



**Giovanni Vittorio
Pallottino,
Matilde Vicentini**

*Dipartimento di
Fisica, Università di
Roma "La Sapienza"*

Insegnare male la Fisica: istruzioni per l'uso

Un modesto contributo al declino della cultura scientifica in Italia

(Pervenuto il 2.3.2009, approvato l'11.5.2009)

ABSTRACT

In a paradoxical mode the author presents a list of suggestions for making the teaching of physics repulsive and ineffective.

Introduzione

Al declino della cultura scientifica in Italia contribuisce certamente la scarsa attenzione, largamente bipartisan da parte dei governi che si susseguono alla guida del Paese, nei confronti della scienza e della scuola. Scarsa attenzione che si può immaginare sia in qualche modo collegata al basso livello culturale complessivo dei parlamentari, posto in luce anche da recenti indagini. E qui va ricordato che i responsabili delle nostre istituzioni nelle nomine dei senatori a vita hanno fatto prevalere scelte di natura politica, evitando così di ripercorrere le fastidiose situazioni di un passato ormai remoto, quando nel Senato vi erano numerosi scienziati di prim'ordine. I quali poi naturalmente approfittavano della loro posizione per operazioni mirate alla promozione della scienza: casi esemplari al riguardo sono la costituzione del Consiglio Nazionale delle Ricerche grazie al matematico Vito Volterra e la formazione del gruppo dei "ragazzi di via Panisperna" all'Università di Roma da parte del fisico Orso Mario Corbino.

L'obiettivo di perseguire il declino della cultura scientifica si pone del resto in stretta aderenza ai principi democratici, sulla base della volontà espressa dall'elettorato in occasione delle ultime tornate elettorali, in termini di adesione a programmi non orientati allo sviluppo della scienza e dell'istruzione, e di scelta corrispondente delle rappresentanze parlamentari.

Si potrebbe pensare che l'abbassamento della cultura scientifica nazionale costituisca un elemento negativo per il futuro dell'Italia. Ma è più che facile dimostrare il contrario. In un Paese così ben indirizzato, ormai da decenni, al sottosviluppo tecnoscientifico, puntare sulla cultura scientifica è chiaramente inopportuno¹ perché condurrebbe inevitabilmente a frustrazione nella generalità della popolazione e ad emigrazione forzata per coloro che avessero acquisito i livelli formativi più elevati in ambito tecnico-scientifico.

Noi ci occupiamo qui di un fattore specifico che riteniamo sicuramente essenziale al fine del declino della cultura scientifica, ossia come insegnare male la Fisica nelle scuole, che ha il gran pregio di essere straordinariamente funzionale all'obiettivo. Si capisce infatti che provocare il rigetto nei confronti della Fisica, e più in generale della scienza, da parte di intere nuove generazioni è un'arma potentissima. Che richiede tuttavia una particolare e deliberata attenzione a diversi livelli di intervento. Da quello, veramente elementare e più immediatamente percorribile, che consiste nell'instillare negli allievi l'idea che la Fisica, come del resto anche la Matematica, non è per tutti, ma solo per quei pochissimi il cui cranio risultasse (per strano e doloroso accidente) adatto a queste astruse discipline. A quello, anch'esso agevolmente percorribile, di porre in evidenza il ruolo del tutto secondario, marginale e strumentale della cultura scientifica rispetto alla Cultura umanistica (quella cioè con la C maiuscola). In ottimo accordo, del resto, con opinioni largamente diffuse.

1. Suggerimenti didattici generali

Iniziamo col sottolineare che a tale scopo per l'insegnamento della Fisica, come di qualsiasi altra materia scientifica, la metodologia didattica deve consistere sempre nella lezione frontale, possibilmente basata sulla presentazione di un'appropriata serie di trasparenze, preferibilmente assai dense di contenuti. Si può certamente usare anche la lavagna, ma è bene allora riempirla preventivamente, allo scopo di evitare che, durante la scrittura, inevitabilmente lenta, gli allievi possano seguire il testo o i passaggi matematici.

