

Lavoro

- Quando parliamo di lavoro ci vengono in mente gli operai che fanno tanta fatica fisica;
- Ma in fisica il LAVORO è un'altra cosa!

<http://www.youtube.com/watch?v=Xw2y8ehMruo> (Cani da slitta)

<http://www.youtube.com/watch?v=BrdRVPIySD4> (lancio del peso)

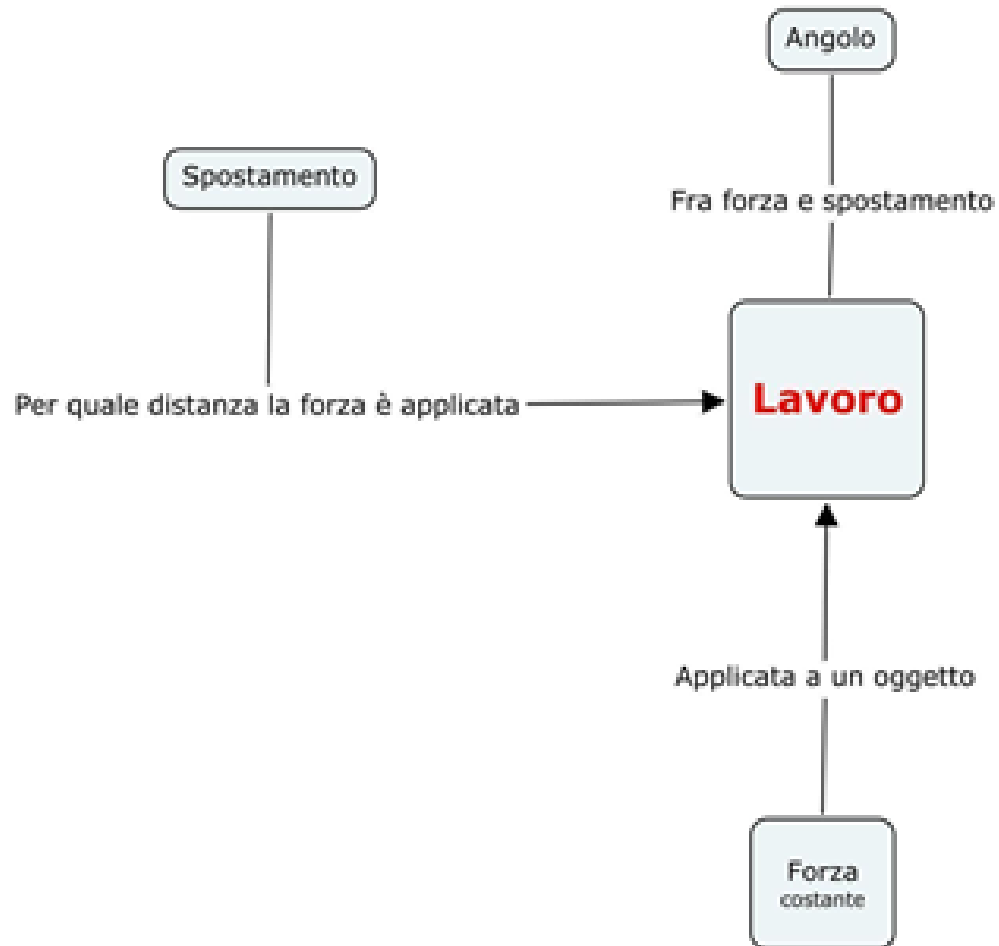
<http://www.youtube.com/watch?v=SDSXoVec75c> (lancio giavellotto)

http://www.youtube.com/watch?v=juv_5pBGZ4Q (salto in alto)

http://www.youtube.com/watch?v=SMwvGPCa_as (trascinatore meccanico)



