

A02

59

Emilio Fiordilino
Aurelio Agliolo Gallitto

**IL LABORATORIO
DI FISICA
NEL PROGETTO
LAUREE SCIENTIFICHE**



Copyright © MMX
ARACNE editrice S.r.l.

www.aracneeditrice.it
info@aracneeditrice.it

via Raffaele Garofalo, 133/A-B
00173 Roma
(06) 93781065

ISBN 978-88-548-3528-3

*I diritti di traduzione, di memorizzazione elettronica,
di riproduzione e di adattamento anche parziale,
con qualsiasi mezzo, sono riservati per tutti i Paesi.*

*Non sono assolutamente consentite le fotocopie
senza il permesso scritto dell'Editore.*

I edizione: ottobre 2010

Indice

Prefazione	1
1 Introduzione all'attività di laboratorio	5
1.1 Obiettivi	6
1.2 Esperimenti illustrativi ed esperimenti operativi	6
1.3 Acquisizione e analisi dei dati sperimentali	7
1.4 Valutazione degli errori nelle misurazioni	8
1.5 Valore medio, errore statistico e strumentale	10
1.6 Rappresentazione grafica di una funzione	12
1.7 Rappresentazione grafica di dati sperimentali	14
1.8 Retta di massima e minima pendenza	16
2 Laboratorio di meccanica	19
2.1 Composizione e scomposizione di vettori	20
2.1.1 Vettore posizione e vettore spostamento	20
2.1.2 Vettori: un'altra rappresentazione	21
2.1.3 Equilibrio sul piano verticale	22
2.1.4 Equilibrio sul piano inclinato	23
2.2 Misura del coefficiente di attrito statico	24
2.2.1 Risultati dell'esperienza realizzata con insegnanti e studenti	26
2.3 Lavoro, energia cinetica ed energia potenziale	27
2.4 Misura del coefficiente di attrito dinamico	31
2.4.1 Esercitazioni preliminari: taratura di una molla elicoidale	33
2.5 Energia eolica	35
2.6 Esperienze con sensori <i>online</i>	39
2.6.1 Misura del coefficiente di attrito statico e dinamico	39
3 Laboratorio di termodinamica	43
3.1 Calore specifico	44
3.1.1 Aspetti preliminari: peso specifico e densità	44

3.1.2	Misurazione del calore specifico	45
3.2	Dilatazione termica dei solidi	48
3.2.1	Introduzione	48
3.2.2	Descrizione dell'esperienza per la misurazione del coefficiente di dilatazione termica lineare	50
3.3	Legge di stato dei gas perfetti	52
3.4	Misura del calore latente di fusione dell'indio	58
3.4.1	Calore specifico	59
3.4.2	Calore latente di fusione	59
A	Determinazione del valore di π	63
A.1	Cenni teorici	63
A.2	Attività, misure e calcoli	63
A.3	Analisi dei dati	64
B	Natura vettoriale delle forze	67
B.1	Cenni teorici	67
B.1.1	Equilibrio statico	68
B.2	Attività, misure e calcoli	68
B.3	Conclusioni	70
C	Equilibrio statico sul piano inclinato	71
C.1	Cenni teorici	71
C.2	Attività, misure e calcoli	73
C.3	Conclusioni	73
D	Misura del coefficiente di attrito statico	75
D.1	Cenni teorici	75
D.2	Attività, misure e calcoli	76
E	Legge di Boyle-Mariotte	79
E.1	Cenni teorici	79
E.2	Attività, misure e calcoli	80
F	Taratura di un termoscopio	83
F.1	Cenni teorici	83
F.2	Attività, misure e calcoli	84
F.3	Valutazione degli errori	85
G	Determinazione del calore specifico del piombo	87
G.1	Cenni teorici	87
G.2	Attività, misure e calcoli	88
G.3	Valutazione degli errori	89

