

La candela

Le prime 14 pagine dello scorso numero di *Naturalmente* hanno attizzato il mio spirito polemico, che già non ha bisogno di stimoli esterni per manifestarsi; così ho deciso di rimandare l'argomento che avevo in mente per questa volta, e di partecipare a un dibattito che spero fruttuoso, e non solo fatto di lamentazioni fine a se stesse. Io non sono di carattere un ottimista, ma certo che i primi due titoli...

Intendiamoci: Vincenzo Terreni ha perfettamente ragione quando scrive "Un Paese con le scuole che non funzionano non può funzionare"; e Brunella Danesi sfonda una porta aperta quando ci ricorda che il pensiero di Gentile "pervade ancora la nostra scuola, tanto che è ancora largamente condiviso da molti colleghi dell'area umanistica." Quello di Graziella Fucci è un discorso più interno alla pratica dell'insegnamento, e solleva un problema ben definito; ma anche lei parla di una "parte dell'intervento didattico ... tutta da inventare," e più avanti confessa che "ogni giudizio di *non-senso* ... è il segno di un fallimento." Infine Mimma Liber non è da meno: "Quali gli stimoli e quali le opportunità che l'istituzione scolastica offre agli insegnanti per approfondire l'analisi epistemologica dei saperi?" E più oltre: "le immagini mentali che gli studenti hanno della Scienza riflettono il nobile volto di una vecchia Signora."

Non posso trattenere la facile battuta: "San Berlusconi mio, aiutaci tu, perché noi non ce la facciamo più!"

Chiedo immediatamente scusa all'autore e alle autrici citate, per aver spigolato con cattiveria da discorsi che meritano riflessioni assai più serie. Però mi domando: il loro è un benemerito pessimismo dell'intelligenza, o invece una profonda perdita di fiducia nel proprio ruolo, prima ancora che nelle possibilità di esplicarlo con ragionevole efficacia? S'intende che i motivi per essere sfiduciati non mancano; ma a due anni di distanza dall'inizio di questa rubrica, mi consentite di citare di nuovo Lao-Tzu? "Piuttosto che maledire il buio, è meglio accendere una candela."

Cominciamo intanto col non dare sempre la colpa agli altri; non perché non ne abbiano, ma perché è troppo comodo, e soprattutto poco utile. È come quando chi perde le elezioni se la prende con gli elettori che "non hanno capito," o "si sono fatti raggirare." Chiediamoci ad esempio: se i colleghi dell'area umanistica sono ancora gentiliani, da che dipende? Dopo tutto anche loro sono passati per la stessa scuola secondaria di tutti noi; li ha guastati l'Università? Abbiamo saputo proporgli una diversa immagine della scienza, accettando di portare il discorso anche sul loro terreno, oppure abbiamo trovato più semplice costruirci ciascuno la propria "nicchia ecologica," riducendo al minimo le interazioni?

Con la scarsa eleganza che mi distingue, voglio citare un piccolo episodio, di cui sono stato testimone oltre dieci anni fa. A quei tempi il Consiglio dei genitori del Liceo Classico di Pisa promuoveva dei cicli di conferenze per gli studenti delle scuole secondarie superiori. Fui invitato a tenere una di queste conferenze, e risolsi d'intitolarla "Scienza come cultura" (come vedete, ben prima di Massimo Piattelli Palmarini). Fra i diversi argomenti che mi venne in mente di trattare, c'era quello delle previsioni meteorologiche, scelto allo scopo di mostrare che l'incertezza delle medesime non aveva tanto dei fondamenti teorici ovvero epistemologici, bensì — molto più terra terra — la scarsità dei dati disponibili e la povertà degli strumenti di calcolo, a fronte dell'enorme complessità del sistema (Mimma Liber forse non sarà d'accordo). Non era ancora di moda la famosa farfalla che provoca una tempesta col suo remoto battito d'ali, che del resto c'entra poco o niente (forse ne parleremo un'altra volta).

Ricordo benissimo l'intervento di un insegnante (senz'apostrofo, perché era un uomo) di filosofia, che mi ringraziò per avergli prospettato una questione sulla quale non aveva mai riflettuto; e ciò semplicemente perché non sapeva come stavano realmente le cose. Non credo necessario sprecare spazio aggiungendo commenti, che chi legge può benissimo fare da sé.

