



holbox/Shutterstock

1. IL LAVORO

Il joule come unità di misura derivata

Abbiamo visto che la definizione di joule è:

$$1 \text{ J} = (1 \text{ N}) \times (1 \text{ m});$$

inoltre, la formula (5) del capitolo «I principi della dinamica» dice che il newton dipende dalle unità di misura fondamentali del sistema SI attraverso la relazione

$$1 \text{ N} = 1 \text{ kg} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}^2}.$$

Unendo queste due informazioni possiamo ottenere l'espressione del joule come unità di misura derivata, trovando la relazione

$$1 \text{ J} = (1 \text{ N}) \times (1 \text{ m}) = 1 \text{ N} \cdot \text{m} = 1 \left(\text{kg} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right) \cdot \text{m} = 1 \text{ kg} \cdot \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2} = 1 \text{ kg} \cdot \left(\frac{\text{m}}{\text{s}} \right)^2. \quad (5)$$

Quindi:

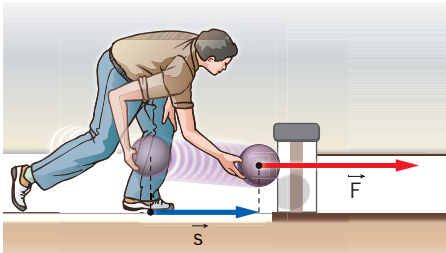
l'unità di misura «joule» corrisponde a quella del prodotto di una massa per il quadrato di una velocità.

5. L'ENERGIA CINETICA

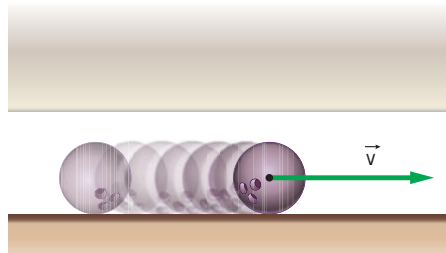
Il lavoro per portare un corpo fermo a velocità v

Consideriamo una palla di massa m ferma e immaginiamo di accelerarla con una forza di intensità F .

A La forza continua ad agire mentre la palla si sposta di moto rettilineo uniformemente accelerato per un tratto s .



B Dopo che la forza ha smesso di agire, la palla si muove di moto rettilineo uniforme con una velocità v .



Calcoliamo il lavoro $W = Fs$.

Per il secondo principio della dinamica, la forza imprime sul corpo un'accelerazione di intensità

$$a = \frac{F}{m}. \quad (11)$$

Nel moto uniformemente accelerato la velocità del corpo è $v = at$. Quindi il corpo raggiunge la velocità v all'istante

$$t = \frac{v}{a}.$$

Sostituendo in questa espressione la formula (11) otteniamo

$$t = \frac{v}{a} = v \frac{1}{a} = v \frac{m}{F} = \frac{mv}{F}.$$

La distanza percorsa dal corpo fino all'istante t è quindi data dalla formula

$$s = \frac{1}{2} at^2 = \frac{1}{2} \frac{F}{m} \left(\frac{mv}{F} \right)^2 = \frac{1}{2} \frac{F}{m} \frac{m^2 v^2}{F^2} = \frac{1}{2} \frac{mv^2}{F}.$$

Il lavoro fatto dalla forza è quindi:

$$W = Fs = F \frac{1}{2} \frac{mv^2}{F} = \frac{1}{2} mv^2,$$

che è proprio la formula dell'energia cinetica K .

Vedendo sulla strada una *city car* (850 kg) e un grande SUV (con una massa pari circa al triplo) che viaggiano alla stessa velocità, ciascuna con il solo autista a bordo, sappiamo che l'energia cinetica del secondo è circa il triplo di quella della *city car* e, di conseguenza, l'energia fornita dal carburante per accelerare il SUV fino a quella velocità è circa il triplo di quella richiesta dall'auto più piccola.

