

Verifica sperimentale della conservazione dell'energia meccanica totale

Scopo

Lo scopo di questa esperienza di laboratorio è stato verificare sperimentalmente la conservazione di energia.

Materiale utilizzato

- Due treppiedi con una morsa ciascuno
- Una guida di acciaio
- Una pallina di acciaio
- Un massa da 5kg
- Un'asta millimetrata (sensibilità 1 mm) con supporto
- Un flessometro
- Un foglio di carta A4
- Un foglio di carta carbone (circa A4)
- Un po' di scotch
- Una livella / uno smartphone con l'applicazione della livella





Premesse teoriche sull'energia

L'energia è la grandezza fisica che misura la capacità di un corpo o di un sistema fisico di compiere lavoro, a prescindere dal fatto che tale lavoro sia o possa essere effettivamente attuato.

Il termine energia deriva dal tardo latino *energīa*, a sua volta tratto dal greco antico *ἐνέργεια* *énérghēia*, parola già usata da filosofo greco Aristotele, che deriva da *ἐνεργής* *energhès* (o l'equivalente *ἐνεργός* *energós*), 'che ha forza di fare', 'che opera', 'attivo'; questi termini derivano dalla composizione della particella *ἐν* *en* (dentro) con il termine *ἔργον* *érgon*, 'vigore fisico', 'opera', 'lavoro'. Aristotele introdusse però il termine in ambito filosofico per distinguere la *δύναμις* *dýnamis*, la possibilità, la "potenza" propria della materia informe, dalla reale capacità (*ἐνέργεια*) di far assumere in atto realtà formale alle cose.

Il concetto di energia può emergere intuitivamente dall'osservazione sperimentale che la capacità di un sistema fisico di compiere lavoro diminuisce a mano a mano che questo viene prodotto. In questo senso l'energia può essere definita come una proprietà posseduta dal sistema che può essere scambiata fra i corpi attraverso il lavoro.

L'energia cinetica è l'energia che un corpo possiede a causa del proprio moto. Per il teorema dell'energia cinetica, l'energia cinetica di un corpo equivale al lavoro necessario ad accelerare il corpo da una velocità nulla alla sua velocità ed è pari al lavoro necessario a rallentare il corpo dalla stessa velocità ad una velocità nulla. L'unità di misura dell'energia cinetica nel sistema internazionale è il joule. In questo esperimento ci interessano due tipi di energia cinetica, quella traslazionale e quella rotazionale, che sommati danno l'energia cinetica totale del sistema:

$$E_c = E_{c_{tr}} + E_{c_{rot}} = 0,5 \cdot m \cdot v^2 + 0,5 \cdot I \cdot \omega^2$$

L'energia potenziale di un oggetto è l'energia che esso possiede a causa della sua posizione o del suo orientamento rispetto ad un campo di forze. Nel caso si tratti di un

sistema, l'energia potenziale può dipendere dalla disposizione degli elementi che lo compongono. Si può vedere l'energia potenziale anche come la capacità di un oggetto (o sistema) di trasformare la propria energia in un'altra forma di energia, come ad esempio l'energia cinetica. Il termine "energia potenziale" fu coniato da Rankine nel 1853. Nel sistema internazionale anch'essa è misurata in joule e si calcola:

$$E_p = m \cdot g \cdot h$$

L'energia di un sistema si conserva se e solo se l'energia cinetica iniziale sommata all'energia potenziale iniziale è uguale all'energia cinetica finale sommata all'energia potenziale finale:

$$E_{c_i} + E_{p_i} = E_{c_f} + E_{p_f}$$

Nella nostra esperienza l' E_{c_i} sarà uguale a zero, in quanto la pallina parte da ferma:

$$mgh_1 = 0,5 \cdot m \cdot v_f^2 + 0,5 (0,4 \cdot I \cdot \omega_f^2) + mgh_0$$

L'inerzia è uguale alla massa per il raggio al quadrato e la velocità angolare è uguale alla velocità diviso il raggio:

$$mgh_1 = 0,5 \cdot m \cdot v_f^2 + 0,5 (0,4 \cdot m \cdot r^2 \cdot v_f^2 / r^2) + mgh_0$$

Tutte le masse si semplificano assieme ai raggi al quadrato e raccogliendo come fattore comune g a sinistra si ottiene:

$$g (h_A - h_B) = 0,7 \cdot v_f^2$$

Premesse teoriche sul moto parabolico

A queste conoscenze vanno, tuttavia, integrate altre nozioni, questa volta di balistica, una scienza che studia il moto dei proiettili. Con proiettile si intende qualsiasi oggetto lanciato ad una determinata forza.