È anche da evitare l'errore opposto: quello di rincorrere i filosofi, o meglio certe mode filosofiche, piuttosto che stare coi piedi per terra, nella concretezza della nostra materia. Oppure: confondere la necessaria e inevitabile consapevolezza storica, che certo non può mancare anche a chi insegna scienza, con la pretesa di relativizzare e storicizzare tutto. Visto da un altro lato: sono assolutamente convinto che un insegnante di materia scientifica (matematici inclusi, che ne avrebbero ancor più bisogno!) deve avere una visione storica di ciò che insegna, e insieme la capacità critica che deriva dalla riflessione epistemologica. Se questo accade, l'insegnamento ne sarà beneficamente influenzato; ma sarebbe a mio parere controproducente se le lezioni di scienze si trasformassero in lezioni parastoriche o parafilosofiche, quasi inevitabilmente troppo al di sopra delle possibilità degli allievi, anche quando, per un caso fortunato, ne fosse all'altezza l'insegnante.

Per spiegarmi un po' meglio: ditemi come si fa a ragionare di filosofia o di storia della scienza senza una conoscenza sufficientemente approfondita dell'oggetto di quella storia e di quella filosofia; conoscenza che per definizione gli studenti non possono avere. È assai alta la probabilità che si trasformi l'insegnamento scientifico in una scuola di chiacchiere. E se mi obietterete che allora lo stesso si potrebbe dire delle lezioni di storia e di filosofia (o meglio, di "storia della filosofia" *tout court*) io non risponderò, per ragioni . . . diplomatiche.

Vogliamo un esempio? Non debbo cercarlo lontano: basta andare a pag. 42, dove si trova una recensione del libro *Le due opzioni*, di Antonino Drago. La recensione è siglata C.B., e non credo di sbagliare ravvisando in quella sigla Carlo Bauer. Conosco l'autore da oltre 35 anni, quando era studente di Fisica a Pisa,

ma non ho letto il libro; perciò non posso esprimermi su di esso, e mi limito a commentare quello che ne dice C.B. Credo opportuno riportare testualmente una frase, anche se un po' lunga: "La scienza alla fine del '700 era funzionale al mantenimento della struttura sociale retta dall'aristocrazia: la meccanica newtoniana, il concetto di infinito e il calcolo infinitesimale, le schematizzazioni astratte portavano a una dissociazione tra scienza e realtà, che poteva continuare a essere gestita dal solito potere, basato ideologicamente su di una scienza consonante al suo sistema di valori."

A me pare che chi ha scritto queste righe abbia — o voglia proporre — un'idea parecchio distorta della storia della scienza di quel periodo. Vediamo alcuni fatti, cominciando ancora da una citazione:

"[scopo della Società è di] promuovere la conoscenza delle Cose naturali e delle Arti utili, Manifatture, Procedimenti meccanici e Macchine o Invenzioni sperimentali (non impastoiandosi con Teologia, Metafisica, Morale, Politica, Grammatica, Retorica o Logica). Di cercare di ripristinare tutte quelle Arti o Invenzioni disponibili che si sono perdute, di esaminare tutti i Sistemi, Teorie, Principi, Ipotesi, Elementi, Storie ed Esperimenti sugli oggetti naturali, matematici e meccanici, inventati, ricordati o praticati da ogni Autore degno di considerazione, antico o moderno. Al fine di compilare un completo Sistema di filosofia solida per spiegare tutti i fenomeni prodotti dalla Natura o dall'Arte e per fornire una spiegazione razionale delle cause delle cose."

Questo brano è tratto dallo statuto della Royal Society, scritto nel 1663 e attribuito a Robert Hooke. Ricordo che Hooke, fisico oggi noto solo per la legge dell'elasticità, fu il primo ad avere un'intuizione della legge di gravitazione, e a lui si deve il termine "cell" (da cui l'italiano "cellula") per le strutture che aveva visto al microscopio in tessuti vegetali morti, come il sughero. È ben noto il peso che la Royal Society ebbe nello sviluppo della scienza del '6-700, e non mi sembra che fosse proprio "funzionale al mantenimento della struttura sociale" ecc.

Nel 1675 il governo di S.M. Britannica fonda l'Osservatorio di Greenwich, con lo scopo dichiarato di eseguire studi e ricerche per l'assistenza alla navigazione; nel 1714 bandisce un concorso a premio di 20.000 sterline per un cronometro adatto a determinazioni di longitudine, che verrà vinto da John Harrison nel 1773, dopo decenni di lavoro. John Harrison è anche l'inventore del sistema bi-metallico per la compensazione delle variazioni di lunghezza dei pendoli dovute alle variazioni di temperatura; costruì inoltre, per Cavendish, una delle prime bilance di precisione. Non si trattava dunque solo di un orologiaio, ma di un costruttore di strumenti scientifici, che lavorava in stretta integrazione con gli scienziati (e aveva anche un proprio osservatorio astronomico).

