

## L'insegnamento di Storia della Fisica all'Università di Pavia

Fabio Bevilacqua

Dipartimento di Fisica "A. Volta" - Università di Pavia

A Pavia le ricerche di Storia della Fisica iniziarono nel 1975. A partire dal 1980 si è sviluppata anche una ricerca applicata in "Storia della Fisica per la Didattica della Fisica", rivolta prevalentemente a docenti di Fisica delle scuole secondarie superiori ed agli studenti del primo biennio. Nel corso di questa attività il problema metodologico dell'insegnamento della Storia della Fisica a studenti di Fisica è stato ampiamente discusso e l'organizzazione del corso trae oggi ispirazione anche da questa esperienza, tutt'ora viva ed in fase di espansione anche a livello internazionale <sup>1</sup>.

L'autore di queste note ha iniziato a insegnare nell'anno accademico 1987-88, a seguito dell'espletamento del primo concorso per posti di professore associato "libero" dall'entrata in vigore della "382" nel 1980. Nell'organizzazione del corso si riflettono le esperienze maturate nel 1973-74 presso la Cattedra di Filosofia della Scienza di Ludovico Geymonat dell'Università Statale di Milano, nel 1975-78 presso l'Istituto di Fisica Teorica di Pavia e nel 1978-80 presso il Dipartimento di Storia e Filosofia della Scienza dell'Università di Cambridge.

Una prima parte del corso viene dedicata al chiarimento della metodologia assunta nel corso stesso. Viene sottolineato che insegnare Storia della Fisica a studenti di Fisica presenta un duplice problema metodologico che si può illustrare attraverso la considerazione di due tradizionali paradossi .

Gli studenti del Corso di Laurea in Fisica sono abituati a studiare la scienza tramite i libri di testo di fisica. Una delle conquiste della filosofia della scienza degli anni '60 è stata quella di mostrare come la didattica della scienza sia sempre connessa ad una

---

<sup>1</sup> *Using History of Physics in Innovative Physics Education*, Editors: F. Bevilacqua, P.J. Kennedy, Pavia 1983; *Science Education and the History of Physics*, Editor: Poul V.Thomsen, University of Aarhus 1986; *Science Education and the History of Physics*, Editors: C. Blondel, P. Brouzeng, Parigi 1988; *The History and Philosophy of Science in Science Teaching*, Editor: Don Emil Herget, Tallahassee Florida, 1989.

particolare filosofia della scienza <sup>2</sup>. In particolare i tradizionali libri di testo ed i tradizionali laboratori didattici si riallacciano alla filosofia neopositivista. Kuhn e altri hanno sottolineato che l'immagine della scienza data dalla didattica tradizionale è parziale: mancano il contesto della scoperta ed il contesto della corroborazione <sup>3</sup>. Kuhn, sulla base di ricerche storiche, suggerisce un'immagine della scienza più completa: schematizzando possiamo dire che per Kuhn la scienza dei libri di testo è solo una parte della scienza, la scienza normale; l'altra parte, la scienza straordinaria è quella che trova posto nelle memorie originali e nel dibattito scientifico.

Kuhn non si è mai occupato di didattica della scienza <sup>4</sup> forse perché i risultati della nuova filosofia della scienza per la didattica della scienza non sono esaltanti: per gli studenti resterebbe valida "l'iniziazione" alla scienza (normale) tramite i libri di testo, mentre la scienza straordinaria verrebbe riservata agli scienziati militanti (quella contemporanea) e agli storici della scienza (quella del passato).

In tutto il mondo la storia della scienza si è tradizionalmente sviluppata, pur tra alcune difficoltà, nelle facoltà umanistiche. Eccoci quindi al primo paradosso didattico: studenti di materie scientifiche imparerebbero la scienza normale; studenti di facoltà umanistiche quella straordinaria <sup>5</sup>!

Questa ben nota situazione trova comunque l'appoggio anche degli storici della scienza tradizionali, preoccupati forse che una sua modifica possa portare all'abbandono del libro di testo, e del parallelo laboratorio didattico, e possa compromettere la "validità" dell'insegnamento scientifico tradizionale<sup>6</sup>.