Il moto che caratterizza la balistica è quello parabolico. Questo può essere ad alzo zero, se il proiettile è sparato perpendicolarmente alla forza di gravità, o ad alzo β : in questo caso la velocità iniziale del proiettile ha però componenti anche in y , oltre che in x come. Questo complica i calcoli, ed è proprio per questo motivo che nel nostro esperimento abbiamo cercato di ottenere un moto parabolico ad alzo zero sfruttando la livella.

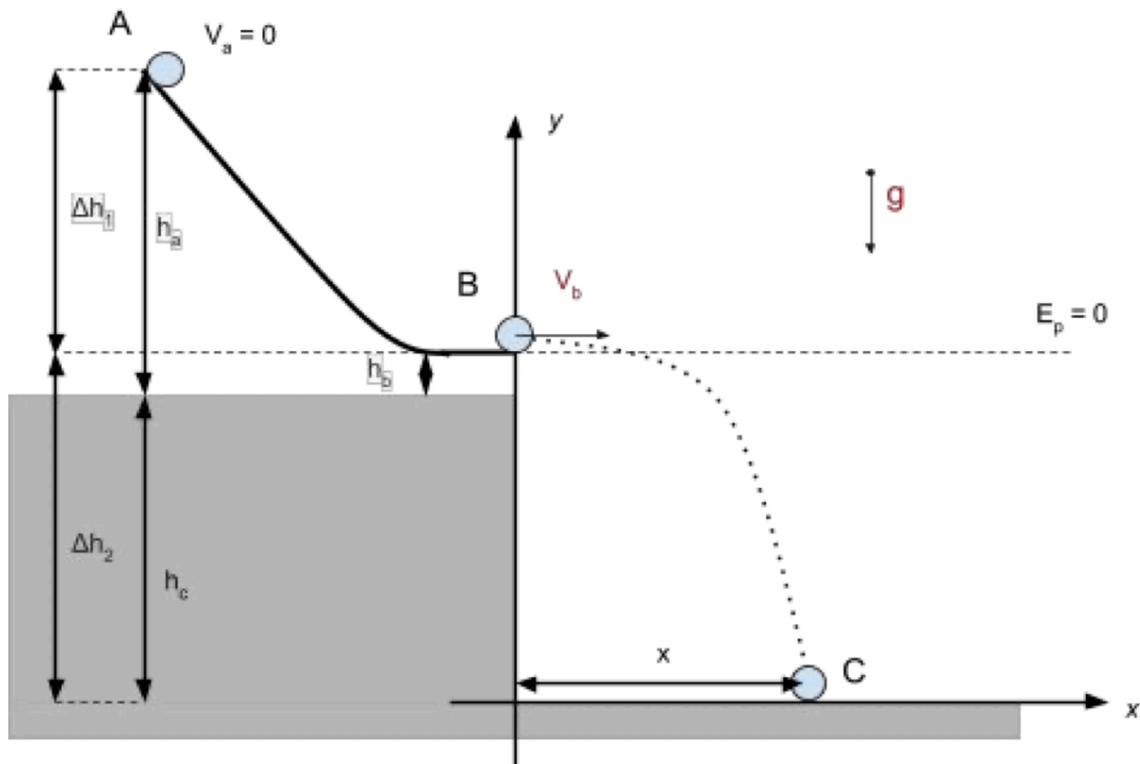
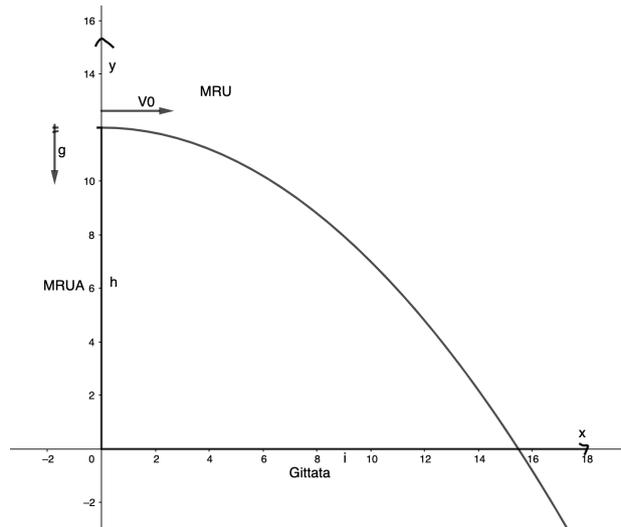
Il moto parabolico si può considerare come la combinazione di due moti: moto rettilineo uniforme (MRU) sulla componente delle x ed moto rettilineo uniformemente accelerato (MRUA) su quella delle y . La velocità in x rimane infatti costante: quello che cambia è la componente sulle y .