La lezione frontale deve essere priva di interazioni con gli studenti, le cui idee, se fossero esposte, potrebbero portare elementi di confusione all'esposizione lucidamente organizzata dall'insegnante. Ovviamente sarà permesso agli studenti di porre, al termine della lezione, domande di chiarimento e in tal caso sarà compito dell'insegnante rispondere in modo ambiguo, cioè tale da far dubitare gli studenti della propria intelligenza nel formulare i quesiti. Ancora ovviamente gli studenti dovranno rispondere alle domande scelte dall'insegnante per le interrogazioni e gli esami e sarà importante che tali domande siano il più possibile di tipo nozionistico, evitando accuratamente qualsiasi metariflessione. Per quanto riguarda gli eventuali compiti ed esami scritti si proporranno soltanto esercizi e mai problemi concettuali. A tale riguardo, si considera particolarmente pericolosa la nozione di "fisica qualitativa", perchè potrebbe condurre a inaccettabili livelli di comprensione della materia.

I suggerimenti didattici suesposti dovrebbero essere sufficienti per trasmettere agli studenti un'immagine della Fisica come una disciplina asettica, austera, rigorosa e soprattutto inutile.

2. La Fisica va rigorosamente suddivisa in parti e capitoli, evitando qualsiasi collegamento fra essi per evitare di confondere le idee agli allievi

Così come Giulio Cesare ci ha tramandato che *Gallia est omnis divisa in partes tres, quarum unam incolunt Belgae, aliam Aquitani, tertiam qui ipsorum lingua Celtae nostra Galli appellantur*, la Fisica Scolastica va attentamente suddivisa nelle seguenti tre parti principali: Meccanica, Termologia ed Elettromagnetismo, ciascuna delle quali è a sua volta suddivisa in capitoli. La Meccanica, per esempio, si articola necessariamente in Cinematica, Statica e Dinamica.

La trattazione di ciascun capitolo deve essere rigorosamente autoconsistente, in modo che l'allievo trovi in essa tutto ciò che gli occorre in vista delle interrogazioni. E possa dunque serenamente dimenticare quanto appreso nei capitoli precedenti in quanto non gli servirebbe a nulla. La *ratio* di questo indirizzo, di natura rigorosamente didattica, è basata su molteplici esperienze sul campo.

Non vogliamo inserirci, se non brevemente, nel dibattito concernente il livello della trattazione. Cioè se sia più inefficace banalizzare totalmente la materia, sino a svuotarla di qualsiasi reale significato, o invece gestirla a livelli di complessità tali da renderla largamente incomprensibile, e a tal fine la matematica può dare contributi eccellenti (una tortuosa sequenza di passaggi matematici ben calibrati può essere un'ottima scelta). La strada che noi suggeriamo per l'obiettivo dell'inefficacia complessiva è però più articolata. Essa consiste nell'alternare trattazioni banalizzate a trattazioni raffinatissime. Ma sempre giocando sull'aridità, l'astrattezza, la mancanza di cenni al significato fisico e l'assenza di riferimenti al quotidiano, allo scopo di rendere più indigeribile possibile il materiale trattato. Cioè provocare il massimo grado di repulsione da parte della scolaresca.

3. Il lavoro di laboratorio deve seguire ricette preconfezionate

Precisiamo innanzitutto che le attività di laboratorio sono generalmente sconsigliabili in quanto il loro svolgimento richiede del tempo. E quindi si traducono nel sottrarre tempo prezioso alla presentazione della materia *ex-cathedra*, con il grave pericolo di non arrivare a completare la trattazione dei Programmi Ministeriali.

