

FISICA E SCUOLA, QUALCOSA NON VA

(Da Atti del XXXI Congresso dell'Associazione per l'Insegnamento della Fisica, Udine 1992)

Chi ha letto – nel catalogo del congresso di Udine – il sommario del mio intervento sull'insegnamento della fisica, avrà probabilmente avuto l'impressione di un pessimismo esagerato. In effetti, il quadro che ho delineato è talmente negativo da poter sorprendere e sconcertare anche gli addetti ai lavori. Così, la tentazione di azzerare il problema dicendo che il quadro è sbagliato può essere forte: la provo anch'io. Ma non ho scritto quelle cose in un momento di malumore: e temo di aver raccolto, nei vent'anni fin qui dedicati alla scuola, troppi e troppo chiari elementi di valutazione per poter davvero sperare di aver preso lucciole per lanterne. Ho precisato che il mio discorso si riferisce all'insegnamento della fisica *in ambito pre-universitario*. Con ciò, non escludo affatto che il discorso si possa allargare ai livelli universitari: ma credo siano problemi diversi, e che convenga tenerli separati. Aggiungo che, in una realtà complessa come quella della scuola, dove tutto, nel bene e nel male, può verificarsi e si verifica, la mia 'denuncia' si riferisce ovviamente solo al dato medio, alla situazione nel suo insieme.

1. Ho fatto un'affermazione drastica: «l'insegnamento pre-universitario della fisica non funziona». Mi si chiederà: qual è il parametro di riferimento? Qual è il metro di valutazione? Rispondo: *il grado di comprensione delle idee importanti*. Salvo eccezioni (come tali ininfluenti), la scuola trasmette tutt'al più una certa quantità di informazione: se è capace, se ha lavorato, lo studente esce dalla secondaria con un buon bagaglio di regole, leggi, formule, dimostrazioni, notizie. Ma il problema è questo: qual è il livello critico? fino a che punto lo studente è consapevole di ciò che afferma ed è in grado di avvalersene? Insomma: *che cosa ha capito?*

Propongo al riguardo un piccolo test: si sottopongano al giudizio dello studente le seguenti proposizioni.

- a) Un corpo rigido è sospeso, in condizioni di equilibrio stabile, ad un punto fisso attorno al quale può ruotare senza attrito: se, per effetto di una perturbazione, il corpo subisce uno spostamento angolare, il corpo tende a recuperare la posizione iniziale per effetto della coppia di forze costituita dal peso e dalla reazione del vincolo.
- b) Un recipiente cilindrico, chiuso ermeticamente da un pistone scorrevole, contiene del gas: l'equilibrio meccanico del pistone richiede che la forza esercitata sul pistone dal gas sia equilibrata dalla forza che il pistone esercita sul gas.
- c) Quando lanciamo un sasso, lungo la sua traiettoria il sasso è soggetto all'azione di tre forze: la spinta di lancio, il peso, la forza esercitata dall'aria.
- d) Una pallina sospesa ad un filo sta oscillando sotto l'azione del peso: la forza esercitata sulla pallina dal filo serve ad equilibrare la forza centrifuga, e (detta m la massa della pallina e v la sua velocità) si può esprimere come mv^2/r .
- e) L'energia di un corpo è il lavoro che il corpo può compiere: se un corpo compie un lavoro di 100 J, la sua energia diminuisce di 100 J.
- f) Un elettrone abbandonato all'azione delle forze di un campo elettrico procede necessariamente, in assenza di altre forze, lungo una linea di forza del campo.

Se, rispetto a tutto questo, lo studente non ha nulla da obiettare, mi sembra che siamo all'evidenza: relativamente ad idee elementari ed essenziali come centro di massa, equilibrio, azione e reazione, accelerazione, lavoro, energia, inerzia, lo studente *non ha capito niente*. Perciò, tutto quanto la scuola ha via via costruito a partire dalle idee di base, è stato sostanzialmente costruito sul nulla: ben presto, all'università, lo studente si renderà conto che la sua preparazione è un castello di carte, e che deve ripartire da zero.

