

Fisica **per LT Informatica** **Università di Ferrara**

Lucia Del Bianco

*Dip.to di Fisica e Scienze della
Terra*



Prodotto scalare di due vettori

Proprietà commutativa

$$\vec{A} \cdot \vec{B} = \vec{B} \cdot \vec{A}$$

Proprietà distributiva

$$\vec{A} \cdot (\vec{B} + \vec{C}) = \vec{A} \cdot \vec{B} + \vec{A} \cdot \vec{C}$$

$$\vec{A} = A_x \hat{i} + A_y \hat{j} + A_z \hat{k}$$

$$\vec{B} = B_x \hat{i} + B_y \hat{j} + B_z \hat{k}$$

$$\vec{A} \cdot \vec{B} = A_x B_x + A_y B_y + A_z B_z$$

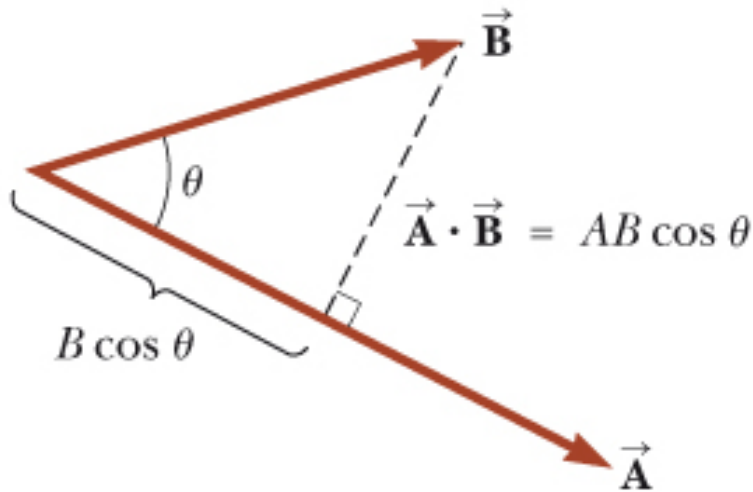
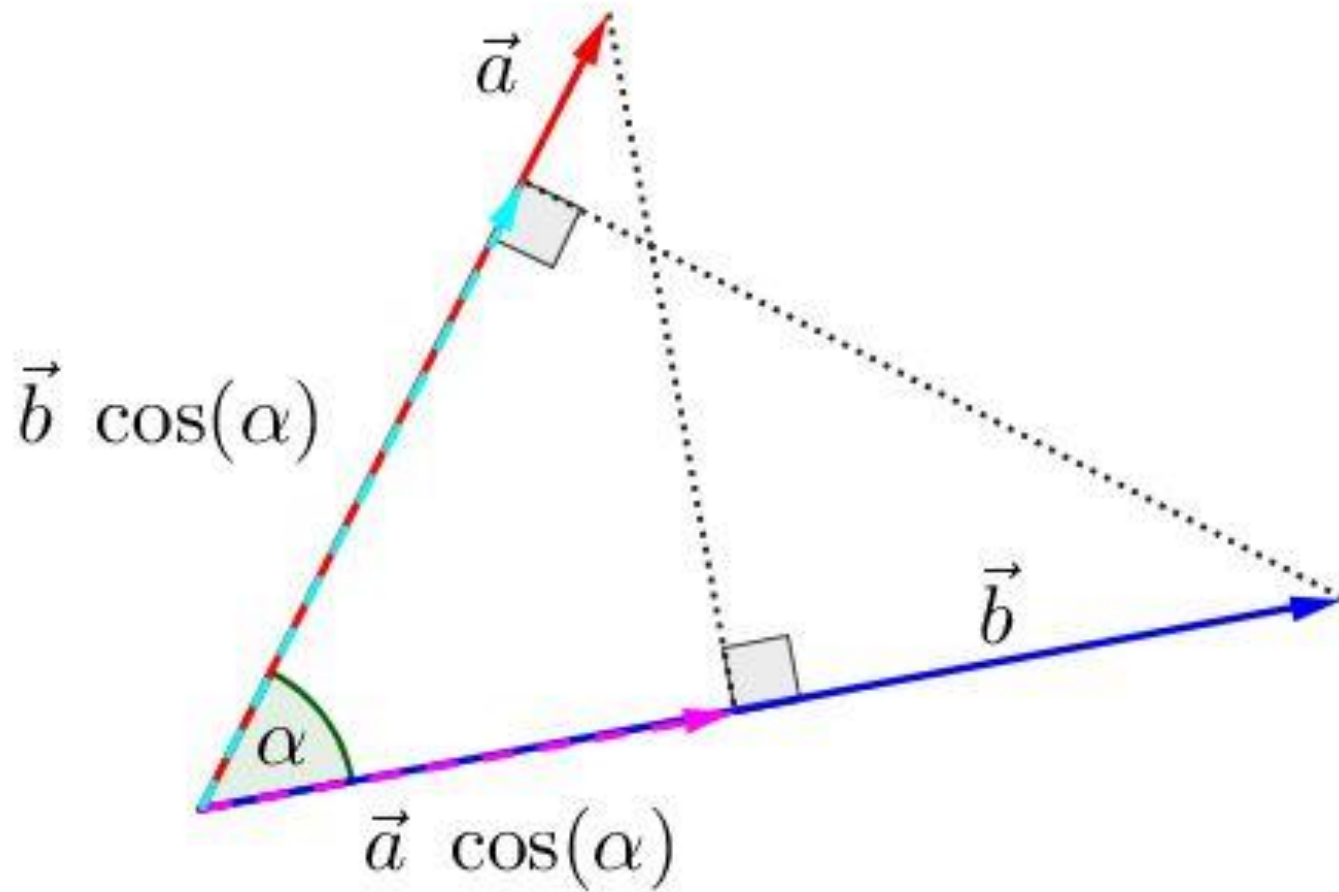


