Università degli Studi di Milano

Facoltà di Medicina e Chirurgia

Corso di laurea

Tecniche Audiometriche – Tecniche Audioprotesiche

Corso di Fisica A.A. 2022-2023

Docente: Marie Claire Cantone

2. MECCANICA

MECCANICA

CINEMATICA – descrive il moto a prescindere dalle cause.

DINAMICA – studia le equazioni del moto note le forze applicate.

STATICA – studia le condizioni di equilibrio per i corpi rigidi.

2.2 DINAMICA

DINAMICA

Fenomeni fisici possono essere descritti da forze.

La forze gravitazionale ed elettromagnetica sono quelle di maggiore rilevanza nel macrocosmo e le più significative nel condizionare la morfologia, la fisiologia e la patologia degli organismi viventi.

In Meccanica una FORZA è un agente che causa un cambiamento nello stato di moto di un corpo. L'effetto dell'azione dipende da intensità, direzione e verso della forza.

CAMPO DI FORZA

Una regione dello spazio è sede di un campo di forze quando in ogni punto è presente una forza capace di agire su un elemento fisico con essa compatibile (es. massa e forza gravitazionale, carica elettrica e forza elettrostatica)

CAMPO CONSERVATIVO

Un campo caratterizzato da forze di natura tale che il lavoro di quella forza non dipende dal percorso eseguito ma solo dalla posizione iniziale e finale.

Principi della dinamica - Leggi di Newton

PRIMO PRINCIPIO DELLA DINAMICA (PRINCIPIO DI INERZIA)

Ogni corpo permane nel suo stato di quiete o di moto rettilineo uniforme finchè non intervengono forze esterne ovvero finchè è nulla la risultante delle forze applicate.

Valido per un osservatore in un sistema di riferimento inerziale.

Principi della dinamica - Leggi di Newton

SECONDO PRINCIPIO DELLA DINAMICA

L'accelerazione che un corpo subisce è proporzionale alla forza agente su di esso.

$\vec{F} = m\,\vec{a}$ $\quad [F] = [\,MLT^{-2}\,]$ $\quad 1\ N = 1\ kg\ m\ s^{-2}$

Principi della dinamica - Leggi di Newton

TERZO PRINCIPIO DELLA DINAMICA (PRINCIPIO DI AZIONE E REAZIONE)

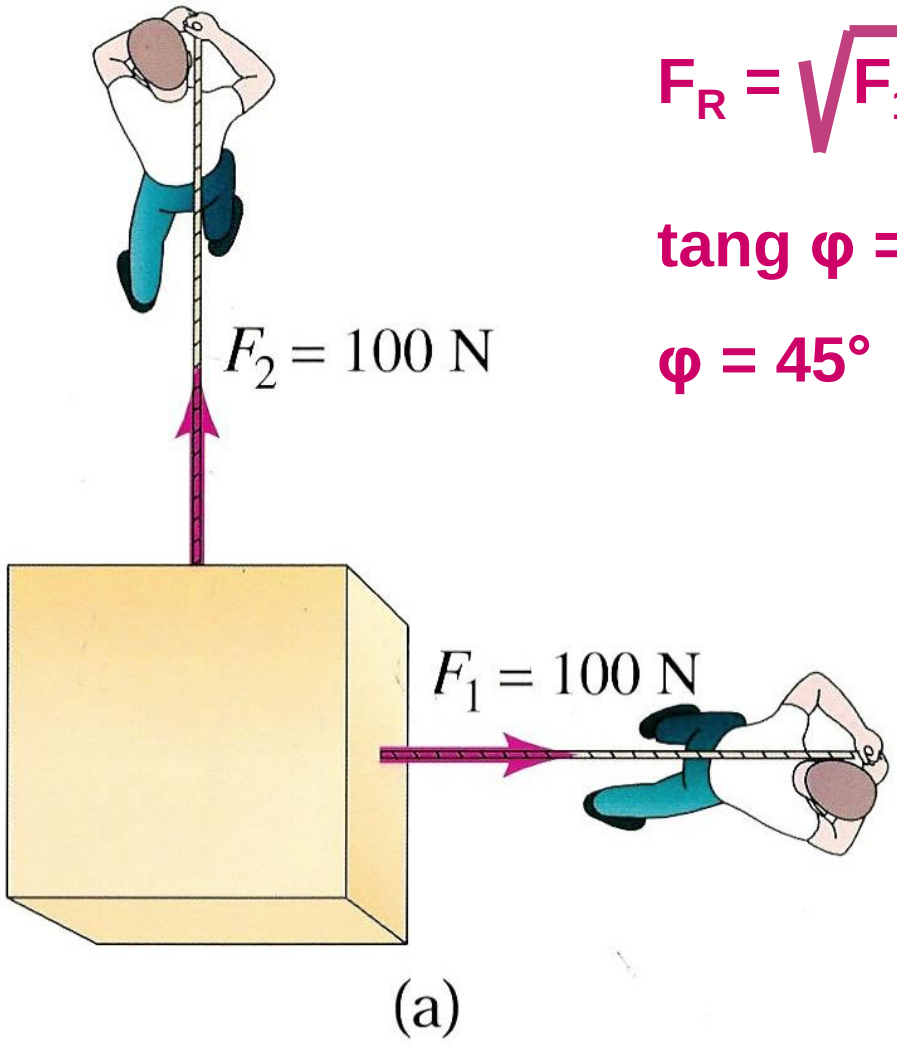
Se un corpo A esercita una forza su un corpo B, il corpo B esercita su A una forza uguale e contraria.

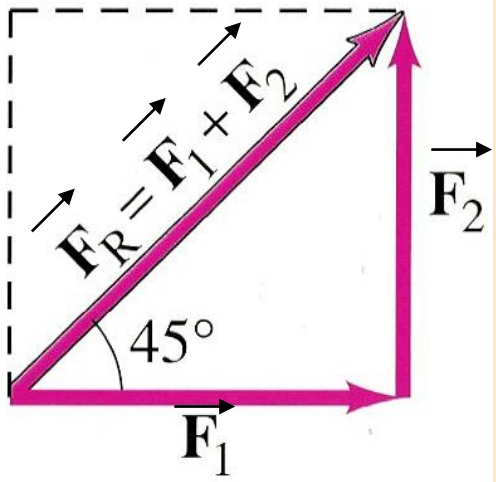
$$\vec{F}_{AB} = -\vec{F}_{BA}$$

$$F_R = \sqrt{F_1^2 + F_2^2} = 141 \text{ N}$$

$$\text{tang } \varphi = \frac{F_2}{F_1} = 1$$

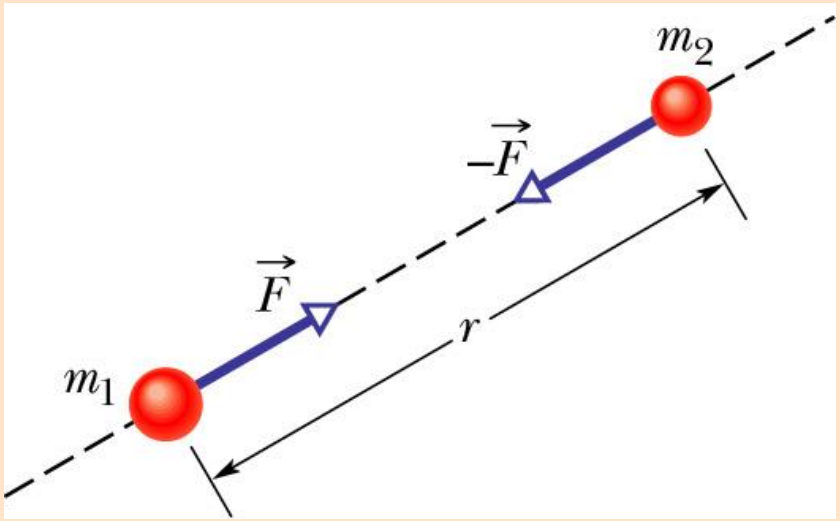
$$\varphi = 45°$$





Forza gravitazionale

La forza gravitazionale è la forza di attrazione che agisce fra le masse. La forza con cui la massa m_1 attrae la massa m_2 è data da:

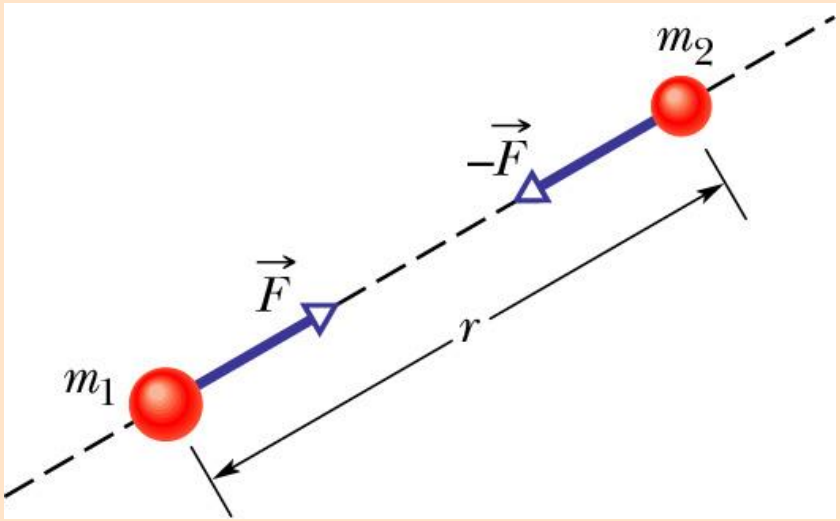


Forza gravitazionale

La forza gravitazionale è la forza di attrazione che agisce fra le masse. La forza con cui la massa m_1 attrae la massa m_2 è data da:

modulo $F = G \dfrac{m_1 m_2}{r^2}$

$$\vec{F} = - G \frac{m_1 m_2}{r^2} \frac{\vec{r}}{r}$$

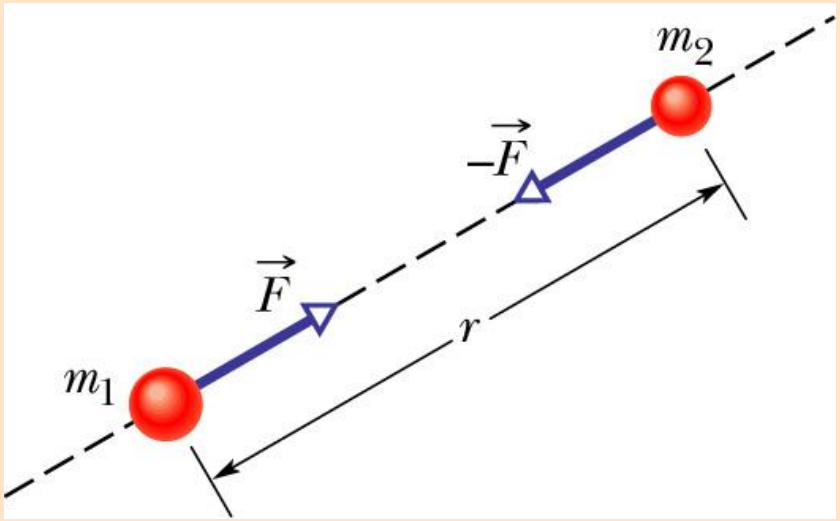


Forza gravitazionale

La forza gravitazionale è la forza di attrazione che agisce fra le masse. La forza con cui la massa m_1 attrae la massa m_2 è data da:

modulo $$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

$$\vec{F} = - G \frac{m_1 m_2}{r^2} \frac{\vec{r}}{r}$$



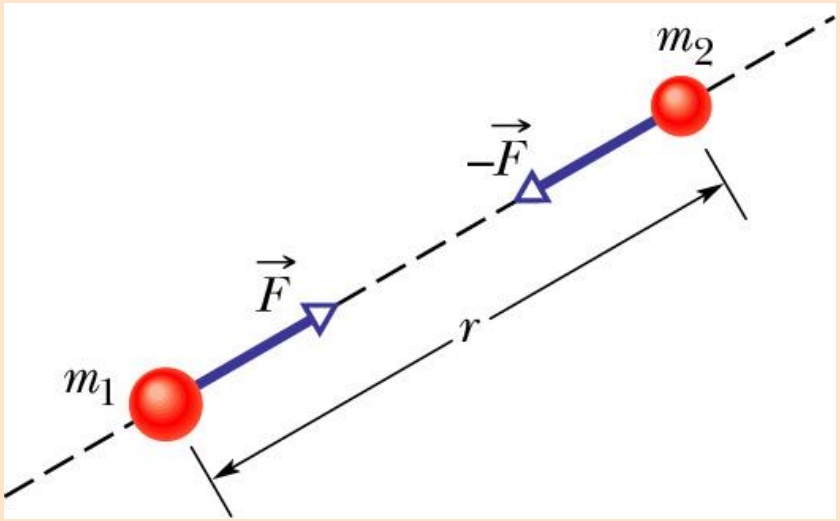
La forza gravitazionale è simmetrica rispetto alle due masse, è sempre attrattiva quindi di segno negativo.