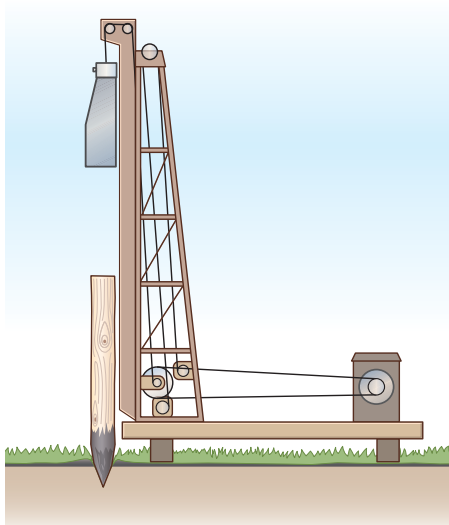


Energia per accelerare l'auto

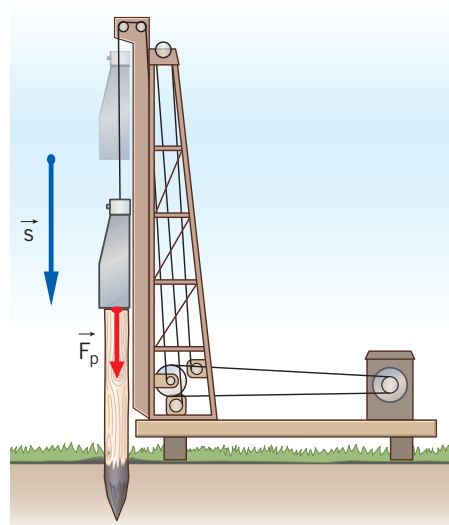
6. ENERGIA POTENZIALE GRAVITAZIONALE

Il lavoro della forza-peso

A Nei battipali un grande maglio è sollevato fino a una certa altezza e poi lasciato andare.



B Tornando a terra, il maglio è in grado di compiere un lavoro, cioè conficcare un palo nel terreno.



- L'energia cinetica che il maglio ha acquistato nella caduta si trasforma in lavoro utile per conficcare il palo.
- A sua volta questa energia cinetica è uguale al lavoro che la forza-peso compie sul maglio durante la caduta.

Calcoliamo il lavoro della forza-peso e quindi il lavoro di conficcamento del palo.

Notiamo che la forza-peso \vec{F}_p del maglio e il suo spostamento \vec{s} sono paralleli, per cui il lavoro della forza-peso è

$$W = F_p s.$$

Se la massa del maglio è m (per cui si ha $F_p = mg$) e la caduta è lunga h (in modo che si ha $s = h$), il lavoro è

$$W = mgh.$$

Il lavoro che il maglio compie per conficcare il palo è direttamente proporzionale alla sua massa e all'altezza da cui è partito.

Possiamo allora dire che, quando il maglio era fermo all'altezza h , aveva una capacità di compiere lavoro uguale a mgh .

8. LA CONSERVAZIONE DELL'ENERGIA MECCANICA

Dimostrazione della conservazione dell'energia meccanica

Consideriamo un sasso fermo a una quota h . La sua energia potenziale iniziale è

$$U_i = mgh,$$

mentre la sua energia cinetica iniziale è zero.

Ora lasciamolo cadere. Nell'istante prima di toccare il terreno, la sua energia potenziale finale è zero (visto che si trova nella condizione di riferimento) mentre la sua energia cinetica finale ha valore K_f .

Per il teorema dell'energia cinetica, K_f è uguale al lavoro $W = mgh$ compiuto dalla forza-peso durante la caduta del sasso:

$$K_f = W = mgh.$$

Ma allora U_i e K_f sono uguali tra loro, essendo entrambi uguali a mgh . Possiamo quindi scrivere la legge di conservazione dell'energia meccanica totale nella forma

$$U_i = K_f.$$

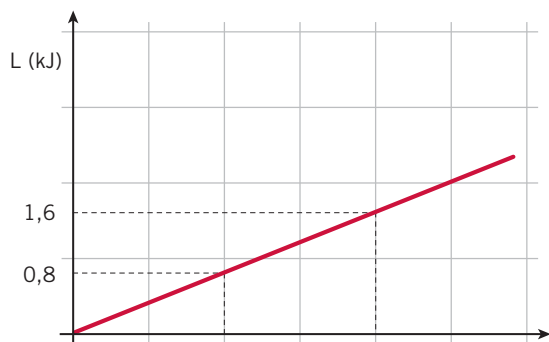
Questo è un caso particolare (valido quando un corpo parte da fermo) dell'espressione più generale (15).

