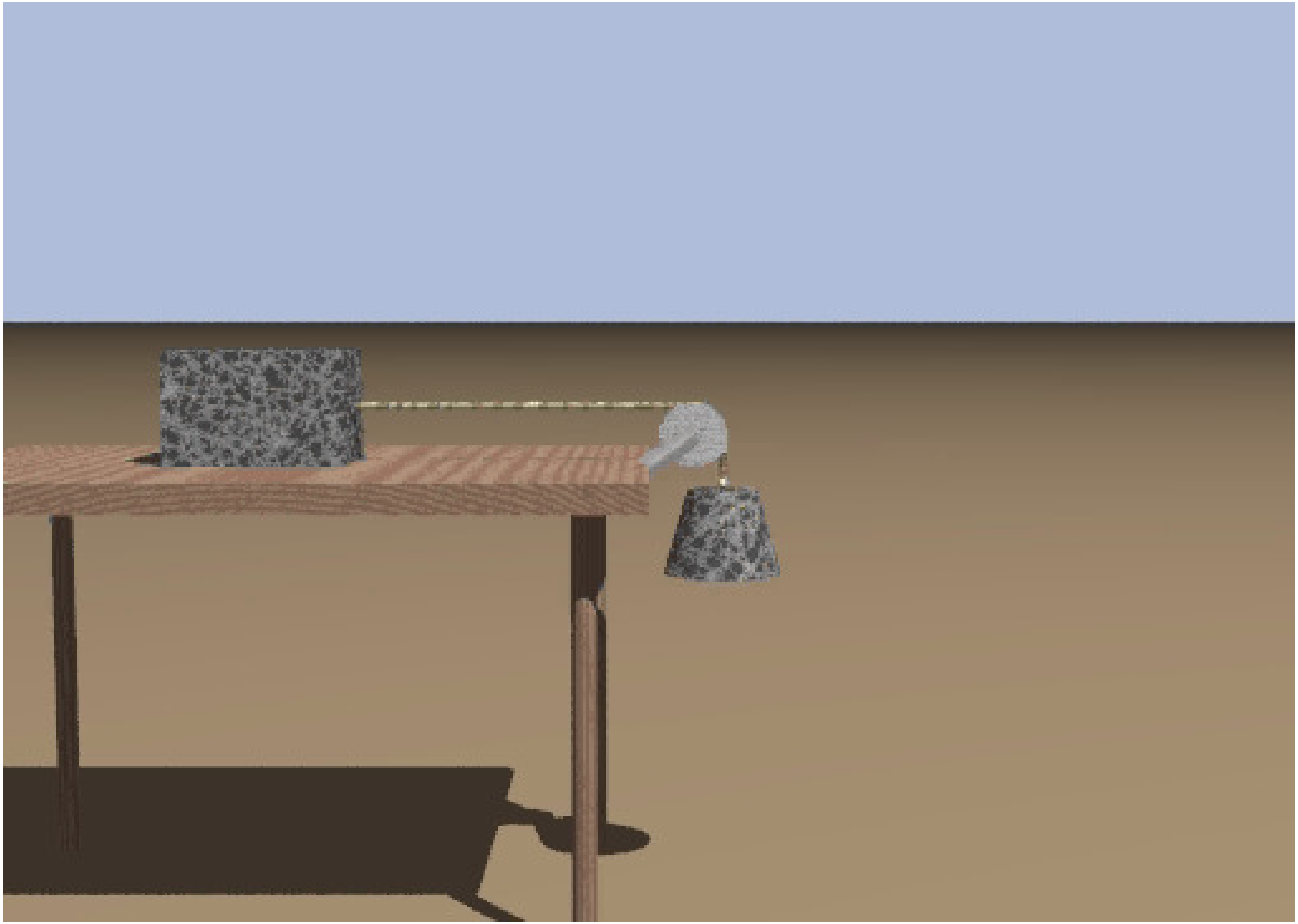


Energia:

"quel bambino ha tanta energia" ⟷ "il giocatore è rimasto senza energia alla fine della partita"

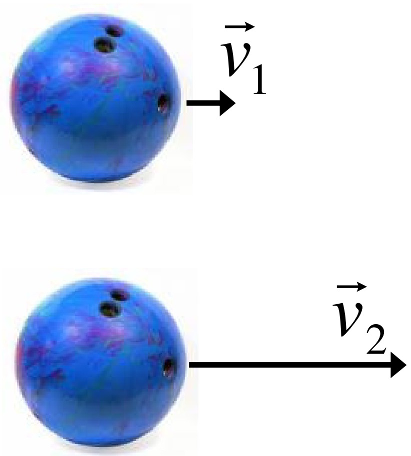
L'energia – una nuova grandezza fisica che caratterizza un oggetto o un sistema di oggetti.