Forza gravitazionale

La forza gravitazionale è la forza di attrazione che agisce fra le masse. La forza con cui la massa m_1 attrae la massa m_2 è data da:

modulo $$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

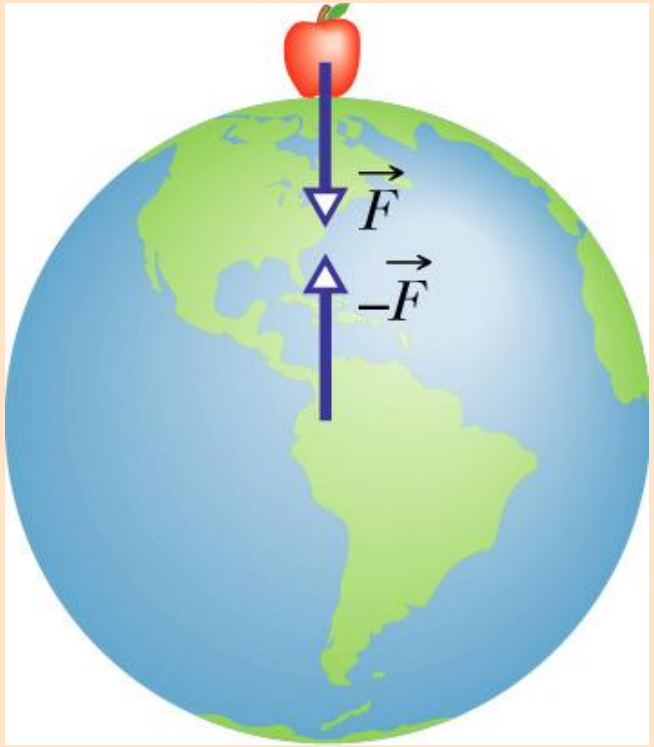
$$\vec{F} = - G \frac{m_1 m_2}{r^2} \frac{\vec{r}}{r}$$



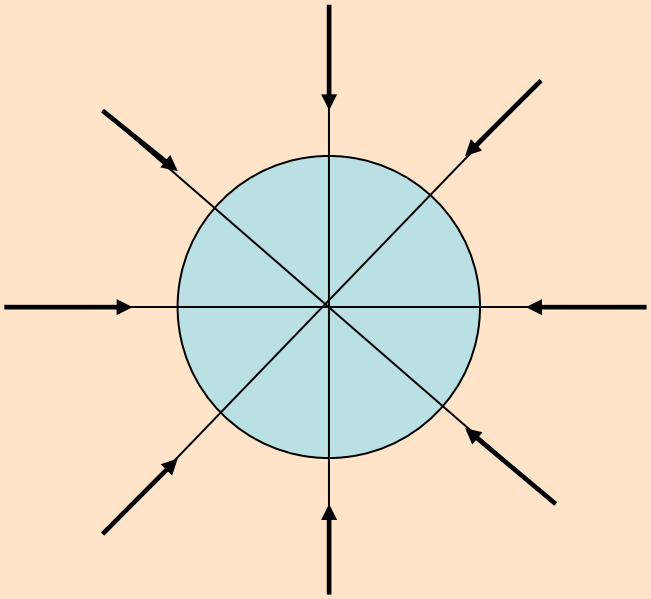
La forza gravitazionale è simmetrica rispetto alle due masse, è sempre attrattiva quindi di segno negativo.

$$G = 6.67 \times 10^{-11} \quad N\ m^2\ kg^{-2}$$

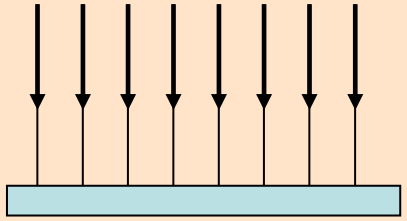
Il valore di G è molto basso, quindi la forza è significativa per masse molto grandi.



$$F = G \frac{M_T\, m}{R^2} = g\, m$$



$$\vec{F} = m\, \vec{g}$$

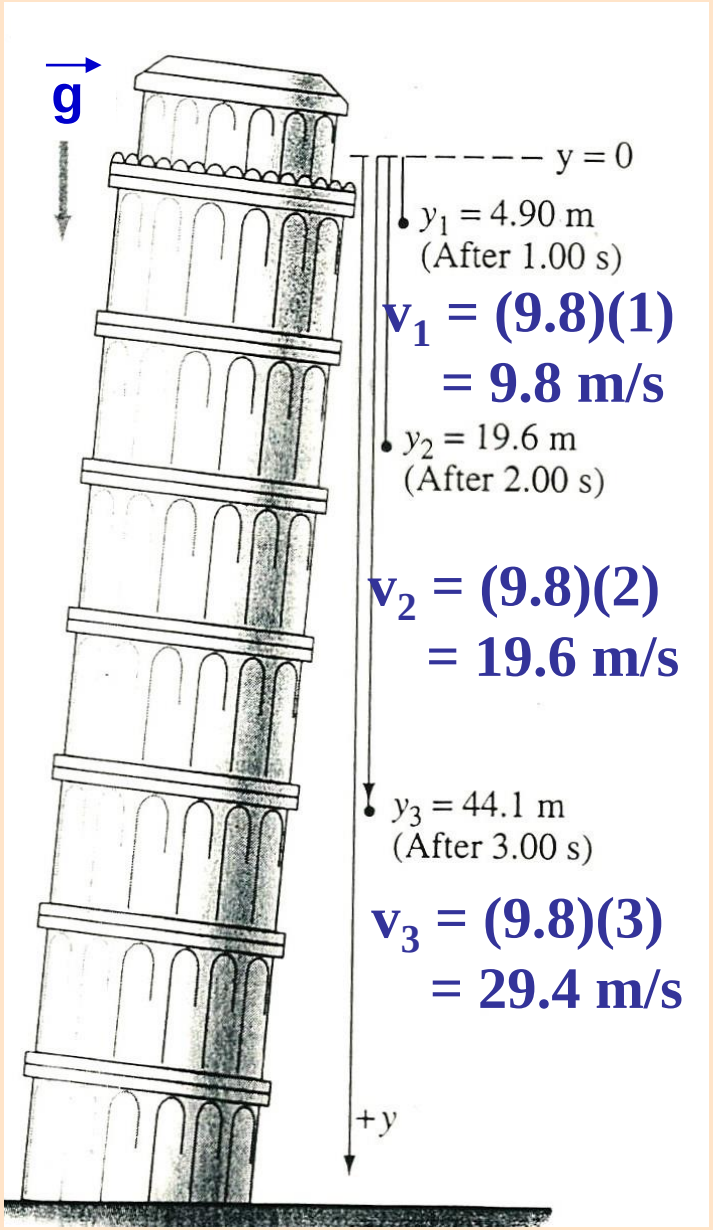


$$g = 9.8 \text{ m s}^{-2}$$

New York , g = 9.803 ms^{-2}
Equatore, g = 9.780 ms^{-2}
Polo Nord, g = 9.832 ms^{-2}

Mt. Everest (8.8 km) g = 9.80 ms^{-2}
Pallone (36. km) g = 9.71 ms^{-2}
Space Shuttle (400 km) g = 0.225 ms^{-2}

Forza peso e caduta dei gravi



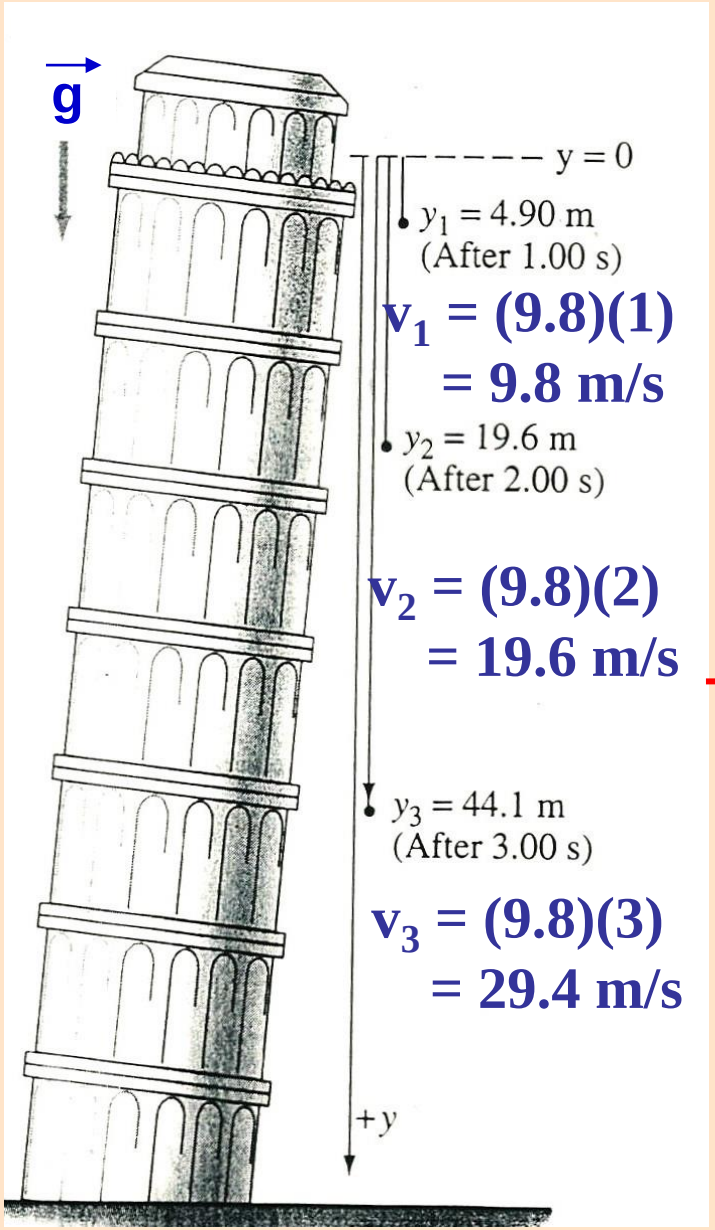
$\vec{F} = m\vec{g} = \vec{p}$

accelerazione di gravità $\vec{g}$ è la stessa per tutti i corpi ed è costante durante la caduta.



In aria Sotto vuoto

Forza peso e caduta dei gravi



$\vec{F} = m\vec{g} = \vec{p}$

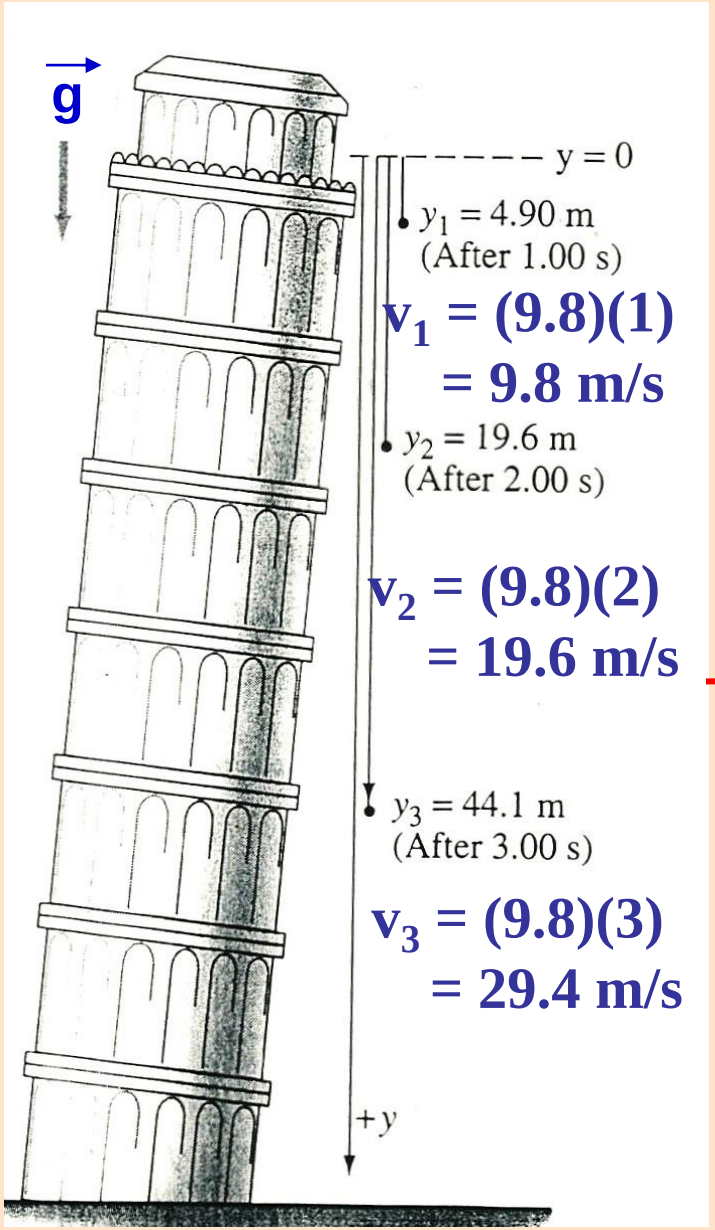
accelerazione di gravità $\vec{g}$ è la stessa per tutti i corpi ed è costante durante la caduta.



