e sempre nuove che, pur avendo origine dal mondo sensibile, costituiscono un mondo ideale e astratto in cui un punto è veramente un punto e non una macchiolina microscopica, e un piano non è una specie di foglio di carta infinito ma è davvero privo di spessore e senza curvature o grinze.

Quanto alle scienze fisiche e naturali non c'è dubbio che, se vengono davvero insegnate al di là di ogni fine meramente addestrativo, cioè come arte di osservare con pazienza e precisione fino a cogliere le regolarità della natura, formulare queste ultime, tradurle in numeri e figure e cercare le relazioni di causa-effetto, esse sono altamente formative.

Abbiamo detto il perché: l'uomo ha in se stesso la passione di conoscere come risultato del pensare e del fare, e la scienza galileiana è formativa perché apre la mente a un ambito in cui i due aspetti sono interdipendenti.

La missione di chi insegna

Che indicazioni trarre dal punto di vista pratico da quanto abbiamo detto finora? Come si deve regolare un docente di scienze, schiacciato com'è fra chi pretende di imbottire i ragazzi di nozioni scientifiche purchessia e chi vuol dare la precedenza assoluta alla capacità generale di formulare ed esprimere un giudizio meditato e responsabile?



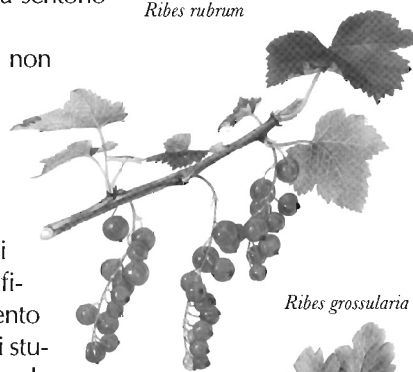
I tre aspetti informativo, addestrativo e formativo sono sì inseparabili, ma vanno dosati in misura diversa a seconda dei fini che si assegnano all'educazione e del livello di età degli allievi. Se il fine primario è aiutare i giovani a realizzarsi come persone capaci di usare la ragione per orientarsi nella vita e prendere decisioni responsabili, sia che si tratti degli ortaggi da seminare nell'orto sia che si tratti di impegnare il Paese in un'impresa militare; e se si segue il sogno di origine cristiana che non ammette «iniziati», depositari della sapienza e del potere ma vuole che le differenze fra gli uomini siano solo quelle dovute alla natura; allora anche l'insegnamento delle scienze deve mirare a offrire a tutti le stesse possibilità formative, lasciando che le capacità personali determinino gradualmente la distinzione dei compiti nella società.

In questo quadro viene prima in ordine di tempo l'informazione, anche quella che non si può fornire se non in modo dogmatico. Si pensi al fascino che può esercitare sui giovani un'affermazione come il titolo di un romanzo dell'epoca d'oro della fantascienza, *the lights in the sky are stars*, «le luci del cielo sono stelle». Chi ha sentito parlare delle teorie dell'astrofisica nate nel Novecento pensa subito agli spazi cosmici, agli immensi globi di ogni colore che ardono a distanze inimmaginabili dal sole, agli ammassi stellari di cui oggi si possono vedere splendide immagini mediante il telescopio *Hubble*, ai pianeti invisibili che forse circolano intorno alle stelle e potrebbero ospitare grandi civiltà o mostruosi esseri viventi. È un titolo che dimostra in un contesto moderno quanto lontano vedeva Aristotele quando diceva che tutti gli uomini per natura sentono l'impulso di conoscere indipendentemente dall'utilità.

Ma come potrebbe presentare queste cose il docente? Certo non spiegando come gli astronomi e gli astrofisici sono arrivati alla conclusione che le luci del firmamento sono in gran parte fornaci nucleari. Sarebbe ridicolo, se anche fosse possibile, giustificare un'informazione del genere con il «metodo scientifico» secondo i sussidiari di certi istituti nazionali: «osservazione: manca la luce; ipotesi: la lampadina si è rotta; applicazione: la mamma sostituisce la lampadina; verifica: la nuova lampadina si accende». Se questo è un avviamento alla scienza, i grandi scienziati non hanno mai avuto bisogno di studiare, perché questo è il metodo che applica chiunque abbia a che fare con qualcosa che non va secondo il previsto. Il punto è diverso.