2. Ho affermato: «L'insegnamento della fisica soffoca sotto una spessa coltre di equivoci, di pregiudizi, di luoghi comuni inestirpabili». È incredibile, ad esempio, di quale presa possano essere capaci concezioni didattico-pedagogiche magari in qualche modo attraenti, ma in realtà fondate su presupposti che, sottoposti a critica, si rivelano terribilmente labili; è incredibile come certe idee siano potute sopravvivere alle impietose smentite dell'esperienza, e diventare mito.

Sotto questo aspetto, la parola che pronuncerei come massimamente emblematica è «interdisciplinarietà», da qualche decennio la parola magica per eccellenza, il sale di ogni documento didattico. Piovuta sulla scuola dal mondo dell'immaginario dove, al riparo da ogni contatto con la realtà, alcuni superspecialisti della didattica hanno visioni e partoriscono teorie, l'interdisciplinarietà ha di fatto rappresentato l'occasione più straordinaria per la produzione su larga scala – in tutte le sedi, a tutti i livelli – di aria fritta. E tuttavia, il mito non ne sembra assolutamente scalfito (il progetto Brocca, tanto per dire, presenta come «qualificante e produttiva» l'introduzione, nel quinto anno dell'indirizzo scientifico, di «un'area di lavoro pluridisciplinare, progettato da più docenti di discipline scientifiche, ed eventualmente di altre, per lo studio di un problema rilevante scelto di comune accordo»).

Del resto, non è solo questione di interdisciplinarietà: se qualcuno decidesse di scrivere l'antologia del mito e del luogo comune, io credo che non potrebbe trascurare punti come quelli che qui passo brevemente in rassegna.

Culto della «scientificità», della «prova scientifica»: scienza come sorgente privilegiata di conoscenze certe, definitive. Regola pratica: quanto più dimessi sono i livelli culturali, tanto più grande è la fiducia. Chi non sa niente, chi parla di cose che proprio non conosce, è il più entusiasta.

Scienza come imparziale, disinteressata, obiettiva ricerca della verità. Tra le diverse fandonie in circolazione, forse la più fuorviante e immorale¹.

Tutti hanno il diritto-dovere di capire la scienza: la scienza è per tutti. Straordinario miscuglio di candido progressismo e di intollerante prepotenza: a ben vedere, è di fatto una teoria a sfondo sadico. Cito: «la scienza non è solo un fatto culturale di cui al limite si può fare a meno (e resta da dimostrare che la sua comprensione sia riservata a pochi eletti), ma una corretta conoscenza della struttura della materia e delle leggi e dei meccanismi che ne regolano l'esistenza, è una imprescindibile necessità vitale, quasi un test di sopravvivenza per il confronto con la realtà a cui siamo chiamati ogni giorno» (sottinteso: *e nessuno spera di sfangarsela*). Segue l'esempio pratico: neanche a dirlo, le centrali nucleari: insegnamo alla gente cosa succede a spaccare i nuclei, o a metterli insieme: così, finalmente, tutti potranno giudicare.

Education Week (luglio '83) è, se possibile, ancora più esplicita: dopo aver accusato i programmi innovativi degli anni 60 (BSCS, PSSC, ecc.) di aver insegnato *la scienza pura agli allievi più brillanti*, sostiene che oggi l'obiettivo è diverso: oggi l'obiettivo è *come insegnare la scienza a tutti i cittadini, specialmente a quelli che non diventeranno scienziati*. Osservazione sommessa: quando, su certi libri di testo – regolarmente in uso – si leggono obbrobri del tipo «bisogna ricordare che i pianeti ruotanti intono al Sole sono sottoposti a due forze, il movimento proprio del pianeta e la forza gravitazionale del Sole... Supponendo due pianeti di ugual massa posti a diversa distanza... mentre il primo valore è uguale per tutti e due... la velocità è data dal poligono delle forze in gioco», ci si potrebbe chiedere se – oggi – non sia finalmente giunto il momento di insegnare la scienza almeno agli autori dei testi scolastici.

