

Vincenzo Di Matteo

FONDAMENTI DI LABORATORIO DI FISICA

Metodi di ricerca e di indagine scientifica

Copyright© 2008 UNI Service - Trento
Prima Edizione: dicembre 2008 - Printed in Italy

ISBN 978-88-6178-290-7



www.uni-service.it

Novità - Catalogo - Acquisti on-line

Prefazione

La stesura di questo testo è nata dalla necessità di creare un manuale di laboratorio di supporto ai libri di teoria, un laboratorio fatto di semplici esperimenti, ma nello stesso tempo attento a non banalizzare lo studio dei fenomeni, cercando il più possibile di utilizzare un approccio completo in grado di evidenziare gli aspetti importanti di ciascun fenomeno.

Nello studio teorico talvolta si procede perdendo di vista i fondamenti della fisica, mentre la conoscenza scientifica procede mediante un processo induttivo che, partendo dallo studio dei fenomeni, permette di trarre delle conclusioni confutabili o confermabili attraverso lo studio di altri fenomeni, ed è attraverso l'analisi di questi che si cerca di capire quali sono i principi generali o le leggi che regolano una certa tipologia di fenomeni.

Negli ultimi 500 anni sono stati compiuti innumerevoli esperimenti e studiati tantissimi fenomeni che a loro volta ordinati e catalogati per tipologia: dalla meccanica classica¹, alla termodinamica, all'elettromagnetismo e quindi alla meccanica quantistica e relativistica. È impossibile riprodurre tutti gli esperimenti storici ritenuti scientificamente fondamentali, per ragioni di tempo e di attrezzature. Se si propone una attività di laboratorio l'insegnante riesce "genialmente" a superare tutte le difficoltà storiche e ad isolare i singoli aspetti dei fenomeni naturali. Davvero può essere utile un laboratorio fatto in questo modo?

Insegnare non vuol dire fare tutto. Occorre costruire un metodo, creare gli strumenti al fine di garantire una qualità di lavoro tale da poter estendere quanto appreso in contesti e problematiche diverse. L'apprendista falegname guarda come viene costruito un tavolo, studia il funzionamento delle macchine, osserva il suo maestro costruire al tornio la prima gamba del tavolo e poi si cimenta a costruire le restanti. Non è possibile trasmettere tutto, bisogna saper scegliere l'essenziale.

Nella difficile scelta dei contenuti e delle abilità da conseguire, è possibile che mi si rimproveri di aver affrontato argomenti complessi come la statistica, lo studio delle funzioni e l'analisi. Troppo complessi per un liceo? Spero di no. Credo in una formazione seria e rigorosa e non è possibile pensare diversamente in un mondo dove le competenze hanno un peso enorme. Mi sono sforzato per quanto possibile di semplificare, senza banalizzare, i concetti fondamentali necessari ad un approccio serio al laboratorio di fisica.

Chiarisco quanto possa essere pericolosa questa tendenza al superficiale riportando un brano scritto da Lucio Russo (cfr.) «... gli strumenti concettuali teorici, considerati ormai troppo difficili, sono eliminati dall'insegnamento, che viene ridotto alla descrizione di meri "fatti" e a elenchi di prescrizioni. Anche una scienza come la fisica può essere presentata come un sempli-

¹La meccanica classica affronta lo studio il moto nel suo svolgersi (la cinematica) e le cause che lo determinano (la dinamica).

II

ce insieme di “fatti”, se si trascurano completamente la struttura della teoria, l’ideazione degli esperimenti e i complessi rapporti tra teoria e dati sperimentali. Lo studente può allora sentire raccontare come evolvono le stelle, come sono strutturati gli atomi o come è nato l’universo, ignorando totalmente sia le relative teorie sia i fenomeni da esse spiegati, come ascolterebbe delle leggende, senza ricevere alcun elemento del metodo scientifico. . . »

Mi permetto di considerare che senza la struttura portante data dalla matematica, l’attività di laboratorio perde la capacità di essere chiari ed esatti, inoltre risulta pressochè impossibile riportare quelli che sono i limiti di validità dei risultati ottenuti.

La matematica costituisce lo strumento indispensabile per una chiara e rigorosa descrizione dei risultati: non si può fare fisica se non c’è la necessaria base matematica, come si evince in un discorso, più che mai attuale, pronunciato da Alessandro Padoa nel 1908: «E poichè nulla più del dogmatismo è ripugnante a chi abbia la mente esercitata alle indagini scientifiche, . . . la matematica è universalmente utile, oltre e forse più che per la verità che essa fa conoscere, per i metodi di ricerca che essa adopera ed adoperando insegna. Nessun altro studio richiede meditazione più pacata: nessun altro meglio induce ad esser cauti nell’affermare, semplici ed ordinati nell’argomentare, precisi e chiari nel dire. . . »

Quando si afferma che la fisica è una scienza esatta, vuol dire che la sua metodologia consente di conoscere esattamente l’incertezza associata alle grandezze e quindi alle leggi che ne scaturiscono. A differenza della matematica, non si considerano grandezze infinitamente esatte.