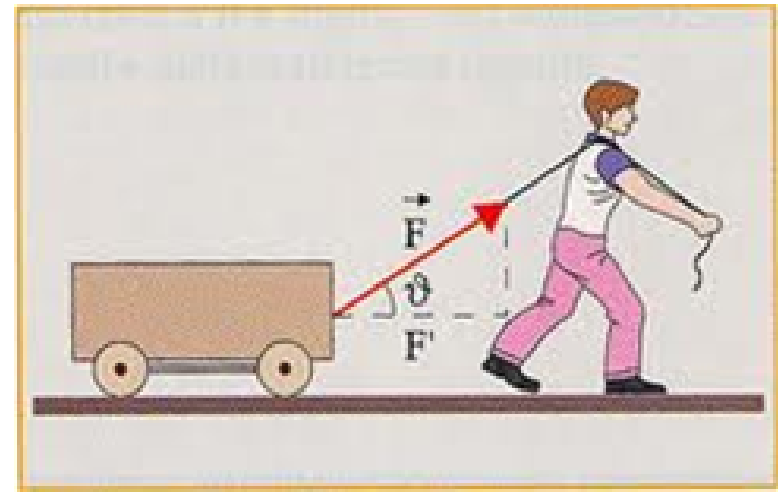
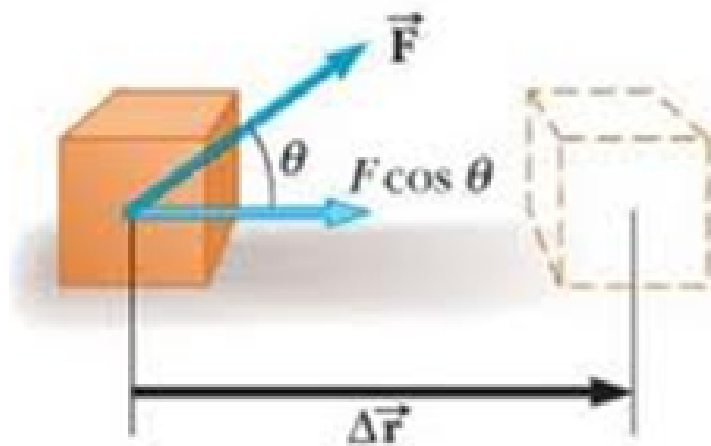
In sintesi



Il **LAVORO** compiuto da una forza è esprimibile in modo conciso dalla formula:

$$L = F s \cos(\text{teta})$$

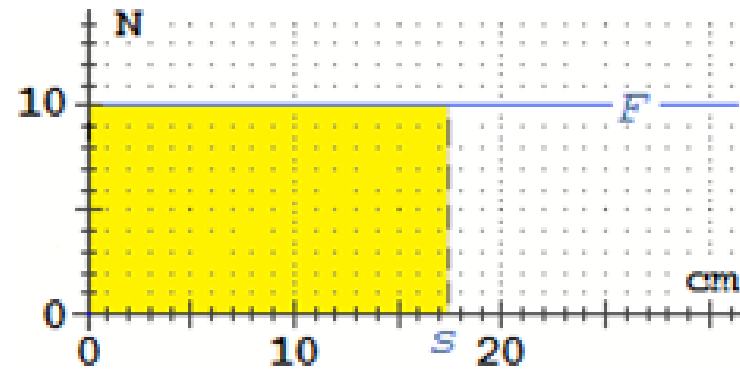
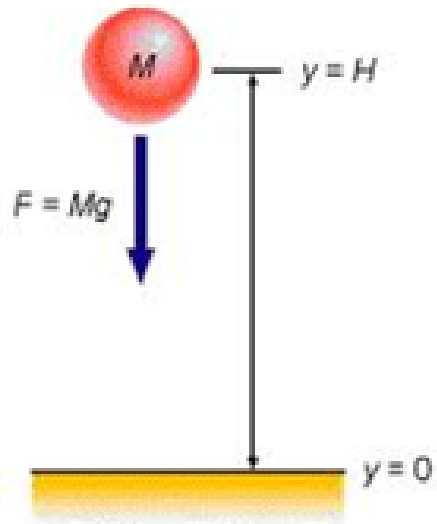
dove **teta** è l'angolo fra la forza e lo spostamento.



