

Il Pendolo: uno strumento di indagine non convenzionale

Perché può interessare agli studenti? L'aspetto innovativo proposto in questo percorso di didattica di laboratorio è rappresentato dal diretto coinvolgimento degli allievi, ai quali viene posta, via via, una serie di domande-stimolo a cui essi sono chiamati a rispondere mediante indagini sperimentali, decise e attuate in piena autonomia, con la supervisione dei docenti. La possibilità, per gli studenti, di essere i protagonisti attivi delle scelte metodologiche di indagine, ha evidenziato un maggiore coinvolgimento degli stessi, un livello di apprendimento più alto (dato emerso in fase di verifica sommativa) e anche un incremento della motivazione dei docenti.

Quali sono le domande-stimolo per catturare l'interesse degli studenti? Si inizia con una discussione sulla necessità di definire una unità campione per la misura della grandezza fisica "intervallo di tempo".

DOMANDA STIMOLO: che cosa possiamo scegliere, convenientemente, come unità di misura della grandezza "intervallo di tempo" (Δt)?

Di solito gli allievi si orientano verso una gamma di fenomeni anche molto diversi tra loro. Dalle evoluzioni temporali legate al moto relativo del Sole e della Luna rispetto alla Terra, fino a fenomeni gestibili con maggiore praticità e immediatezza, che abbiano cioè durate tali da poter essere fruibili anche nell'arco di una normale lezione didattica di laboratorio: il conteggio ad alta voce – a ritmo il più possibile costante – il battito del proprio cuore, il gocciolamento attraverso un foro (clessidre), ecc.

Analizzati e discussi gli aspetti critici dell'una e dell'altra scelta (durata "comoda", riproducibilità, livello di invarianza del valore scelto, sua dipendenza da fattori esterni – ad esempio, il battito cardiaco di chi è emozionato, per l'essere il protagonista attivo dell'attività di ricerca, avrà probabilmente una durata minore del battito di chi assiste a una lezione di tipo trasmissivo -), si passa alla misura di alcuni intervalli di tempo.

DOMANDA STIMOLO: quanto vale l'intervallo di tempo che un pendolo impiega per compiere un'oscillazione completa?

(Nota: prima di procedere oltre, è opportuno discutere in maniera collegiale, con tutta la classe, in modo da individuare una definizione operativa condivisa, del termine "oscillazione completa").

Prima di procedere alle misure, conviene dare un nome, alla grandezza oggetto delle misure: si definisce in tal modo il "periodo di oscillazione di un pendolo". La misura del periodo di oscillazione del pendolo, fatta da tutti gli studenti (ciascuno utilizzando il proprio campione unitario di Δt), risulta essere, entro l'incertezza sperimentale, indipendente dall'ampiezza dell'oscillazione (l'eventuale dipendenza dalla massa dell'oggetto oscillante può essere oggetto di una indagine parallela, oppure preliminare, o anche successiva).

Possiamo allora affermare...?

DOMANDA STIMOLO: il periodo di oscillazione di un pendolo di lunghezza nota è indipendente dall'ampiezza dell'oscillazione (?) Dipende!

Si scopre che ciò è solo parzialmente vero. In particolare, l'affermazione è tanto più vera, quanto più le oscillazioni sono di piccola ampiezza, fino ad arrivare al caso limite in cui, oltre un certo valore di ampiezza, si ottengono valori di T non confrontabili nemmeno entro il margine di incertezza sperimentale (a questo punto del percorso, sono state già affinate le tecniche utili a minimizzare l'incertezza sperimentale di una misura). Chiarito questo, nasce l'esigenza di dare un nome a tale scoperta. Si definisce così (meglio se dopo aver verificato comportamenti analoghi con pendoli di lunghezza diversa) il concetto operativo della Isocronia delle Piccole Oscillazioni del Pendolo: IPOP – da non confondere con il genere musicale dell'hip hop □ –. Se il pendolo si è rivelato essere un apparato che gode di tale proprietà (IPOP), allora forse val la pena utilizzarlo per definire il campione unitario (unità di misura) dell'intervallo di tempo (facilmente riproducibile, affidabile, comodo). Al tempo stesso, inoltre, il pendolo rappresenterebbe anche un "contatore" di intervalli di tempo. Il pendolo come "intervallometro", strumento di misura (conteggio) degli intervalli di tempo. Ad esempio, si potrebbe ipotizzare di scegliere come intervallo di tempo unitario (a cui si potrebbe dare il nome onomatopeico di "TOC"), quello corrispondente al periodo di oscillazione di un pendolo di lunghezza unitaria (un metro). In tal modo, ancora una volta, è di immediata evidenza il significato fisico, l'importanza e l'utilità di dotarsi, "costruirsi", una definizione operativa. È allora possibile – ha senso – chiedersi...

