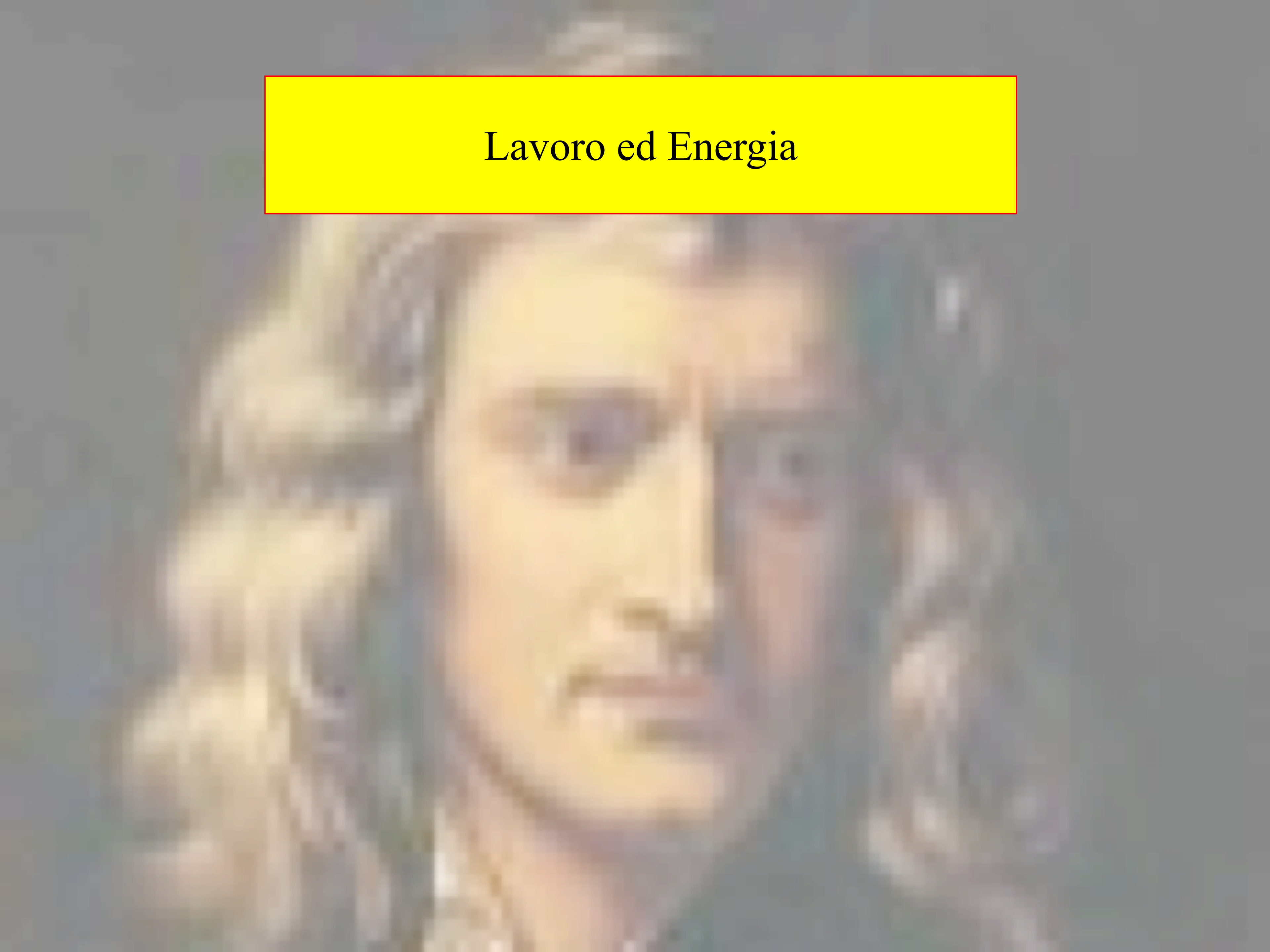
# Lavoro ed Energia



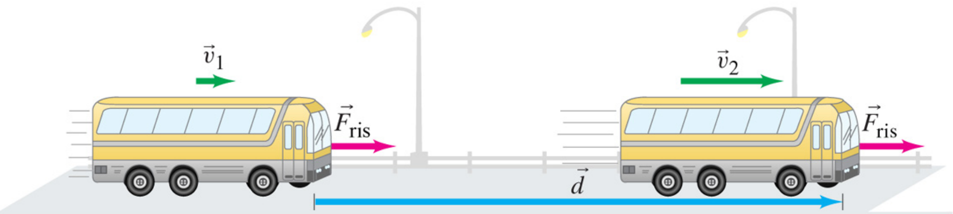
# Lavoro ed Energia Cinetica

Abbiamo visto che se, per un corpo di massa *m* che si muove a velocità *v*, definiamo **energia cinetica traslazionale** la quantità:

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

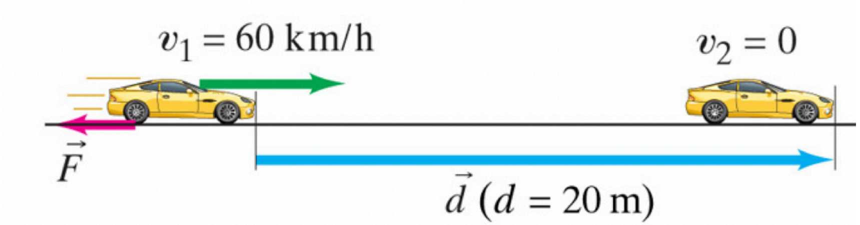
si può dimostrare che **il lavoro <u>totale</u> compiuto da una forza risultante non nulla sul corpo è uguale alla variazione dell'energia cinetica del corpo stesso.**

$$W_{tot} = K_2 - K_1 \quad \rightarrow \quad W_{tot} = \Delta K$$



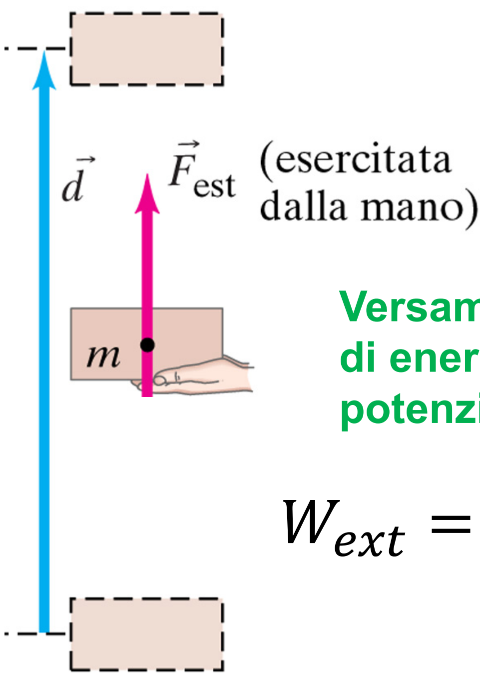

Lavoro, positivo, fatto dalla spinta del motore ≡ Versamento di energia cinetica

Prelievo di energia cinetica ≡ Lavoro, negativo, fatto dalla forza di attrito dei freni



# Lavoro ed Energia Potenziale Gravitazionale

Ancora una volta, quindi, se consideriamo il lavoro come una forma di **energia in transito** da un oggetto ad un altro, possiamo utilizzare la metafora del conto corrente. Infatti mentre **il lavoro compiuto su un oggetto da una forza esterna, fa aumentare la sua energia potenziale** – proprio come un **versamento** di denaro fa aumentare il saldo del conto corrente –, il **lavoro compiuto sul corpo dalla forza gravitazionale** (da cui l'energia potenziale ha origine) fa **diminuire** l'energia potenziale**,** proprio come un **prelievo** fa diminuire il saldo del conto corrente.