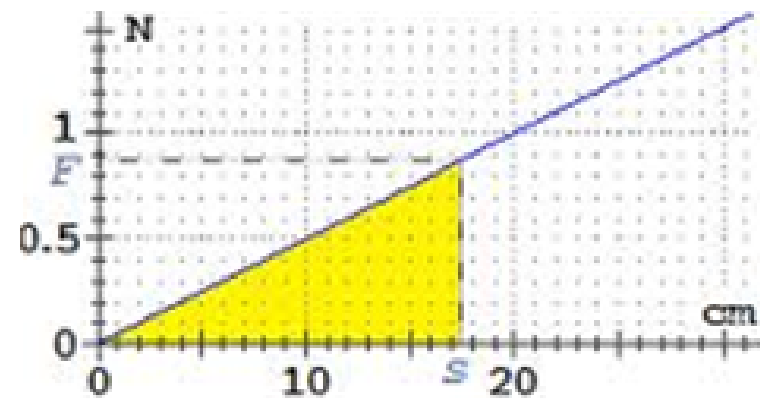
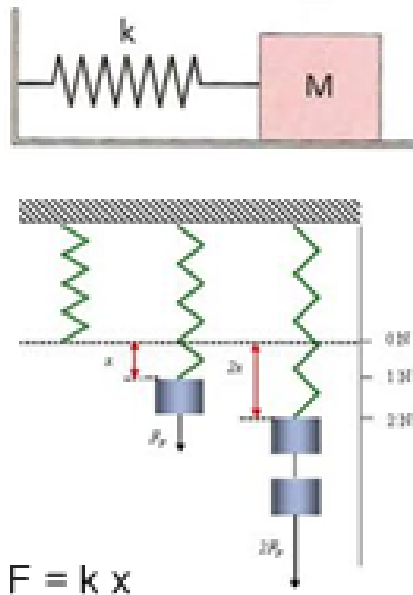
Il prodotto **F cos(teta)** è la proiezione F' della forza lungo la direzione dello spostamento