$$\begin{cases} x = x_0 + v_f \cdot t \\ y = H + v_0 \cdot t - 0,5 \cdot g \cdot t^2 \end{cases}$$

$$\begin{cases} y = H - 0,5 \cdot g \cdot x^2 / v_f^2 \\ y = 0 \end{cases}$$

$$H - 0,5 \cdot g \cdot x^2 / v_f^2 = 0$$

$$v_f = \sqrt{g \cdot x^2 / 2H}$$



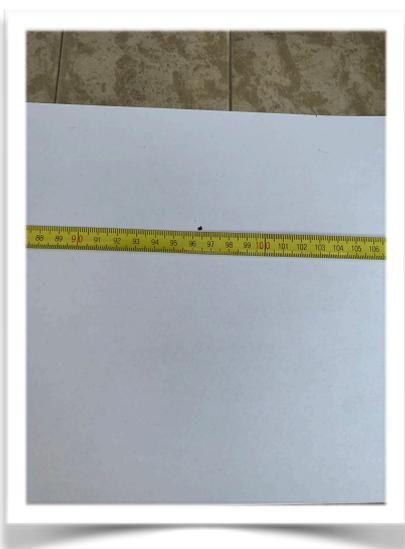
Procedimento

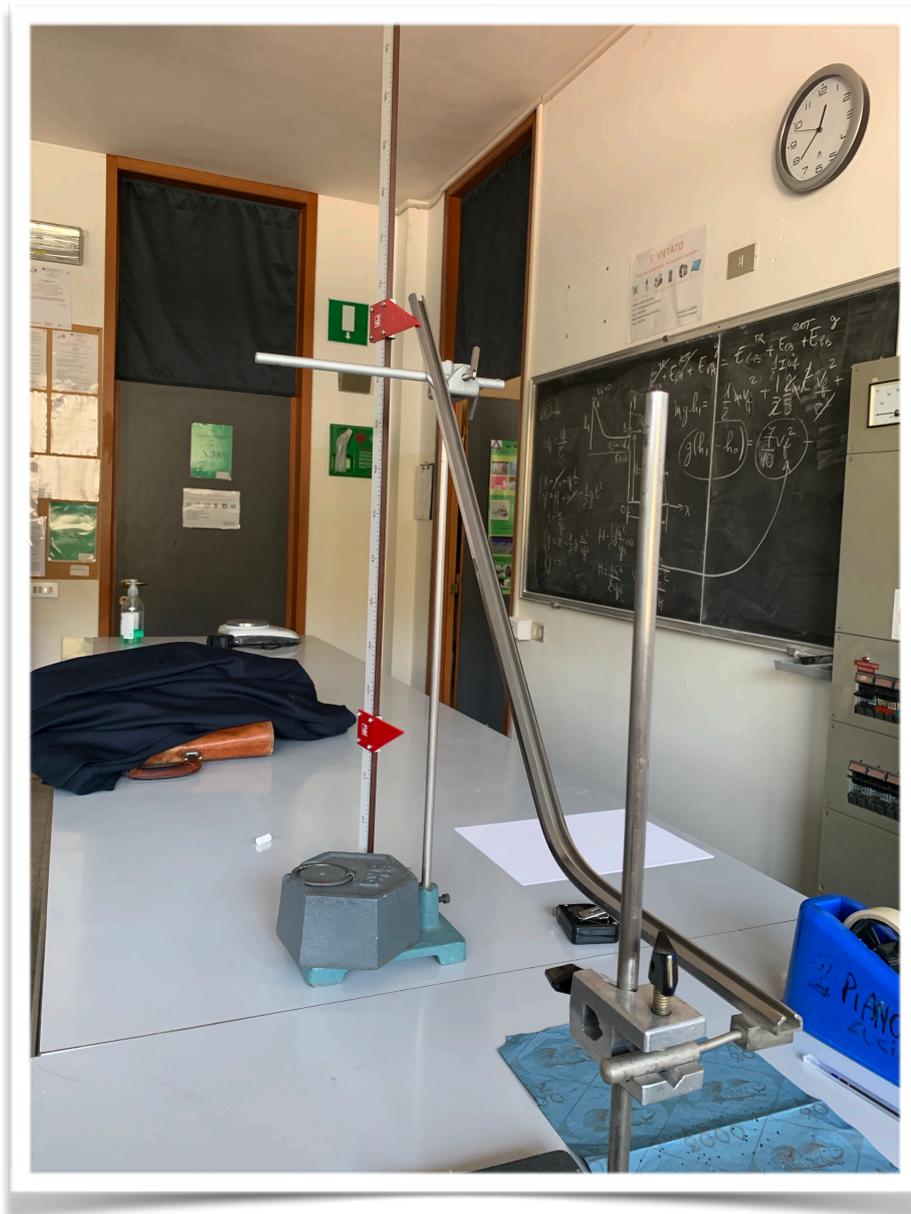
Giunti in laboratorio la struttura era già montata poiché il Professor Boschetto aveva appena svolto l'esperienza con un'altra sua classe terza. In ogni caso, la guida di acciaio era sostenuta dai due treppiedi e bloccata per mezzo di una morsa. La massa da 5kg è stata necessaria per mantenere in equilibrio il treppiede più alto.