Figura 6.6 Il prodotto scalare $\vec{A} \cdot \vec{B}$ ha il significato di prodotto del modulo di \vec{A} per $B \cos \theta$, che è la proiezione di \vec{B} su \vec{A} .

Prodotto scalare di due vettori



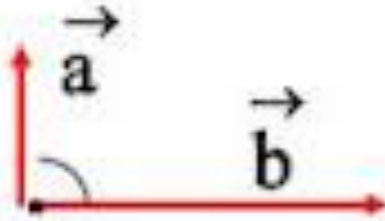
Prodotto scalare di due vettori

$$\theta = 0^\circ$$



$$\vec{a} \cdot \vec{b} = ab \cos \theta = ab$$

$$\theta = 90^\circ$$



$$\vec{a} \cdot \vec{b} = ab \cos \theta = 0$$

$$\theta = 180^\circ$$

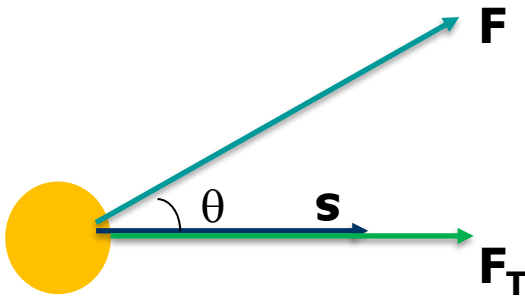


$$\vec{a} \cdot \vec{b} = ab \cos \theta = -ab$$

LAVORO

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

$$W = \vec{F} \cdot \vec{s} = Fs \cos \theta = F_T s$$



$$\theta < \pi / 2$$

Lavoro è positivo → **LAVORO MOTORE**

$$\theta > \pi / 2$$

Lavoro è negativo → **LAVORO RESISTENTE**

$$\theta = \pi / 2$$

Lavoro è NULLO

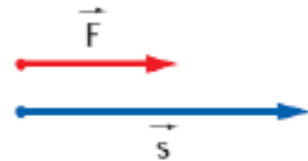


Figura 6.1 Un cancellino viene spinto sulla mensola, posta sul bordo inferiore di una lavagna, da una forza che agisce ad angoli differenti rispetto alla direzione orizzontale.

