

Un pendolo... "semplice"?

di Marcello Sala e Marco Testa

Anche un super-classico come il pendolo può essere un'ottima "macchina per pensare" se l'esperienza è proposta attraverso *domande*, cioè dando spiegazioni solo dopo aver ascoltato le risposte e le discussioni degli studenti.

Materiali

- Due contenitori uguali, forati per far passare un filo
- Materiali di diverso peso specifico con cui riempire i contenitori (es. sabbia, farina, riso)
- Bilancia
- Due fili di materiale poco estensibile (es. nylon). Il filo passa attraverso i fori del contenitore e viene annodato. Perché il dispositivo si comporti come "pendolo semplice", occorre che il filo sia almeno 10 volte più lungo del contenitore
- Un'asta rigida, da bloccare in posizione orizzontale, cui fissare i fili
- Cronometro

Cosa vi aspettate che succeda?

Fissiamo all'asta il filo di un contenitore pieno.

Che cosa succede se allontaniamo il pendolo dalla posizione di riposo, in un piano perpendicolare all'asta, e poi lo rilasciamo?

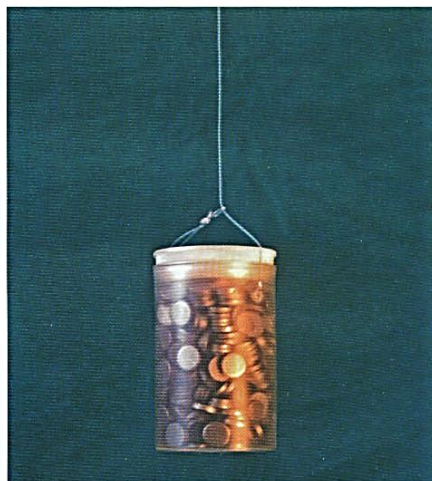
Ascoltiamo le previsioni.

Spostiamo il pendolo di un angolo di non più di 20 gradi dalla verticale (così da essere nella situazione fisica detta di "piccole oscillazioni") e rilasciamolo.

Raccogliamo osservazioni e descrizioni senza commentare.

Che cosa succede se variamo la lunghezza del filo, la massa dell'oggetto, l'angolo di rilascio (quello compreso tra le posizioni di riposo e di rilascio)?

Di ognuna di queste variabili – una alla volta – possiamo modificare il valore su un secondo pendolo, così da valutare l'effetto della variazione attraverso un confronto con il primo. Per variare il peso possiamo riempire contenitori uguali con materiali diversi.



Prima di far partire le oscillazioni dei due pendoli, chiediamo agli studenti di prevedere in che cosa eventualmente le oscillazioni saranno diverse. È importante che prendiamo nota di come vengono identificate le variabili (velocità, ampiezza, tempo, frequenza...) e che ci accertiamo del significato che viene dato al termine usato. È possibile che alla stessa variabile siano attribuiti effetti opposti: possiamo allora dare il via a una "disputa" in cui le opposte interpretazioni siano argomentate. In queste dispute l'insegnante non prende posizione, ma aiuta gli studenti a chiarire i loro punti di vista ed eventualmente rilancia domande.

In conclusione chiediamo di formulare una spiegazione complessiva che renda ragione di tutte le diverse situazioni osservate.

Come vi spiegate quello che è successo?

Oscillazione

Qual è la causa del movimento del pendolo? La domanda può sembrare banale, ma poiché il movimento avviene lungo un arco di circonferenza e non nella direzione verticale, non è detto che

le previsioni e le descrizioni degli studenti facciano riferimento alla gravità; perciò, per metterlo in relazione con la gravità, è necessario astrarre dal movimento osservato la componente verticale identificando nel filo il vincolo che modifica la traiettoria della caduta e causa la risalita.

È possibile che non venga esplicitato nelle previsioni che *l'oscillazione si riduce progressivamente*. È fondamentale porre attenzione sui termini usati: prima che il pendolo si fermi, quale variabile sta diminuendo? L'ampiezza dell'angolo, la frequenza? Nel caso si affermi che a diminuire è la velocità, chiediamo se essa rimane costante lungo un'oscillazione. A risposta negativa, domandiamo agli studenti di chiarire a quale velocità si riferisca allora l'affermazione precedente. Chiediamo di identificare la causa della riduzione dell'oscillazione e, qualora venga citato l'attrito, domandiamo quali siano le variabili che influiscono.

Variazione di lunghezza del filo (raggio di oscillazione)

È probabile che gli studenti abbiano previsto una qualche variazione, ma non del periodo/frequenza. Può essere utile ripetere l'esperimento misurando il periodo, per porre l'attenzione su questa grandezza. Ciò dà l'occasione di discutere con gli studenti della difficoltà di effettuare una misurazione precisa: loro stessi saranno invitati a risolvere questo problema, e guidati verso la soluzione (misurare il periodo su 10 oscillazioni andate e ritorno e fare la media).

La lunghezza del filo è una delle due variabili (per "piccole oscillazioni") che influiscono sulla durata dell'oscillazione: dato un pendolo con una certa lunghezza, questo ha un suo ritmo proprio (*isocronia*). L'altra variabile è l'accelerazione di

gravità, che però è costante nel contesto dell'esperienza (ma possiamo domandare: *cosa succederebbe sulla Luna?*).

Variazione di peso

La forza di gravità è la causa delle oscillazioni del pendolo, eppure la variazione di peso non produce effetto sull'oscillazione: è un apparente paradosso. Possiamo riflettere sul fatto che la forza

di gravità che agisce sul corpo aumenta con la massa del corpo, ma con essa aumenta allo stesso modo anche l'inerzia, ovvero la *resistenza all'accelerazione*.

Variazione di ampiezza dell'angolo

Una diversa ampiezza dell'angolo implica una diversa altezza da cui parte la discesa.

La previsione più frequente è che il pendolo rilasciato più in alto "andrà più veloce": possiamo chiedere allora se i due pendoli raggiungeranno la posizione di riposo nello stesso tempo. In genere la risposta è che il pendolo più vicino alla posizione di equilibrio la raggiungerà prima. Gli studenti restano sorpresi nel constatare attraverso l'esperimento che in realtà impiegano lo stesso tempo. La spiegazione qualitativa è che il pendolo più vicino fa meno strada ma "meno velocemente" mentre quello più lontano fa più strada ma "più velocemente".

L'ampiezza dell'angolo di rilascio (per "piccole oscillazioni") non altera dunque la durata di ogni singola oscillazione, cioè il periodo: è questa l'isocronia del pendolo.

Marcello, biologo, ex insegnante, e Marco, fisico, sono ideatori e tutor di progetti di formazione in ambito scientifico.