Aberrazioni varie: la formula, il numero, la notizia. Una recente pubblicazione del CNR valuta i testi di Fisica in un'ottica singolare: i «contenuti astronomici». L'analisi è attenta, puntigliosa: numero di pagine, numero massimo di battute, percentuale di pagine dedicate agli argomenti astronomici. E poi quante tabelle, quante figure, quante formule, quanti esercizi... già nella prefazione si lamenta che, salvo pochissime eccezioni, «non si fa uso frequente di grafici, tabelle, formule». Insomma: dimmi quante formule hai piazzato, e ti dirò quanto vale il tuo libro (Einstein ha scritto *L'evoluzione della fisica* senza riportare una sola formula: Dio solo sa che cosa gli è saltato in mente). Viene inoltre considerato il «grado di matematizzazione» dei testi: può essere buono (punteggio 2), mediocre (punteggio 1), nullo (punteggio 0). Così, si viene a sapere che per i testi degli Istituti Tecnici commerciali e industriali è una pena: grado medio di matematizzazione 0,9. Va un po' meglio per i Licei classici (1,4) e scientifici (1,6): ma è chiaro che siamo lontani dalla sufficienza. Infine, la conta delle notizie: al testo di P.A. Tipler (sicuramente uno dei più autorevoli manuali di fisica in circolazione) viene rinfacciato che «non è presentata l'esperienza di Eratostene»; nel Toraldo-Cianchi-Mancini (un testo a mio personale parere tra i più seri ed equilibrati), «manca una discussione delle tecniche astrofisiche recenti in banda non ottica». E poi qualcuno si stupisce che la scuola non prepari!

Aggiornamento del docente. Si pensa subito a un problema di informazione: la scienza è in continua evoluzione, il docente deve mantenersi 'aggiornato': quarks, antiquarks, buchi neri, superconduzione, interazione elettrodebole, quarto neutrino, fusione fredda, nuove ipotesi cosmologiche... e via aggiornando. Non sarà l'ennesimo fraintendimento? Io temo di sì: penso che l'informazione sulle acquisizioni di frontiera sia, nell'insegnamento, un'esigenza molto relativa, e che il problema dell'aggiornamento sia o da ridimensionare drasticamente, oppure da porsi in termini diversi, non di informazione ma di metodo: il docente 'si aggiorna' nel momento in cui, ripensando criticamente il proprio fare scuola, lavora a rendere il proprio insegnamento più essenziale e più rigoroso, più semplice e più profondo.

Feticcio del laboratorio. Consiste nella cieca fiducia negli effetti benefici ed automatici di tutto quanto può, in qualsiasi modo, dirsi 'laboratorio', e insieme nella totale sfiducia in tutto il resto. Si esprime in affermazioni di sicuro grande effetto, come «un'ora di laboratorio vale più di dieci ore di lezione in classe». Si fonda sulla considerazione che «la fisica è una scienza sperimentale». Ritene di rispondere a un'esigenza di praticità, o concretezza: finché si resta in classe, si fa una didattica teorica, astratta (e dunque, si afferma, del tutto inutile).

Io farei osservare almeno questo. Primo. Che la fisica sia essenzialmente sperimentale è indubbio, ma ciò non penso significhi che non fa fisica, e non fa scienza, chi non si impegna direttamente in un'attività sperimentale. Significa invece che le idee della fisica nascono dai fatti, vanno confrontate coi fatti, sono giudicate dai fatti: significa che «l'esperienza è una ragione più forte della ragione». Newton ed Einstein (e tutti i grandi fisici teorici) non hanno fatto osservazioni e misure: hanno 'solo' prodotto idee a partire da fatti già noti. Dovremmo depennarli dalla storia della fisica?

Secondo. Ferme restando le specifiche esigenze degli istituti tecnici, forse (nella prospettiva ad esempio degli studi universitari) converrà misurare la 'concretezza' dell'insegnamento della Fisica soprattutto dal grado di comprensione, di strutturazione mentale, di capacità critica che riesce a produrre: in questo senso può anche darsi che con carta e matita si possa a volte riuscire molto più concreti che con calibri, molle, oscilloscopi e computer.