Voglio ricordare un altro nome dello stesso periodo: George Graham. Anche lui costruttore di strumenti, anche lui disponeva di un suo osservatorio; aveva

una tale fama che i suoi orologi erano usati in tutta Europa. Quando intorno al 1750 il Granduca di Toscana decise l'istituzione di un Osservatorio Astronomico a Pisa, a lui si rivolse per due orologi a pendolo (questi orologi esistono ancora: e chi vuole vederli deve solo venirmi a trovare). La considerazione di cui godeva Graham era tale che alla sua morte ebbe l'onore di essere sepolto nell'abbazia di Westminster, accanto a Newton.

Del resto il problema della determinazione e conservazione del tempo a scopi pratici era ben presente già a Galileo, che aveva tentato di “vendere” agli Stati Generali olandesi la sua idea d'impiegare allo scopo i satelliti di Giove; e così pure a Huygens, che nel 1657 presentò allo stesso consesso la sua invenzione dello scappamento per gli orologi a pendolo.

È evidente la stretta interazione fra ricerca scientifica e sviluppo della navigazione oceanica, funzionale al commercio e all'espansione coloniale. Un prodotto dello stesso sviluppo sono le esplorazioni geografiche, di cui fanno parte anche le numerose spedizioni nelle regioni equatoriali, miranti a determinare la forma della Terra dalle variazioni dell'accelerazione di gravità. Newton nei suoi *Principia* ne dà un preciso resoconto: altro che “dissociazione tra scienza e realtà”!

Sempre a proposito di Newton: ricordiamo che la sua meccanica, la sua matematica, la teoria della gravitazione gli permisero tra l'altro di spiegare un fenomeno tanto comune quanto misterioso fino allora: le maree. Ma Newton non era solo un fisico teorico (per usare la terminologia odierna): inventò anche il telescopio a riflessione, e sapeva costruire lui stesso gli specchi concavi. Non debbo certo spiegare quanto il telescopio abbia contribuito, da Galileo in poi, a una nuova visione — non soltanto scientifica — del mondo. Come ci ricorda Graziella Fucci, il Galileo di Brecht dice “oggi, 10 gennaio 1610, abolito il cielo.” Ma non dobbiamo dimenticare il valore rivoluzionario dell'associazione tra nuovi strumenti d'indagine (microscopio, telescopio) e nuovi strumenti teorici (proprio la meccanica e il calcolo infinitesimale di Newton). Altro che “scienza consonante al sistema di valori” dell'aristocrazia!

Non a caso, del resto, tutto ciò accade prevalentemente in Inghilterra; Francia e Germania (per non parlare dell'Italia) sono in condizioni ben diverse. Vediamo un aspetto non secondario della questione: i rapporti fra scienziati e artigiani; ossia il precursore della questione “scienza e tecnologia” nel mondo di oggi.

La costruzione dei grandi strumenti astronomici (telescopi, quadranti murali, strumenti dei passaggi) richiedeva allo stesso tempo finissime capacità artigianali in campi diversi: fusioni e lavorazione dei metalli, incisione delle scale graduate, lavorazione di lenti e specchi. In Francia fino alla fine del '700 queste competenze erano gelosamente custodite da diverse corporazioni, che si ostacolavano tra loro. Lo stesso accadeva per tutti gli strumenti scientifici: ad es. nel 1772 l'Académie des Sciences dovette intervenire in difesa di alcuni dei migliori

fabbricanti di termometri e barometri, perseguitati dalla comunità dei ceramisti (*faïenciers*) che avevano ottenuto contro di loro provvedimenti di polizia. Anche in questo caso dunque, sebbene l'*ancien régime* mantenesse in vita ordinamenti medievali, gli scienziati erano dalla parte degli artigiani innovatori.

Ma non voglio trascurare aspetti più filosofici, e li tratterò ancora una volta ricorrendo a citazioni testuali. Nel 1733 uno scrittore in odore di eresia scrive:

“Le scoperte del cavaliere Newton, che gli hanno procurato una fama universale, riguardano il sistema del mondo, la luce, l’infinito in geometria [...]”

“La forza di gravità agisce in proporzione alla materia che i corpi racchiudono; è una verità che Newton ha dimostrato con esperimenti. Questa nuova scoperta ha servito a far vedere che il sole, centro di tutti i pianeti, li attira tutti in ragione diretta della loro masse, combinate con la loro distanza. Per tal via, elevandosi per gradi fino a conoscenze che non sembravano fatte per lo spirito umano, osa calcolare quanta materia contenga il sole [...] Il suo solo principio delle leggi della gravitazione rende ragione di tutte le apparenti irregolarità nel corso dei globi celesti [...] si vede in modo evidente perché i nodi della luna compiono la loro rivoluzione in diciannove anni [...] il flusso e riflusso del mare è un altro semplicissimo effetto dell’attrazione [...]