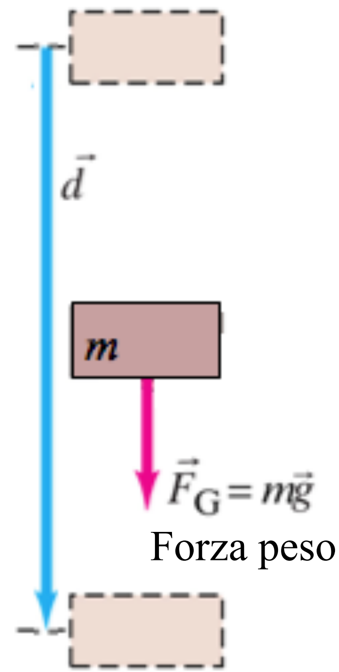



**Versamento di energia potenziale**

$$W_{ext} = \Delta U_g$$

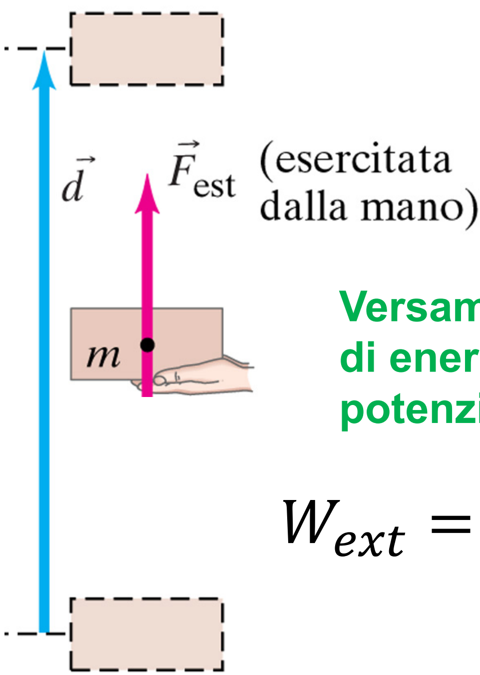
**Prelievo di energia potenziale**

$$W_g = -\Delta U_g$$



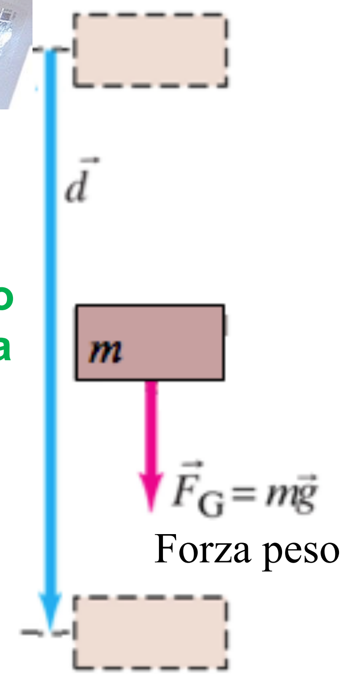
# Lavoro ed Energia Potenziale Gravitazionale

Se poi consideriamo che mentre il corpo cade sotto l'effetto della forza peso la sua **energia cinetica aumenta**, possiamo perfezionare la **metafora del conto corrente** immaginando il lavoro fatto dalla forza esterna per sollevare il corpo come il **versamento di un assegno** (energia potenziale), che poi viene scambiato e trasformato in **denaro liquido** (energia cinetica), che può essere effettivamente utilizzato per acquistare qualcosa (grazie alla energia cinetica acquisita il corpo diventa infatti in grado di **compiere a sua volta lavoro** su altri corpi!)