H	Energia solare termica	91
H.1	Cenni teorici	91
H.2	Attività, misure e calcoli	92
H.3	Risultati e analisi dati	93
H.4	Conclusioni	94
I	Energia solare fotovoltaica	95
I.1	Cenni teorici	95
I.2	Attività, misure e calcoli	96
I.3	Risultati e analisi dati	97
I.4	Conclusioni	99
	Bibliografia	101
	Ringraziamenti	103
	Indice analitico	105

Prefazione

Questo libro è frutto di alcuni anni di lavoro degli autori nell'ambito del *Progetto Lauree Scientifiche* (PLS); il progetto, promosso dal Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca in collaborazione con la Conferenza Nazionale dei Presidi delle Facoltà di Scienze e Tecnologie e con Confindustria, esplicitamente finalizzato al potenziamento delle conoscenze delle discipline scientifiche, ha l'obiettivo di accostare gli studenti delle scuole secondarie al mondo della scienza e incentivare quindi le immatricolazioni nei corsi di laurea in fisica, chimica e matematica.

Nell'ambito del PLS, sono stati organizzati corsi di laboratorio di fisica per la formazione degli insegnanti in servizio nelle scuole superiori e per l'orientamento degli studenti [1] [2]. Inizialmente si è realizzata la formazione degli insegnanti, con lo scopo di definire percorsi didattici che rispondessero alle richieste della scuola e nello stesso tempo non si sovrapponevano ai programmi curricolari. Successivamente, è stata realizzata la formazione degli studenti basata principalmente sulle attività di laboratorio. Il libro raccoglie le esperienze didattiche condotte, nell'ambito del PLS, in stretto contatto con gli insegnanti di fisica della scuola secondaria.

Il libro è diviso in tre parti. Nella prima parte sono introdotti i concetti di base per una corretta impostazione metodologica nelle attività di laboratorio. Nella seconda parte sono trattati argomenti di meccanica e termodinamica volti allo studio dell'energia nelle sue forme: cinetica, potenziale, termica e quindi allo sfruttamento dell'energia eolica, per la meccanica, e allo sfruttamento dell'energia solare, per la termodinamica. Infine, nella terza parte sono descritte le esperienze di meccanica e di termodinamica che sono state realizzate durante le attività laboratoriali del PLS.

Il libro si rivolge, pertanto, agli studenti delle scuole secondarie e ai loro insegnanti ma non vuole essere un libro di testo che sostituisce quelli in uso, e non lo è; il suo fine è quello di presentare la fisica dal punto di vista del ricercatore che si pone una domanda, sia per curiosità sia per necessità, e a cui desidera o deve dare una risposta. Orbene, in generale per uno scienziato la cosa più difficile è formulare le domande nel modo corretto. Nella scienza, come in tutti gli altri campi, una domanda mal formulata difficilmente porta a una risposta valida. Forse non è fuor di luogo il seguente esempio tratto dal mondo della politica.

«Il nostro paese può permettersi di spendere tanti soldi nell'istruzione vista la crisi e il bisogno di risparmiare?» si chiese un giorno un ministro dell'economia.

«No!» fu la sua errata risposta, «sarebbero soldi sprecati.» E tagliò il finanziamento alle scuole, all'università e alla ricerca, credendo di risparmiare.

La domanda corretta era ed è¹:

«Possiamo permetterci di affrontare la crisi con gente mal preparata o ignorante? Possiamo evitare nuove crisi senza specialisti competenti? Vista la crisi, possiamo permetterci di abbandonare tanti giovani sprecandone il talento?»

«No!» è la corretta risposta e la giusta politica. I soldi investiti nell'istruzione vanno messi nella colonna delle entrate e non in quella delle uscite.

In generale, il ricercatore che si pone (anche bene) una domanda non ha dati per arrivare alla risposta. Anni fa, uno degli autori chiese alla giovane figlia di un collega, molto brava in matematica e scienze, come si misura l'altezza di una torre.

«Quali sono i dati del problema?» chiese la ragazza.