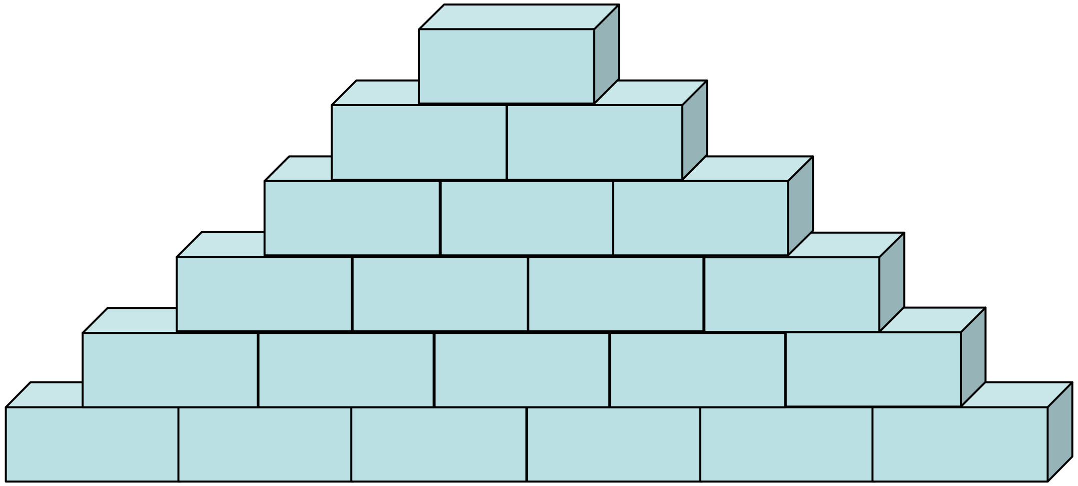
L'energia è una grandezza scalare associata allo stato di uno o più oggetti.

Energia →

a) meccanica	d) elettrica
b) termica	e) chimica
c) eolica	f) nucleare

L’energia cinetica:





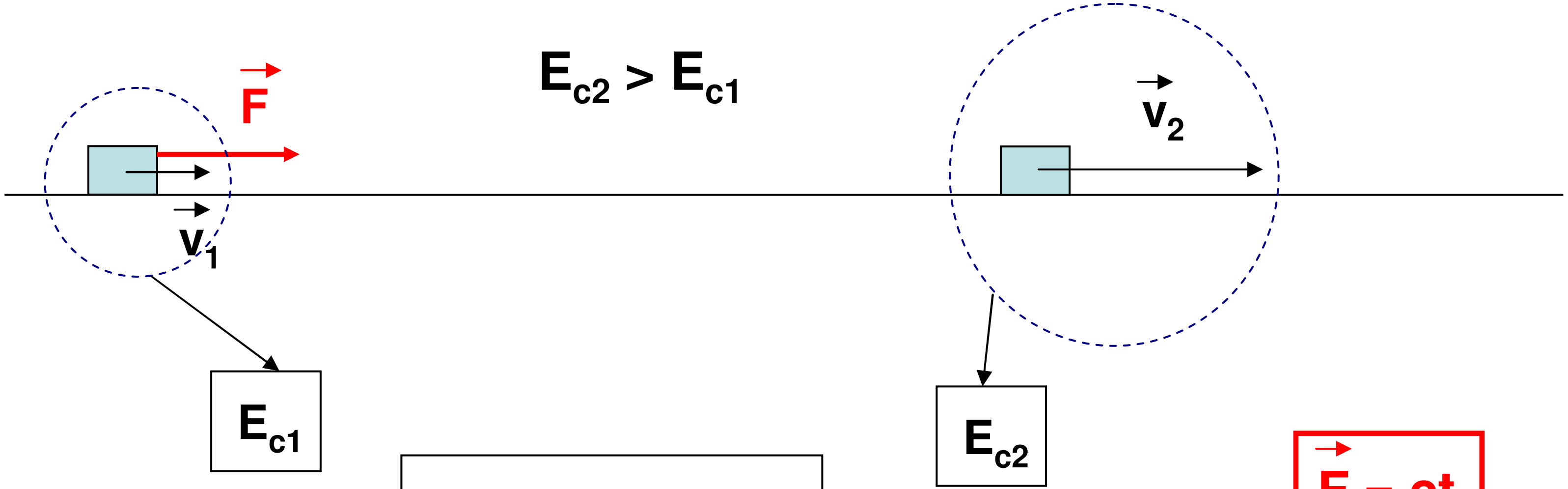
$$E_c = \frac{1}{2} m v^2$$

L’energia cinetica è l’energia associata al moto di un corpo (fermo – $E_c = 0$).

$$[E_c]_{SI} = [m]_{SI} \cdot [v^2]_{SI} = kg \cdot \frac{m^2}{s^2} = Joule = J$$

$$1\,J = 1\,kg \cdot \frac{m^2}{s^2}$$

Il lavoro:



$$\boxed{L = E_{c2} - E_{c1}}$$

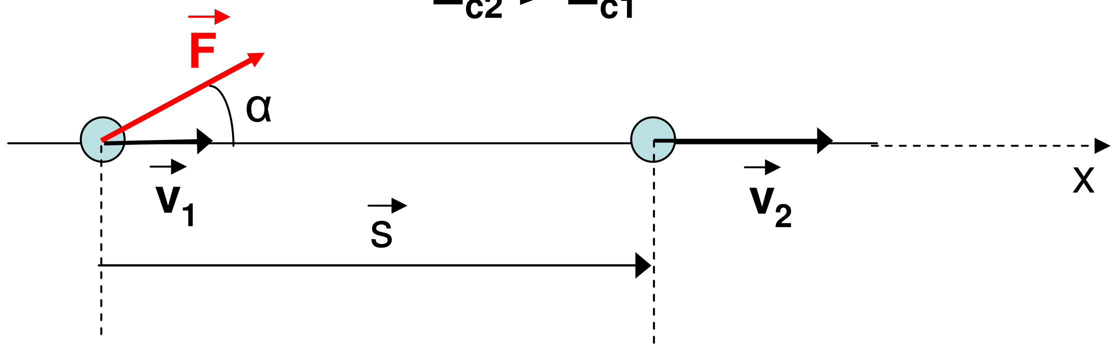
$$\boxed{\vec{F} = ct}$$

Il lavoro è l'energia trasferita a un corpo o da un corpo, per mezzo di una forza che agisce sul corpo stesso.