“Newton aveva chiaramente previsto, dopo aver dimostrato l’esistenza di quel principio, che il suo solo nome avrebbe provocato proteste. [...]”

“[...] Si sente dire dappertutto: ‘Perché Newton non si è servito della parola impulso, così facilmente comprensibile, invece del termine di attrazione, che non si comprende affatto?’ [...]”

“Newton avrebbe potuto rispondere a questi critici: ‘[...] mi servo della parola attrazione solo per esprimere un effetto che ho scoperto nella natura, effetto certo e indiscutibile di un principio ignoto, qualità inerente alla materia, di cui altri più abili di me troveranno, se potranno, la causa.’”

“Che cosa ci avete insegnato dunque, si insiste ancora, e perché tanti calcoli per dirci quel che voi stesso non comprendete? [...] Mi sia permesso di far parlare ancora per un momento Newton. Egli avrà tutte le ragioni di dire: ‘[...] L’anatomista che ha detto per primo che il braccio si muove perché i muscoli si contraggono, ha insegnato agli uomini una verità incontestabile; gli dobbiamo forse meno per non aver egli saputo il perché della contrazione dei muscoli? La causa dell’elasticità dell’aria è sconosciuta, ma chi ha scoperto questa forza ha reso un grande servizio alla fisica. La forza che io ho scoperto era più nascosta, più universale; perciò si deve essermene più grati. Ho scoperto una nuova proprietà della materia, uno dei segreti del Creatore; ne ho calcolato,

ne ho dimostrato gli effetti; si può sollevarmi cavilli sul nome che le do?’ ”

L'autore di queste parole era il figlio di un notaio, di nome François Marie Arouet, più noto come Voltaire (ricorre quest'anno il terzo centenario della nascita); si tratta della 15-ma delle *Lettres philosophiques sur les Anglais*, con le quali Voltaire diffonde in Francia la nuova filosofia e la nuova scienza nate in Inghilterra, che lui pone in radicale opposizione al cartesianismo dominante in Francia. Non tutto quello che Voltaire dice a proposito della fisica di Newton è esatto, ma conta qui lo spirito con cui ne parla, come di una novità rivoluzionaria. Aggiungo solo che il libro in Francia fu condannato e bruciato.

Un altro punto che mi sembra di cogliere da quello che C.B. dice del libro di Drago è il seguente: la meccanica newtoniana (per non parlare di tutta la fisica successiva, aggiungo io!) fa uso di una matematica troppo astratta e sofisticata, mentre la chimica usa una matematica molto elementare, come pure la meccanica di L. Carnot, che richiede solo equazioni di secondo grado. In sintesi, le equazioni di secondo grado sono democratiche, l'analisi infinitesimale è aristocratica. . .

Colpisce che a dire queste cose sia un fisico (a meno che C.B., che sembra essere d'accordo, non l'abbia frainteso clamorosamente, ma non credo). Quando leggo discorsi del genere mi chiedo sempre se qualcuno possa prenderli sul serio; ma verrebbe fatto di crederlo, anche perché la polemica contro la matematica è piuttosto diffusa; ne fa anche Mimma Liber, sia pure da un altro punto di vista, incolpando Galileo di “ottimismo gnoseologico”: matematica uguale certezza, determinismo, paradigma meccanicistico, ecc. Purtroppo ci vorrebbe ben altro spazio per trattare adeguatamente il tema; ma qualche cenno debbo pur farlo.

Per cominciare: è così sicuro che la chimica faccia uso di una matematica elementare? Forse era vero ai tempi di Lavoisier; ma in seguito? Un solo esempio: riflettiamo a tutto quello che c'è dietro al concetto di pH. In primo luogo la relazione logaritmica tra energia libera e concentrazione; poi la legge di azione di massa, quindi la cinetica ossia considerazioni statistiche; e forse non è finito qui. Crede Drago che per produrre, che so, degli antibiotici o dei polimeri plastici bastino le equazioni di secondo grado? Non parliamo poi di progettare un motore di auto, e tanto più un aereo o un elicottero. Oppure ritiene che si vivrebbe meglio se queste cose non esistessero? Qui il discorso andrebbe verso la parte finale della recensione, in cui si toccano le questioni sociali, e che non voglio affrontare.