Terzo e ultimo. *La Fisica nella Scuola* ha recentemente pubblicato (numero 3 del '92) la traduzione di un articolo scritto da D. Hodson (università di Auckland) per *School Science Review*. col titolo «Una visione critica dell'attività pratica nell'insegnamento delle scienze sperimentali». La mistica dell'«apprendimento per scoperta», e dell'attività pratica in genere, ne esce oggettivamente a pezzi. Servirà, in concreto, a incrinare il mito? Secondo me, no.

¹ Notizie interessanti al riguardo si possono trovare in *Falsi profeti - Inganni ed errori nella scienza*, di A. Kohn (Zanichelli), oppure in *Le bugie della scienza - Come e perché gli scienziati imbrogliano*, di F. di Trocchio (Mondadori).

Collegamento col mondo del lavoro. Leggo sulla pubblicazione del CNR già citata in precedenza: «Attualmente la scuola secondaria superiore italiana è in fase di transizione: da più parti si sente la necessità e l'urgenza di una riforma che possa adeguare l'insegnamento alle moderne richieste della società offrendo agli studenti strumenti e conoscenze idonee per un loro corretto e proficuo inserimento nel mondo del lavoro». Dopodiché, il discorso si sviluppa in questi termini: occorre che lo studente esca dalla scuola secondaria con un bagaglio di conoscenze scientifiche fortemente potenziato (altrimenti, niente 'corretto e proficuo inserimento nel mondo del lavoro'). Qualcuno qui potrebbe osservare che concepire la scuola come un grande ciclo di avviamento al lavoro, o come il luogo in cui vengono prodotte competenze prontamente e direttamente spendibili sul mercato del lavoro, è probabilmente un po' riduttivo. Comunque sia, a me risulta che il discorso che il mondo del lavoro ci rivolge sia, ogni giorno di più, di questo genere: scuola, non ti preoccupare di darci dei competenti: le competenze che oggi possono essere richieste sono talmente varie, e cambiano così rapidamente, che la tua battaglia sarebbe persa in partenza; dacci piuttosto gente capace di pensare in modo flessibile, creativo, autonomo; gente capace di immaginare, di valutare, di decidere; a tutto il resto pensiamo noi.

E vorrei anche riportare – non perché pensi di poter dimostrare qualcosa, ma perché mi sembra giusto lasciare spazio a opinioni in controtendenza, casomai qualcuno fosse convinto che esiste un unico modo di pensare – qualche riga di quel *documento Mortimer* col quale, nel 1983, su richiesta dell'allora presidente Reagan, una commissione di scienziati USA (presieduta da prof. Kenneth Mortimer, dell'università di Pennsylvania) chiariva il punto di vista del mondo scientifico circa la formazione necessaria ai giovani per affrontare «la nuova società tecnologica». «Quello che educatori e famiglie hanno in mente è di creare uno stretto collegamento fra gli studenti e il mondo del lavoro. Perciò, appena diventa di moda, per esempio, l'informatica, si pensa che tale attività sia il futuro dei nostri ragazzi. È un grave errore. La preparazione migliore che si può dare ai giovani in tempi di cambiamenti continui non è un training lungo percorsi modesti, non è l'illusione di prefabbricare specialisti. La strada giusta incoraggia la fantasia, favorisce lo spirito creativo, permette l'ambientazione storica... Quando è nata Silicon Valley, non esistevano gli specialisti della Silicon Valley. Gli inventori più audaci di nuovi sistemi, nuove macchine, nuovi giochi, nuovi programmi, furono matematici e filosofi, qualche volta laureati in storia, qualche volta in materie classiche. Intelligenza e fantasia si sono rapidamente adattate ai requisiti tecnici di quel lavoro. Il contrario è quasi impossibile». E la conclusione di questi uomini di scienza è impressionante: «Cosa dobbiamo dunque dire ai giovani? Dobbiamo dire che si deve studiare la storia, sotto pena di non capire il presente e di essere ciechi al futuro. Dobbiamo dire di studiare lingua e letteratura... perché è sempre più importante comunicare in modo accurato, capire se stessi e farsi capire dagli altri. Dobbiamo raccomandare di studiare filosofia... perché senza la capacità di analisi e di sintesi non si può dirigere e non si può eseguire bene alcun lavoro. Dobbiamo raccomandare di avvicinare i giovani alla scienza con spirito umanistico, in modo che le visioni di insieme, i modelli di civiltà precedano i campi specifici, e che il giovane, come un viaggiatore in un percorso difficile, non perda mai il riferimento del posto in cui si trova e del punto verso il quale sta andando».