Energia ceduta al corpo (ΔE_c del corpo > 0) - lavoro > 0

Energia ceduta dal corpo (ΔE_c del corpo < 0) - lavoro < 0

$$E_{c2} > E_{c1}$$



$$F_x = m \cdot a_x$$

$$v_2^{\,2} = v_1^{\,2} + 2a_x s \quad \Rightarrow \quad a_x = \frac{v_2^{\,2} - v_1^{\,2}}{2s} \quad \Rightarrow \quad F_x = m \cdot \frac{v_2^{\,2} - v_1^{\,2}}{2s}$$

$$\Rightarrow \quad \frac{1}{2} m v_2^{\,2} - \frac{1}{2} m v_1^{\,2} = F_x s$$

$$\left.\begin{array}{l} E_{cf} - E_{ci} = F_x s \\ E_{cf} - E_{ci} = L \end{array}\right\} \quad L = F_x s \qquad F_x = F\cos\alpha \quad \Rightarrow \quad L = Fs\cos\alpha$$

$$\boxed{L = \vec{F} \cdot \vec{s}}$$

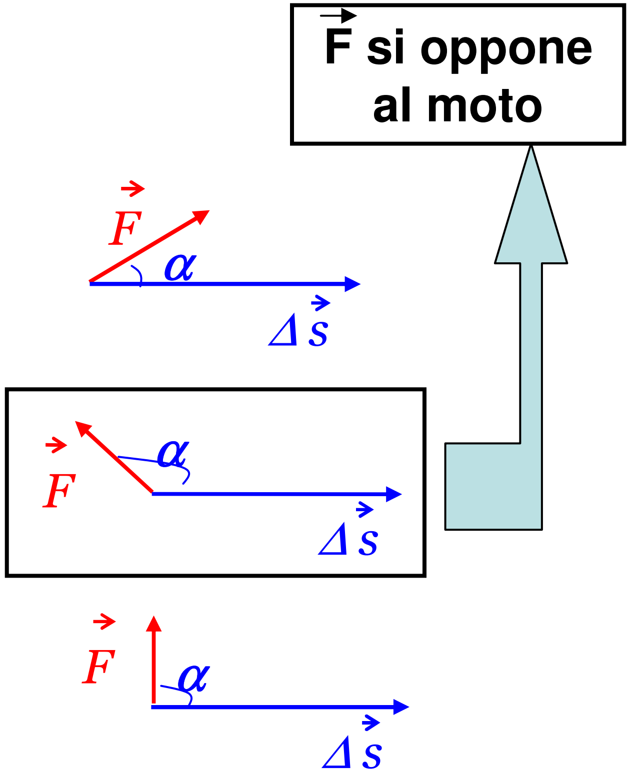
$$[L]_{SI} = [E_c]_{SI} = joule = J$$

$$\left(1N = 1\underbrace{kg}_{\text{m}} \cdot \underbrace{\frac{m}{s^2}}_{\text{a}}\right)$$

$$1J = 1kg \cdot \frac{m^2}{s^2} \qquad 1J = 1N \cdot m$$

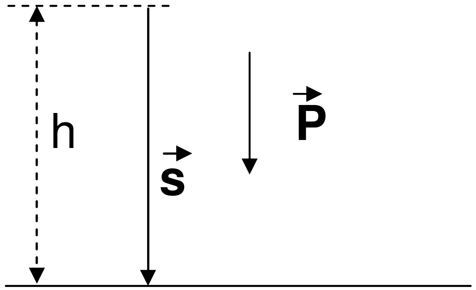
$$\boxed{L = \vec{F} \cdot \vec{s} = F \cdot s \cdot \cos\alpha}$$

Se α < 90°	***L>0***	***$Ec_2 > Ec_1$***
Se α > 90°	***L<0***	***$Ec_2 < Ec_1$***
Se α = 90°	***L=0***	***$Ec_2 = Ec_1$***



Lavoro della forza peso:

$$L = \vec{P} \cdot \vec{s} = P \cdot s \cdot \cos\theta$$



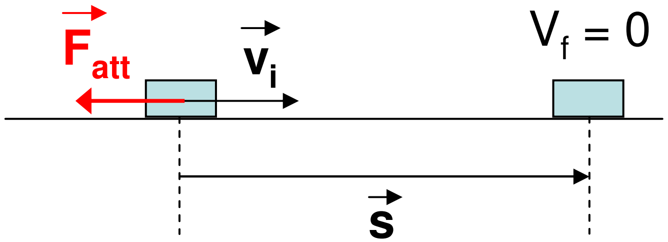
$$L = \Delta E_c = \frac{1}{2} m v_f^{\,2} - \frac{1}{2} m v_i^{\,2}$$

$$\Rightarrow \quad P \cdot s \cdot \cos\theta = \frac{1}{2} m v_f^{\,2} - \frac{1}{2} m v_i^{\,2}$$

$$P = mg \quad s = h \quad \theta = 0 \quad v_i = 0$$

$$\Rightarrow \quad mgh = \frac{1}{2} m v_f^{\,2} \quad \Rightarrow \quad v_f = \sqrt{2gh}$$

Lavoro della forza di attrito:



$$L = \vec{F}_{att} \cdot \vec{s} = F_{att} \cdot s \cdot \cos\beta = \mu_d m g s \cos\beta$$

$$L = \Delta E_c = \frac{1}{2} m v_f^{\,2} - \frac{1}{2} m v_i^{\,2}$$

$$\Rightarrow \quad \mu_d m g \cdot s \cdot \cos\beta = \frac{1}{2} m v_f^{\,2} - \frac{1}{2} m v_i^{\,2}$$

$$\beta = \pi \quad v_f = 0$$

$$\Rightarrow \quad -\mu_d m g s = -\frac{1}{2} m v_i^{\,2} \quad \Rightarrow \quad v_i = \sqrt{2 \mu_d g s}$$

Se agiscono piu forze su un corpo, il lavoro totale è la somma dei lavori svolti da ciascuna forza.

