

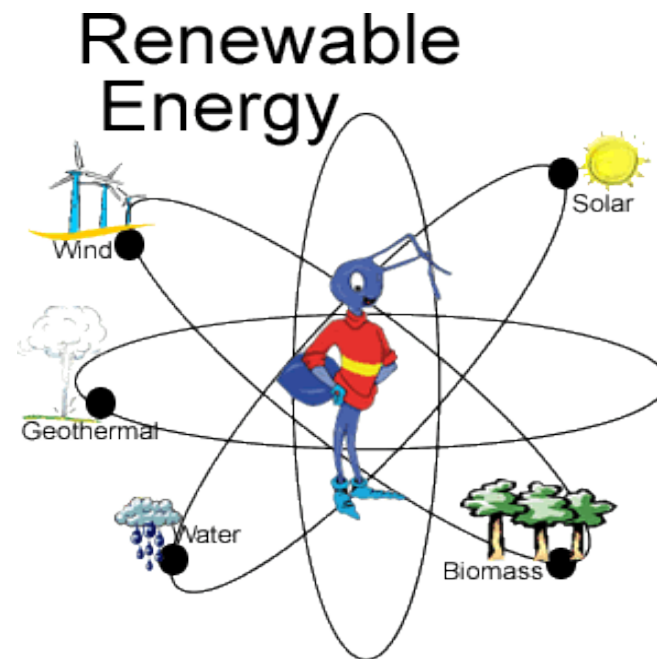
Energia e Lavoro

Energia, Energia potenziale, Energia
cinetica

Definizione di lavoro

Concetto di Energia

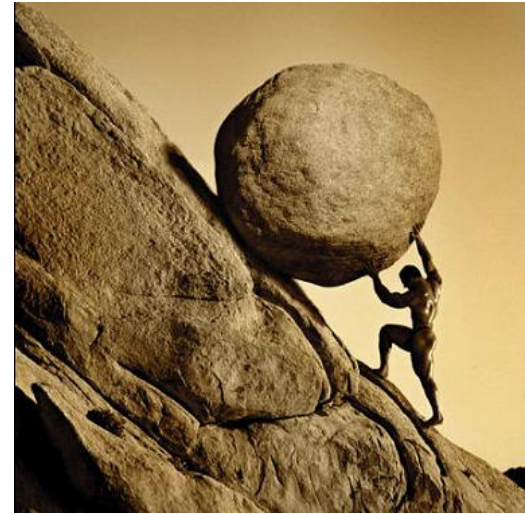
- Nella meccanica classica l'energia è definita come quella grandezza fisica che può venire "consumata" per generare una forza.
- In un sistema isolato l'energia può trasformarsi in forme diverse, ma complessivamente rimane costante
- Se il sistema è aperto i cambiamenti della sua energia sono legati al lavoro fatto sul sistema
- Ci sono due diversi modi per trasferire energia fra sistemi diversi: il lavoro (w) e il calore (Q)



Concetto di Lavoro

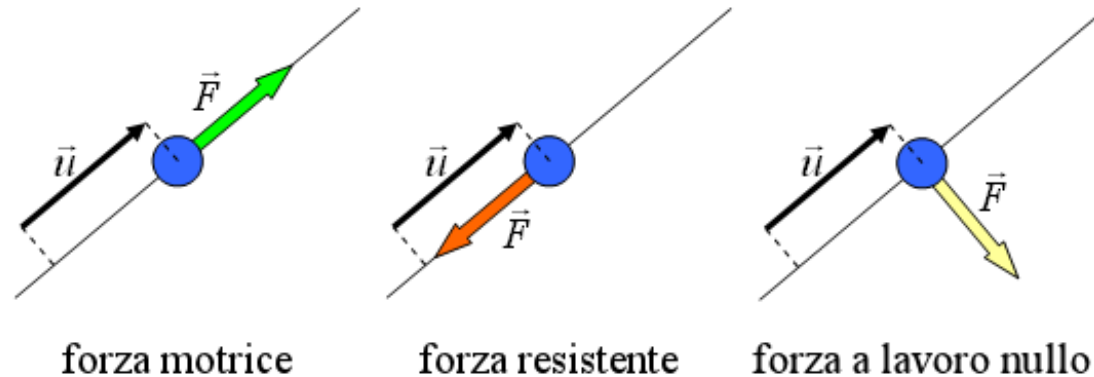


- Una bimba che solleva una valigia,
 - Sisifo che rallenta un masso,
 - Un cameriere che trasporta un piatto
 - Spingere un muro
- sono manifestazioni di azioni che comportano fatica e che normalmente chiamiamo lavoro.