Nel caso però si volesse considerare irrinunciabile il laboratorio, e sarebbe comunque una scelta sofferta, occorrerà procedere con estrema cautela. Andranno evitate, in particolare, quelle attività che lasciassero spazi di libertà agli allievi nella scelta degli esperimenti e soprattutto nel loro svolgimento. Il motivo è semplice. La naturale inesperienza dei ragazzi potrebbe condurli a scelte improprie, tali cioè da non condurre a ottenere esattamente i risultati stabiliti nel libro di testo. E questo fatto potrebbe scardinare la loro fiducia nell'Insegnante. Sicché sarà essenziale imporre agli allievi sperimentatori dei protocolli molto rigorosi, da seguire strettamente, lasciando qualche libertà solo per ciò che riguarda qualche possibile aggiustamento dei dati, allo scopo di garantire l'ottenimento dei risultati previsti.

Assai più consona alla nostra impostazione generale, tuttavia, è la proposta di limitare la sperimentazione ad attività di natura puramente dimostrativa, svolte dal Docente o meglio ancora da un apposito incaricato. Queste andranno scelte con accurato riferimento a materiale non trattato a lezione per rendere più sicuramente incomprensibili sia lo svolgimento dell'esperimento che i risultati ottenuti. Altri elementi di scelta qui suggeriti sono i seguenti: a) dimostrazioni che sicuramente non funzionano, come risultato in precedenti tentativi, con l'obiettivo epistemologico di porre in luce la fallibilità della scienza; b) dimostrazioni che si svolgono con produzione di lampi di luce, scariche elettriche o altri fenomeni particolarmente vistosi, con l'obiettivo di proporre un'immagine della scienza per iniziati, di natura esoterica e con risvolti che in qualche modo evocano la magia. Meglio ancora se tali da evocare sensi di paura.

Ricordiamo infine che deve essere rigorosamente vietato agli studenti di intervenire con domande o commenti nel corso della dimostrazione, che deve mantenere la forma di un rituale affinché gli spettatori ne rimangano al tempo stesso affascinati e sbalorditi.

4. Gli esercizi numerici ovvero la capacità di trovare la formula giusta

Lo scopo principale degli esercizi di Fisica consiste nello sviluppare negli allievi la capacità di trovare la formula giusta per risolverli, che è veramente essenziale in vista di compiti in classe o di esami finali. A tal fine va suggerito ai ragazzi di procedere sfogliando affannosamente le pagine del libro di testo fino a trovare quanto occorre, notando a tal proposito che tale compito risulta grandemente semplificato nei testi che forniscono un riassunto del materiale al termine di ciascun capitolo. Perché in questo caso basterà sfogliare il riassunto, con evidente risparmio di tempo. E del resto se larga parte del libro di testo, con l'eccezione dei riassunti finali, resterà intonso, ciò varrà a dar maggior valore al manuale quando esso verrà, il più presto possibile, rivenduto nel mercato dell'usato.

Una soluzione alternativa, anch'essa ben consigliata, consiste nel far imparare a memoria tutte le formule del capitolo considerato, in modo che l'individuazione della formula giusta sia più rapida, e quindi l'allievo sia in grado di risolvere un maggior numero di problemi nell'unità di tempo. Tutto ciò, naturalmente, richiede scelte molto coerenti per quanto riguarda la simbologia delle diverse grandezze fisiche e una grande attenzione nella stesura dei problemi.

Facciamo un esempio chiarificatore. Se nel testo, o a lezione, la legge di Ohm è scritta nella forma $\Delta V = Ri$, si potranno certamente assegnare problemi rivolti al calcolo della differenza di potenziale ai capi di un conduttore di resistenza data che sia percorso da una corrente di data intensità. Ma si dovranno evitare accuratamente i cosiddetti "problemi inversi", nei quali venisse per avventura richiesto il calcolo della resistenza oppure dell'intensità di corrente, dando per note le altre due grandezze.