Versamento di energia potenziale


Trasformazione in energia cinetica



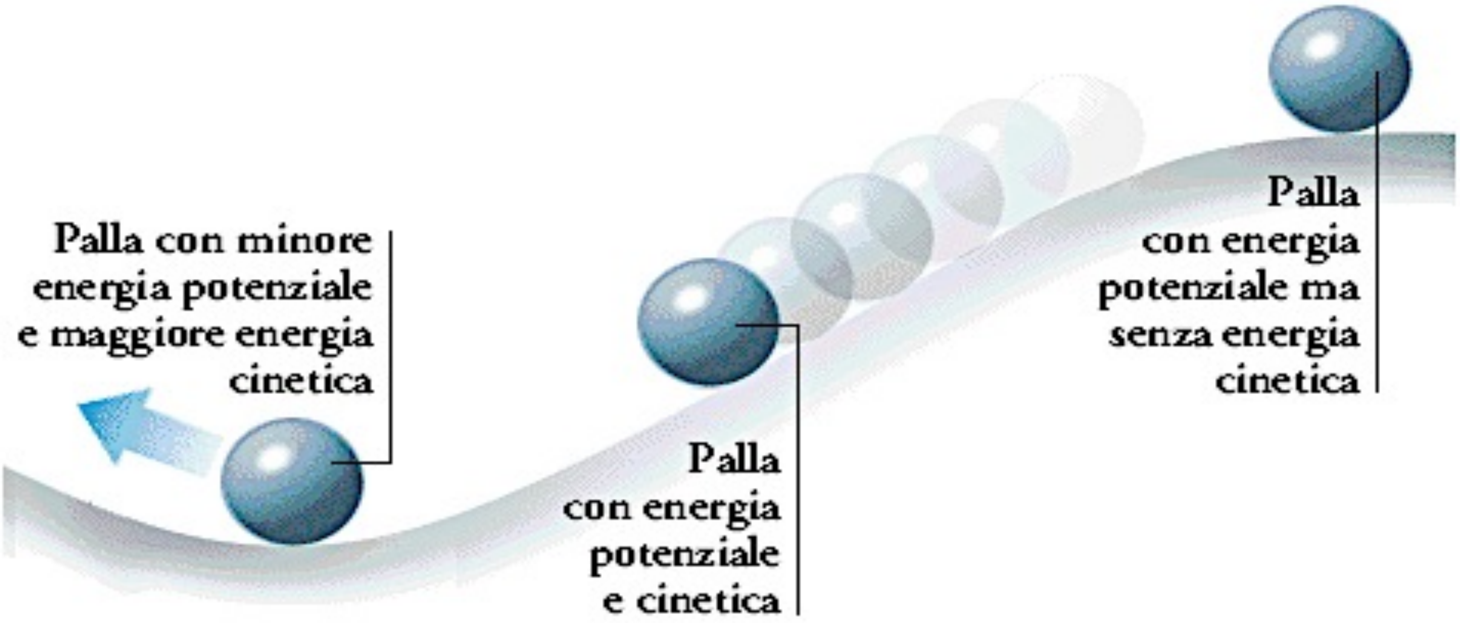

$$W_{ext} = \Delta U_g$$

$$W_g = -\Delta U_g = \Delta K$$

# Principio di Conservazione dell'Energia Meccanica Totale

*Quando in un sistema isolato agiscono solo forze conservative, l'energia cinetica e l'energia potenziale prese singolarmente possono variare, ma la loro somma, cioè l'energia meccanica totale del sistema, non cambia ma si mantiene costante nel tempo:*

$$\Delta E = \Delta K + \Delta U = 0 \quad \rightarrow \quad E = \text{cos}\tan te$$



# Pietre che cadono

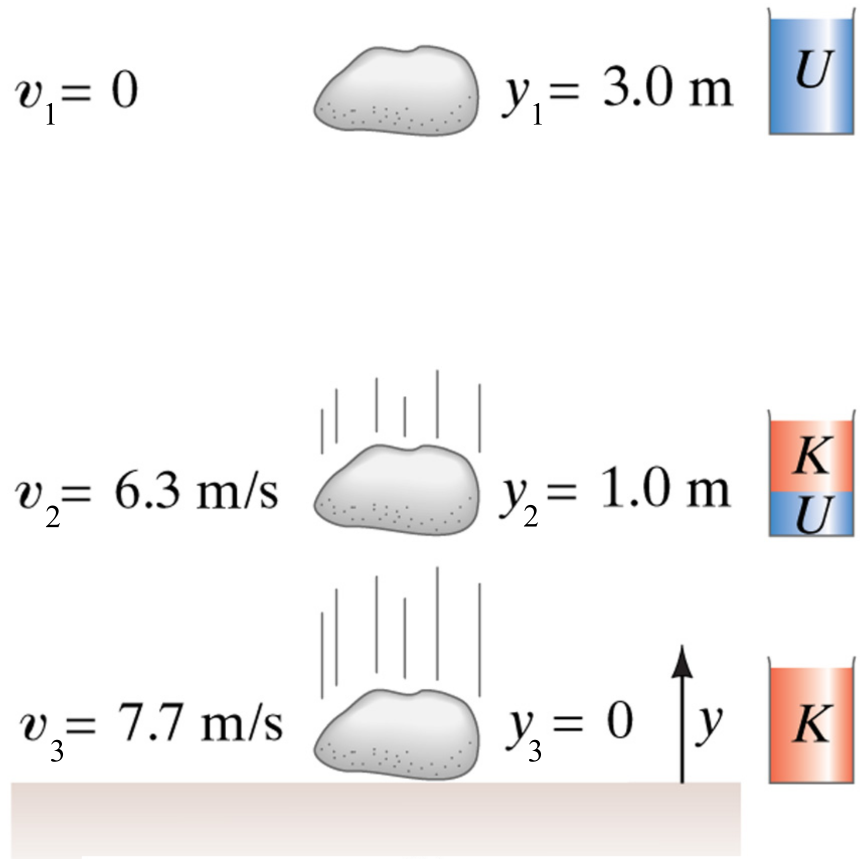
Se l'altezza da cui cade la pietra è $y_1$=h=3.0 m, il **principio di conservazione dell'energia** permette di calcolare facilmente la sua velocità quando arriva ad un'altezza di 1.0 m dal suolo, *senza bisogno di conoscere le equazioni della cinematica*.