L'insegnante dovrebbe dire nel modo più semplice che chi ha cercato di osservare e mettere d'accordo le osservazioni ha concluso che le stelle sono globi infuocati come lo è il sole; dovrebbe cercare di dare un'idea di come è fatto l'universo secondo la cosmologia di oggi, senza far credere che si tratti di conoscenze definitive, ma anzi aprendo prospettive sugli immensi vuoti delle nostre conoscenze. È così che la scienza resterà nella mente dei giovani come quello che è, un'avventura della mente umana

Ribes rubrum



Ribes grossularia



Ribes nigrum

nel mondo che la Provvidenza ha messo a disposizione del suo spirito d'iniziativa e della sua intelligenza. Questo approccio vale anche per le idee sull'origine della vita e delle specie viventi sulla terra, sulla trasmissione dei caratteri ereditari, e altre grandi conquiste teoriche. Per gli aspetti poi che oggi colpiscono di meno occorrerà far ricorso alla storia della scienza, narrando come giunsero alle loro scoperte per esempio Volta e Faraday. L'informazione «nozionistica» avrà così raggiunto due scopi: facilitare la comunicazione con gli altri uomini e soprattutto far capire che la conoscenza non è importante perché serve, è importante perché è bella.

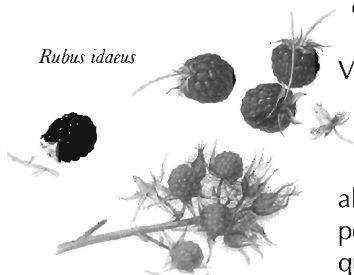
L'aspetto addestrativo dell'educazione scientifica sviluppa capacità e abiti di studio che sono indispensabili in una forma o nell'altra per qualunque studio. In questo modo si giustificano lo studio dell'algebra elementare e gli innumerevoli esercizi che per molti sono un ricordo poco simpatico del liceo. Essi non dovrebbero mirare ad anticipare ciò che viene naturale nel contesto universitario, ma dovrebbero inculcare l'abito all'attenzione paziente e alla precisione controllata dalla logica in qualunque ambito. Chi ha dovuto fare quegli esercizi potrà affrontare studi che richiedono operazioni del genere senza essere spaventato fin dall'inizio da complicate e tediose manipolazioni. Per gli stessi motivi, se non ci fossero difficoltà di attrezzature e di organizzazione, i giovani dovrebbero familiarizzarsi con operazioni come la purificazione del sale da cucina per cristallizzazione, la levigatura di precisione di una lente, e così via, *nei limiti in cui* queste acquisizioni predispongono ad affrontare le difficoltà proprie di ogni lavoro fatto bene e sono condizioni per ottenere una valida conoscenza dei dati di fatto da cui emerge ogni problema scientifico.

Veniamo all'aspetto primario, e fermiamoci in particolare sul tipo di conoscenza che perseguono le scienze fisiche e naturali, visto che della matematica abbiamo già detto qualcosa. Non si tratta di produrre scienziati, ma è compito della scuola creare le condizioni perché gli allievi capiscano che cos'è e cosa si propone la scienza e, se vogliono, possano dedicarsi agli studi scientifici. Ora, «la più importante di tutte le qualità che fanno il vero scienziato è la capacità di immaginare qualcosa al di là di ciò che apprende. Gli sono necessarie anche la precisione nel lavoro, l'autocritica, la coscienziosità, le conoscenze, la destrezza», scrisse Wilhelm Ostwald nel 1909,⁶ «ma tutto questo lo si può acquistare con un'educazione adatta». Aggiungeva che c'è un *quid* di personale che non si può ottenere con l'educazione: «quanto all'originalità, la si può coltivare, la si può anche distruggere, ma di tutte le qualità dell'uomo di scienza è quella che presenta più nettamente il carattere di un dono innato». Quale contrasto con quello che constatava l'illustre umanista americano Jacques Barzun, che nel 1959, quando ancora si discuteva la riforma della pedagogia americana attuata poco dopo e copiata man mano in Europa con le stesse motivazioni! «Si è proposto di convertire l'intero sistema educativo alla produzione in massa di scienziati e tecnici», scri-