DOMANDA STIMOLO: quanti TOC dura un periodo di oscillazione di un pendolo di lunghezza qualsiasi? Si effettuano quindi alcune misure dei periodi di oscillazione di pendoli aventi diversa lunghezza (possibilmente maggiore di due metri). L'esperienza mostra che all'aumentare della lunghezza dei pendoli, aumenta anche il loro periodo di oscillazione ("se aumenta l'una, aumenta l'altro").

DOMANDA STIMOLO: possiamo allora affermare che la lunghezza di un pendolo e il rispettivo periodo di oscillazione siano grandezze direttamente proporzionali? DOMANDA STIMOLO: dato un pendolo di lunghezza L_1 , con periodo di oscillazione T_1 , quanto dovrà essere lungo un secondo pendolo, L_2 , per avere un periodo di oscillazione T_2 che sia la metà di T_1 ? Appare sensato ipotizzare che la lunghezza L_2 debba essere minore di L_1 e che, in particolare, L_2 debba essere uguale alla metà di L_1 . Si costruiscono quindi due pendoli, uno con lunghezza doppia dell'altro, e si dispongono in modo che i loro piani di oscillazione risultino affiancati (paralleli). (Nota: d'ora in poi, lavorando con coppie di pendoli, con il pedice 1 si indicherà il pendolo di lunghezza maggiore e con il pedice 2 quello di lunghezza minore). È opportuno sottolineare che, a questo punto dell'indagine, non è tanto il valore assoluto dei diversi T a dover essere oggetto dell'interesse scientifico (ogni T , infatti, può essere facilmente misurato grazie all'intervallometro appena ideato), quanto piuttosto la relazione esistente tra di essi. Si tratta in sostanza di un'attività volta alla verifica sperimentale della bontà dell'ipotesi scientifica proposta, ossia...

DOMANDA STIMOLO: pendoli di lunghezza doppia hanno anche periodi di oscillazione doppi?

Aver disposto i pendoli con i loro piani di oscillazione affiancati permette, visivamente (guardando), ma in maniera molto accurata, di verificare immediatamente se i periodi di oscillazione sono in rapporto di uno a due, come le rispettive lunghezze, ossia se vale la seguente proposizione logica: $L_1 = 2L_2$ implica(?) $t_1 = 2t_2$. Per scoprirlo, basta far in modo che i due pendoli inizino a oscillare in maniera sincrona (condizione realizzabile lasciandoli partire simultaneamente, oppure, nel caso non fosse possibile, lasciando partire prima solo quello lungo e, successivamente, lasciando partire il secondo in uno qualsiasi degli istanti in cui il primo ha completato un numero intero di oscillazioni).

PREVISIONE: “se” l’ipotesi venisse confermata, “allora” i pendoli dovrebbero ritornare in fase, rintoccare simultaneamente (riprodurre, in altre parole, le stesse condizioni dell’atto di moto iniziale), ogni volta che il più lungo compie un’oscillazione completa (intervallo di tempo a cui dovrebbe corrispondere un numero doppio di oscillazioni del più corto).

PER APPROFONDIRE:

[Il Pendolo. Una proposta di indagine non convenzionale... ascoltando e guardando](#), di Gaetano Passarelli

RINGRAZIAMENTI:

L’autore desidera ringraziare l’amico e collega Alberto Martini, ideatore e realizzatore delle “macchine galileiane” (www.galileiana.it), convinto sostenitore dell’apprendimento della fisica “guardando e ascoltando”. In particolare, l’idea di questo lavoro nasce, e si sviluppa negli anni, dopo aver visto una delle macchine galileiane dedicate alle proprietà del pendolo semplice.

Gaetano Passarelli