2 modalità per trovare il lavoro totale:

$$L_{tot} = L_1 + L_2 + \ldots + L_n$$

$$dove \quad L_i = \vec{F}_i \cdot \vec{s}_i$$

$$L_{tot} = \vec{F}_{tot} \cdot \vec{s}$$

$$L = \Delta E_c$$

$$E_{cf} = E_{ci} + L$$

Lavoro totale svolto

Energia cinetica a lavoro compiuto

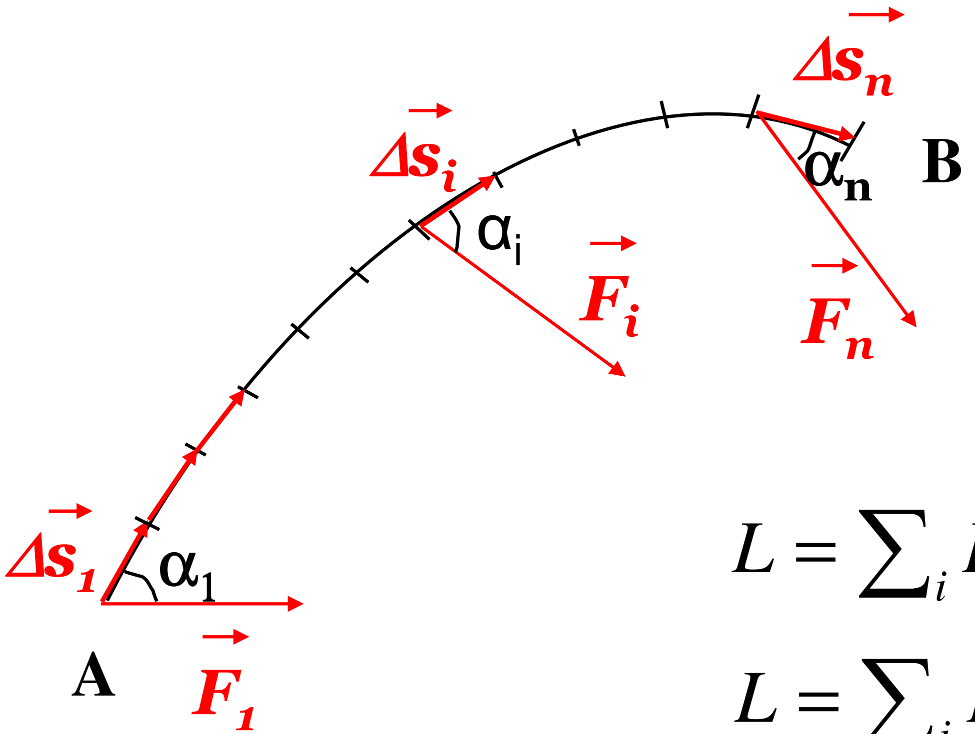
Energia cinetica iniziale

Teorema dell'energia cinetica

Esercizio:

Determinare il lavoro totale svolto durante il trascinamento in salita (senza attrito) di un corpo di massa m = 10kg inizialmente fermo su un piano inclinato di angolo α = 30° sotto l'effetto di una forza F = 100N diretta lungo il piano inclinato verso l'alto da un punto A situato alla base del piano inclinato fino ad un punto B situato ad una altezza h = 5m.

In generale, se la forza non è costante e/o la traiettoria non è rettilinea dividiamo lo spostamento in tanti piccoli tratti di modulo Δs_i abbastanza piccoli da poter essere considerati rettilinei e da poter ritenere che la forza sia costante in ciascuno di essi.

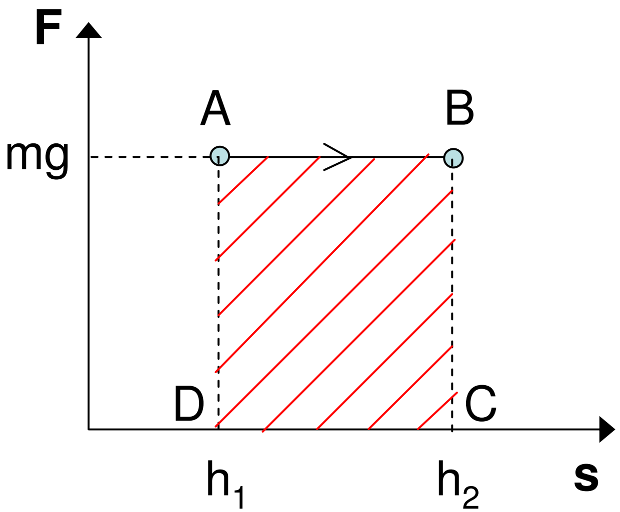


$$L = \sum_i L_i = \sum_i \vec{F}_i \cdot \Delta\vec{s}_i$$

$$L = \sum_i F_i \Delta s_i \cos\alpha_i$$

Rappresentazione grafica del lavoro:

1) Forza costante, moto rettilineo



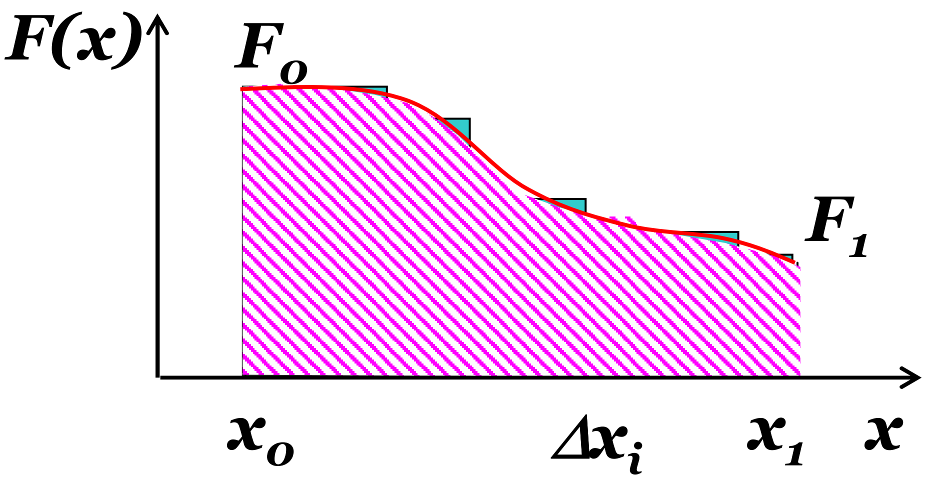
$$L_{AB} = mg\Delta h$$

$$\left.\begin{aligned} A_{ABCD} &= AD \cdot AB \\ AD &= mg \\ AB &= h_2 - h_1 = \Delta h \end{aligned}\right\} A_{ABCD} = mg\Delta h$$

$$\Rightarrow \quad L_{AB} = A_{ABCD}$$

2) Forza non costante, moto non rettilineo

Esempio: il moto avviene su una retta (asse x), la forza è parallela all'asse x e il suo modulo dipende dalla posizione.



$$L_i = F_i \Delta x_i$$

F_i = costante

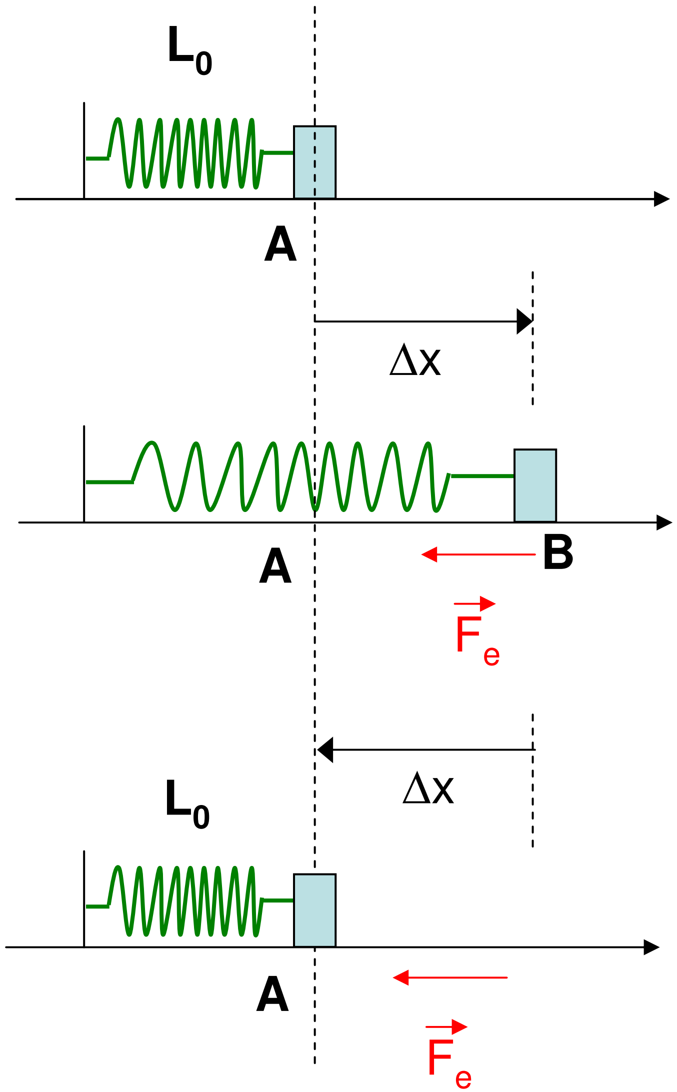
$$L = \lim_{\Delta x_i \to 0} \sum_i F_i \Delta x_i$$

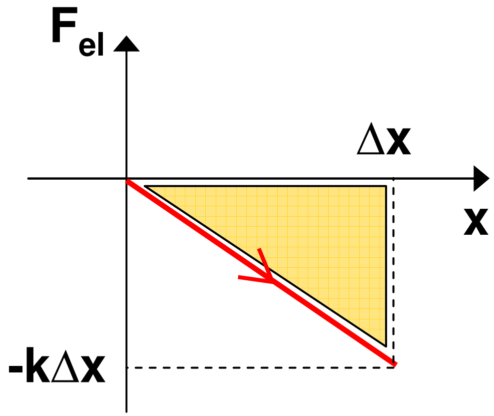
In un diagramma [F(x), x] il lavoro è rappresentato dall'area della superficie sotta la curva.