$$[L] = [F] [s] = \text{N m} = \text{Joule} = \text{J}$$

Interpretazione grafica del lavoro

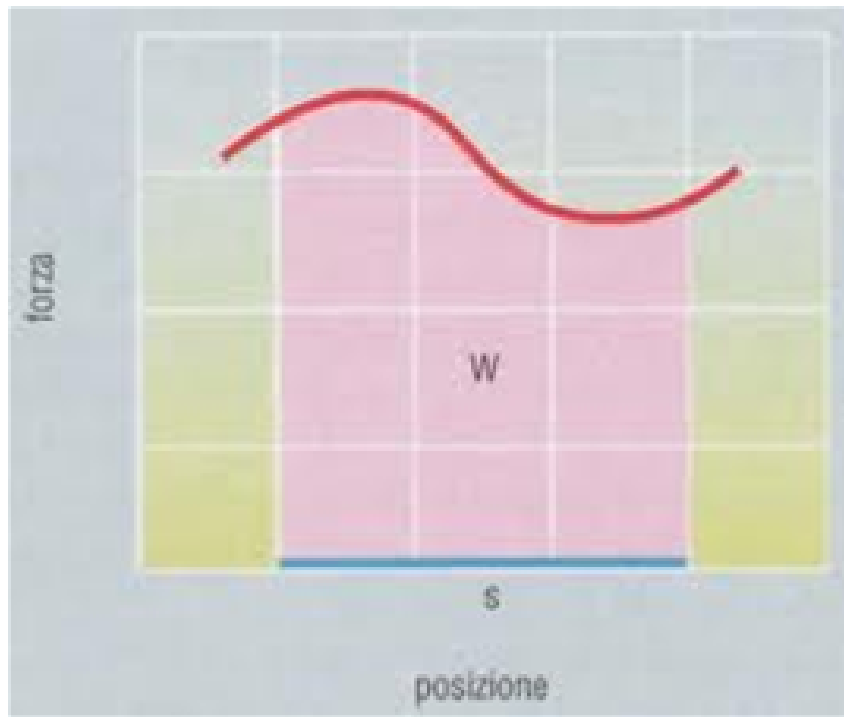


$$L = F s = Mgs$$



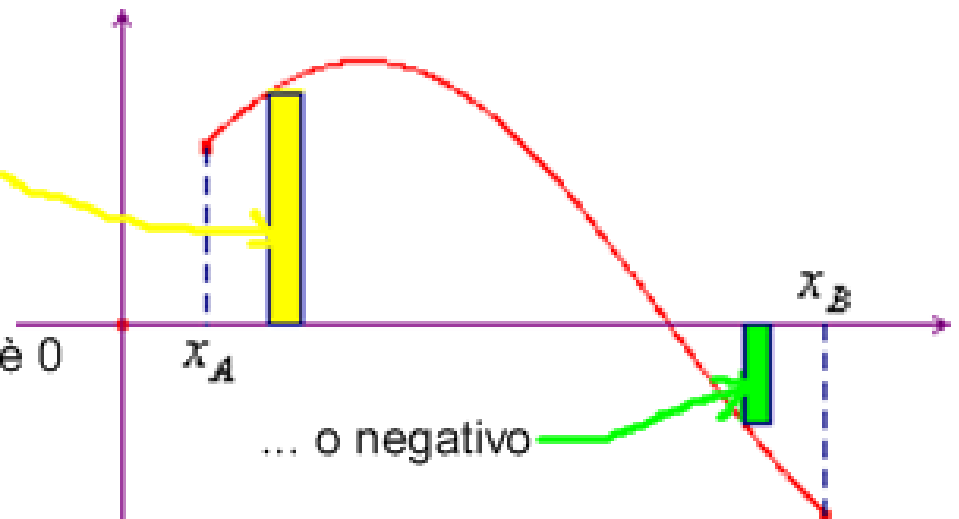
$$L = \frac{1}{2} k x x = \frac{1}{2} k x^2$$

In generale il lavoro è l'area sottesa dal grafico della forza in funzione dello spostamento



Il lavoro può essere positivo ...

... nullo se la forza è 0 o lo spostamento è 0
o sono perpendicolari ...



... o negativo

Il lavoro svolto da una forza:

- A** è sempre positivo
- B** può essere positivo, negativo o nullo
- C** è sempre negativo

Lavoro si, ma in quanto tempo?



<http://www.youtube.com/watch?v=gn4MP3wA2AE> (Trattori da competizione)

<http://www.youtube.com/watch?v=y2rlWOPRnzk> (Cavallo da tiro)

<http://www.youtube.com/watch?v=F6qqt7sgUOE>

http://www.youtube.com/watch?v=Q724_NAXgWc (Trattore che ara)

<http://www.youtube.com/watch?NR=1&v=GZjrJYDMwBc> (Gru)

$$Potenza = \frac{Lavoro}{Tempo}$$

In formule:

$$P = L / \Delta t$$

La POTENZA è il LAVORO compiuto nell'unità di TEMPO (secondo)

$$[P] = [J/s] = \text{Watt} = W$$

1 Cavallo Vapore = 735 W

1 HP (Horse Power) = 746 W

Es. 1 Un muratore solleva un secchio di detriti di 11 kg per 1.5 m in 2 secondi. Quanto lavoro ha compiuto? Quanta potenza ha sviluppato?

$$\begin{aligned} \text{Sol. } L &= F \cdot s = mg \cdot h = 11 \cdot 9.81 \cdot 1.5 = 162 \text{ J} \\ P &= L / t = 162 / 2 = 81 \text{ W} \end{aligned}$$

Es. 2 Un'automobile di massa $m = 1000$ kg viaggia alla velocità di 72 km/h. Ad un certo istante il guidatore frena fermandosi in 10 s. Quale potenza hanno sviluppato i freni?

$$\begin{aligned} \text{Sol. } L &= K_f - K_i = 0 - 1/2 m v^2 = 0 - 1/2 \cdot 1000 \cdot (72 \cdot 1000 / 3600)^2 = -200000 \text{ J} \\ P &= L/t = -200000/10 = -20000 \text{ W} = -20 \text{ kW} \end{aligned}$$

Es. 3 Un trattore sta tirando un aratro con una forza $F = 50000$ N ad una velocità costante di 18 km/h. Quanta potenza sta erogando il motore nell'ipotesi che sia tutta utilizzata per il traino (rendimento = 1)?