5. La china pericolosa della Fisica quotidiana

È ormai noto dalla ricerca didattica che ogni essere umano si costruisce schemi di conoscenza per interpretare i fenomeni della vita quotidiana in modo da assumere comportamenti adeguati. Ciò è particolarmente rilevante per la Fisica in quanto molti fenomeni quotidiani hanno a che fare con tale disciplina. Basti pensare al movimento di persone o oggetti per quanto concerne la meccanica, ai problemi relativi a riscaldamento e raffreddamento per la termodinamica, agli aspetti della luce e della visione per l'ottica, all'uso di apparati elettrici.... Tali schemi, detti di Fisica spontanea, sono in parziale contraddizione con gli schemi scientifici. Sarà importante che l'insegnante faccia capire che ciò che gli studenti pensano sui fenomeni fisici non ha nulla a che fare con ciò che viene loro trasmesso, sottolineando la purezza di una disciplina totalmente avulsa dalla vita quotidiana. Certamente l'uso della metodologia didattica non interattiva facilita grandemente tale messaggio, costituendo pertanto un imperativo categorico.

6. I riferimenti alla tecnologia sono roba da ingegneri

Sebbene la pratica dei riferimenti alla tecnologia trovi fortunatamente assai poco seguito nella Scuola, taluni propongono di trovare collegamenti fra la nostra disciplina e il funzionamento di oggetti tecnologici. Ciò va evitato accuratamente per un gran numero di motivi. Non potendo elencarli tutti, ci si limiterà solo ad alcuni.

Notiamo preliminarmente che qualsiasi oggetto che abbia qualche diffusione per la sua utilità pratica non deriva certamente dall'opera di un Fisico, ma piuttosto da quella di un Ingegnere, categoria certamente utile, ma generalmente priva di conoscenze fisiche sufficientemente raffinate. Si tratta cioè, per dirla in breve, di *roba da ingegneri*, che non è certamente il caso di trattare in un'aula scolastica, dato che si tradurrebbe in una evidente *diminutio* della nostra austera disciplina. Un altro motivo che rende sconsigliabile questa pratica, riguarda il fatto delicatissimo che il funzionamento di gran parte di questi oggetti è basato su principi fisici che rientrano in capitoli diversi. Nel caso di un asciugacapelli, per esempio, entrano in gioco la meccanica (dato che vi è qualcosa che gira), la termodinamica (è chiaro che vi si produce del calore) e persino l'elettricità (perché la spina va infilata nella presa). E allora, se proprio si volesse esaminare il funzionamento di questo oggetto, sorgerebbe il delicatissimo quesito "in quale capitolo trattarlo?", che per la sua stessa natura non può ammettere risposta.

7. Scienza e società? Meglio lasciar perdere

Alcuni problemi di interesse per la società su cui oggi vi è dibattito riguardano certamente questioni in cui entra in gioco la Fisica. Primo fra tutti il problema dell'energia, che certamente è una grandezza fisica. Ecco allora che qualcuno suggerisce di trattare a Scuola queste problematiche: una proposta che denota veramente al tempo stesso scarsissima chiarezza di idee e debolissima conoscenza della didattica. Diciamo subito che occuparsene significherebbe sottrarre tempo prezioso alla trattazione del materiale previsto dai Programmi Ministeriali.

Ma il punto non è certamente soltanto questo. L'aspetto più delicato riguarda il fatto che i grandi problemi che coinvolgono assieme la Fisica e la società, come nel caso dell'energia, sono oggetto di dibattito anche fra gli scienziati stessi. Alcuni dei quali, per esempio, sono partigiani dell'energia solare, mentre altri negano che questa fonte possa dare contributi utili. Alcuni poi sono favorevoli all'energia nucleare, altri sono contrari in quanto la considerano abominevole. L'assenza di una linea comune, più precisamente il fatto che non vi sia una "verità condivisa" su queste questioni, dimostra assai chiaramente che non si tratta di questioni effettivamente "scientifiche", ma piuttosto di altra natura, la cui trattazione a Scuola porterebbe soltanto a confondere le idee dei ragazzi allontanan-

doli dalla visione della Fisica come scienza rigorosa e indiscutibile. A ciò si aggiunga il fatto che una eventuale trattazione dei problemi energetici condurrebbe a profonde e insanabili contraddizioni: come è possibile parlare di “consumi” dell’energia se questa grandezza, come tutti ben sanno, si conserva?