ESERCIZI

3. LA POTENZA

ESERCIZI NUMERICI

- 19** ★★★ Nella figura è rappresentato il grafico del lavoro compiuto da un motore al passare del tempo.



- Calcola la potenza sviluppata dal motore.

[$4,0 \times 10^2$ W]

- 20** Un motore sviluppa una potenza di 2,4 kW.

- ★★★ ► Usa un foglio elettronico per calcolare il lavoro che compie in 1 s, 2 s, 5 s, 8 s, 10 s, 15 s, 20 s e 30 s e rappresenta i dati in un grafico lavoro-tempo.
- Un secondo motore ha una potenza superiore del 25%. Ripeti la stessa operazione fatta per il primo motore.

4. L'ENERGIA

DOMANDE SUI CONCETTI

- 24** Per iniziare una partita a flipper, comprimiamo una molla che poi lancia una pallina.

- Per ognuna delle fasi seguenti, scrivi quali trasformazioni di energia sono presenti.

COMPRES- SIONE DEL- LA MOLLA	L'energia chimica del nostro organismo	si trasforma in	energia potenziale della molla
RILASCIO DELLA MOLLA		si trasforma in	
PALLINA CHE SALE E RALLENTA		si trasforma in	
PALLI- NA CHE SCENDE E ACCELERA		si trasforma in	

- 25** Per estrarre l'acqua da un pozzo, una mucca fa girare la noria per un'ora.

- Alla fine del lavoro, in quale forma di energia si è trasformata l'energia chimica che si era accumulata nel suo organismo?



steve estvank / Shutterstock

5. ENERGIA CINETICA

DOMANDE SUI CONCETTI

- 26** L'energia cinetica di un oggetto può essere nulla? In quale situazione? Può essere negativa?
- 27** Che tipo di lavoro bisogna compiere per ottenere un aumento di energia cinetica? E per una diminuzione?

ESERCIZI NUMERICI

- 34** ★★★ Un'auto di massa 1000 kg accelera passando da una velocità di 72 km/h a una velocità di 144 km/h.

- Calcola l'energia cinetica finale dell'auto.
- Qual è il lavoro necessario per accelerare l'auto?

[$8,0 \times 10^5$ J; $6,0 \times 10^5$ J]

- 35** ★★★ Andrea gioca sul pavimento con la sua automobilina di massa 500 g, spingendola per 40 cm con una forza di 1,2 N. Trascura l'attrito con il pavimento.

- Calcola la velocità finale dell'automobilina.

[1,4 m/s]

6. L'ENERGIA POTENZIALE GRAVITAZIONALE

DOMANDE SUI CONCETTI

- 37** Scegliamo come livello di riferimento per l'energia potenziale gravitazionale il secondo piano di un edificio.

- Com'è l'energia potenziale di due vasi di fiori identici, uno su un balcone al primo piano, l'altro su un balcone del terzo piano?

- 38** Un oggetto vicino alla superficie lunare possiede energia potenziale gravitazionale?

Alla stessa distanza dal suolo, l'oggetto ha la stessa energia potenziale sulla Terra e sulla Luna?

ESERCIZI NUMERICI

43 ★★★ Un'aquila di 5,4 kg si trova su un ramo a 12 m di altezza da terra e ha un'energia potenziale gravitazionale pari 460 J, rispetto al ramo più basso scelto come livello di riferimento.

- Calcola la distanza da terra del ramo più basso.

[3,3 m]

44 ★★★ Una cassa di 12 kg viene sollevata; la sua posizione verticale è descritta dalla legge $h = 2t + 3$, dove t indica il tempo.

- Usa un foglio di calcolo per calcolare l'energia potenziale gravitazionale in almeno 6 istanti di tempo diversi e disegnare un grafico riportando in ascissa il tempo e in ordinata l'energia potenziale gravitazionale.

7. L'ENERGIA POTENZIALE ELASTICA

DOMANDE SUI CONCETTI

49 L'energia potenziale elastica di una molla può essere nulla? Può essere negativa?

50 È maggiore l'energia potenziale elastica di una molla compressa di una quantità d o della stessa molla allungata della stessa quantità d ?

51 Una molla di costante elastica k con compressione pari a d ha un'energia potenziale elastica $U = \frac{1}{2}kd^2$.

- Da dove viene l'energia della molla?