Moto uniformemente accelerato

$$x = x_0 + v_0 t + \tfrac{1}{2} a t^2$$

Forza peso e caduta dei gravi



$\vec{F} = m\vec{g} = \vec{p}$

accelerazione di gravità $\vec{g}$ è la stessa per tutti i corpi ed è costante durante la caduta.



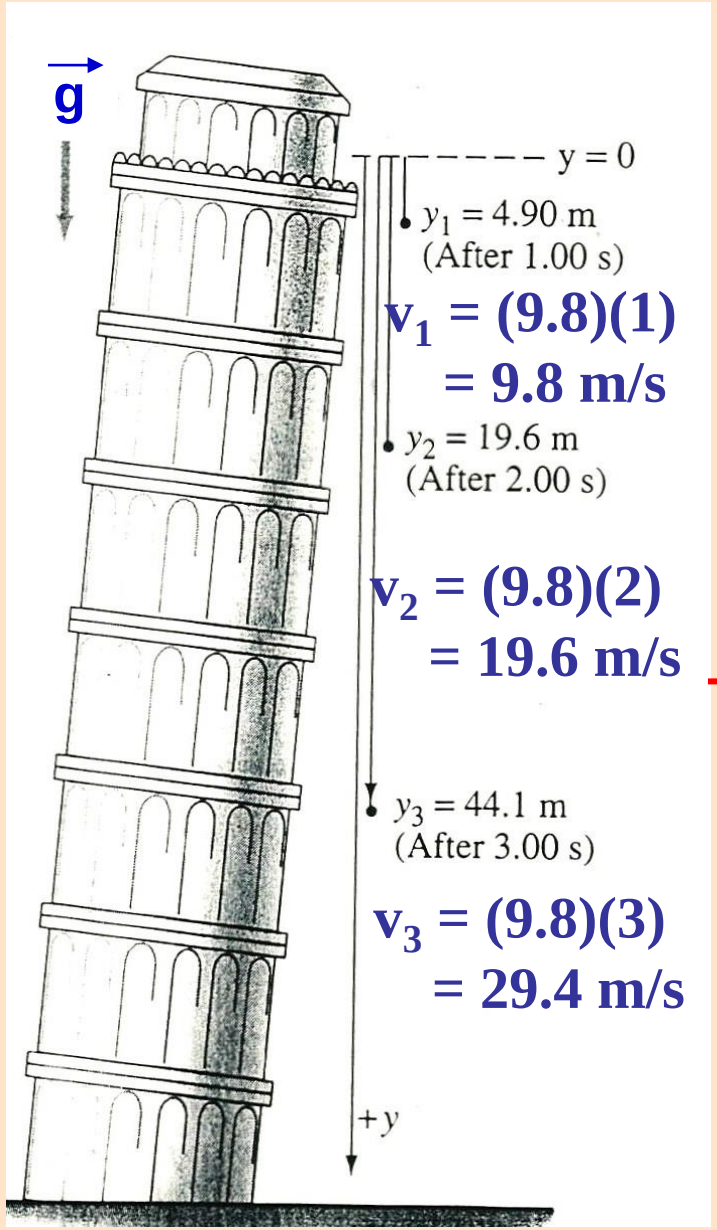
Moto uniformemente accelerato

$$x = x_0 + v_0 t + \tfrac{1}{2} a t^2$$

altezza punto di partenza $y_0 = 0$

$$y = \tfrac{1}{2} g t^2 + v_0 t$$

Forza peso e caduta dei gravi



$\vec{F} = m\vec{g} = \vec{p}$

accelerazione di gravità $\vec{g}$ è la stessa per tutti i corpi ed è costante durante la caduta.



Moto uniformemente accelerato

$$x = x_0 + v_0 t + \tfrac{1}{2} a t^2$$

altezza punto di partenza $y_0 = 0$

$$y = \tfrac{1}{2} g t^2 + v_0 t$$

per un corpo che viene lasciato cadere $v_0 = 0$

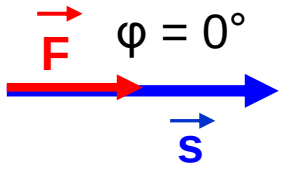
$$y = \tfrac{1}{2} g t^2$$

LAVORO DI UNA FORZA

Prodotto scalare tra la forza e lo spostamento in atto durante la sua applicazione.

Quando F si mantiene costante si ha:

$$L = \vec{F} \cdot \vec{s} = F\, s \cos \varphi$$



$L = F\, s$

$[L] = [\, ML^2T^{-2}]$

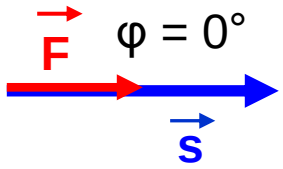
$1\ J = 1\ N\ m$

LAVORO DI UNA FORZA

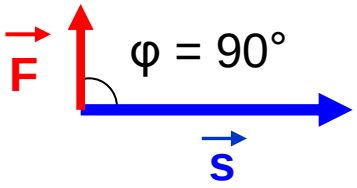
Prodotto scalare tra la forza e lo spostamento in atto durante la sua applicazione.

Quando F si mantiene costante si ha:

$$L = \vec{F} \cdot \vec{s} = F\, s \cos\varphi$$



$L = F\, s$



$[L] = [\, ML^2T^{-2}]$

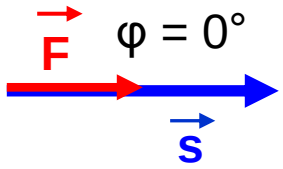
1 J = 1 N m

LAVORO DI UNA FORZA

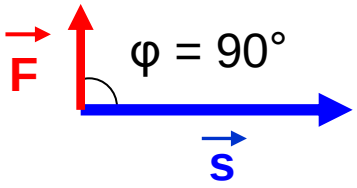
Prodotto scalare tra la forza e lo spostamento in atto durante la sua applicazione.

Quando F si mantiene costante si ha:

$$L = \vec{F} \cdot \vec{s} = F\, s \cos\varphi$$



$L = F\, s$



$L = 0$

$[L] = [\, ML^2T^{-2}]$

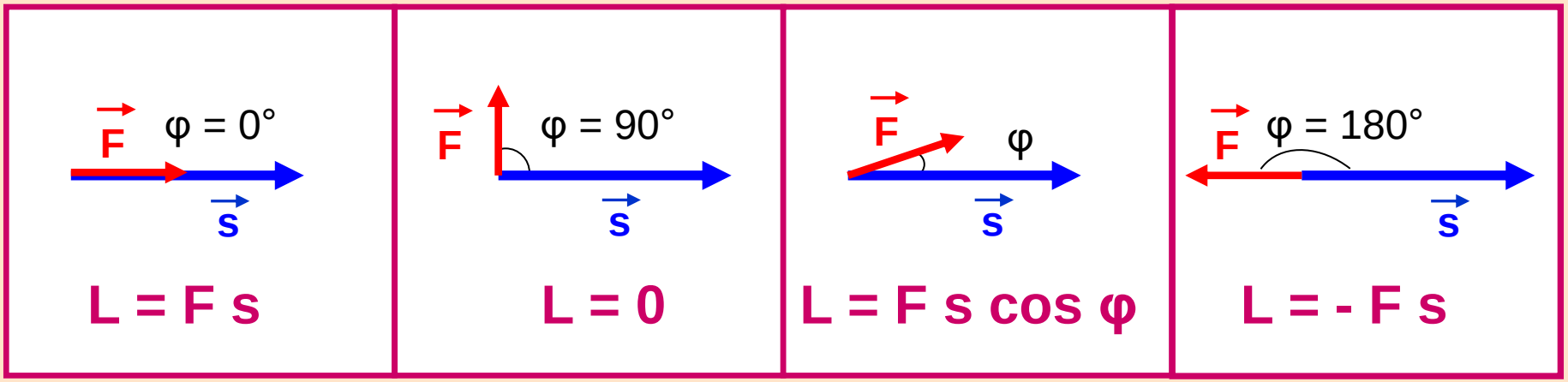
$1\ J = 1\ N\ m$

LAVORO DI UNA FORZA

Prodotto scalare tra la forza e lo spostamento in atto durante la sua applicazione.

Quando F si mantiene costante si ha:

$$L = \vec{F} \cdot \vec{s} = F\, s \cos\varphi$$



$$[L] = [\, ML^2T^{-2}]$$

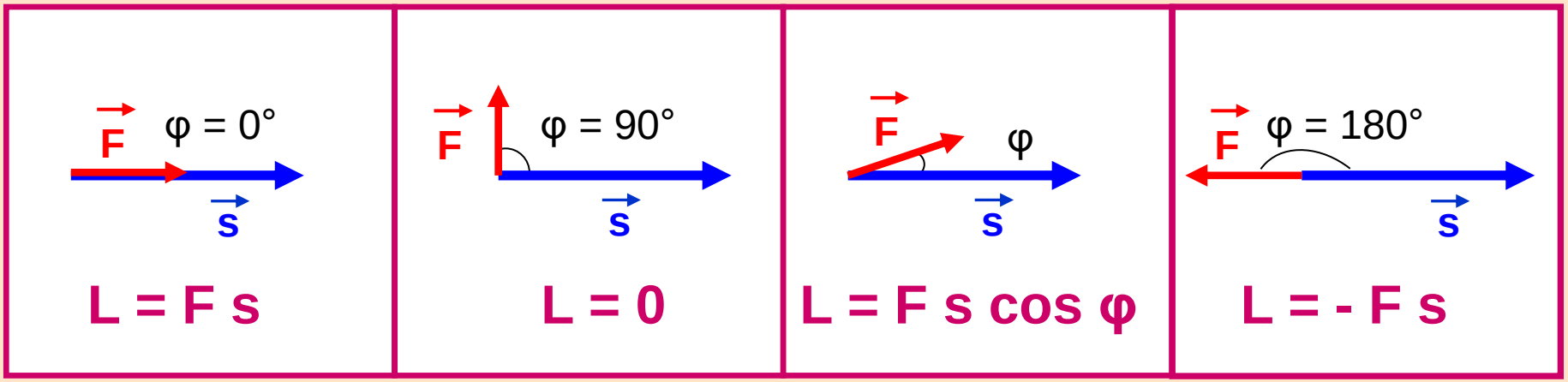
$$1\ J = 1\ N\ m$$

LAVORO DI UNA FORZA

Prodotto scalare tra la forza e lo spostamento in atto durante la sua applicazione.