Con l'asta millimetrata abbiamo misurato l'altezza, rispetto al piano della cattedra, delle due estremità della guida. In primis abbiamo poggato sulla guida la pallina di acciaio, l'abbiamo lasciata correre sulla guida e in seguito intraprendere il volo, in modo tale da vedere, più o meno, dove sarebbe rimbalzata per terra. Abbiamo quindi misurato con il flessometro l'altezza della cattedra. In seguito abbiamo fissato a terra con lo scotch un

foglio di carta bianca, circa dove era atterrata la pallina, e sopra di esso abbiamo posto il foglio di carta carbone.

A questo punto termina la parte di esperienza qualitativa e inizia quella quantitativa. Abbiamo lasciato correre la pallina sulla guida, finito il suo percorso su di essa ha iniziato il suo moto parabolico con alzo zero, è quindi atterrata sul foglio di carta carbone che, per le sue caratteristiche, dopo questo urto ha marcato il foglio di carta bianca con un puntino. Abbiamo perciò misurato con il flessometro la gittata della pallina, dalla cattedra al puntino. Abbiamo svolto l'esperienza per altre due volte con le stesse altezze, quindi abbiamo ottenuto tre misurazioni. Altri tre gruppi di lavoro hanno svolto l'esperienza con altezze differenti, condividendo i loro dati con gli altri membri della classe.





Dati raccolti

Dati in comune

$h_B = 18,3 \text{ cm}$

$h_C = 117,5 \text{ cm}$

Primo gruppo (gruppo di appartenenza del sottoscritto)

$h_A = 64 \text{ cm}$

$G_1 = 96,4 \text{ cm}$

$G_2 = 95,0 \text{ cm}$

$G_3 = 98,0 \text{ cm}$

$G_{Med} = 96,5 \text{ cm}$

$$g(h_A - h_B) = 0,7 \cdot g \cdot G_{Med}^2 / 2H$$

$$9,8 \cdot 0,457 = 0,7 \cdot 9,8 \cdot 0,922 / 2,716$$

$$4,48 = 2,33$$

$$\text{Scarto percentuale} = (\text{Max} - \text{min}) \cdot 100 / \text{Max} = 48,0 \%$$

Secondo gruppo

$$hA = 61 \text{ cm}$$

$$G1 = 93,7 \text{ cm}$$

$$G2 = 93,2 \text{ cm}$$

$$G3 = 92,6 \text{ cm}$$

$$G_{\text{Med}} = 93,2 \text{ cm}$$

$$9,8 \cdot 0,427 = 0,7 \cdot 9,8 \cdot 0,869 / 2,716$$

$$4,18 = 2,19$$

$$\text{Scarto percentuale} = 47,6 \%$$

Terzo gruppo

$$hA = 58,5 \text{ cm}$$

$$G1 = 89,1 \text{ cm}$$

$$G2 = 93,2 \text{ cm}$$

$$G3 = 89,8 \text{ cm}$$

$$G_{\text{Med}} = 90,7 \text{ cm}$$

$$9,8 \cdot 0,402 = 0,7 \cdot 9,8 \cdot 0,823 / 2,716$$

$$3,94 = 2,08$$

$$\text{Scarto percentuale} = 47,2 \%$$

Quarto gruppo

$$hA = 55,0 \text{ cm}$$

$$G1 = 85,0 \text{ cm}$$

$$G2 = 85,0 \text{ cm}$$

$$G3 = 87,0 \text{ cm}$$

$$G_{\text{Med}} = 85,7 \text{ cm}$$

$$9,8 \cdot 0,367 = 0,7 \cdot 9,8 \cdot 0,734 / 2,716$$

$$3,60 = 1,85$$

$$\text{Scarto percentuale} = 48,6 \%$$



Conclusione

Vista l'elaborazione dei dati dei quattro gruppi e i loro risultati si può decretare l'esperienza di laboratorio fallita; lo scarto percentuale è più o meno lo stesso in tutte e quattro le misurazioni ed è prossimo al 50%. I motivi di ciò sono sicuramente l'attrito, sia quello volvente tra la pallina e la guida sia quello viscoso dell'aria nel moto parabolico. Hanno contribuito al fallimento anche errori casuali come quelli di posizionamento, probabilmente l'estremità della guida non era perfettamente allineata a quella del bancone ed il moto parabolico non era precisamente ad alzo zero.

Si ringraziano il Professor Boschetto e tutti i compagni che hanno partecipato e contribuito all'esperienza.

Pace e lunga vita 🙌