---

<sup>2</sup> Y. Elkana: *Science, Philosophy of Science and Science Teaching; Educ. Phil. and Theory*, vol. 2, Pergamon Press, 1970.

<sup>3</sup> T. Kuhn: *The Structure of Scientific Revolutions*, 2nd ed., Chicago U.P., 1970. *The Essential Tension*, Chicago U.P., 1977.

<sup>4</sup> come la maggior parte degli storici "puri". Ancora nel 1973 le perplessità erano notevoli. La situazione è cambiata dopo il convegno di Pavia del 1983, vedi ad esempio la rivalutazione del lavoro di Holton e le critiche a Kuhn fatte da un ex allievo come J. L. Heilbron in: "Applied History of Science", *ISIS* 78, 1987.

<sup>5</sup> Quanto quest'ultima sia effettivamente "straordinaria" è a conoscenza di tutti gli addetti ai lavori, e anche di chiunque consideri le difficoltà concettuali e tecniche della scienza moderna.

<sup>6</sup> In questo senso si è espresso anche P. Rossi in un convegno di alcuni anni fa a Pavia. La validità dell'insegnamento scientifico è comunque, con buona pace di tutti, già compromessa: negli Stati Uniti gli studenti sono i primi a riconoscerne le carenze e ad abbandonare in massa gli studi scientifici.

Ma emerge immediatamente un secondo paradosso didattico: che cosa dovrebbero studiare gli studenti di storia della scienza? Ovviamente, seguendo il ragionamento, un libro di testo di Storia della Scienza. Ma se quest'ultima viene considerata una disciplina scientifica avrà anch'essa la sua scienza straordinaria ed il libro di testo rappresenterà, nel caso migliore, solamente la storia della scienza “normale”. Infatti chi non si è accorto dell'esistenza dei dibattiti storiografici? Dell'impossibilità, anche e soprattutto per gli storici, oltre che per i fisici, di pervenire a risposte definitive anche su problemi storici importanti ci si è oramai convinti <sup>7</sup>.

Gli studenti di storia della scienza sono dunque condannati a imparare una parte ancora minore della scienza: la storia “normale” della scienza “straordinaria”.

Estendendo il ragionamento agli studenti di storia della fisica di un corso di laurea in fisica i doveri sarebbero dunque i seguenti: imparare la scienza “normale” nei corsi tradizionali e la storia “normale” nel corso di storia della fisica. Una situazione chiaramente insoddisfacente, che, è bene sottolinearlo, dobbiamo affrontare e risolvere con originalità in Italia. Siamo infatti l'unico Paese al mondo con numerosi corsi di storia della fisica nei corsi di laurea in Fisica. Le riflessioni stimolate da quest'incontro sono quindi senz'altro opportune.

Ovviamente, al di là dei paradossi, un “buon” libro di testo di fisica ed un “buon” libro di testo di storia della fisica sono degli strumenti importanti nell'insegnamento, ma forse sono importanti proprio in quanto i “buoni” libri di testo sono quelli con una profonda ispirazione alla base e quindi non sono tanto “normali”. Forse la distinzione kuhniana tra scienza normale e straordinaria non regge: se si fa una storia della scienza normale attraverso una storia dei libri di testo si sconfinava nella scienza straordinaria<sup>8</sup>. Un'analisi di alcuni libri di testo di Elettromagnetismo Classico mostra numerose e

---

<sup>7</sup> H. Kragh: *Historiography of Science*, Chicago, 1986.

<sup>8</sup> Mi sono sempre chiesto come mai gli storici per capire l'origine delle scoperte contenute nelle memorie scientifiche dedichino tante energie solo alla ricerca e all'interpretazione delle lettere (e cartoline!) degli scienziati e trascurino invece le interpretazioni degli stessi scienziati contenute in migliaia di pagine pubblicate sotto forma di libri di testo, libri spesso e volentieri a portata di mano.

rilevanti differenze di impostazione. Queste differenze si possono ricondurre al dibattito scientifico dell'epoca precedente: anche i libri di testo possono essere “straordinari”<sup>9</sup>.