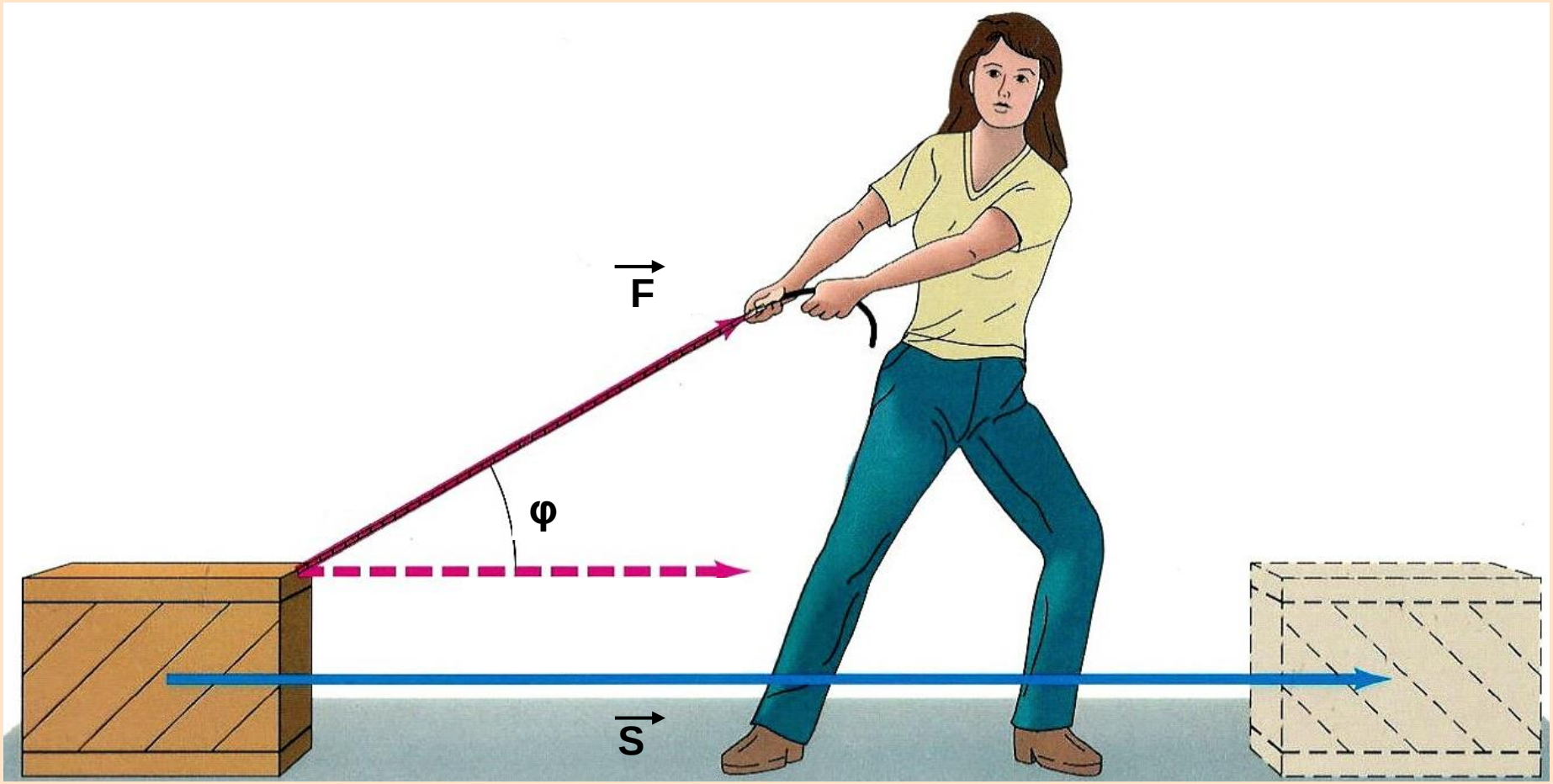
Quando F si mantiene costante si ha:

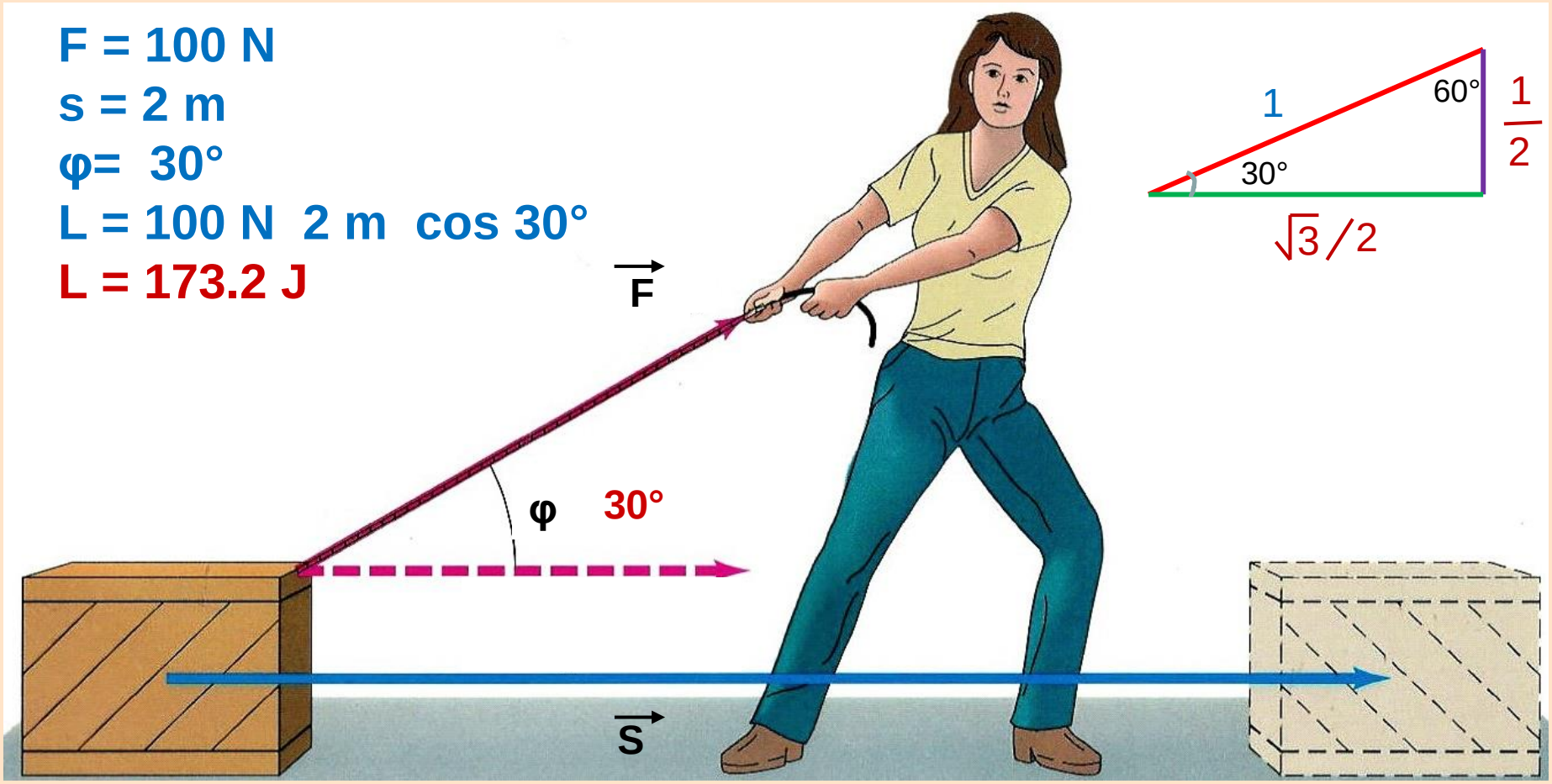
$$L = \vec{F} \cdot \vec{s} = F\, s \cos\varphi$$

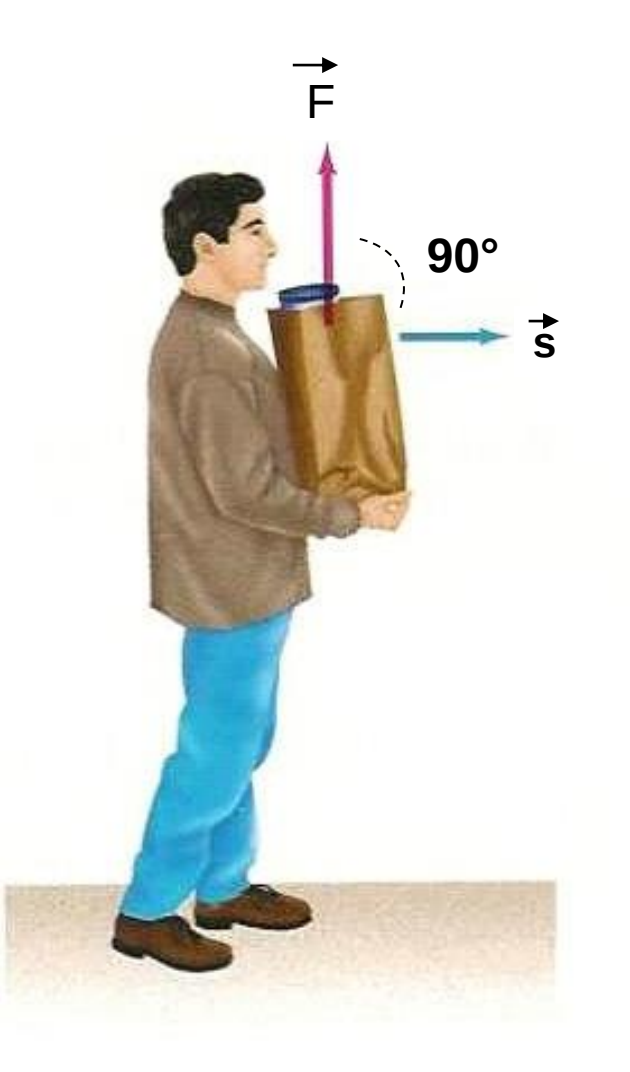


$$[L] = [\, ML^2T^{-2}]$$

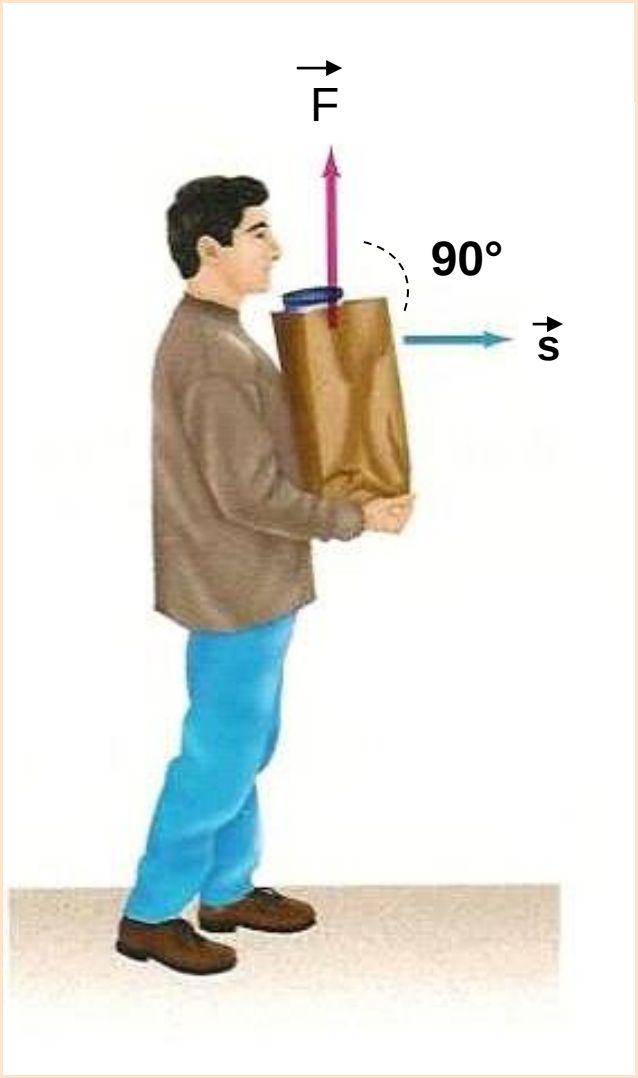
$$1\ J = 1\ N\ m$$


F
φ
S

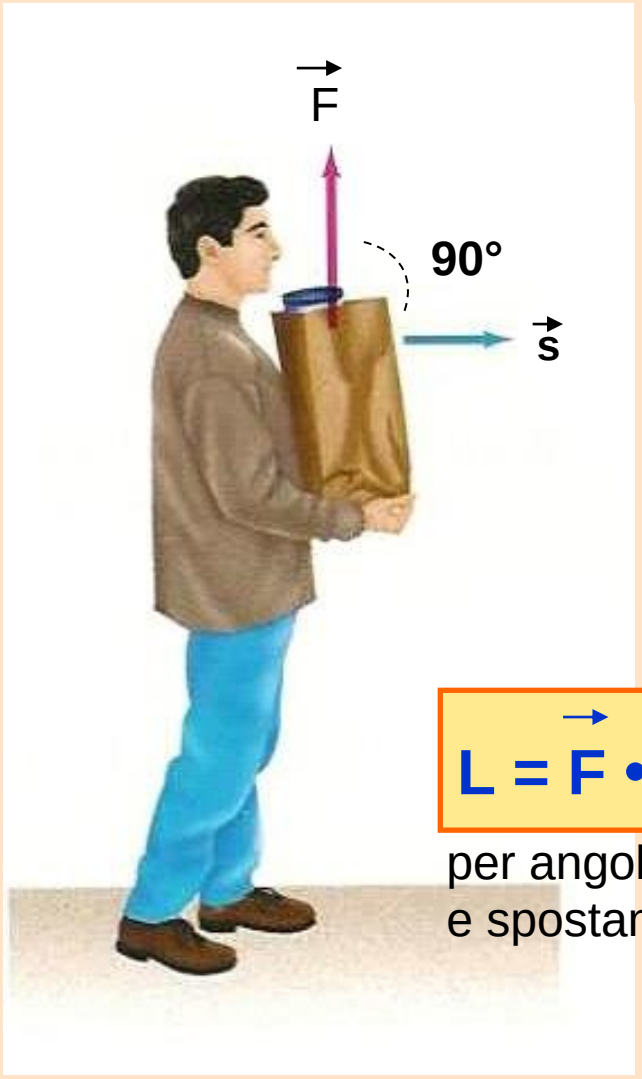

F = 100 N
s = 2 m
φ= 30°
L = 100 N 2 m cos 30°
L = 173.2 J
F
φ
30°
s
1
60°
30°
1/2
√3/2