Rubus fruticosus



Rubus idaeus



⁶ Wilhelm Ostwald, *Grösse Männer* (Leipzig: Akademische Verlagsgesellschaft mbh, 1909), ix, 424 pp. Les Grands Hommes, trad. francese di M. Du-four, (Paris: Flammarion 1919).

veva Barzun, «evidentemente credendo che ciò non solo si dovesse ma si potesse fare. Altri hanno sostenuto che ci attende il disastro se non coltiviamo anche le lettere.»⁷

Abbiamo già detto che se manca la capacità di esprimersi e di fare libere associazioni, che si coltiva con gli studi umanistici, è inevitabile che vengano soffocate l'originalità e la creatività in qualunque campo, e proprio l'esperienza americana di cinquant'anni, per chi la conosce direttamente, ne dà la prova. Il compito dell'educazione di coltivare e non distruggere l'originalità, tuttavia, si svolge anche parlando delle conoscenze scientifiche. Come si è accennato, c'è chi crede che la ricerca scientifica si possa rendere automatica facendo imparare già ai bambini il «metodo scientifico» e l'«osservazione scientifica». L'errore sta in questo: che la scienza non è solo metodo e osservazione, è un modo di interrogare il mondo con domande che nascono dall'interpretazione delle osservazioni, dalla ricerca di un certo tipo di cause prossime - eventi ed enti materiali; è un modo particolare di porre le domande, talvolta con la sperimentazione diretta, talvolta con la sola osservazione, talora con audaci estrapolazioni. Per esempio, il paradigma osservazione-ipotesi-verifica ricordato più su cade nel ridicolo se lo si applica alla cosmologia o alla costituzione ultima della materia. E l'idea che la vera conoscenza scientifica debba essere formalizzabile in equazioni, per quanto affascinante e potente nel campo della fisica teorica, rivela tutti i suoi limiti di fronte a realtà come il mondo delle molecole. La famosa sentenza di Galileo, secondo cui la natura si esprime in «numeri e figure», significava in realtà che l'analisi dei fenomeni studiati dalla meccanica e dall'ottica richiede osservazioni quantitative e idealizzazioni geometriche. In questo senso fu estesa poi a tutto l'ambito della fisica e della chimica, ma non avrebbe potuto essere applicata sistematicamente alla biologia per la natura stessa dei problemi studiati, se non, con molte riserve, in correlazioni statistiche. Contrariamente a ciò che credono quelli che non hanno fatto ricerca in momenti di grande fervore creativo, rimane primario in tutta la scienza il pensiero qualitativo e analogico, e da questi occorrerebbe partire per la formazione dei giovani. Come fare a presentarlo?

La risposta è: rifarsi alla storia, far vedere come sono venuti fuori concetti, spiegazioni, principi. Abbiamo già fatto cenno all'importanza didattica della storia della scienza. Qui ci limitiamo a un esempio riportato proprio nel libro citato di Wilhelm Ostwald, la figura di Michael Faraday (1791-1867). Caso praticamente unico nella sua epoca, proveniva dal mondo degli artigiani, ma era dotato di una passione incredibile per la conoscenza. Cominciò a tredici anni come apprendista rilegatore, ma il contatto con i libri cambiò il suo destino. Si preparò per fare conferenze,⁸ che a quel tempo era un'attività sociale molto popolare, specie su argomenti di scienza. Il suo successo fu grandissimo, ma l'importante fu che aveva imparato a pensare e a comunicare. In seguito, si dedicò anima e corpo al lavoro sperimentale in chimica e in fisica. Isolò il benzene, riuscì a

⁷ J. Barzun, Professor of History and Dean of Columbia University in: R. Thruelsen and John Kobler (eds.): *Adventures of the Mind*, first series (New York: Vintage Books 1959), p.20. Il problema in realtà non è nuovo. Intorno all'anno 1900, il governo giapponese inviò un suo rappresentante a trovare il già citato Wilhelm Ostwald, famoso per aver avuto come allievi due premi Nobel e in seguito premio Nobel lui stesso, per informarsi su come individuare i ragazzi che avrebbero potuto diventare scienziati di vaglia.

