

## Qualche considerazione sulla teoria degli errori

Uno dei primi temi trattati nei corsi di fisica di scuola superiore riguarda la determinazione delle incertezze nelle operazioni di misura di una grandezza fisica. Il termine errore che comunemente si utilizza non deve trarre in inganno, non assume il significato di sbaglio, né intende indicare la negligenza dello sperimentatore.

La natura degli oggetti che ci circondano e la natura degli stessi strumenti di misura fanno sì che non si possa determinare con assoluta precisione il valore di una grandezza fisica. Per convincersi di questo basta far prendere la misura della lunghezza di un banco a diversi studenti con uno stesso strumento, ad esempio un righello, con l'accortezza che i ragazzi stessi non declamino il risultato della loro operazione, ma lo scrivano su un foglio non visibile agli altri.

Quando confronteranno i risultati ottenuti si accorgeranno della loro sensibile varietà. Nasce allora la domanda: quanto è lungo il banco? Da questo interrogativo, reale, può nascere un discorso interessante, che potrà essere più o meno approfondito a seconda della scuola in cui si opera e del grado di scolarizzazione degli studenti. La mia scelta è quella di non insistere, da subito, con un eccessivo formalismo, che se non risponde a problematiche che nascono “sul campo”, diventa astratto e spesso è causa di preconcetti nei confronti della disciplina.

Uno degli aspetti più traumatici che vedo negli studenti attorno a questi temi è mettere in discussione il concetto di “valore vero” della lunghezza del banco. Se una grandezza fisica è definita dalle operazioni sperimentali che si compiono per ottenere la misura, il fatto che sia impossibile eliminare le incertezze, e che ogni volta otteniamo risultati differenti, ci permette di dire che non esiste un “valore vero”. Quello che possiamo determinare è piuttosto un **intervallo di confidenza** che ci porti a stabilire che la misura della grandezza fisica in esame è sicuramente compresa in quell'intervallo. Un buon fisico non è quello che non fa “errori”, ma è colui che si rende conto della loro inevitabilità e che riesce a ridurli e “quantificarli”.

Solitamente, più che lo sviluppo di una teoria, ci si limita a suggerire delle linee guida utili alla determinazione delle incertezze e allo svolgimento delle operazioni sulle stesse. La proposta più diffusa tra i docenti è quella di indicare come misura dell'incertezza la semidispersione, anche se non mancano colleghi che utilizzano strumenti matematici più avanzati e sofisticati ( $\frac{\sigma}{\sqrt{n}}$ ). La semidispersione è uno strumento semplice, che consiglio di usare se però se ne esplicita il limite concettuale.

Io cerco uno strumento matematico che mi consenta di arrivare ad una maggior precisione all'aumentare delle operazioni di misura che compio. La semidispersione non garantisce questo; al contrario, più misure prendo e più cresce la probabilità che aumenti l'ampiezza dell'intervallo tra la misura massima e quella minima, il che contraddice lo scopo del mio operare.

Molto importante è l'esperienza in laboratorio. Gli studenti, chiamati, ad esempio, a determinare il valore dell'accelerazione di gravità attraverso misure di oscillazione di un pendolo semplice tendono a "far venire" il risultato atteso e riportato in letteratura.

Chiedere a loro di essere leali con l'esperienza diventa molto più produttivo dal punto di vista dell'economia della ragione. Nessuno ha mai costruito quel pendolo, con quel filo, di quella lunghezza, prendendo misure in quel modo. Il valore di  $g$ , in seguito all'elaborazione dei calcoli viene circa  $10,2 \text{ m/s}^2$ . Con che criterio stabilire se il risultato ottenuto è in accordo con quanto affermato dalla teoria?

In questo modo si aiutano gli studenti a capire quanto sia necessaria la determinazione dell'intervallo di affidabilità di una misura, stimola gli studenti ad un'indagine attenta e appassionata, evita l'addestramento con istruzioni per l'uso, aiuta a comprendere il ruolo della  $\sigma$ .

Gli studenti più attenti spesso fanno notare come negli esercizi che riportano i libri di testo non vengano prese in considerazione le incertezze.

"Una pallina di massa 12,2 g...". Questo può portare i ragazzi a confondersi, o a concludere che in fondo la "teoria degli errori" è una parte del programma che bisogna fare, un cappello iniziale della disciplina che poi si dimentica perché in fondo non serve.

Trovo utile, per finire, raccontare nelle mie classi il risultato dell'esperimento coi neutrini compiuto qualche anno fa e che vide protagonisti ricercatori italiani. Sembrava che dei neutrini, indirizzati dal Laboratorio del Monte Bianco verso quello del Gran Sasso, avessero superato di poco la velocità della luce. Se il risultato fosse stato confermato, si sarebbe dovuta rivedere la fisica di Einstein. L'attenzione verso questo esperimento da parte di tutta la comunità scientifica era ai massimi livelli. I ricercatori impiegarono mesi per rivedere i calcoli per la determinazione delle incertezze, e conclusero che il limite di  $c$  non era stato violato.