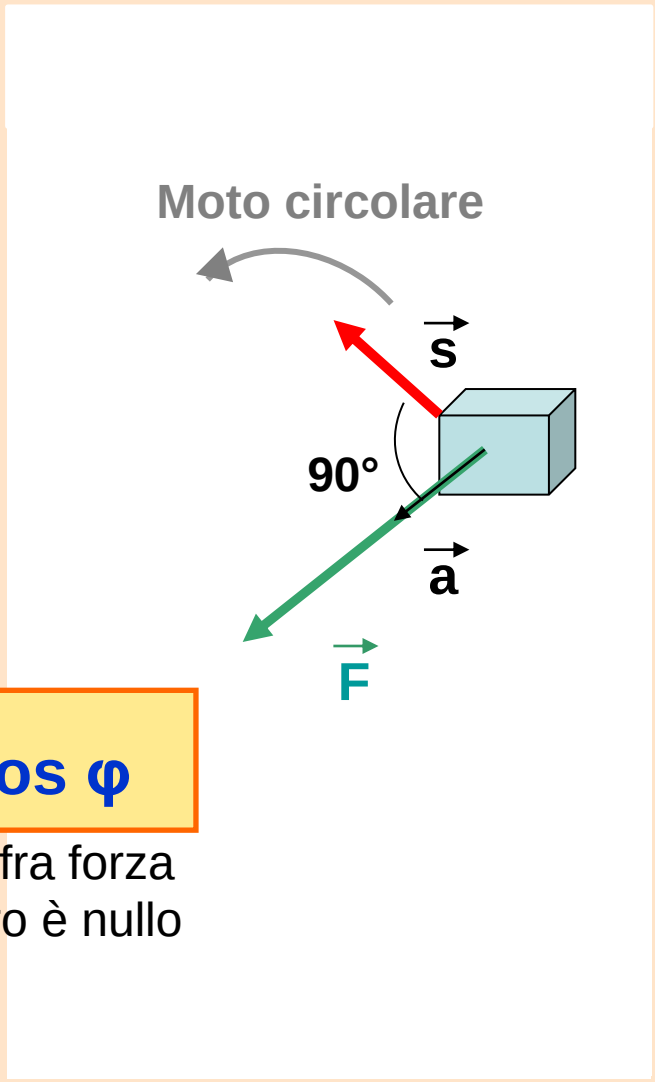


Calcolare il lavoro



Il lavoro di $\vec{F}$ è nullo





$$L = \vec{F} \cdot \vec{s} = F\, s \cos \varphi$$

per angolo di 90 gradi fra forza e spostamento, il lavoro è nullo

Il lavoro di $\vec{F}$ è nullo

Il lavoro di $\vec{F}$ è nullo

Il lavoro in fisica differisce dalla sensazione fisiologica.



- **Una persona mentre solleva un grosso masso da terra compie lavoro fisico e nel contempo avverte una sensazione a livello fisiologico del lavoro muscolare svolto, ovvero dell'energia spesa (energia chimica spesa per produrre la contrazione delle fibre muscolari interessate).**
- **La stessa persona mentre sostiene il grosso masso restando ferma oppure mentre cammina in una direzione perpendicolare alla forza, continua ad avere la sensazione di fatica anche se, in senso fisico, non compie lavoro.**

Il lavoro in fisica differisce dalla sensazione fisiologica.



Una fibra muscolare (al contrario di quanto accade per una sbarra d'acciaio) non può sostenere un carico statico senza spesa di energia, ma svolge un lavoro muscolare fisiologico (ripetute contrazioni e rilasci) anche se non "fisico".

LAVORO ED ENERGIA

- **Un corpo possiede energia quando ha capacità di compiere lavoro.**

- **Energia e lavoro sono grandezze omogenee.**

- **Vi sono in Natura varie forme di energia:**

  cinetica, potenziale gravitazionale, potenziale elettrica, termica, chimica, nucleare…

  che si manifestano compiendo lavoro o nell'atto di trasformarsi da una forma in un'altra.

Forza (F)

$[F] = MLT^{-2}$ S.I. newton $1\ N = 1kg\ ms^{-2}$

c.g.s. dine $1\ dine = 1g\ cm\ s^{-2} = 10^{-5}\ N$

Energia, Lavoro (L, T, U, E…)

$[E] = ML^2T^{-2}$ S.I. joule $1\ J = 1N\ m$

c.g.s. erg $1\ erg = 1\ dine\ cm = 10^{-7}\ J$

17

Ad un corpo di 1 kg, fermo su un piano orizzontale e in assenza di attrito, viene applicata una forza di 10 N in una direzione parallela al piano. 1) Calcolare: l'accelerazione impressa al corpo, la velocità del corpo dopo 10 s, la distanza percorsa dopo 10 s. 2) Calcolare il valore delle stesse quantità nel caso in cui il corpo, sempre in assenza di attrito, sia dotato di velocità iniziale pari a 10 m/s.

17 **Ad un corpo di 1 kg, fermo su un piano orizzontale e in assenza di attrito, viene applicata una forza di 10 N in una direzione parallela al piano. 1) Calcolare: l'accelerazione impressa al corpo, la velocità del corpo dopo 10 s, la distanza percorsa dopo 10 s. 2) Calcolare il valore delle stesse quantità nel caso in cui il corpo, sempre in assenza di attrito, sia dotato di velocità iniziale pari a 10 m/s.**

---

1)

$F = ma$ $\quad a = F/m$ $\quad a = (10\ N)\ /\ (1\ kg) = 10\ ms^{-2}$

$a = (v-v_0)/t$ $\quad v_0 = 0$ $\quad v = a\,t$ $\quad v = (10\ ms^{-2})\ (10\ s) = 100\ ms^{-1}$

$x = \frac{1}{2}\, a\, t^2 + v_0\, t$ $\quad x = 0.5\ (10\ ms^{-2})\ (10\ s)^2 = 500\ m$

17

Ad un corpo di 1 kg, fermo su un piano orizzontale e in assenza di attrito, viene applicata una forza di 10 N in una direzione parallela al piano. 1) Calcolare: l'accelerazione impressa al corpo, la velocità del corpo dopo 10 s, la distanza percorsa dopo 10 s. 2) Calcolare il valore delle stesse quantità nel caso in cui il corpo, sempre in assenza di attrito, sia dotato di velocità iniziale pari a 10 m/s.

---

1)

$F = ma$ $\quad a = F/m$ $\quad a = (10\ N)\ /\ (1\ kg) = 10\ ms^{-2}$

$a = (v-v_0)/t$ $\quad v_0 = 0$ $\quad v = a\,t$ $\quad v = (10\ ms^{-2})\ (10\ s) = 100\ ms^{-1}$

$x = \frac{1}{2}\, a\, t^2 + v_0\, t$ $\quad x = 0.5\ (10\ ms^{-2})\ (10\ s)^2 = 500\ m$

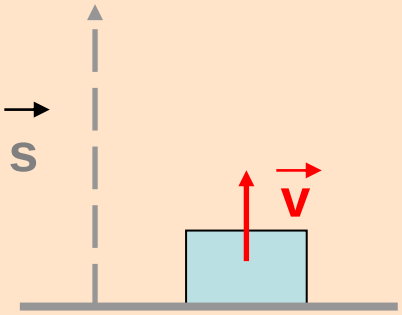
2)

$a = (v-v_0)/t$ $\quad v = a\,t + v_0$ $\quad v = (10\ ms^{-2})\ (10\ s) + 10\ ms^{-1} = 110\ ms^{-1}$

$x = \frac{1}{2}\, a\, t^2 + v_0\, t$ $\quad x = 0.5\ (10\ ms^{-2})\ (10\ s)^2 + (10\ ms^{-1})\ (10\ s) = 600\ m$

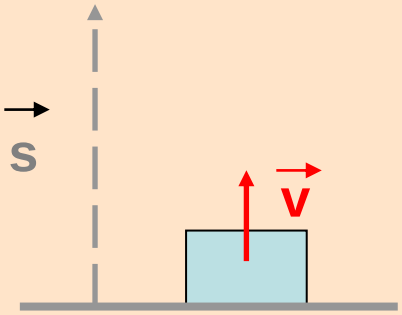
Un motore viene utilizzato per azionare un montacarichi che solleva un carico di 80 kg ad una velocità di 0.5 m/s. Qual è la minima potenza che il motore deve fornire ?

(potenza P: $P = L / \Delta t$ $1 J/kg = 1 W$)



Un motore viene utilizzato per azionare un montacarichi che solleva un carico di 80 kg ad una velocità di 0.5 m/s. Qual è la minima potenza che il motore deve fornire ?

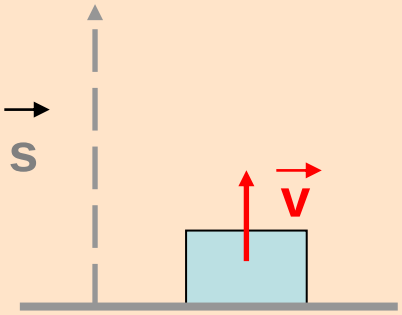
(potenza P: $P = L / \Delta t$ $1 J/kg = 1 W$)



$P = L / \Delta t$ $P = F\ s / \Delta t$

Un motore viene utilizzato per azionare un montacarichi che solleva un carico di 80 kg ad una velocità di 0.5 m/s. Qual è la minima potenza che il motore deve fornire ?

(potenza P: $P = L / \Delta t$ 1J/kg = 1 W)



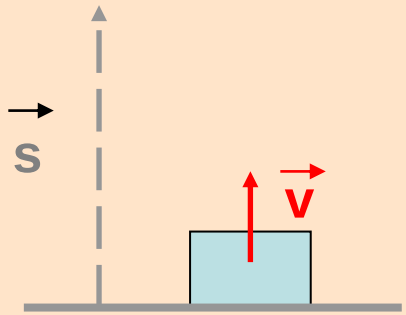
$P = L / \Delta t$

$P = F\,s / \Delta t$

$P = F\,v$

Un motore viene utilizzato per azionare un montacarichi che solleva un carico di 80 kg ad una velocità di 0.5 m/s. Qual è la minima potenza che il motore deve fornire ?