«Io che ne so? Io conosco il problema!» sta a noi capire quali sono i dati che servono per la soluzione e trovarli.

«Ma come si fa a risolvere un problema senza dati?» fu la risposta².

Ecco il dramma del ricercatore: ha una domanda originale e nuova che crede ben posta e che lo incuriosisce e non può cercare sui libri la risposta perché non la troverebbe e spesso si deve pure trovare i dati, i quali in genere sono frutto di misurazioni condotte dallo stesso ricercatore.

La fisica si occupa di studiare le relazioni fra concetti misurabili e quindi esprimibili con numeri. I *concetti* nella fisica vengono chiamati *grandezze*, per cui la prima frase di questo capoverso sarebbe meglio espressa così: la fisica si occupa di studiare relazioni fra grandezze misurabili. Probabilmente, è per questa sua specificità che la fisica viene definita la *scienza esatta per eccellenza*. Tuttavia, le misure della fisica sono tutt'altro che esatte; l'errore è intrinseco e inevitabile ma deve e può essere quantificato, cioè espresso in numeri e studiato secondo leggi matematiche ben precise; sicché la fisica non usurpa la definizione di scienza esatta, visto che studia in modo matematico anche i propri errori. Una parte di questo libro è dedicata all'indagine sulle cause di errore nelle misurazioni e alla stima dell'indeterminazione delle misure.

¹Anche se in realtà sembrano più domande.

²Con qualche piccolo aiutino, poi la ragazza trovò la risposta.

Risulta a questo punto interessante un confronto con la matematica con cui spesso la fisica viene associata e confusa. La matematica fornisce il linguaggio della fisica, ma la matematica non è più una scienza sperimentale (se lo è mai stata può essere questione di dibattito). La validità di una teoria matematica è da ricercare nella sua coerenza interna e non negli esperimenti; da questo punto di vista, la matematica non è esatta, è infallibile, disse Dante Alighieri (1265-1321): “La matematica è senza macula d’errore e certissima per sé”. In altro modo Galileo Galilei (1564-1642) disse³ che nella matematica la conoscenza dell’uomo uguaglia quella divina; le parole testuali, tratte da *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo tolemaico e copernicano*, sono: “L’intendere si può pigliare in due modi, cioè intensive, o vero extensive: e che extensive, cioè quanto alla moltitudine degli intelligibili, che sono infiniti, l’intender umano è come nullo, quando bene egli intendesse mille proposizioni, perché mille rispetto all’infinità è come un zero; ma pigliando l’intendere intensive, in quanto cotal termine importa intensivamente, cioè perfettamente, alcuna proposizione, dico che l’intelletto umano ne intende alcune così perfettamente, e ne ha così assoluta certezza, quanto se n’abbia l’istessa natura; e tali sono le scienze matematiche pure, cioè la geometria e l’aritmetica, delle quali l’intelletto divino ne sa bene infinite proposizioni di più, perché le sa tutte, ma di quelle poche intese dall’intelletto umano credo che la cognizione agguagli la divina nella certezza obiettiva, poiché arriva a comprenderne la necessità, sopra la quale non par che possa esser sicurezza maggiore”.