Il lavoro della forza elastica:

$$\vec{F}_{el} = -k\vec{\Delta x}$$

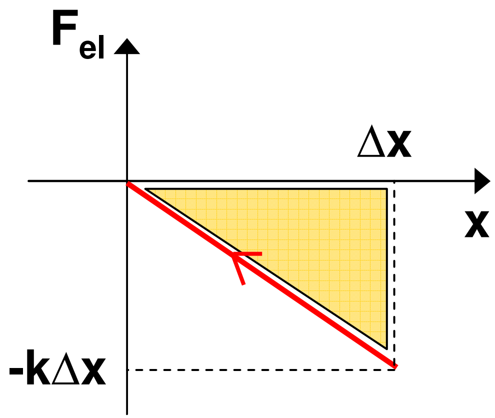
Lavoro = area sotto la linea che descrive F_{el} (x)





$$L_{AB} = \frac{1}{2}\Delta x \cdot (-k\Delta x) =$$

$$= -\frac{1}{2}k \cdot \Delta x^2$$



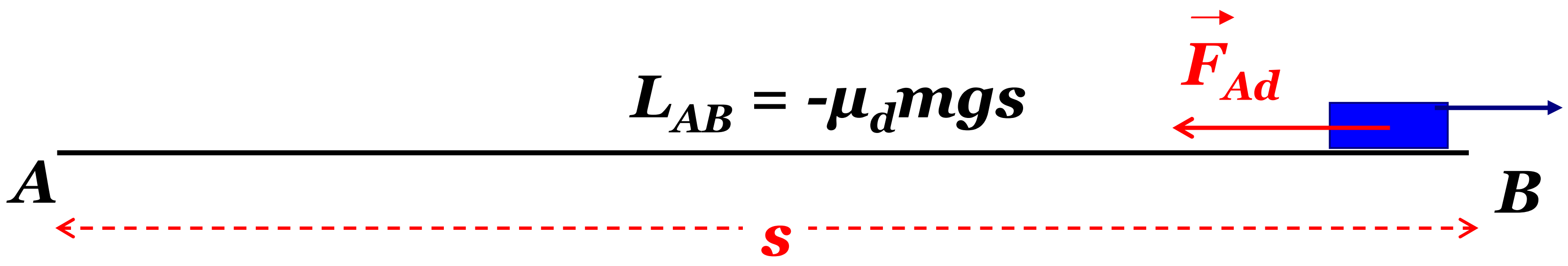
$$L_{BA} = \frac{1}{2}(-\Delta x) \cdot (-k\Delta x) =$$

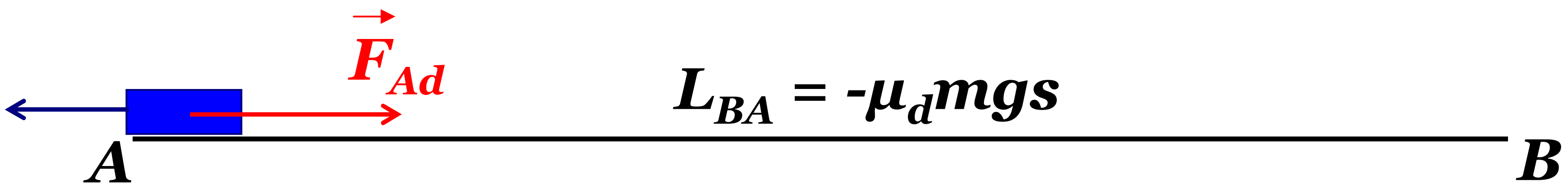
$$= \frac{1}{2}k \cdot \Delta x^2$$

$$L_{tot} = L_{AB} + L_{BA} = -\frac{1}{2}k \cdot \Delta x^2 + \frac{1}{2}k \cdot \Delta x^2 = 0$$

La forza elastica è una forza conservativa perché $L_{tot} = 0$!

Il lavoro della forza di attrito:





$$L_{tot} = L_{AB} + L_{BA} = -2\mu_d mgs$$

$L_{tot} \neq 0$ - forza di attrito non è una forza conservativa!

Forze conservative:

- **forza elastica, forza peso**

Forze non conservative:

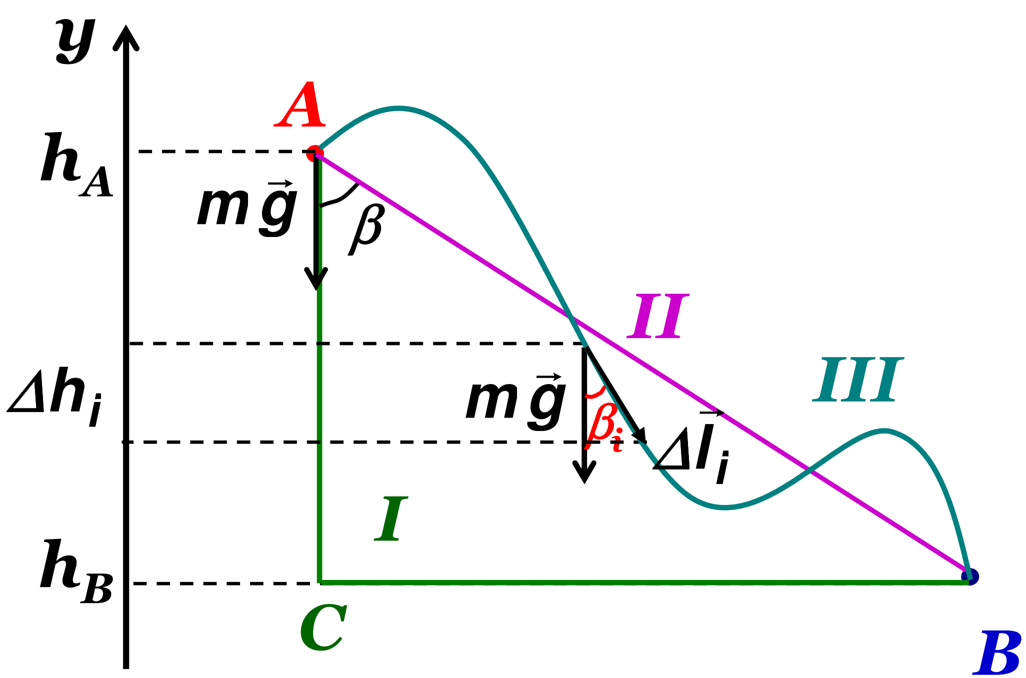
- **forza di attrito, forza di resistenza dell'aria**

Il lavoro complessivo netto svolto da una forza conservativa su un corpo che si muove su un percorso chiuso (inizia e finisce nello stesso punto) è zero.