Bisogna anche notare quanto potrebbe essere pericoloso che i cittadini possano essere preparati dalla scuola a saper valutare con qualche conoscenza di causa gli interventi di esperti di varia natura e dei politici su temi di rilevanza sociale. Basti pensare, oltre al problema dell’energia, a quello dei cambiamenti climatici o dello smaltimento dei rifiuti.

8. La scelta del libro di testo

Un buon contributo a insegnare male la Fisica può provenire anche da una scelta oculata del libro di testo. Qui vanno privilegiati soprattutto quelli omnicomprensivi, che del resto risultano in pratica i più diffusi perché più graditi alla generalità degli Insegnanti, con un numero di pagine tanto elevato da dimostrare efficacemente la grande estensione e la complessità della materia. Non devono mancare infatti, accanto al corpus tradizionale, trattazioni di argomenti avanzati e specifici, quali per esempio il Modello Standard della Fisica subnucleare, il diagramma Hertzprung-Russel, ... Per quanto riguarda poi gli altri aspetti – il livello della trattazione, i collegamenti con il quotidiano e la tecnologia, i test proposti, ... – valgono le indicazioni presentate nei paragrafi precedenti.

Note

¹ Sembra assai più opportuno, allo stato attuale, puntare sulle discipline turistiche per accogliere convenientemente i visitatori provenienti da oltre confine e soprattutto sulla conoscenza delle lingue orientali, essenziali per la formazione di badanti qualificati addetti alla cura di agiati cinesi e indiani, che per nostra fortuna fra qualche tempo saranno tanto numerosi da creare un vasto mercato del lavoro in tale settore.

Per John Archibald Wheeler (1911-2008) l’Universo è una specie di circuito che retro-agisce su se stesso (*self-excited circuit*). Iniziando con il big-bang (tratto di destra sottile della U), l’Universo si espande (tratto curvo) evolvendo dinamicamente fino a dar luogo (tratto terminale di sinistra della U) ad una sorta di “auto-osservazione partecipante” di se stesso (*observer-participancy*).

“No elementary phenomenon is a phenomenon until it is a registered (observed) phenomenon”: nessun singolo fenomeno quantistico elementare è tale fino a quando, nelle parole di Bohr, “non sia stato dichiarato concluso” attraverso “un irreversibile atto di amplificazione”.

Abbiamo a che fare con un elementare atto creativo: è la nostra scelta in merito a cosa misurare (osservare) che impartisce realtà fisica tangibile al singolo evento quantistico, ma solo una volta che questa scelta si sia attualizzata in una traccia permanente e irreversibile lasciata nel mondo macroscopico degli strumenti di misura (per esempio, attraverso l’attivazione di un fotorivelatore).

Wheeler sintetizza questa interpretazione nel motto “It from bit” e chiama tutto ciò “osservazione partecipante” (*observer-participancy*) per significare che siamo inevitabilmente coinvolti, partecipi nel chiamare all’essere e condurre a tangibile realtà fisica il potenziale evento quantistico: attenzione, nulla a che fare con problemi di “coscienza” di vario tipo (nel senso di certe interpretazioni della fisica quantistica)! Wheeler si chiede: è questo il fondamento, il materiale da costruzione di tutto ciò che è reale, dell’Universo?

J. A. Wheeler, *Law without law in: Quantum Theory and Measurement*, J.A. Wheeler, W.H. Zurek ed., Princeton Univ. Press (1983); J. A. Wheeler, *Potremo mai arrivare a comprendere l’esistenza?*, Nuova Civiltà delle Macchine, *La verità nella scienza*, ottobre/dicembre 1990