Pertanto più che la dicotomia kuhniana mi sembra utile adottare ed esplicitare nel corso una metodologia a quattro componenti (modelli, principi, strutture matematiche, esperimenti), derivata dai lavori di G. Holton e G. Buchdahl<sup>10</sup>, metodologia applicabile sia ai libri di testo che alle memorie originali, e che mostra la non separabilità di questi due generi.

Qui termina la parte metodologica del corso e inizia quella, più ampia, specificamente storica. Quest'ultima si basa sul seguente percorso didattico: da un'analisi di brani di alcuni famosi libri di testo di fisica si mettono in risalto problemi concettuali che vengono approfonditi e chiariti tramite la lettura delle corrispondenti memorie originali. Questa lettura viene accompagnata, ove possibile, dall'uso del laboratorio storico (la riproposizione di esperienze nel loro contesto concettuale e tecnologico originario), effettivo o simulato al computer.

L'analisi delle memorie e delle esperienze viene fatta anche contrapponendo esplicitamente diverse metodologie storiografiche e cercando di stimolare un'interpretazione autonoma da parte dello studente. Dalla memoria si ritorna poi al libro di testo di fisica, che viene riletto alla luce delle nuove conoscenze. Durante il corso un libro di testo di storia della fisica viene usato come riferimento cronologico, fotocopie di fonti primarie e secondarie vengono raccolte e sono rese accessibili in Biblioteca, libri e riviste del ricchissimo Fondo Storico di Fisica vengono utilizzati, come pure talvolta esercitazioni basate sugli strumenti del Gabinetto di Fisica del Museo per la Storia dell'Università<sup>11</sup>.

---

<sup>9</sup> F. Bevilacqua: “Libri di testo e memorie originali: sui rapporti tra scienza normale e scienza straordinaria”, in: *Scienza e Filosofia. Saggi in onore di L. Geymonat*, a cura di C. Mangione, Garzanti, 1985.

<sup>10</sup> F. Bevilacqua: *The Principle of Conservation of Energy and the History of Classical Electromagnetic Theory*, La Goliardica Pavese, Pavia, 1983.

<sup>11</sup> Libri, riviste e strumenti sono in corso di restauro, schedatura e catalogazione nella banca dati Bomas-Cilea nell'ambito del Progetto Strategico del CNR sui Beni Culturali Scientifici. Cataloghi a stampa sono in via di pubblicazione.

L'esame in gran parte consiste nella discussione approfondita di una tesina di circa 15-20 cartelle presentata dallo studente ed avente per oggetto un "caso storico" specifico.

Un'interpretazione storica autonoma da parte dello studente, la cui possibilità viene compresa da quest'ultimo insieme e in analogia alla scoperta della possibilità di interpretazioni scientifiche alternative da parte dei grandi personaggi della fisica, genera entusiasmo e permette una migliore comprensione della scienza.

Come esempi di "case studies" trattati posso citare:

La scoperta della legge di caduta dei gravi di Galileo: ebbe una origine teorica (Koyré) o sperimentale (Drake)? Lo studente deve confrontarsi con i testi, i manoscritti e relative interpretazioni e con la simulazione interattiva al computer <sup>12</sup> di una serie di esperienze fatte o che si suppone siano state fatte da Galileo. Infine viene paragonato l'approccio galileiano alla caduta dei gravi con l'interpretazione newtoniana (massa iniziale e gravitazionale) ed einsteiniana (principio di equivalenza). Le esperienze galileiane con il piano inclinato vengono confrontate al computer con quelle newtoniane di Atwood e la diversa struttura dei due apparati sperimentali viene ricondotta alla differenza tra i due paradigmi.

La legge di Coulomb: un risultato quantitativo estremamente preciso, ricavato apparentemente da tre sole misure, dà luogo a ben tre diverse interpretazioni concettuali. Dapprima quella dello stesso Coulomb in termini di azione a distanza istantanea (1785), poi quella di Maxwell in termini di azione contigua (1873) e infine quella di Feynman sulla base di un modello di azione a distanza ritardata (1962) <sup>13</sup>.