Forze conservative:

Il lavoro svolto da una forza conservativa su un corpo che si muove tra due punti qualsiasi non dipende dal particolare percorso seguito.

Forza peso:



Percorso I:

$$L_{ACB} = L_{AC} + L_{CB}$$

$$L_{AC} = mg(h_A - h_B)$$

$$L_{CB} = m\vec{g} \cdot \vec{CB} = 0$$

$$L_{ACB} = mg(h_A - h_B)$$

II $$L_{AB} = m\vec{g} \cdot \overrightarrow{AB} = mg \cdot AB \cdot \cos\beta = mg(h_A - h_B)$$

III $$L_{AB} = \sum_i m\vec{g} \cdot \Delta\vec{l}_i = \sum_i mg \cdot \Delta l_i \cdot \cos\beta_i =$$

$$= mg \sum_i \Delta l_i \cdot \cos\beta_i = mg \sum_i \Delta h_i = mg(h_A - h_B)$$

Il lavoro della forza peso non dipende dalla traiettoria, quindi la forza peso è conservativa.

Energia potenziale:

E' l'energia associata alla configurazione di un sistema di corpi, i quali esercitano forze tra di loro. Quando cambia la configurazione del sistema può cambiare anche la sua energia potenziale.

- **Energia potenziale gravitazionale:** E_p
- **Energia potenziale elastica:** $E_{p\ el}$

$$\Delta E_p = -L \quad \Rightarrow \quad E_p - E_{p0} = mg(h - h_0)$$

Consideriamo E_{p0} e h_0 come riferimento:

$$E_{p0} = 0 \quad e \quad h_0 = 0$$

$$\boxed{E_p = mgh}$$

$$\boxed{E_{p\ el} = \frac{1}{2} k \Delta x^2}$$

Conservazione dell'energia:

$\Delta E_c = L$ valida per qualunque forza

$L = -\Delta E_p$ valida per forze conservative

$\Delta E_c = -\Delta E_p \qquad \Delta E_c + \Delta E_p = 0 \qquad \Delta(E_c + E_p) = 0$

$\Rightarrow \quad E_c + E_p =$ costante

$\boxed{E = E_c + E_p = \text{costante}}$

E – energia meccanica

In un sistema dove agiscono solo forze conservative.

$$\boxed{E = \frac{1}{2}mv^2 + mgh = \text{costante}}$$

Se sono presenti anche forze non conservative:

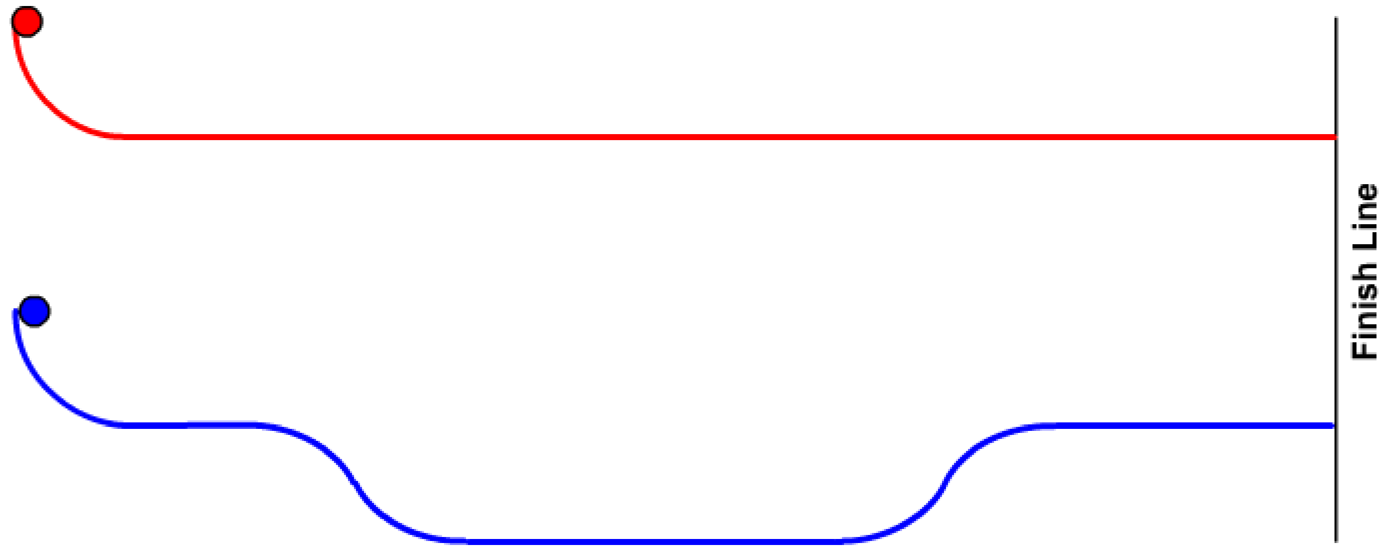
$$\Delta E_c = L = L_{cons} + L_{non\,cons}$$

$$L_{cons} = -\Delta E_p \quad \Rightarrow \quad \Delta E_c = -\Delta E_p + L_{non\,cons}$$

$$\Delta(E_c + E_p) = L_{non\,cons}$$

$$\boxed{\Delta E = L_{non\,cons}}$$

Racing Balls



The acceleration due to gravity is down, approximately constant, and equal for both tracks.