$$\text{Sol. } L = F \cdot s = F \cdot v \cdot t \Rightarrow P = L/t = F \cdot v = 50000 \cdot 18 \cdot 1000 / 3600 = 250000 \text{ W}$$

Energia



Tutto ciò che può compiere lavoro

Energia



Cinetica



Di movimento



Potenziale



Di posizione

Un oggetto in movimento ha energia

http://www.youtube.com/watch?feature=player_detailpage&v=N_rsVg3SdRc (buldozer)

http://www.youtube.com/watch?v=DL5w_ILgVhs (incidenti)

http://www.youtube.com/watch?v=w_8Mc-XWCyU (onda)

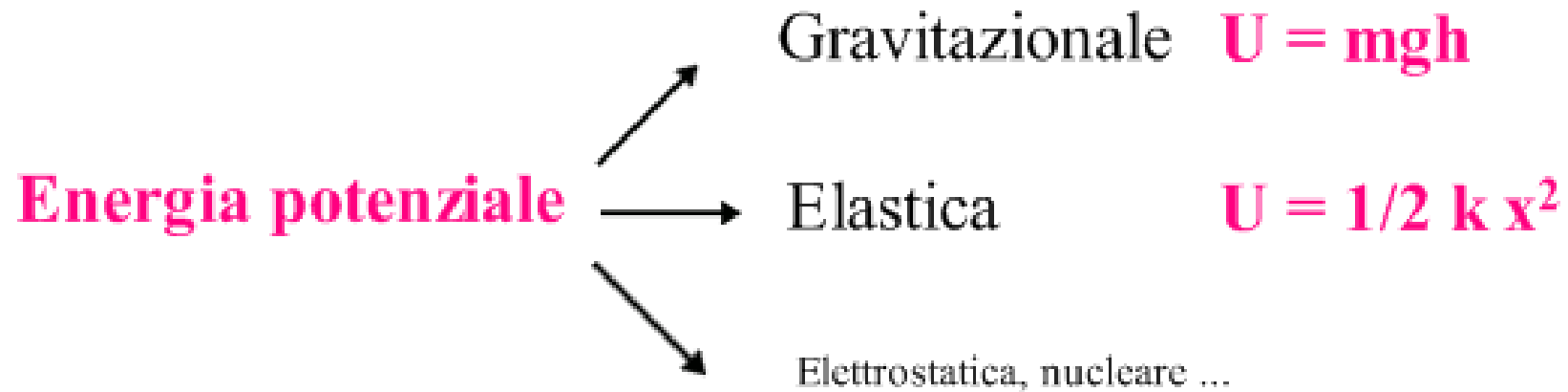
http://www.youtube.com/watch?v=xCIlu05KD_s (Tornado)

Ma anche oggetti fermi hanno energia!

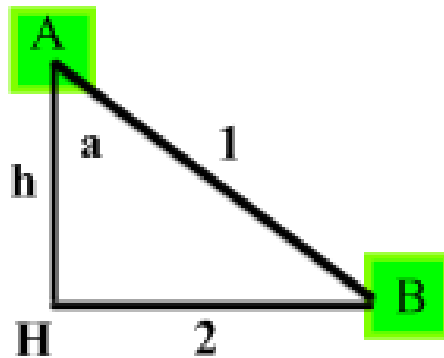
http://www.dailymotion.com/video/xcj9wi_palla-da-demolizione-cade-dalla-gru_news

http://www.youtube.com/watch?v=_7mGqmTjssY (tiro arco)

Energia Cinetica → $K = 1/2 m v^2$



Il lavoro che la forza di gravità compie per spostare un oggetto di massa m da un punto A a un punto B, dipende dal percorso?



$$L_1 = F * AB \cos(a) = mg * AB * h/AB \\ = mg * h$$

$$L_2 = F * h \cos(0^\circ) + F * HB \cos(90^\circ) \\ = mg * h + 0 = mg * h$$

$$L_1 = L_2$$



Il lavoro che la forza di gravità compie per spostare un oggetto da A a B NON dipende dal percorso seguito!