Affrontare in modo serio un laboratorio di fisica, vuol dire avere coscienza che non è possibile poter fare del laboratorio senza la dovuta preparazione teorica. Didatticamente ritengo più utile accostarsi allo studio di fenomeni quotidiani, facilmente riproducibili e misurabili con gli strumenti adeguati e con una metodologia corretta.

Il lavoro proposto in questa sede richiede delle conoscenze basilari di fisica e una buona conoscenza della matematica. Occorre ridiscutere il ruolo del laboratorio nella scuola che, nella scuola primaria e secondaria di primo grado, deve orientare all’osservazione dei fenomeni e al loro studio qualitativo, mentre nella scuola secondaria di secondo grado, in linea con i processi didattici ricorsivi, deve condurre ad uno studio rigoroso e qualitativamente alto. Nella mia esperienza di insegnante ho compreso che didatticamente sarebbe bene che questo lavoro sia il ricorsivo di un precedente piano di lavoro sviluppato nella scuola primaria e secondaria di primo grado, seguendo un processo di estensione a spirale delle conoscenze.

Non si conquista un concetto, un procedimento, un principio in una sola volta, occorre quindi che più volte nel corso del processo didattico si ripresentino gli stessi contenuti.

Non si può pensare a una impostazione rigidamente lineare e sequenziale nell’apprendimento; la continua sollecitazione della memoria non è puro ricordo o rievocazione di vecchi concetti, ma al contrario determina uno schema organizzativo dei concetti a livelli più alti. I contenuti didattici è bene che si ripresentino sotto angolature diverse. La ripresa di un concetto non assume il carattere di pura riproduzione, ma si inserisce in un processo attivo che tende a inquadrare il contenuto vecchio in una struttura più o meno nuova, e che certamente è diversa da quella originale.

Nella stesura di questo testo mi sono posto il problema di produrre delle esperienze di fisica rivolte a chiarire il metodo di indagine scientifica e a porre le basi per quella che è la metodologia di studio e di ricerca scientifica. Si rimanda ad altri testi l’approfondimento e le basi teoriche degli argomenti affrontati nelle esperienze proposte.

Nel mio lavoro ho dovuto affrontare una serie di problematiche che mi propongo di elencare:

- il problema dell'osservazione passiva, spesso riscontrato in tutti i laboratori didattici di fisica: gli alunni osservano il fenomeno riprodotto in laboratorio e si fermano solo a questa fase. Non partecipano alla preparazione dell'esperienza e delle cause che la rendono possibile, ovvero non la studiano in modo approfondito;
- talvolta si tratta di esperimenti metodicamente "preconfezionati" e preparati da aziende specializzate, ma difficilmente ricreabili da parte degli alunni, in cui tutta la strumentazione è stata selezionata e preparata "ad hoc";
- la mancanza o quasi di una metodologia scientifica di studio dei fenomeni, che spesso si limita all'osservazione del fenomeno e alla spiegazione da parte del docente in grado di dissipare tutti i dubbi sulle altre possibili alternative spiegazioni;
- l'utilizzo delle simulazioni al computer che spogliano la fisica della sua primitiva bellezza: la costruzione materiale di un esperimento, delle difficoltà connesse e della possibilità di migliorare e perfezionare la prova di laboratorio;
- l'analfabetizzazione informatica. Sempre più persone sono, a dirla in modo ironico, capaci di "guidare un computer"². Costoro hanno imparato che «... il computer può essere usato in molti modi diversi: ad esempio come macchina da scrivere, per inviare messaggi, per le videoconferenze, per giocare a scacchi, per comporre musica...»

«L'uso peggiore (del PC) consiste nello scambiare il mezzo con il fine, lasciandosi ipnotizzare dalla possibilità di vagare senza meta tra le infinite possibilità...» (cfr. Russo L.).

- l'utilizzo di software per l'analisi dati che fanno capo a cartelli informatici. Insisto, convinto più che mai, sull'idea che qualsiasi software scientifico non può e non deve far capo a qualche azienda di mercato. Quello che spesso succede è che l'azienda propone il software ad un costo allettante, la comunità scientifica lo utilizza e lo adatta alle proprie esigenze, infine, quando tale software diviene quasi indispensabile, l'azienda ne modifica i costi, cambia le modalità di licenza, ne estende i campi di utilizzo non prestando più attenzione al campo specifico e alle esigenze dei specifici utenti.