Which ball will reach
the finish line first?

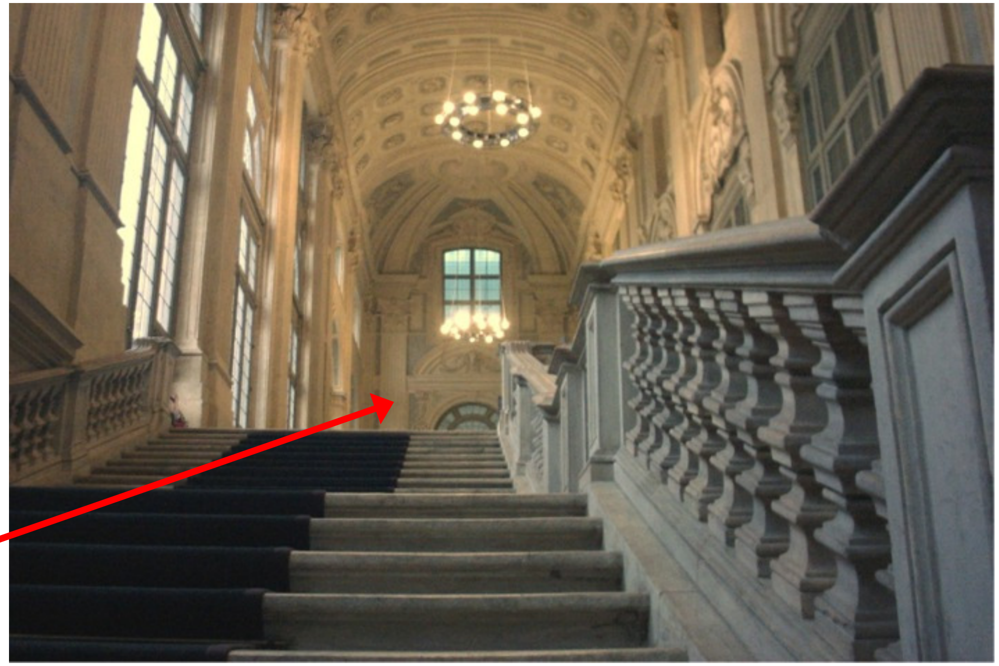
Copyright © 2004 David M. Harrison

Esercizi:

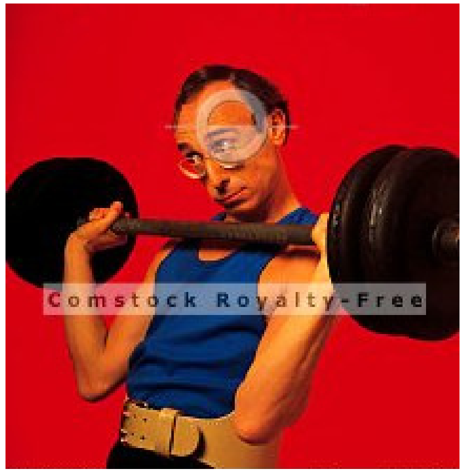
1. Determinare la velocità con la quale un corpo, che parte da fermo dal punto più alto di un piano inclinato di angolo $\alpha = 30°$ e di altezza $h = 3m$, arriva alla base del piano inclinato: a) in assenza di attrito e b) con attrito, $\mu_d = 0.3$.

2. Determinare la velocità di un corpo di massa $m = 0.5kg$ attaccato ad una molla di costante $k = 200N/m$ quando passa per la posizione di equilibrio (molla in posizione di riposo) se si conosce che al momento iniziale l'allungamento della molla è $\Delta x = 5cm$.

Potenza:



?

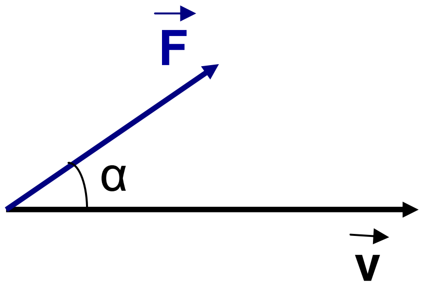


La potenza è la velocità con cui viene sviluppata una certa quantità di lavoro.

$$\overline{W} = \frac{L}{\Delta t}$$ **potenza media**

Per $\Delta t \to 0$:

$$W = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{L}{\Delta t} = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\vec{F} \cdot \vec{s}}{\Delta t} = \vec{F} \cdot \vec{v}$$ **potenza instantanea**



$$\boxed{W = \vec{F} \cdot \vec{v} = F \cdot v \cdot \cos \alpha}$$

$$[W]_{SI} = \frac{J}{s} = watt = W$$

Esercizio:

Un cavallo trascina a velocità costante una slitta di massa m = 100 kg lungo una salita coperta di neve, inclinata di un angolo $\alpha = 30°$ rispetto all'orizzontale, esercitando una forza parallela alla superficie. Il coefficiente di attrito dinamico tra la slitta e la neve è 0.15. Sapendo che la potenza sviluppata dal cavallo è W = 300 watt, calcolare la velocità con cui sale la slitta.