Il Lavoro fisico

- In “fisica” invece queste azioni sono “lette” in modo molto diverso.
 - i. Nel primo caso il lavoro della forza **esercitata dalla bambina** è positivo,
 - ii. nel secondo caso il lavoro **fatto da Sisifo** è negativo e
 - iii. nel terzo caso il lavoro fatto dalla **forza di gravità** è nullo.
 - iv. Nel quarto caso **l' uomo** fa un lavoro nulloQuesti casi mi permettono di definire correttamente il concetto di **Lavoro**

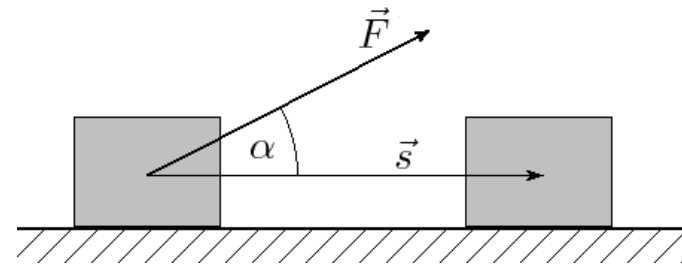


Definizione di Lavoro

- Il lavoro è **energia trasferita** ad un sistema ad un altro per mezzo di una forza.
- Il lavoro è una grandezza scalare data da $w = \underline{F} \cdot \underline{s}$
- Se c'è energia trasferita **dall'esterno verso il sistema** è lavoro positivo.
- Se invece l'energia è trasferita **dal sistema verso l'esterno** è lavoro negativo.
- Il lavoro è **nullo** quando è nulla la forza o è nullo lo spostamento o quando l'angolo fra la forza e lo spostamento è $\pi/2$

$$w = \vec{F} \cdot \vec{s}$$

$$w = |\vec{F}| |\vec{s}| \cos \alpha$$



Il Lavoro e l'energia si misurano con le stesse unità di misura in Joule

$$J = [M^2K \cdot S^{-2}]$$

Lavoro ed energia potenziale

Una tegola su un tetto possiede una energia che chiamiamo potenziale, perché si può manifestare solo se la tegola dovesse cadere.

Chi gli ha dato questa energia?

Il lavoro $w = F \Delta s$ che il muratore ha fatto per portarla sul tetto. Esso ha dovuto vincere la forza peso mg (diretta verso il basso) per tutto il tragitto che ha fatto per andare dal suolo al tetto h .

Pertanto la variazione dell'energia potenziale ΔU di una tegola ad altezza h dal suolo è

$$\Delta U = mgh = -w$$



Il lavoro fatto dalla forza peso

Supponiamo di lanciare in aria una palla

- Mentre la palla sale, la forza di gravità fa un lavoro negativo

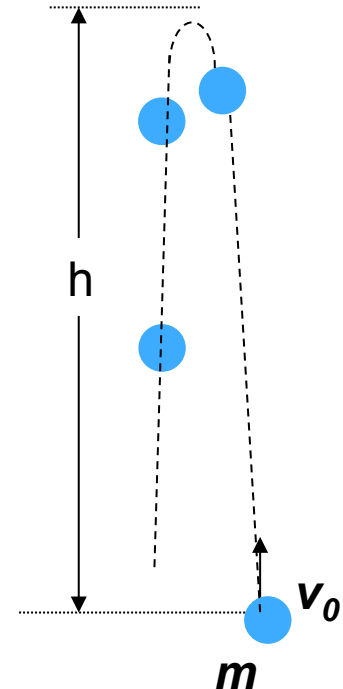
$$w = F \cdot s \cos\theta = mg \cdot h \cos(180^\circ) \quad w = -mg h$$

(questo lavoro riduce la velocità della palla fino ad azzerarla nel punto più alto della sua traiettoria)

- Invece nel ridiscendere la forza di gravità farà un lavoro positivo

$$w = mg \cos(0^\circ) h = mg h$$

(la forza di gravità restituisce velocità alla palla finchè riacquista la sua velocità iniziale nel punto di partenza)



Lavoro di una forza variabile

per una forza costante

$$w = \vec{F} \cdot \vec{s} = |\vec{F}| |\vec{s}| \cos \theta$$

ovvero

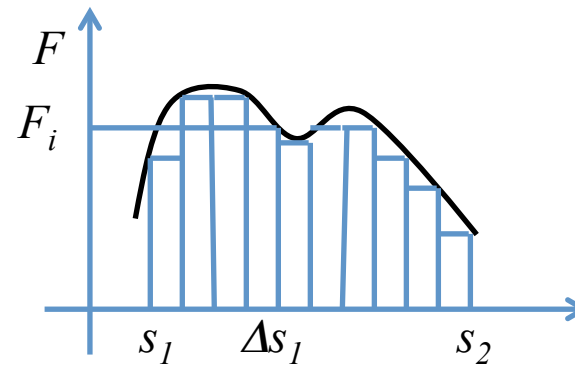
$$w = \sum_{i=1}^N \vec{F}(s_i) \cdot \Delta \vec{s}_i =$$

$$w = \lim_{\Delta s_i \rightarrow 0} \sum_{i=1}^N \vec{F}(s_i) \cdot \Delta \vec{s}_i =$$

$$w = \int_{s_1}^{s_2} F(s) ds$$

Le principali forze in natura non sono forze costanti, ma variabili: la forza di attrazione gravitazionale, l'estensione di una molla, la forza elettrica, etc.

Come calcolare il lavoro fatto da queste forze?



Lavoro fatto da una forza elastica

Anche una molla deformata ha una energia potenziale. Tale energia è data dal lavoro necessario a portare la massa M , dalla sua posizione di riposo fino alla sua posizione deformata.