⁸ Nel mondo anglosassone l'istruzione è stato sempre un bene riservato a chi può pagarselo, e sovvenzioni e controlli statali sono piuttosto recenti. Si legga in proposito *Nicholas Nickleby* di Charles Dickens e le ragioni per cui quel romanzo fu scritto.

liquefare il biossido di carbonio e il protossido di azoto, giunse alla famosa legge di Faraday in elettrochimica. Ma il suo lavoro principale (1851), cominciato con la scoperta che un magnete esercita una forza su un conduttore percorso da corrente (l'effetto inverso era già noto) culminò nei concetti di campo (elettrico e magnetico) e di linea di forza. «Sono concetti», scriveva Ostwald, «che non si esprimono né con le parole né con simboli matematici, ma con immagini nello spazio. Con queste rappresentazioni spaziali, Faraday ottenne risultati sorprendenti. Le sue linee [di forza] si stendono da un polo magnetico all'altro; ne fa conoscere l'esistenza e la direzione un piccolo ago magnetizzato; quando le taglia un conduttore si manifesta l'induzione; i corpi magnetici le addensano, i corpi diamagnetici le allontanano». Le famose equazioni di James Clerk Maxwell (1831-1879) ne fornirono la traduzione matematica e ne completarono il radicamento nella fisica, malgrado resistenze durissime da parte di maestri come Kelvin, che accettò a malincuore l'idea che un campo di forze non avesse bisogno di un supporto materiale. «Oggi», prosegue Ostwald, «le linee di forza riempiono la scienza elettromagnetica e forniscono ai tecnici il modo più immediato e più sicuro di risolvere i problemi più complicati dell'elettrotecnica». Così l'intuizione di uno sperimentale puro ha condotto a quella che forse è stata la più grande scoperta scientifico-tecnica dopo Galileo e Newton, le onde elettromagnetiche. Anche queste non sono simboli di un'equazione, sono un concetto che nasce per analogia dalle onde su una superficie liquida quali tutti le conosciamo.

L'esempio di Faraday mostra una strada, difficile ma bella, per formare i giovani attraverso l'insegnamento delle scienze: raccontare loro come sono emersi i grandi problemi e come sono nate le grandi idee parlando degli uomini che ne sono stati artefici. Si giungerà al «metodo» solo quando si dovrà far vedere come si è accertato che certe spiegazioni erano corrette. In questo modo si potranno anche alimentare la passione per gli studi e il coraggio di affrontare un problema che richiede un grande sforzo intellettuale, insistendo sul senso di mistero da cui essa nasce.⁹

Si tratta insomma di recuperare quel *lungo studio e grande amore* che guidano un uomo sul cammino delle realizzazioni più belle. Occorrerà naturalmente superare una difficoltà nota già a Cicerone, quando scrisse che «ciò che si vede spesso non suscita meraviglia, anche se non si sa perché avviene»; è questa la condizione di tutti quelli cui è stata inculcata l'idea che il cammino della scienza sia divenuto facile e lineare dal momento in cui l'illuminismo ha sconfitto l'oscurantismo. Compito del docente nella parte formativa dell'educazione scientifica dev'essere invece far amare agli allievi «quegli studi che ci fanno conoscere l'estensione senza limiti della natura e dell'universo, e già in questo mondo ci rivelano il cielo la terra e il mare». Parola di Cicerone.¹⁰ E la ricetta per un insegnamento efficace in questo senso è una sola, peraltro non nuova: che i docenti stessi siano animati dall'amore della conoscenza che cercano di trasmettere. ❖

⁹ Ne dà bellissimi esempi il volume di Marco Bersanelli e Mario Gargantini: *Solo lo stupore conosce - L'avventura della ricerca scientifica* (Milano: RCS libri 2003).

¹⁰ *Quod crebro videt non miratur, etiamsi cur fiat nescit*, (De divinatione 2,49e); *is dico litteris, quibus infinitatem rerum atque naturae et in hoc ipso mundo coelum terras maria cognoscimus*. Tusc. Disp. libro V, 36, 105.