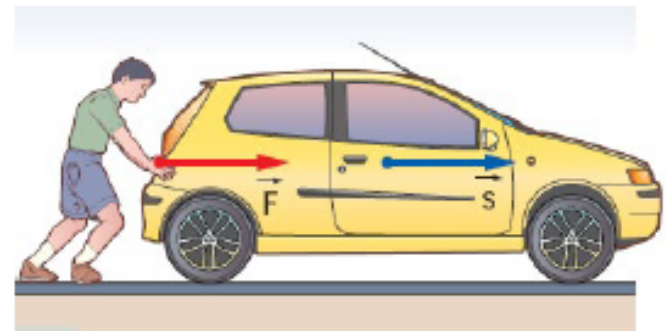
LAVORO

$$\theta = 0$$

1) Forza e spostamento paralleli
(stessa direzione e verso).



Il lavoro è definito



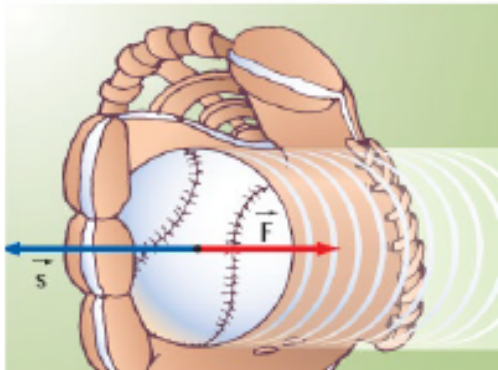
$$W = Fs$$

$W > 0$: lavoro motore.

LAVORO

$$\theta = \pi$$

2) Forza e spostamento antiparalleli
(stessa direzione e verso opposto).



Il guantone frena la palla.

$$W = -Fs$$

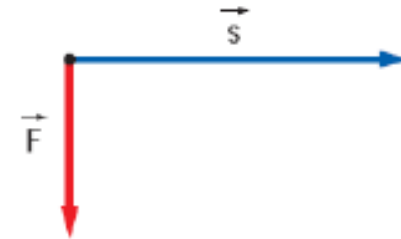
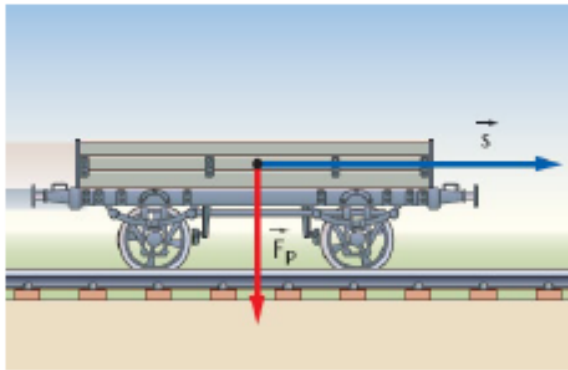
$W < 0$: lavoro resistente

LAVORO

$$\theta = \pi/2$$

3) Forza e spostamento perpendicolari

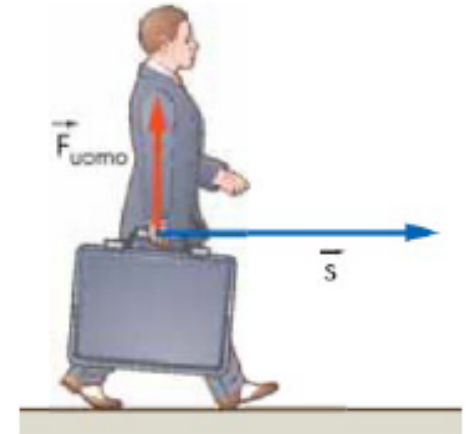
La forza non influenza lo spostamento: né lo asseconda né lo ostacola.