Nota: al congresso di Udine, non uno dei presenti in sala (diverse centinaia) è risultato essere a conoscenza di questo documento: non sembra proprio che ad esso sia stata data una grande pubblicità... Sarà un caso?

3. E infine, a completare il quadro, il problema spinoso del libro di testo. Prima, stranamente, del tutto ignorato, a sostegno della tesi secondo cui di tutto, a volte, ci si occupa e preoccupa, fuorché di ciò che è veramente essenziale; poi, a fine settembre dello scorso anno, esploso improvvisamente sui giornali con la pubblicazione dei risultati di un'indagine ISPES (Istituto Studi Politici Economici Sociali), molto critica circa il livello culturale dei testi scolastici in Italia.

I giornali hanno riportato, con tono scandalizzato, esempi di svarioni tanto clamorosi quanto, tutto sommato, innocui: il simbolo del magnesio scambiato con quello del manganese, il raffreddamento della crosta terrestre anticipato di tre miliardi di anni, e così via. Qualcuno, punto sul vivo, ha replicato che «su centinaia di opere è molto facile trovare 20-30 sviste, mi stupisco anzi che ne abbiano trovate così poche». E, su *La Stampa* del 29.9.93, il direttore editoriale della RCS Sansoni Editore, Vittoria Galvani, ha affermato: «Il 50 per cento delle adozioni di qualsiasi materia e ordine di studio è occupato da una decina di libri... aggiornati, curati, verificati, insomma inattaccabili e inossidabili». A questo punto — anche perché, nella stessa sede, una precedente lettera del prof. Paolo Mirone mi aveva chiamato direttamente in causa come autore del libro *100 errori di fisica* — ho scritto a mia volta a quel giornale una lettera (pubblicata il 27.10) nell'intento di fornire al lettore qualche possibilità di una miglior messa a fuoco del problema. I punti sottolineati erano questi.

- a) I cento errori che ho riportato e discusso nel libro sono solo un modesto campionario, una rappresentanza minima, un'inezia, in rapporto a quanto 'offerto' da alcuni dei libri di testo attualmente più diffusi nelle scuole.
- b) Non si tratta di 'sviste': si tratta di pesanti errori *concettuali sui* fondamenti stessi della fisica.
- c) Errori tremendi si trasmettono inalterati di edizione in edizione su testi largamente adottati, senza che intervenga negli anni il minimo ripensamento.
- d) In realtà, il problema del libro di testo non può essere ridotto a qualche strafalcione, rimuovendo il quale si risolverebbe il problema: magari! In molti testi purtroppo lo strafalcione è solo la punta dell'iceberg: il problema vero è quello del livello generale del discorso, e si risolve ritirando il libro.
- e) La dott. Galvani ha ragione: sarebbe del tutto ingiusto generalizzare, esistono per ogni disciplina testi di ottimo livello. Ma ha ragione anche il prof. Mirone (nel campo scientifico almeno) i testi di valore vengono adottati (cosicché, la faccenda del 50% di libri «inattaccabili e inossidabili» non ha fondamento alcuno). Come mai? La risposta, purtroppo, è una sola: testi scadenti si pubblicano perché gli insegnanti li adottano; testi di valore non hanno

successo perché gli insegnanti non li capiscono. Con ciò, il cerchio si chiude, e la situazione si presenta per quello che è: disperata, fino a quando sui manuali scolastici non verrà esercitato un severo e qualificato controllo.