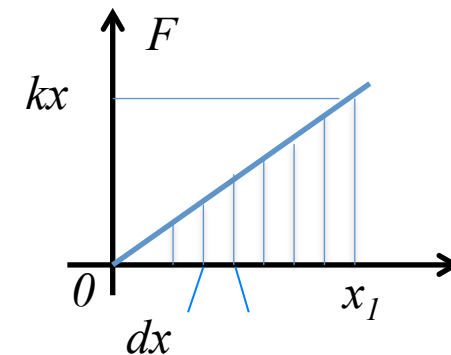
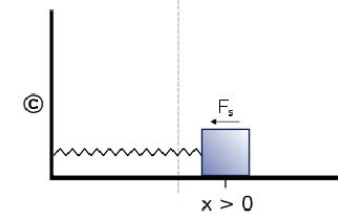
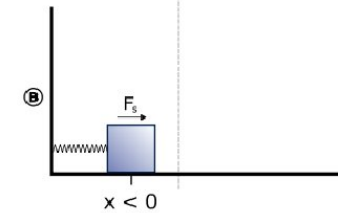
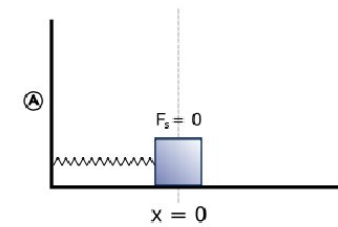
Esempio:

La forza elastica (non costante) varia secondo la legge $F = -kx$ moltiplicata per lo spostamento dx , fa un lavoro

$$w = \int_0^{x_1} -kx \cdot dx = -k \frac{1}{2} x^2 \Big|_0^{x_1} = \frac{1}{2} kx^2$$

Pertanto l'energia potenziale acquistata da una molla allungata da 0 a x_1 è

$$\Delta U = -w = \frac{1}{2} kx^2$$



Lavoro ed energia cinetica

Se \underline{p} è la quantità di moto di un corpo. Allora dal II principio della dinamica sappiamo che la forza risultante agente sul corpo è $\underline{F} = d\underline{p}/dt$.

$$dw = F \cdot dx = \frac{dp}{dt} dx = \frac{dx}{dt} dp = v[d(mv)]$$
$$dw = v[\cancel{d(mv)} + dvm] = vdv m = mvdv \quad \text{l'insieme dei lavori elementari è}$$
$$\int dw = \int mvdv = m \int vdv = \frac{1}{2} mv^2 = E_k$$

ovvero la variazione infinitesima di energia cinetica di un punto materiale tra un istante iniziale e uno finale è uguale al lavoro elementare della forza risultante.

Il lavoro compiuto dalla forza \underline{F} quando il corpo si sposta da uno stato iniziale ed uno stato finale è uguale alla variazione dell'energia cinetica del corpo.

$$w = \Delta E_k = \frac{m}{2} (v_f^2 - v_i^2)$$

Forze vive: applicazioni

- L'energia cinetica di un corpo è data dalla somma dell'energia cinetica iniziale e dal lavoro fatto dalla forza agente sul corpo

$$E_{kf} = E_{ki} + w$$

Esercizio:

Un tram di massa viaggia alla velocità 50 km/h quando è costretto a bloccarsi. Se il coefficiente d'attrito è 0,8. Dopo quanti metri si ferma?

$$\frac{1}{2} mv_0^2 + 0 = f_a \cdot d \rightarrow d = mv_0^2 / (2\mu N)$$

$$d = \frac{1}{2} \frac{mv_0^2}{\mu mg} = \frac{v_0^2}{2\mu g}$$

$$d[m] = \frac{(50 \cdot 0,27)^2}{2 \cdot 0,8 \cdot 9,8} = \frac{182,25}{15,68} = 11,62$$

Energia meccanica

Abbiamo visto che il lavoro determina una variazione di energia potenziale e abbiamo anche visto che dal lavoro si può arrivare all'energia cinetica di una particella. Quindi possiamo concludere che c'è una grandezza che può assumere aspetti diversi, ma che sottintende sempre lo stesso concetto. Questa è l'energia meccanica.

$$E = T + U$$

Un operaio sposta una tegola (2 kg) dal suolo (zero del nostro sistema di riferimento) fino al tetto di una casa (altezza 5 metri) facendo un lavoro pari a $mgh = 2(\text{kg}) \times 9,8(\text{m/s}^2) \times 5(\text{m}) = 98 \text{ J}$. La tegola sul tetto ha quindi una energia meccanica $E = mgh$, tutta potenziale. Se la tegola dovesse cadere diminuirebbe la sua distanza dal suolo (cioè dallo zero del suo sistema di riferimento) e quindi la sua energia potenziale, ma ... acquisterebbe una velocità v e quindi man mano che cade la sua energia meccanica è $E = mgh_x + \frac{1}{2} mv_x^2$. L'istante prima che tocchi il suolo la sua velocità è v_{max} e la sua energia potenziale è zero $E = \frac{1}{2} mv_{\text{max}}^2$