$W = 0$: lavoro nullo.

LAVORO

Fatica e lavoro: se un uomo trasporta una valigia compie un lavoro nullo ma i muscoli risentono comunque della fatica della forza esercitata.



LAVORO

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

$$W = \vec{F} \cdot \vec{s} = F s \cos \theta = F_T s$$

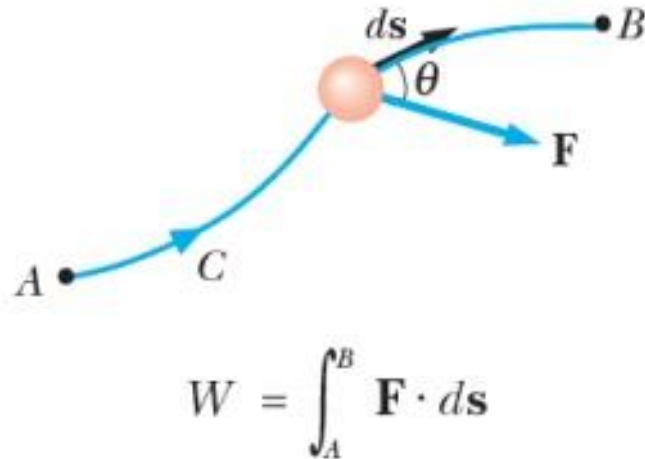
FORMULA GONIOMETRICA DEL LAVORO

Caso	α	$\cos \alpha$	Formula per il lavoro: $W = F s \cos \alpha$
\vec{F} e \vec{s} paralleli	0°	+1	$W = F s \cos \alpha = F s$
\vec{F} e \vec{s} antiparalleli	180°	-1	$W = F s \times (-1) = - F s$
\vec{F} e \vec{s} perpendicolari	90°	0	$W = F s \times 0 = 0$

Unità di misura del lavoro: J (Joule)

$$[\text{N m}] = \text{J (Joule)}$$

LAVORO



▲ **Figura 4.2** Lavoro della forza per lo spostamento da A a B lungo la traiettoria C.

$$dW = \vec{F} \cdot d\vec{s}$$

$$W = \int_A^B \vec{F} \cdot d\vec{s} = \int_A^B F \cos \theta ds = \int_A^B F_T ds$$

Il lavoro è l'integrale di linea della forza lungo la traiettoria

$$W = \int_A^B \vec{F} \cdot d\vec{s} = \int_A^B (\vec{F}_1 + \dots \vec{F}_n) \cdot d\vec{s} = \int_A^B \vec{F}_1 \cdot d\vec{s} + \dots \int_A^B \vec{F}_n \cdot d\vec{s} = W_1 + \dots W_n$$

Il lavoro totale può essere nullo

POTENZA

La **potenza** è il lavoro per unità di tempo
(misura della rapidità di erogazione del lavoro)

$$P = \frac{W}{\Delta t} \quad \text{Potenza media}$$

$$P = \frac{dW}{dt} = \vec{F} \cdot \frac{d\vec{s}}{dt} = \vec{F} \cdot \vec{v} = Fv \cos \theta = F_T v \quad \text{Potenza istantanea}$$