(potenza P: $P = L / \Delta t$ $1 J/kg = 1 W$)



$P = L / \Delta t$ $P = F\,s / \Delta t$

$P = F\,v$

$P = 80\ kg \cdot 9.8\ ms^{-2} \cdot 0.5\ ms^{-1} = 392\ W$

$F_{peso} = mg$ velocità

CONSERVAZIONE DELL' ENERGIA

Principio di conservazione dell'energia

In un sistema isolato l'energia totale dello stato finale è uguale all'energia totale dello stato iniziale.

$$E_{totale} = cost$$

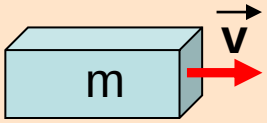
$$\Delta E_{totale} = 0$$

in un sistema isolato

ENERGIA CINETICA

- **Esprime la capacità di un corpo di compiere lavoro a causa del suo movimento.**

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

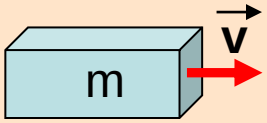


- **E’ una grandezza scalare che può assumere un valore positivo o nullo.**

ENERGIA CINETICA

- **Esprime la capacità di un corpo di compiere lavoro a causa del suo movimento.**

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



- **E' una grandezza scalare che può assumere un valore positivo o nullo.**

- **Un corpo sotto l'azione di una forza risultante costante si muove con accelerazione costante, ovvero acquista velocità e quindi aumenta la sua energia cinetica.**

TEOREMA DELL' ENERGIA CINETICA

Teorema dell'energia cinetica

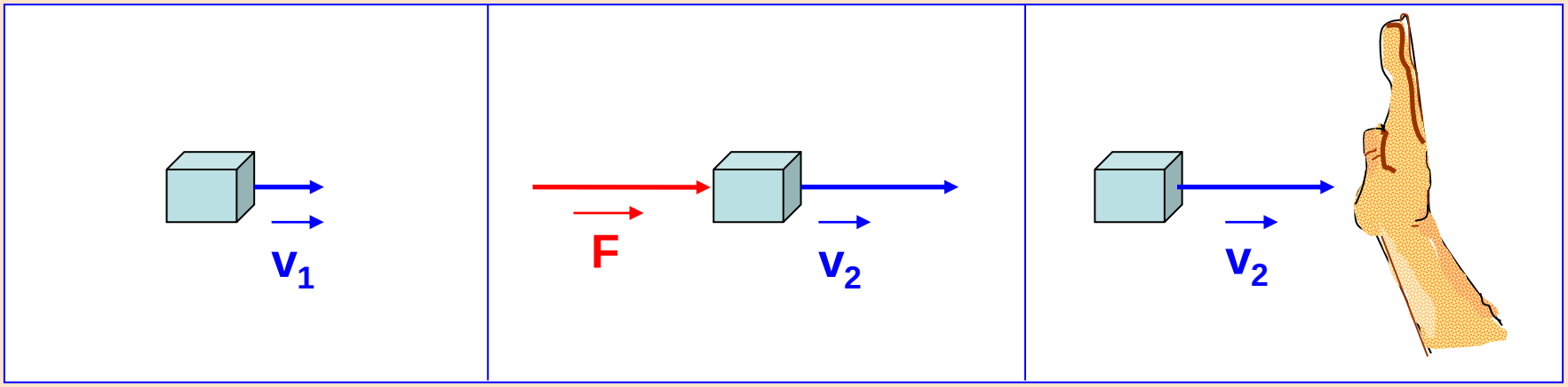
La variazione di T di un punto materiale, durante uno spostamento, è uguale al lavoro compiuto, in quello spostamento, da tutte le forze applicate.

$$L_{1\to2} = T_2 - T_1$$

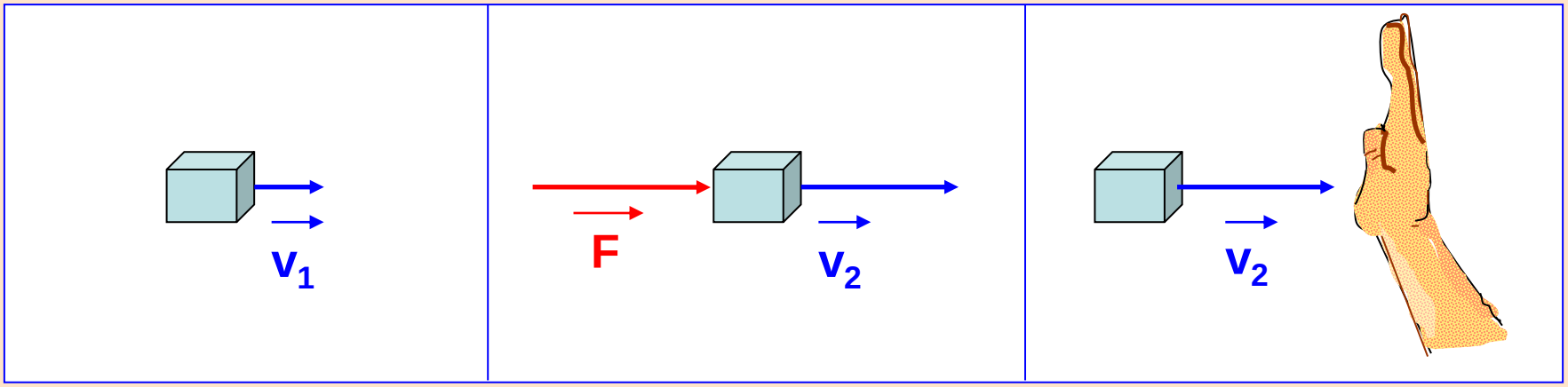
$$\Delta T = L$$

$$\tfrac{1}{2} m v_2^2 - \tfrac{1}{2} m v_1^2 = L_{12}$$

Calcolare il lavoro necessario per portare un corpo di 3 kg dalla velocità di 3 m/s alla velocità di 10 m/s e il lavoro necessario per fermare il corpo che si muove a questa velocità.

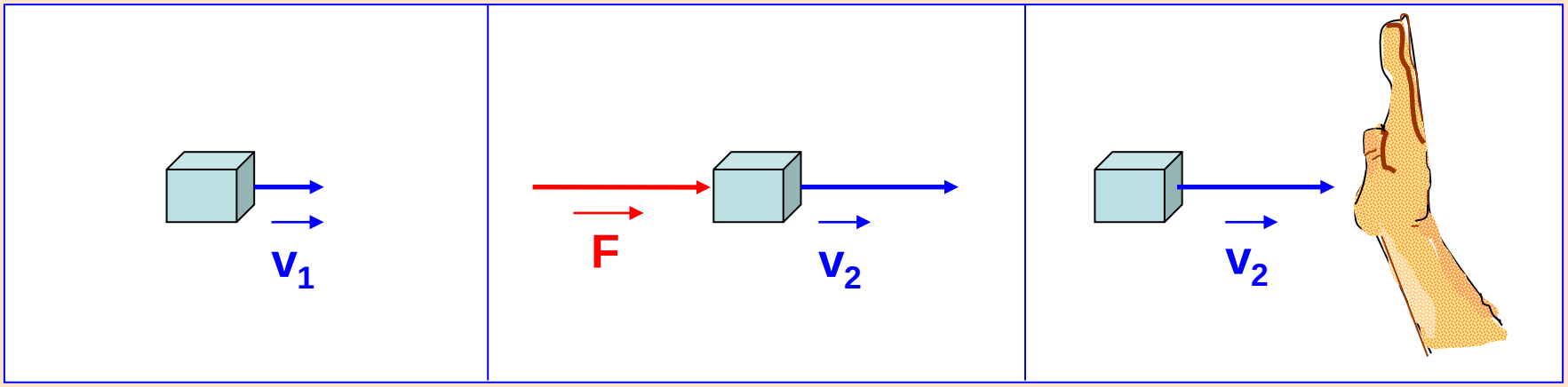


Calcolare il lavoro necessario per portare un corpo di 3 kg dalla velocità di 3 m/s alla velocità di 10 m/s e il lavoro necessario per fermare il corpo che si muove a questa velocità.



$$L = T_2 - T_1 = \tfrac{1}{2}\, m v_2^2 - \tfrac{1}{2}\, m\, v_1^2$$

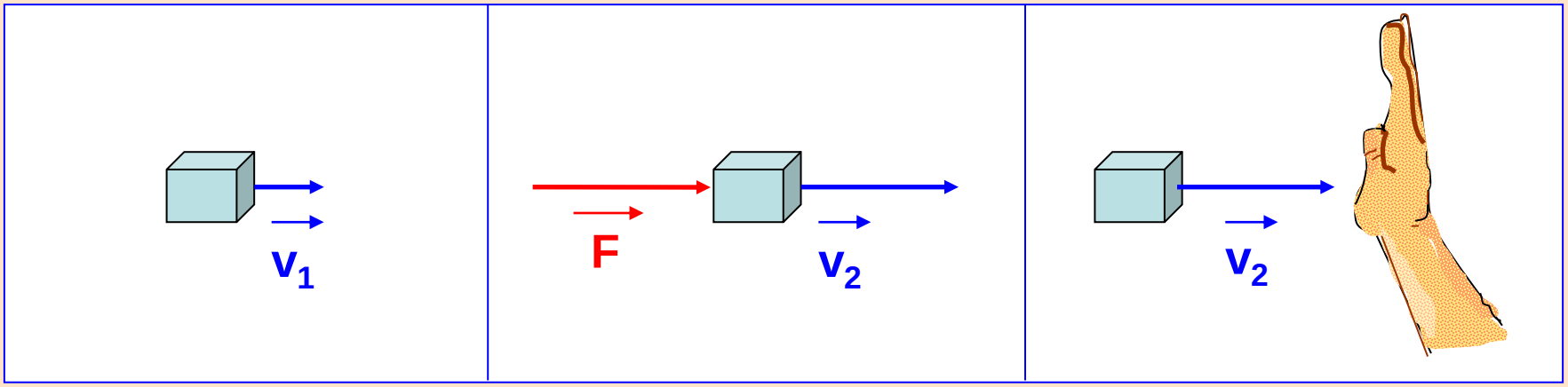
Calcolare il lavoro necessario per portare un corpo di 3 kg dalla velocità di 3 m/s alla velocità di 10 m/s e il lavoro necessario per fermare il corpo che si muove a questa velocità.



$$L = T_2 - T_1 = \tfrac{1}{2} m v_2^2 - \tfrac{1}{2} m v_1^2$$

$$L = \tfrac{1}{2} (3\ kg) (10\ m/s)^2 - \tfrac{1}{2} (3\ kg) (3\ m/s)^2 = 136.5\ J$$

Calcolare il lavoro necessario per portare un corpo di 3 kg dalla velocità di 3 m/s alla velocità di 10 m/s e il lavoro necessario per fermare il corpo che si muove a questa velocità.

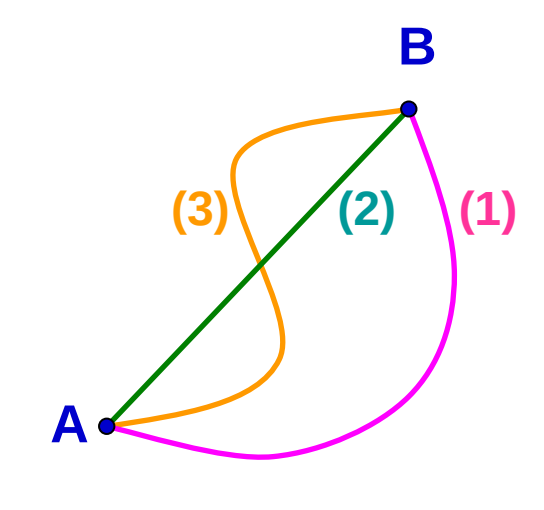


$$L = T_2 - T_1 = \tfrac{1}{2} m v_2^2 - \tfrac{1}{2} m v_1^2$$

$$L = \tfrac{1}{2} (3\ kg) (10\ m/s)^2 - \tfrac{1}{2} (3\ kg) (3\ m/s)^2 = 136.5\ J$$

$$L = 0 - \tfrac{1}{2} (3\ kg) (10\ m/s)^2 = -\ 150\ J$$

FORZE CONSERVATIVE

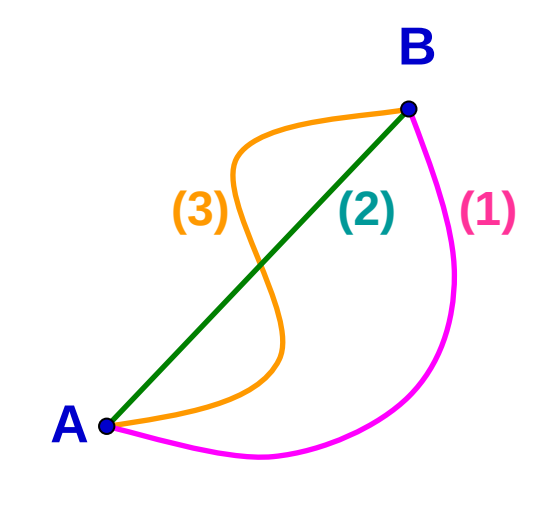


$$L_{A\to B}^{(1)} = L_{A\to B}^{(2)} = L_{A\to B}^{(3)}$$

$$L_{A\to B} + L_{B\to A} = 0$$

$$\oint F \cdot ds = 0$$

FORZE CONSERVATIVE

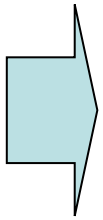


$$L_{A\to B}^{(1)} = L_{A\to B}^{(2)} = L_{A\to B}^{(3)}$$

$$L_{A\to B} + L_{B\to A} = 0$$

$$\oint F \cdot ds = 0$$

Quando si ha un campo di forze conservative è possibile definire una funzione della posizione