---

<sup>12</sup> F.Bevilacqua, G.Bonera, I.Massara: *La Caduta dei Gravi, un'Analisi Storica*, Olivetti, 1987.

<sup>13</sup> S.Galdabini, O.Rossi: *De' Curiosi Esperimenti. Memorie sull'elettricità e sul Magnetismo di C.A.Coulomb e H.Ch.Oersted*, Collana di Storia della Scienza dell'Università di Pavia, 1988. R.Feynman: *The Feynman Lectures on Physics*, Addison Wesley, London, 1963. J.C.Maxwell: *A Treatise on Electricity and Magnetism*, 2 vols., 3<sup>a</sup> ed. a cura di: J.J.Thomson, 1891, Dover Reprint, New York, 1954.

Le esperienze di Hertz del 1887-90: nelle parole stesse dell'autore provano il ritardo delle interazioni ma, come viene evidenziato dalle difficoltà di Poincaré, non l'azione contigua di Maxwell più che l'azione a distanza nel dielettrico di Helmholtz <sup>14</sup>.

Il risultato dell'esperienza di Michelson-Morley del 1887 che oltre a non essere direttamente legata alla formulazione della Relatività Speciale (come invece l'induzione unipolare) fu interpretata dallo stesso Michelson come dovuta all'etere trascinato, e da Lorentz come dovuta alla contrazione longitudinale per un moto assoluto rispetto all'etere <sup>15</sup>.

Non solo il rapporto teoria/esperimento può essere oggetto di case studies, ma anche quello principi/modelli: ad un principio filosofico di conservazione (esistente fin dall'antichità: “ex nihilo nil fieri” e “ad nihilum nil fit”) sono state associate nei secoli varie interpretazioni e formulazioni della quantità che si supposeva conservata: quantità di moto, vis viva, potenziale, calorico, rapporto quantitativo tra la causa e l'effetto, somma di energia cinetica e potenziale, energia locale, etc..

Il confronto tra i vari significati di conservazione e le varie quantità “conservate” è tra i più stimolanti.

Ma anche il rapporto modelli/formulazioni matematiche ha il suo fascino: ad esempio gli stessi valori per l'energia elettrostatica possono essere espressi, tramite le analogie formali di W. Thomson, in termini di azioni a distanza e di azioni contigua. Ancora un esempio è quello del teorema del lavoro/forza viva, che ha la stessa formulazione ma tre diverse interpretazioni in Lagrange (1788), Coriolis (1829) ed Helmholtz (1847).

Pertanto durante il corso almeno in alcuni casi gli studenti vengono messi in contatto con problemi di ricerca (storica) su cui possono esercitarsi con delle valutazioni personali, ma senza abbandonare “l'ancoraggio” al libro di testo di fisica.

---

<sup>14</sup> F. Bevilacqua: “H.Hertz's Experiments and the Shift Towards Contiguous Propagation in the Early Nineties”, *Riv. Stor. Sci.*, 1 (2), 1984, pp. 239-256.

<sup>15</sup> L.Cassani, B.Raccanelli: *Un Dibattito sull'Ettere*, Collana di Storia della Scienza dell'Università di Pavia, 1988.

A questa parte monografica (insegnamento innovativo? Capacità di definire problemi e non solo di risolvere problemi già definiti? <sup>16</sup>) viene associata una panoramica sulle principali fasi di sviluppo della scienza; ad esempio sulla distinzione tra scienze classiche e baconiane nel Sei-Settecento, sui rapporti tra fisica sperimentale, matematica e teorica nell'Ottocento europeo.

La trattazione delle varie parti del corso si svolge sulla base della stessa metodologia a quattro componenti che mette in risalto nei vari casi il mix specifico di principi, modelli, matematica ed esperimenti.

Questo approccio ha avuto successo con studenti bravi e con insegnanti di fisica, ha creato qualche problema a studenti non bravi o non disponibili a un lavoro personale.

---

<sup>16</sup> F.Bevilacqua (a cura di): *Storia della Fisica*, Franco Angeli Editore, Milano, 1983.