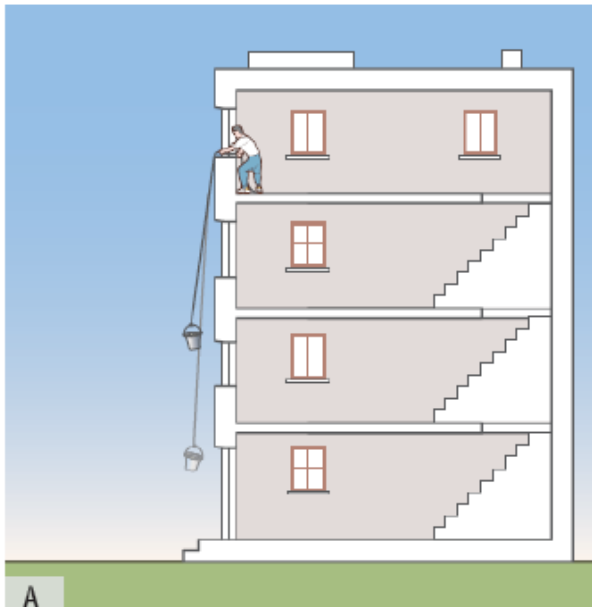
Unità di misura della potenza: W (watt) = J/s

$$[\text{N m s}^{-1}] = \text{W (watt)}$$

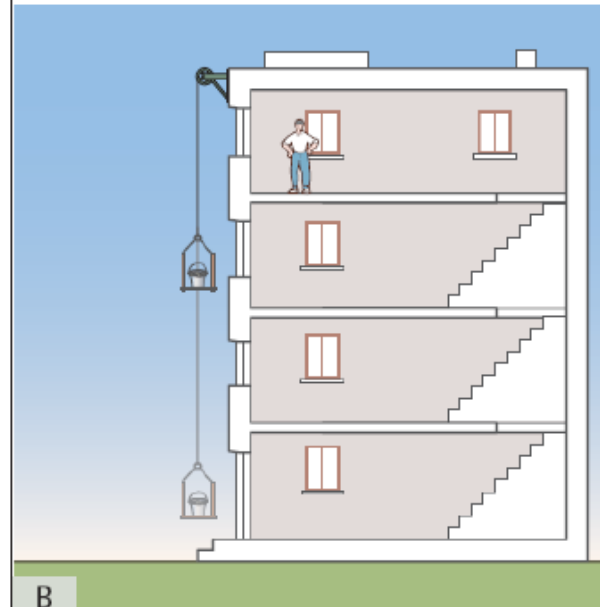
POTENZA

Un lavoro può essere svolto più o meno rapidamente:

► Un muratore solleva un secchio di cemento fino al terzo piano.



► Il montacarichi solleva lo stesso secchio più rapidamente.



W è lo stesso perché F e s sono uguali.

ENERGIA CINETICA

$$dW = \vec{F} \cdot d\vec{s} = F ds \cos \theta = F_T ds$$

$$F_T = ma_T$$

Equazione di Newton proiettata lungo la componente tangenziale alla traiettoria

$$dW = \vec{F} \cdot d\vec{s} = F ds \cos \theta = F_T ds = ma_T ds = m \frac{dv}{dt} ds = m \frac{ds}{dt} dv = m v dv$$

$$W = \int_A^B m v dv = \frac{1}{2} m v_B^2 - \frac{1}{2} m v_A^2 = E_{K,B} - E_{K,A} = \Delta E_K$$

**Teorema della
energia cinetica**

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

Energia cinetica

ENERGIA CINETICA

$$W = \int_A^B mvdv = \frac{1}{2}mv_B^2 - \frac{1}{2}mv_A^2 = E_{K,B} - E_{K,A} = \Delta E_K$$

**Teorema della
energia cinetica**

Il lavoro compiuto dalla risultante delle forze nello spostamento di un punto materiale da A a B è uguale alla variazione dell'energia cinetica del punto materiale stesso

$$E_K = \frac{1}{2}mv^2$$

Energia cinetica

ENERGIA CINETICA

$$W = \int_A^B mv dv = \frac{1}{2}mv_B^2 - \frac{1}{2}mv_A^2 = E_{K,B} - E_{K,A} = \Delta E_K$$

**Teorema della
energia cinetica**

$$W > 0$$

Energia cinetica finale maggiore di quella iniziale

$$W < 0$$

Energia cinetica finale minore di quella iniziale

$$W = 0$$

Energia cinetica è costante (*es. moto circolare uniforme*)

Unità di misura del lavoro (**quindi dell'energia cinetica e di ogni forma di energia**): J (Joule)

$$[N \, m] = J \, (\text{Joule})$$

Energia cinetica

Un oggetto in movimento può compiere un lavoro: possiede **energia cinetica** (K).