ESERCIZI NUMERICI

55 PROBLEMA SVOLTO

★★★

Esperimento con le molle

Carlo e Giada stanno compiendo un esperimento di fisica in laboratorio con una molla di costante elastica 2000 N/m, di cui una estremità è fissa. Carlo dilata la molla molto lentamente, fino a provocare un allungamento di 8,0 cm. A questo punto Giada mantiene ferma l'estremità dilatata della molla applicando una forza \vec{F} opportuna per qualche istante e poi lascia che la molla torni alla posizione di riposo.

- Calcola l'intensità della forza \vec{F} applicata da Giada.
 ► Calcola la forza media esercitata dalla molla quando torna a riposo. È uguale alla forza applicata da Giada?

DATI E INCOGNITE

	GRANDEZZE	SIMBOLI	VALORI	COMMENTI
DATI	Costante elastica	k	2000 N/m	Costante elastica della molla
	Allungamento	s	0,080 m	Allungamento della molla
INCOGNITE	Forza di Giada	F_G	?	Applicata per mantenere dilatata la molla
	Forza della molla	F_m	?	Valore medio della forza applicata dalla molla quando torna a riposo

RAGIONAMENTO

- Quando è allungata, la molla esercita una forza (la forza elastica) su Giada che la mantiene allungata; per il terzo principio della dinamica, questa forza è uguale in valore e opposta in verso a quella esercitata da Giada sulla molla.
- L'energia potenziale elastica persa dalla molla quando torna alla posizione a riposo è uguale al lavoro che la forza elastica compie.
- Dal lavoro che la molla compie possiamo ricavare la forza media.

RISOLUZIONE

La forza elastica della molla quando è dilatata è $F_e = ks$:

$$F_e = ks = (2000 \text{ N/m}) \times (0,080 \text{ m}) = 1,6 \times 10^2 \text{ N}.$$

La forza applicata da Giada ha la stessa intensità della forza elastica: $F_G = F_e = 1,6 \times 10^2 \text{ N}$.

L'energia potenziale elastica della molla è $U = \frac{1}{2}ks^2$:

$$U = \frac{1}{2}ks^2 = \frac{1}{2}(2000 \text{ N/m}) \times (0,080 \text{ m})^2 = 6,4 \text{ J}.$$

Il lavoro che la molla compie quando torna nella condizione di riposo è uguale all'energia potenziale elastica, quindi:

$$W = U = 6,4 \text{ J}.$$

La forza media esercitata dalla molla si ricava da $W = F_m s$:

$$F_m = \frac{W}{s} = \frac{(6,4 \text{ J})}{(0,080 \text{ m})} = 80 \text{ N}.$$

CONTROLLO DEL RISULTATO

Mentre una molla dilatata torna nella condizione di riposo, essa esercita una forza variabile, il cui valore medio non è uguale al valore della forza elastica iniziale, ma è la metà di esso.

- 56** ★★★ Una molla viene mantenuta compressa di 10 cm da una forza di 500 N.

► Calcola l'energia potenziale elastica della molla.

[25 J]

8. LA CONSERVAZIONE DELL'ENERGIA MECCANICA

ESERCIZI NUMERICI

- 65** ★★★ Un peso di massa 8,0 kg è appeso a un'altezza di 10 m dal suolo. Il filo che lo sostiene all'improvviso si rompe e il peso cade, sottoposto alla sola forza-peso.

► Quanto vale la velocità acquistata quando si trova a 4,0 m dal suolo?

► A che altezza si trova quando possiede una velocità di 6,0 m/s?

[11 m/s; 8,2 m]

- 66** ★★★ Valentina, 50,0 kg, sale col suo skateboard su una rampa con la velocità iniziale di 3,90 m/s. L'altezza massima della rampa è 50,0 cm. Calcola:

► l'energia cinetica all'imbocco della rampa;

► l'energia potenziale gravitazionale (rispetto alla quota di base e con $g = 9,80 \text{ m/s}^2$) all'uscita della rampa;

► l'energia cinetica all'uscita della rampa;

► la velocità con cui esce dalla rampa.

[380 J; 245 J; 135 J; 2,32 m/s]

9. LA CONSERVAZIONE DELL'ENERGIA TOTALE

DOMANDE SUI CONCETTI

- 67** Indica la forma iniziale e finale dell'energia in base alle trasformazioni subite all'interno dei diversi dispositivi elencati.