Il lavoro fatto dalla forza di gravità per spostare un oggetto da un punto A ad un punto B non dipende dal percorso compiuto ma solo dal punto iniziale A dal punto finale B.

=> La forza di gravità è CONSERVATIVA

Il lavoro fatto dalla forza di gravità è dato da:

$$L = mgh = mg*(y_A - y_B) = mg*y_A - mg*y_B = U_A - U_B$$

$$U = mgy$$



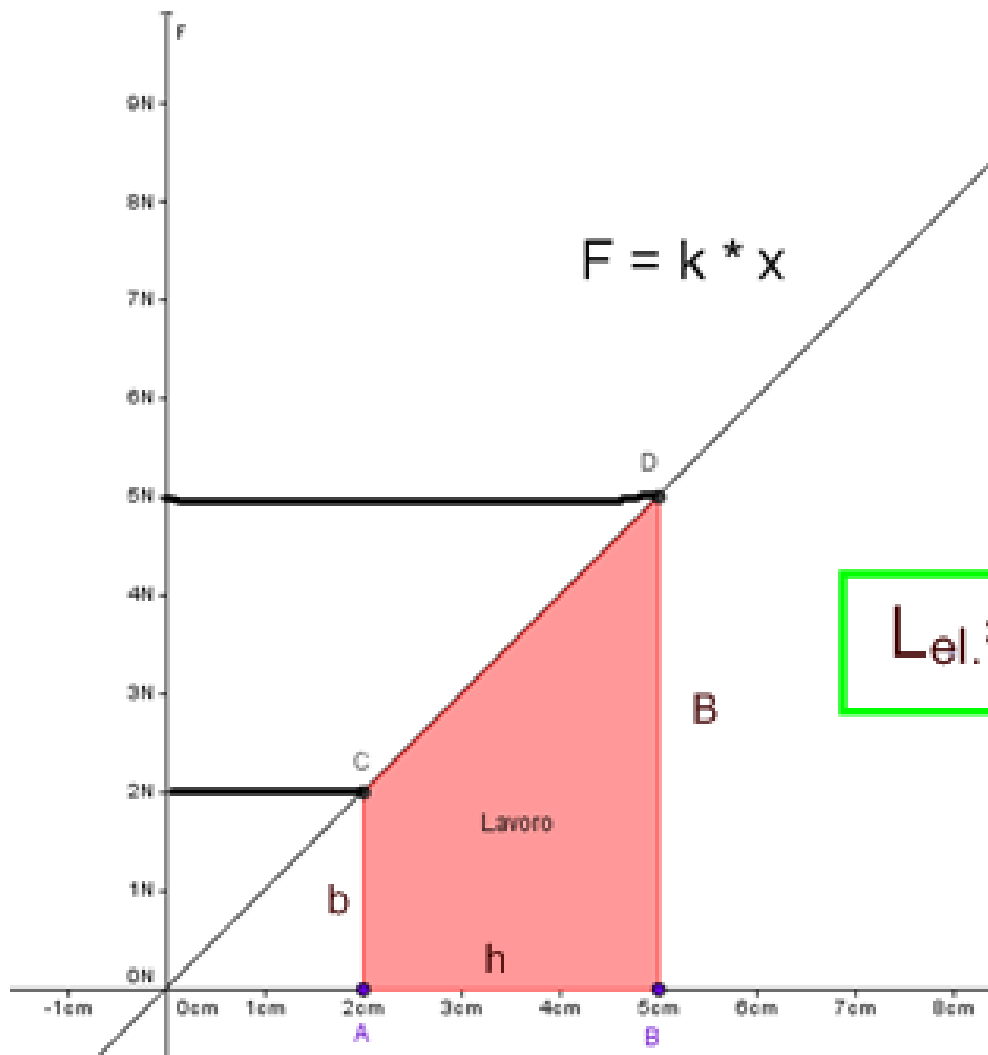
Energia potenziale
gravitazionale

(vicino alla superficie terrestre)

Energia potenziale elastica

Anche la forza elastica è una forza conservativa

Calcoliamo il lavoro che compie una forza esterna che agisce su una molla per allungarla da A a B.