L'energia cinetica (ossia di movimento) di un corpo di massa m e velocità v è:



energia cinetica (J)

$$K = \frac{1}{2} mv^2$$

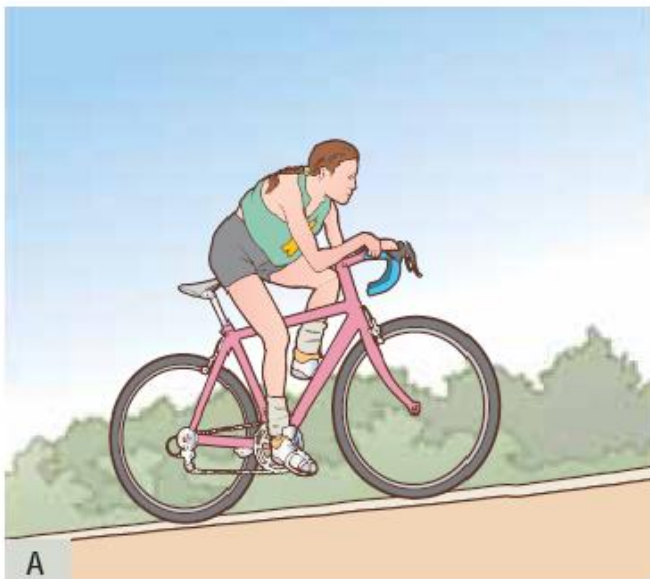
massa (kg)

velocità (m/s)

L'energia è la capacità di un sistema di compiere un lavoro.

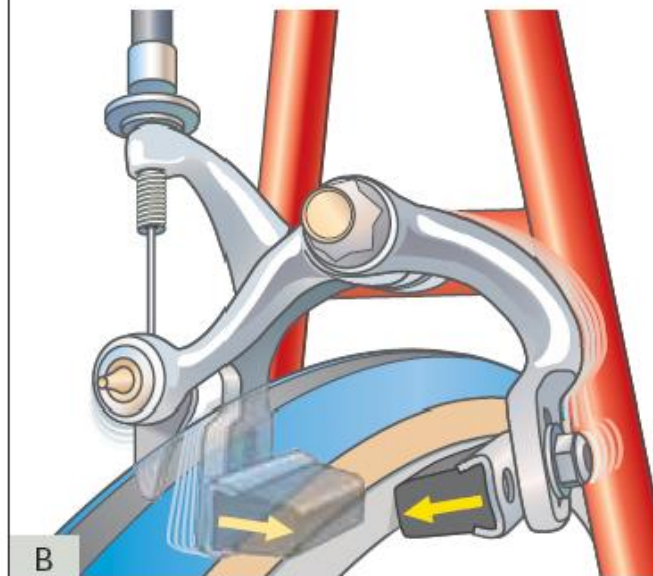
$$W = K_{finale} - K_{iniziale}$$

► Durante uno scatto compiamo un lavoro positivo, che fa aumentare l'energia cinetica.



$$W = K_f - K_i > 0$$

► Durante una frenata compiamo un lavoro negativo, che fa diminuire l'energia cinetica.



$$W = K_f - K_i < 0$$

Il teorema dell'energia cinetica

Se si compie un **lavoro W** su un corpo che inizialmente ha energia cinetica K_i , l'**energia cinetica finale K_f** del corpo sarà la somma di K_i e W :

Diagram illustrating the kinetic energy theorem equation:

$$K_f = K_i + W$$

The equation is displayed in a yellow box. Labels with arrows point to the terms:

- energia cinetica finale (J) points to K_f
- energia cinetica iniziale (J) points to K_i
- lavoro (J) points to W