Due fondamentali requisiti, senza i quali è inutile continuare, si impongono alla nostra attenzione. Non si potrà mai sopravvalutare la necessità che il ricercatore sia in grado di stimare il valore della grandezza che si vuole misurare. Stimare vuol dire farsi un’idea di quanto possa essere il valore di una grandezza prima ancora di effettuare la misurazione. Il giovane interessato alla fisica dovrà esercitarsi in modo continuativo a tale pratica⁴; egli dovrà imparare a quantificare molte esperienze della propria vita quotidiana. A frasi qualitative del tipo: *il negozio è lontano*, dovrà imparare a sostituire frasi del tipo: *il negozio dista trecento metri circa*. Lo studente potrà esercitarsi cercando di stimare il volume della stanza dove studia, o del computer che sta usando o del proprio corpo o di un foglio di carta. Dovrà cercare di stimare il numero dei capelli che ha in testa e alla lunga anche il numero di molecole presenti in un bicchiere d’acqua. L’osservazione quantitativa potrà portare a sorprese! Lo studente dovrebbe cercare di rispondere alla seguente domanda: a che distanza occorre mettere un monetina da 10 centesimi perché abbia lo stesso diametro apparente della luna? E controllare poi sul campo la propria previsione. L’esercizio di stima dovrebbe essere quotidiano e divenire quindi abito mentale. Per far questo, egli dovrà imparare a confrontare grandezze note con la grandezza da stimare. Così, il volume di una bottiglia d’acqua minerale è di 2 litri; il volume della parte graduata di una siringa è di 5 cm³; il lato dei mattoni di una stanza è generalmente di 20 cm, così come la lunghezza della spanna di una mano

³Ma lui per poco non finiva male!

⁴Naturalmente, il consiglio è valido per tutti.

e così via. Dunque, lo studente dovrà sempre avere il controllo delle quantità con cui sta operando. Una logica estensione del consiglio appena dato sta nella cura al non fidarsi mai troppo del risultato delle operazioni eseguite con la calcolatrice!

L'abitudine a rendere quantitativa la propria esperienza quotidiana è altamente educativa. Una volta, la figlia di quattro anni di un professore di fisica disse al padre: «Uffa papà, ci sono quattro chili di confusione!» Naturalmente, il chilo non misura affatto la confusione⁵ ma la bimba aveva capito che le cose si indicano con precisione!

Occorre anche capire che la presenza degli errori nella misura rende ridicole certe presunte precisioni. Una vecchia barzelletta ci aiuterà a capire.

Scout: «Generale, diecimilaquattro indiani ci stanno piombando addosso!»

Custer: «E come hai fatto a contarli?»

Scout: «Prima ne ho visti quattro in fila, poi al di là del poggio dovevano essercene almeno altri diecimila.»

Sarebbe bastato urlare: «si salvi chi può!»

Esempi egregi di come si possa cadere nel ridicolo si trovano con estrema facilità nelle riunioni di condominio. Queste sono facilmente riconoscibili da tutte le altre riunioni: i suoi membri sono solo burberi e arcigni vecchietti, dato che i giovani non possono permettersi la proprietà di un appartamento. Le riunioni si svolgono immancabilmente così:

Amministratore (borbottando): « $\dots + 87 + 99 + 102 = 523$. Signori abbiamo raggiunto i millesimali per...»

Bissi (interrompendo subito): «Io vorrei spiegato perché nelle quote condominiali risulta che io debba pagare due euro e sette centesimi di manutenzione dell'ascensore se sto al pianterreno; che paghi chi sta all'ultimo piano...»

Favelli (interrompendo e agitando il bastone): «E io mi domando e chiedo: perché devo pagare tre euro e ventisette centesimi per la pulizia della scala, se sono zoppo e non scendo mai a piedi? Per me sulla scala ci possono pure fare i bisogni!»

...

Amministratore (dopo due ore): «Al primo punto dell'ordine del giorno c'è la tinteggiatura delle pareti esterne dello stabile. La ditta Cosenza ha presentato un preventivo di ventisette mila euro. Approviamo l'offerta?»

Gira gli occhi intorno. «Bene, approvato all'unanimità.»

Cosa c'è che non va nell'esempio appena citato? Che si dedicano ore agli spiccioli e secondi alle somme elevate. Ma si sa, per questioni di principio... Invece, la scienza è un'attività pratica. Considera non inutile ma sbagliato fornire precisioni numeriche che non possono essere ottenute dagli esperimenti.

A questo punto, è ovvio che gli studenti siano impazienti di iniziare questo nuovo percorso di vita e sono invitati dunque a girare pagina⁶.

⁵La confusione si potrebbe misurare in J/K!

⁶e non a chiudere il libro!