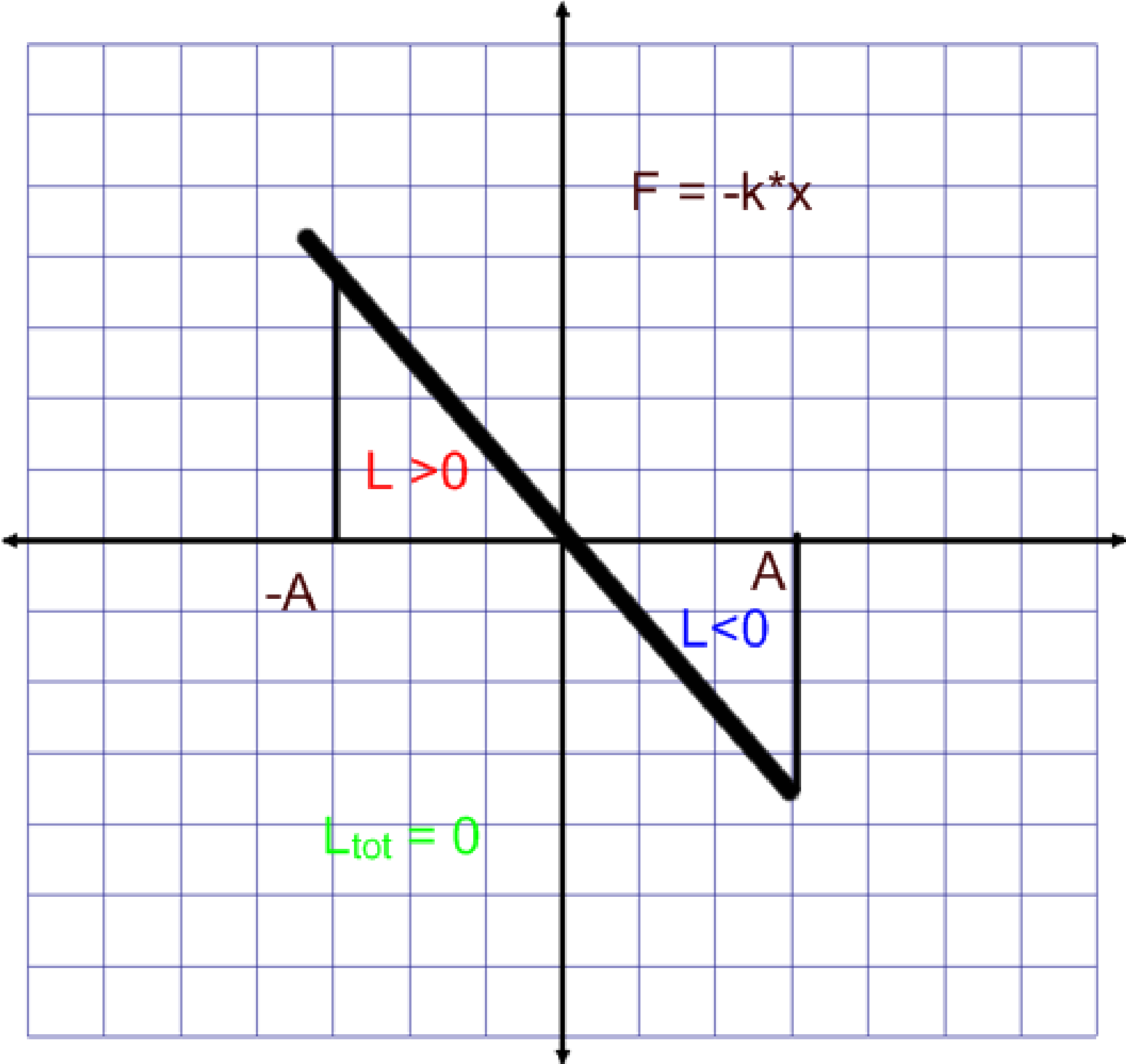
$$\begin{aligned} L_{\text{est.}} &= (B+b) \cdot h / 2 = \\ &= (k x_B + k x_A) \cdot (x_B - x_A) / 2 = \\ &= k (x_B + x_A) \cdot (x_B - x_A) / 2 = \\ &= k (x_B^2 - x_A^2) / 2 \end{aligned}$$

La forza elastica fa un lavoro opposto alla forza esterna, per cui si ha:

$$L_{\text{el.}} = - L_{\text{est.}} = 1/2 k (x_A^2 - x_B^2)$$

$$U_{\text{el.}} = 1/2 k x^2$$

$$L = U_A - U_B$$



Adesso attenzione!