DISPOSITIVO	ENERGIA INIZIALE	ENERGIA FINALE
Centrale idroelettrica	Potenziale gravitazionale	Elettrica
Molla di una macchinina		
Ventilatore		
Centrale eolica		

PROBLEMI GENERALI

8 LA FISICA DEL CITTADINO La spesa per l'elettricità

Per definizione, un kilowattora (1 kWh) è la quantità di energia che viene dissipata in un'ora da un apparecchio che sviluppa una potenza di 1000 watt (1 kW). Il gestore a cui è collegata la casa di Sara applica per l'energia elettrica un prezzo medio di 0,125 € per 1 kWh di energia.

Domanda 1:

Ricorda la definizione di watt.

- A quanti joule corrisponde l'energia di 1 kWh?

Domanda 2:

Per asciugarsi i capelli Sara utilizza per 15 minuti un phon che assorbe una potenza di 1200 W.

- Quanto costa l'energia elettrica utilizzata da Sara per asciugarsi i capelli?

Domanda 3:

Sara prepara una torta. Per scaldare il forno e poi cuocere la torta servono $4,32 \times 10^6$ J di energia elettrica.

- Quanto spende Sara, in energia elettrica, per cuocere la torta?

[3,6 MJ]; 3,75 centesimi di euro; 15 centesimi di euro]

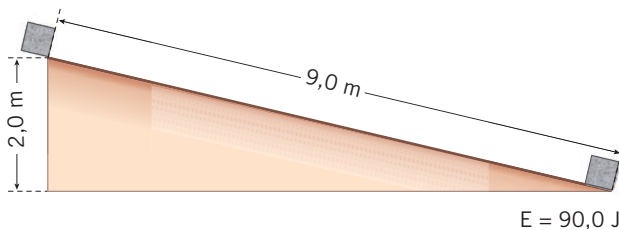
GIOCHI DI ANACLETO

- 8** L'energia necessaria per portare un veicolo da fermo alla velocità di 20 Km/h rispetto all'energia che ci vuole per portare lo stesso veicolo da 20 Km/h a 40 Km/h è...

- ...la stessa.
- ...la metà.
- ...un terzo.
- ...un quarto.

(Tratto dai *Giochi di Anacleto*, anno 2004)

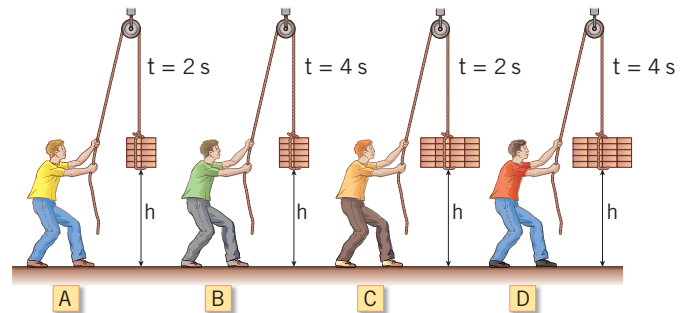
- 9** Nella figura qui sotto è mostrato un blocco con massa di 5,0 kg che scivola lungo un piano inclinato dall'altezza di 2,0 m. Il blocco percorre in 3,0 secondi tutta la lunghezza di 9,0 m dello scivolo e, arrivato in fondo, la sua energia cinetica ha subito un incremento di 90 J.



- Quanta energia è stata dissipata a causa della forza di attrito lungo i 9,0 m del percorso?
- 0 J.
 - 8 J.
 - 45 J.
 - 90 J.

(Tratto dai *Giochi di Anacleto*, anno 2004)

- 10** Quattro persone devono sollevare dei mattoni da terra fino a una certa altezza h , uguale per tutti, facendo uso di una corda e una carrucola. Alcuni sollevano un maggior numero di mattoni e altri sollevano i mattoni più velocemente.



- Quale persona sviluppa una potenza maggiore?

- A: 10 mattoni in 2 secondi.
- B: 10 mattoni in 4 secondi.
- C: 20 mattoni in 2 secondi.
- D: 20 mattoni in 4 secondi.

(Tratto dai *Giochi di Anacleto*, anno 2003)