La soluzione ottimale è un software "open" ovvero modificabile e adattabile alle particolari necessità della ricerca e non subordinato all'acquisto di costose licenze. La scienza deve usare strumenti universali e liberi. (cfr. Vitolo, Paparella)

Ho deciso quindi di dedicare l'attività di laboratorio (specie in un liceo dove attualmente la qualità precede la quantità ed il metodo la nozione), all'ideazione di esperienze che mirino alla formazione del metodo di lavoro scientifico, tutto ciò senza l'impiego di una strumentazione costosa, convinto del fatto che i discenti necessitino più di un metodo di studio che di un ampio numero di osservazioni. L'obbiettivo è di permettere, con una strumentazione minimale e con materiali di facile reperimento, di progettare, realizzare ed eseguire dei semplici esperimenti di fisica, analizzare i dati ottenuti, verificare la validità delle leggi fisiche. Ciò condurrà gli alunni

²È stato tradotto in modo ironico l'acronimo ECDL

a mettere a punto una strategia metodologica che è la stessa utilizzata dalla moderna ricerca scientifica.

Dal punto di vista didattico, riuscire ad utilizzare quanto offre il mercato e adattarlo alle proprie esigenze, costruire la strumentazione necessaria, preparare le proprie esperienze utilizzando la propria manualità e il proprio ingegno, rappresenta un importante traguardo.

Dal punto di vista scientifico, riuscire a sviluppare la padronanza della disciplina scientifica, comprendere bene i principi naturali e il metodo scientifico, sviluppare la capacità di superare le difficoltà sperimentali, utilizzare i materiali di cui dispongono ordinariamente come gli elementi da cui partire, è il motore della ricerca.

Il laboratorio di fisica costituisce un momento fondamentale nella formazione scientifica e successivo allo studio teorico. È naturale che uno studio proficuo dei fenomeni fisici richieda una fase preliminare di studio teorico, non solo sul fenomeno ma anche sul modo di ottenere le misure e la maniera di interpretarle. Non è pensabile affrontare un esperimento senza la dovuta preparazione teorica e senza porsi un obiettivo da raggiungere. Non è bene portare gli alunni in laboratorio senza la necessaria preparazione teorica e senza nessuna idea sul funzionamento della strumentazione.

Quindi molti campi della fisica verranno affrontati partendo con dei concetti chiave che pensiamo siano chiari. Utilizzeremo i termini velocità, accelerazione, forza, energia, potenziale, corrente come delle grandezze note. Una definizione sintetica di queste quantità è data nel primo capitolo di questo testo, ma comunque vanno commentate e discusse in classe.

Il piano di studio di laboratorio dovrà essere composto da una serie di lezioni di teoria, in modo da fornire gli strumenti necessari all'indagine scientifica.

L'approccio allo studio dei fenomeni deve essere fatto in modo scientifico e rigoroso sin dal principio, senza scorciatoie, cosicchè i ragazzi giungano all'università preparati e coscienti. L'acquisizione di una "metodologia della misura" è a fondamento di tutte le scienze sperimentali.

Spesso ho sentito commentare lo studio della fisica "l'ho studiata come la storia", ovvero come una serie di fatti da elencare e collegare, e molto più raramente qualche alunno mi risponde "l'ho studiata come la matematica", ovvero imparando metodi di calcolo, ragionamenti e la capacità di affrontare problemi e risolverli.

L'obiettivo primario di questo testo è di superare, nei limiti del possibile, queste problematiche.

Al fine di facilitare il compito del docente sono stati inseriti nella trattazione teorica una serie di esercizi svolti, e da svolgere, al fine di consolidare nella mente degli alunni quanto studiato.

In sintesi il piano di sviluppo di questo libro è il seguente:

- unità di misura, conversioni e definizioni delle grandezze fisiche;
- strumentazione, teoria degli errori: errori sperimentali e errori statistici, propagazione degli errori; best fit; valutazione attendibilità risultato sperimentale;
- strumenti informatici (Software per l'analisi dei dati);

- descrizione delle esperienze proposte, realizzazione delle stesse e metodologia per l'analisi dei dati e interpretazione dei risultati.

Il percorso formativo di questo testo prevede una parte introduttiva che attraverso una schematizzazione da manuale di fisica aiuti a comprendere le unità di misura e le relative conversioni, mentre la parte successiva analizza le misure e le metodologie necessarie per trarre da esse delle informazioni e il loro grado di attendibilità. Il capitolo successivo fornisce gli strumenti informatici utilizzati per l'analisi dati.

Degli esperimenti descritti è stata fornita una possibile modalità di preparazione, ma è ovvio che l'uso di una diversa strumentazione comporta delle interessanti varianti sul tema. Sarò grato ai colleghi e a tutti coloro che, avendo incontrato problemi o diversificato l'esperienza o ottenuto risultati diversi, abbiano cura di informarmi riportando una relazione dettagliata di quanto fatto e delle eventuali imprecisioni riscontrate riscontrati al seguente indirizzo email: antonino.dimatteo@gmail.com.

Palermo 15 Dicembre 2008

Vincenzo Di Matteo