Abbiamo appena visto che se su un oggetto agiscono solo

FORZE CONSERVATIVE

(per es. la gravità o la forza elastica) il lavoro per andare da un punto A a un punto B non dipende dal percorso seguito e vale SEMPRE:

$$L_{AB} = U_A - U_B$$

Ma per il Teorema dell'Energia Cinetica che si può applicare a tutte le forze si ha:

$$L_{AB} = K_B - K_A$$

Quindi se su un corpo agiscono SOLO forze conservative possiamo scrivere:



$$L_{AB} = U_A - U_B$$

$$L_{AB} = K_B - K_A$$

Forze conservative

Teorema energia cinetica

$$K_A + U_A = K_B + U_B$$

$$E_A = E_B$$

E = Energia meccanica
di un sistema soggetto a sole forze conservative, si
CONSERVA

Principio di conservazione dell'Energia Meccanica

*Se in un sistema fisico agiscono SOLO forze conservative,
l'ENERGIA MECCANICA TOTALE
del sistema si conserva ossia NON cambia nel tempo!*

E' uno dei principi di conservazione più importanti di tutta la fisica !

Cosa succede se sul sistema agiscono forze **NON** conservative?

- A L'energia cinetica aumenta
- B L'energia potenziale cambia
- C Non si conserva l'energia meccanica totale



In questo caso l'energia meccanica totale **NON** si conserva e vale:

$$\Delta E = E_f - E_i = L_{\text{Non Cons.}}$$

Un tipico esempio sono gli attriti che fanno sempre diminuire l'energia meccanica

Andiamo alla pratica

Come si risolvono gli esercizi?



Schema risolutivo degli esercizi

- Ci si accerta che sul sistema agiscano solo forze conservative (es. Gravità e/o Forza Elastica)
- Si scrive in formule l'Energia meccanica iniziale E_i (cinetica più potenziale) di TUTTO il sistema
- Si scrive in formule l'Energia meccanica finale E_f (cinetica più potenziale) di TUTTO il sistema
- Si uguaglia $E_i = E_f$ e si risolve l'equazione rispetto all'incognita da trovare (per esempio una velocità, un'altezza ...)

Es. Un fucile a molla spara un proiettile in verticale da un'altezza h dal suolo.

i) A che altezza arriva?

ii) Con che velocità si muove quando si trova a 5 m dal suolo? Trascura gli attriti.

Dati: $k = 300 \text{ N/m}$, compressione $\Delta x = 10 \text{ cm}$, $m = 20 \text{ g}$, $h = 10 \text{ m}$

1. Sul sistema (proiettile) agiscono solo forze conservative (gravità e forza elastica)

$$2. E_i = K_i + U_i = 0 + mgh + 1/2 k (\Delta x)^2 \quad (\text{prima che il proiettile venga sparato})$$

$$3. E_f = K_f + U_f = 0 + mgh_{\max} \quad (\text{quando che il proiettile arriva al punto più alto})$$

$$4. E_i = E_f \Rightarrow mgh + 1/2 k (\Delta x)^2 = mgh_{\max}$$

$$5. h_{\max} = 17.6 \text{ m}$$

$$3'. E_f = K_f + U_f = 1/2 m v^2 + mg*5 \quad (\text{quando che il proiettile è a 5 m da terra})$$

$$4'. E_i = E_f \Rightarrow mgh_{\max} = 1/2 m v^2 + mg*5 \quad (\text{lo stato iniziale è arbitrario})$$

$$5'. v = 15.8 \text{ m/s}$$

FINE