ENERGIA POTENZIALE

Mentre per le forze dissipative

$$L_{A\to B}^{(1)} \neq L_{A\to B}^{(2)} \neq L_{A\to B}^{(3)}$$

ENERGIA POTENZIALE

- **L'energia potenziale (U) è energia accumulata da un sistema come risultato di un lavoro fatto sul sistema.**
- **È definita solo per campi conservativi, è funzione della posizione ed è calcolabile solo come differenza fra due posizioni.**

ENERGIA POTENZIALE

- **L'energia potenziale (U)è energia accumulata da un sistema come risultato di un lavoro fatto sul sistema.**
- **È definita solo per campi conservativi, è funzione della posizione ed è calcolabile solo come differenza fra due posizioni.**

$$L_{A\to B} = U(A) - U(B)$$

$$= U(x_A, y_A, z_A) - U(x_B, y_B, z_B)$$

$$\Delta U = -L$$

ENERGIA POTENZIALE

- **L'energia potenziale (U)è energia accumulata da un sistema come risultato di un lavoro fatto sul sistema.**
- **È definita solo per campi conservativi, è funzione della posizione ed è calcolabile solo come differenza fra due posizioni.**

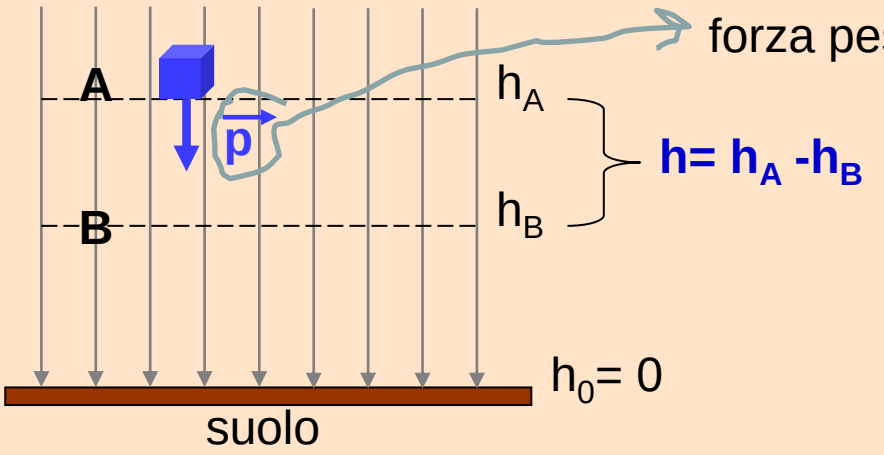
$$L_{A\to B} = U(A) - U(B)$$

$$= U(x_A, y_A, z_A) - U(x_B, y_B, z_B)$$

$$\Delta U = - L$$

- **Quando le forze del campo compiono lavoro positivo, l'energia potenziale diminuisce, e viceversa.**

ENERGIA POTENZIALE GRAVITAZIONALE

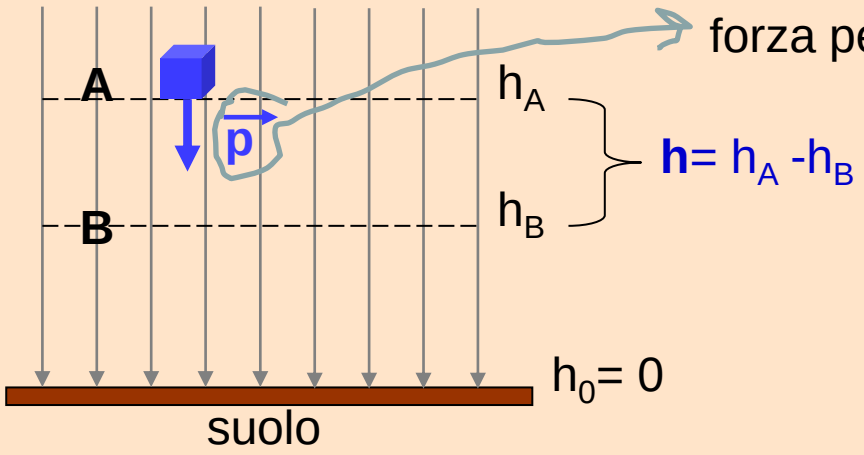


$$L = \vec{p} \cdot \vec{h} = mgh \cos 0°$$

$$= mgh$$

$$= mgh_A - mgh_B$$

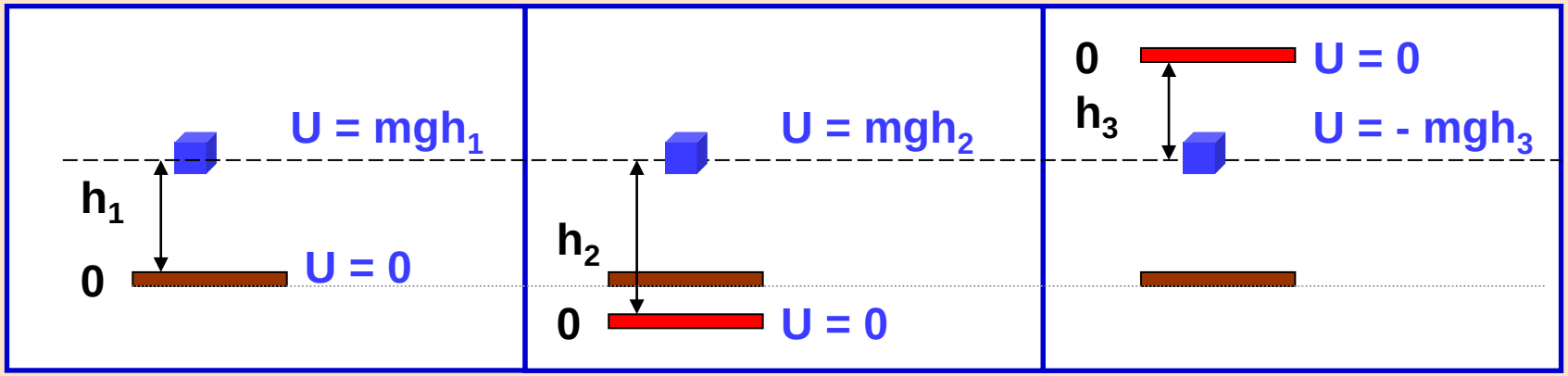
ENERGIA POTENZIALE GRAVITAZIONALE



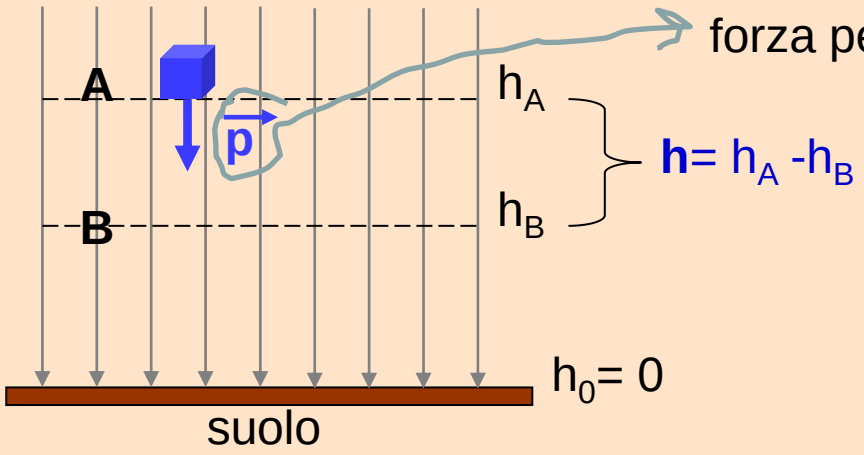
$$L = \vec{p} \cdot \vec{h} = mgh \cos 0°$$

$$= mgh$$

$$= mgh_A - mgh_B$$



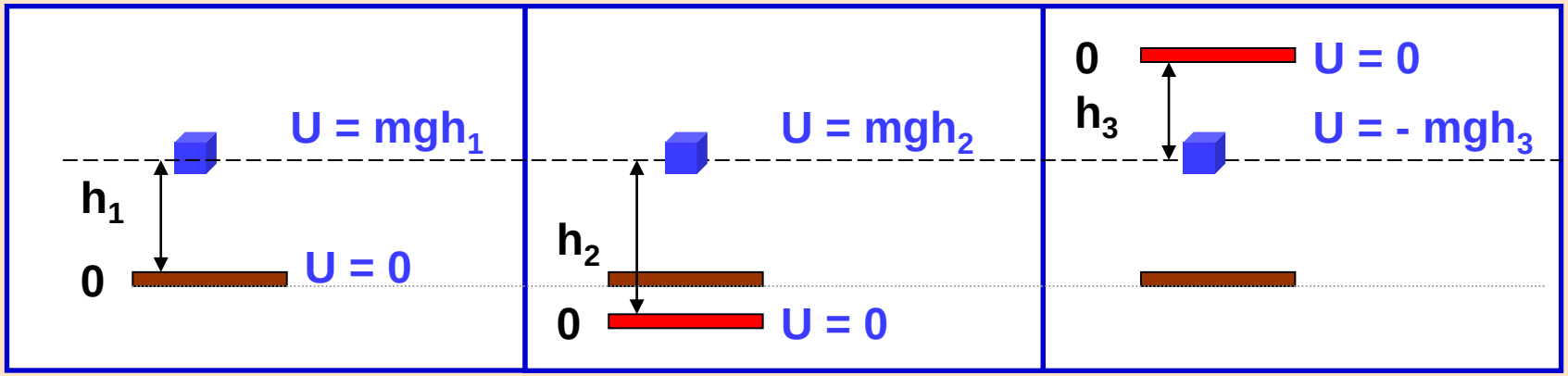
ENERGIA POTENZIALE GRAVITAZIONALE



$$L = \vec{p} \cdot \vec{h} = mgh \cos 0°$$

$$= mgh$$

$$= mgh_A - mgh_B$$



<u>Energia potenziale dipende dalla posizione e dal sistema di riferimento scelto</u>, si preferisce quindi parlare di differenza di energia potenziale (che è indipendente dal riferimento scelto).

CONSERVAZIONE DELL'ENERGIA MECCANICA

Se su un corpo agiscono solo forze conservative si può definire l'energia potenziale.

Inoltre per il teorema dell' energia cinetica si ha:

$$T_2 - T_1 = L_{1\to 2} = U_1 - U_2 \qquad \text{da cui} \qquad U_1 + T_1 = U_2 + T_2$$

CONSERVAZIONE DELL'ENERGIA MECCANICA

Se su un corpo agiscono solo forze conservative si può definire l'energia potenziale.

Inoltre per il teorema dell' energia cinetica si ha:

$$T_2 - T_1 = L_{1\to 2} = U_1 - U_2 \qquad \text{da cui} \qquad U_1 + T_1 = U_2 + T_2$$

$$E = U + T = \text{costante}$$

Energia meccanica totale E di un corpo che risente di sole forze conservative, rimane costante nel tempo.