Sempre sulla matematica “aristocratica”: è impossibile capire in modo non puramente verbale concetti come quelli di onda e di campo, senza avere dietro le spalle la matematica dell'800. E credo noto ai lettori di questa rivista quanto il concetto di campo sia popolare presso chi difende una concezione “olistica” del mondo, in contrapposizione a quella troppo riduzionistica delle scienze fisiche. Ricordo ad es. Carlo Bauer (questa volta era veramente lui) che qualche anno fa, a proposito del libro *Il cosmo intelligente* di P. Davies rilevava che i campi

della fisica hanno natura olistica, in quanto sono determinati dalle condizioni al contorno. Non voglio qui discutere questa asserzione, che giudico quanto meno parziale (nel senso di contenere solo *parte* della verità); m'interessa solo rimarcare che non se ne può capire il significato senza conoscere un bel po' di matematica: equazioni a derivate parziali, funzioni di Green, ecc.

Gli esempi si potrebbero moltiplicare a volontà, ma è ora di riassumere. Insomma, non riesco a simpatizzare con questa specie di "luddismo" scientifico: la matematica suona astratta o addirittura astrusa, quindi buttiamola via, salvando al più le equazioni di secondo grado (e perché mai?) Che esista un problema, anche psicologico, nella didattica della matematica, è ben noto; ed è mia ferma opinione che i matematici farebbero bene a fare un po' di autocritica. In fondo la matematica, a differenza della fisica o della biologia, si studia lungo tutto l'arco scolastico: e questi sono i risultati. Pochissimi ci capiscono qualcosa, e alcuni teorizzano la difficoltà cercando un alibi: la matematica non serve, è funzionale a un ordine sociale arretrato, è organica a una visione antiquata della stessa scienza fisica, ecc. ecc.

Ancora un ricordo personale: meno di cinque anni fa ebbi occasione di tenere una conferenza a studenti di liceo su "la cosmologia dopo Einstein." Al termine della conferenza una ragazza (di quinta Scientifico, mi pare) fece un commento che nelle sue intenzioni voleva essere elogiativo: mi disse che la conferenza le era molto piaciuta, perché contrariamente alle sue aspettative avevo usato pochissime formule. Dedico questa osservazione a Mimma Liber, perché la conferenza ebbe luogo proprio nella sua città. Pensate: quella ragazza, come la maggior parte dei suoi coetanei, vedeva nell'uso di formule non già un aiuto a capire le cose (uno strumento di pensiero, come mi piace dire) bensì un ostacolo. Un conferenziere viene quindi lodato in proporzione inversa a quanta matematica usa; cosa che ovviamente chiunque abbia un minimo di esperienza sa benissimo, e ne tiene conto. Ma questo è un handicap, una vera e propria amputazione mentale cui si è costretti, non una virtù!

Fin qui posso aver dato l'impressione di una difesa nostalgica della vecchia Signora, che non ringiovanisce per questo. Ma il mio punto di vista è piuttosto diverso: ritengo che in realtà l'immagine della "vecchia Signora," cui riconosco un'indubbia suggestione, sia piuttosto una colorita forzatura della realtà. Se vogliamo capire quali sono stati i cambiamenti della scienza in questo secolo, e in che misura l'immagine che ne hanno i ragazzi interrogati da Mimma Liber sia inadeguata, dobbiamo guardare più da vicino al metodo di lavoro e ai risultati degli scienziati; cosa che né filosofi della scienza, né divulgatori sono in grado di fare. Scopriremo allora cambiamenti non meno profondi di quelli che vengono tanto pubblicizzati, ma parecchio diversi. Purtroppo, è uno studio ancora tutto di là da venire.

Vi do comunque la mia parola d'onore, per quello che vale: non mi mancherebbero gli argomenti per sostanziare ciò che ho asserito; quello che mi manca è

il tempo, se non voglio ritardare l'uscita della rivista, e lo spazio, se non voglio abusare, più di quanto ho già fatto, dell'ospitalità che mi offre. Ma non lascerò cadere l'argomento, che — come forse avete capito — mi sta molto a cuore.

Per finire: non vorrei che qualche lettore interpretasse la mia lunga tirata come una critica alla rivista su cui scrivo. Anzi: non posso che essere felice che esista un luogo dove discutere tali questioni fra persone con esperienze e opinioni diverse. Per quanto mi concerne, cerco di dare il mio contributo, sforzandomi di esprimere con chiarezza quello che so e quello che penso.

Nota per Terreni:

Raccomando di fare attenzione a:

- parole *in corsivo*, specialmente titoli
- la cediglia di François
- la dieresi di *faiïenciers*

Grazie.