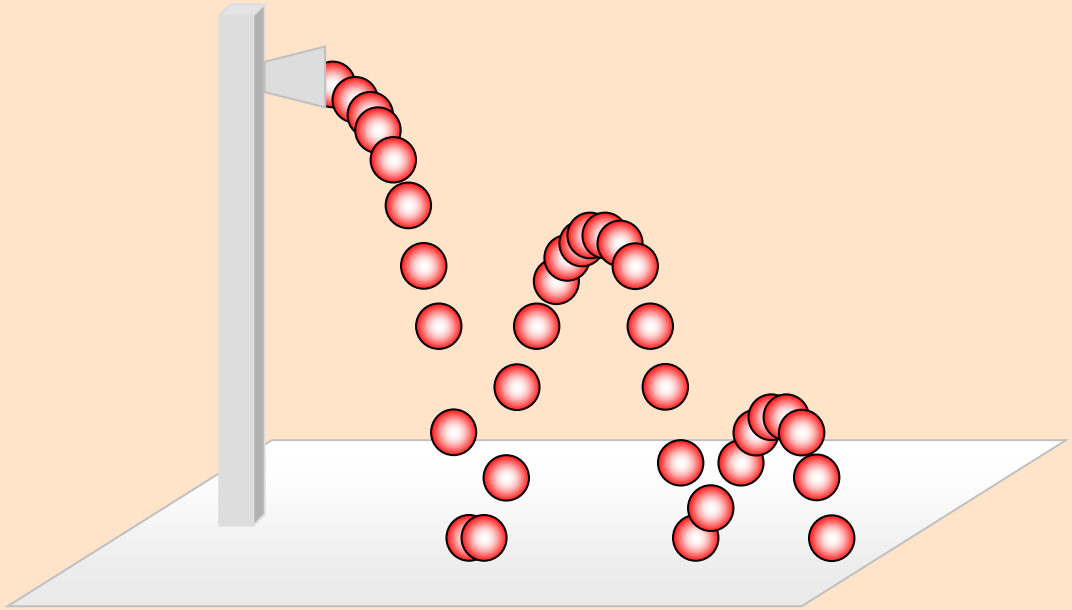


Immagine di fotomontaggio della caduta e rimbalzo di una pallina

NOTA:

Una pallina di massa m cade dall'altezza h e rimbalza sul pavimento

$T_1 = 0$ $U_1 = mgh$

$T_2 = \frac{1}{2} mv^2$ $U_2 = 0,$

E= cost

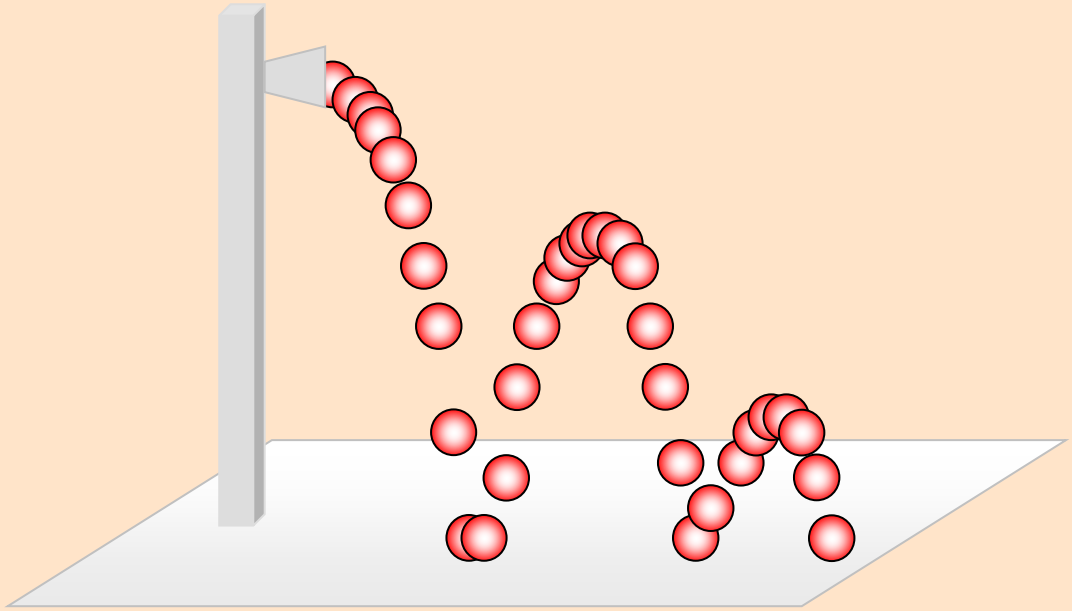


Immagine di fotomontaggio della caduta e rimbalzo di una pallina

NOTA:

Una pallina di massa m cade dall'altezza h e rimbalza sul pavimento

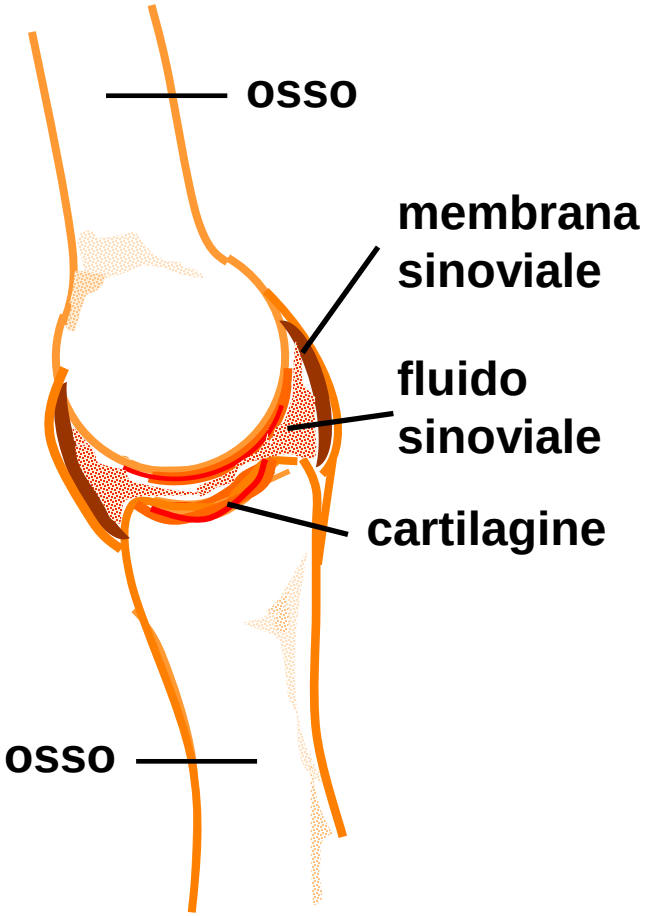
$T_1 = 0$ $U_1 = mgh$

$T_2 = \frac{1}{2} mv^2$ $U_2 = 0,$

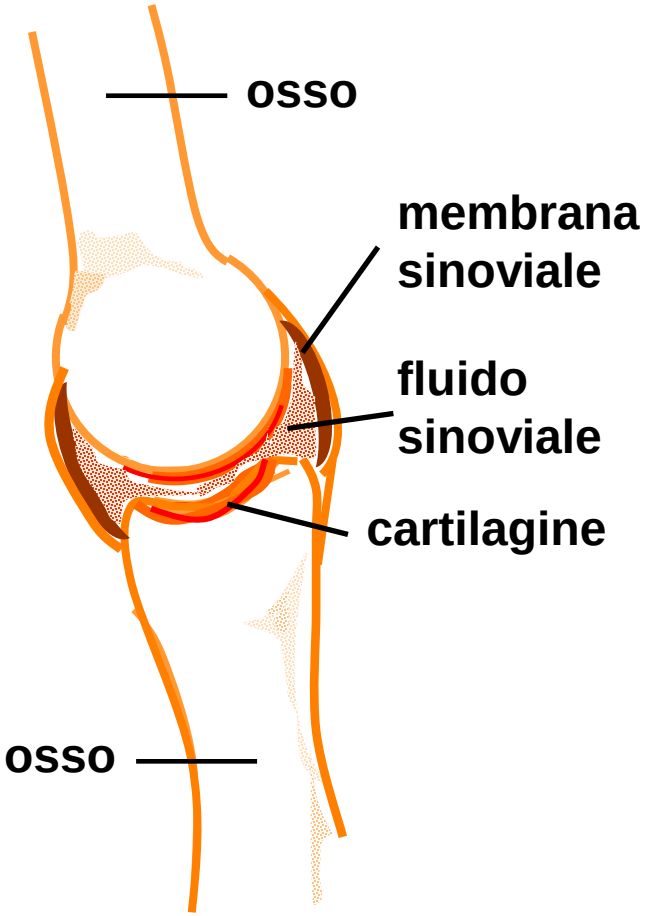
E= cost

In presenza di sole forze conservative il processo andrebbe avanti indefinitivamente, ma la resistenza dell'aria, il comportamento non perfettamente elastico nell'urto e la propagazione di perturbazione acustica, comportano una diminuzione di energia meccanica.

Nei sistemi meccanici reali intervengono sempre forze dissipative.



- Per un oggetto che ruota il punto di contatto con la superficie che lo sostiene è istantaneamente fermo, non striscia.
- Il rotolamento necessita, per la separazione delle due superfici, una forza minore dello scorrimento.

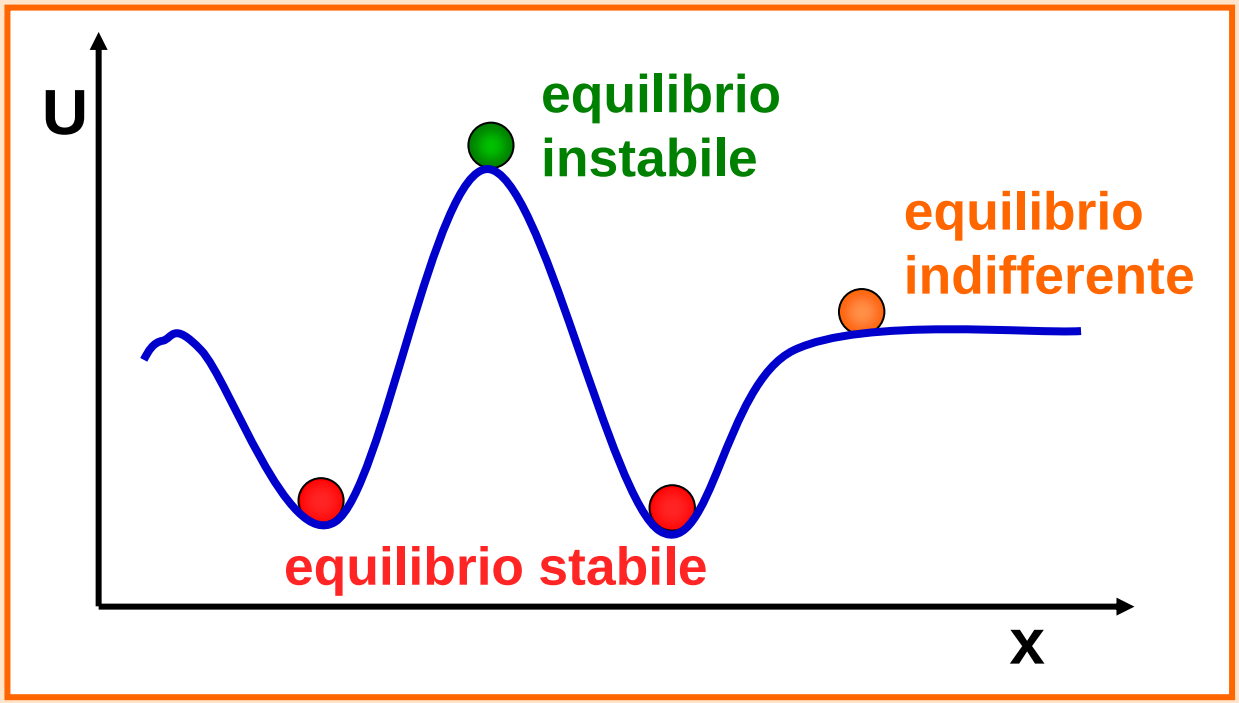


- Per un oggetto che ruota il punto di contatto con la superficie che lo sostiene è istantaneamente fermo, non striscia.
- Il rotolamento necessita, per la separazione delle due superfici, una forza minore dello scorrimento.
- Le forze di attrito nei fluidi (forze viscose) sono minori rispetto a quelle tra superfici dei solidi.
- I liquidi lubrificanti aderendo alle superfici ne riducono l'attrito.
- Molte giunture (es. ginocchia) dei mammiferi sono ben lubrificate, vedasi il fluido sinoviale che a seguito del movimento esce dalla cartilagine in loco.

EQUILIBRIO DI UN SISTEMA MECCANICO

Condizione di equilibrio per un corpo puntiforme :

$$\vec{F} = 0 \quad \Rightarrow \quad \frac{dU}{dx} = 0 \quad \text{ovvero} \quad U = \text{costante}$$



Un sistema meccanico in un campo di forze conservativo è in equilibrio stabile quando l'energia potenziale è minima.