$$\frac{1}{2}mv_1^{\;2} + mgy_1 = \frac{1}{2}mv_2^{\;2} + mgy_2$$

$$v_2^{\;2} = 2g(y_1 - y_2) =$$

$$= 2(9.8m/s^2)[(3.0m) - (1.0m)] = 39.2m^2/s^2$$

$$\rightarrow \quad v_2 = \sqrt{39.2m^2/s^2} = 6.3m/s$$



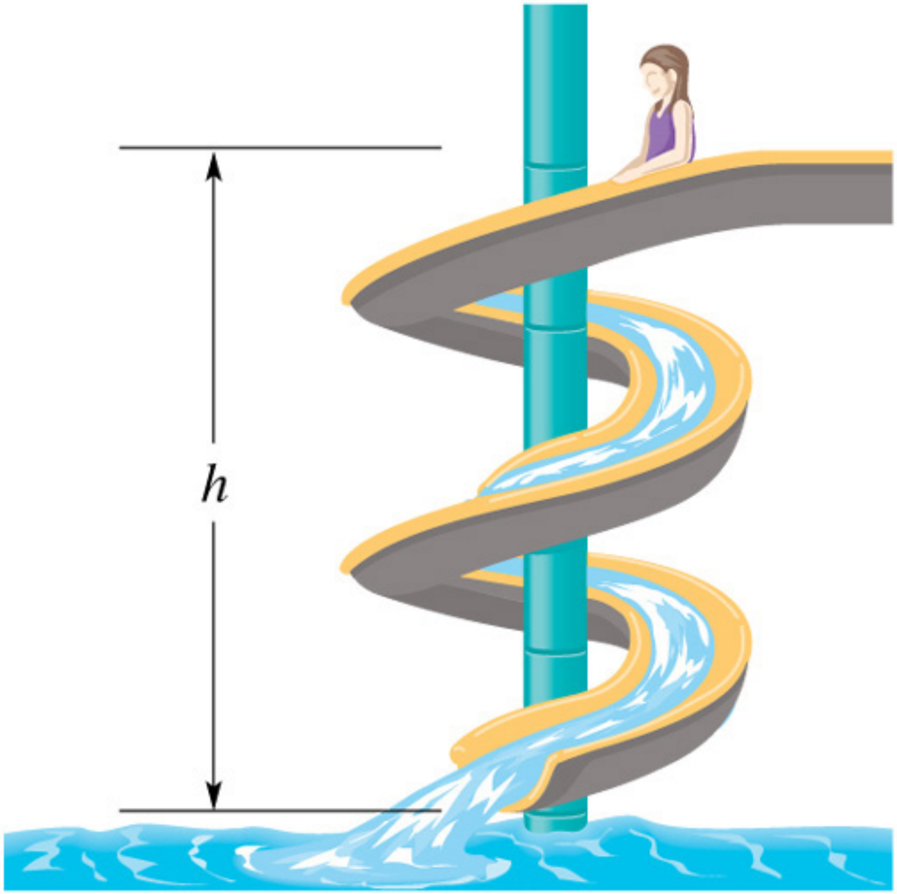
# Bambini che scivolano

A volte l'utilizzo del principio di conservazione dell'energia non è solo una via alternativa ma è l'unica possibile. Consideriamo ad esempio una **bambina** di massa *m* che, partendo da ferma ($v_1$=0), si lanci lungo uno **scivolo a spirale** da un'altezza $y_1$=h=8.5m sopra il livello della piscina, e chiediamoci con quale velocità $v_2$ arriverà in acqua. Supponiamo che lo scivolo, su cui scorre continuamente dell'acqua, sia **privo di attrito**.

$$\frac{1}{2}mv_1^{\,2} + mgy_1 = \frac{1}{2}mv_2^{\,2} + mgy_2$$

$$\rightarrow v_2^{\,2} = 2g(y_1 - y_2) = 2gy_1 \quad \rightarrow \quad v_2 = \sqrt{2gh}$$

$$\rightarrow \quad v_2 = \sqrt{2(9.8m/s^2)(8.5m)} = 13m/s$$

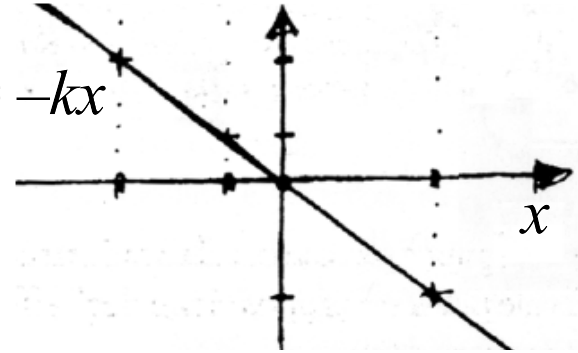



Fondamenti di Fisica - 6° ed.

# Forze elastiche: la Legge di Hooke

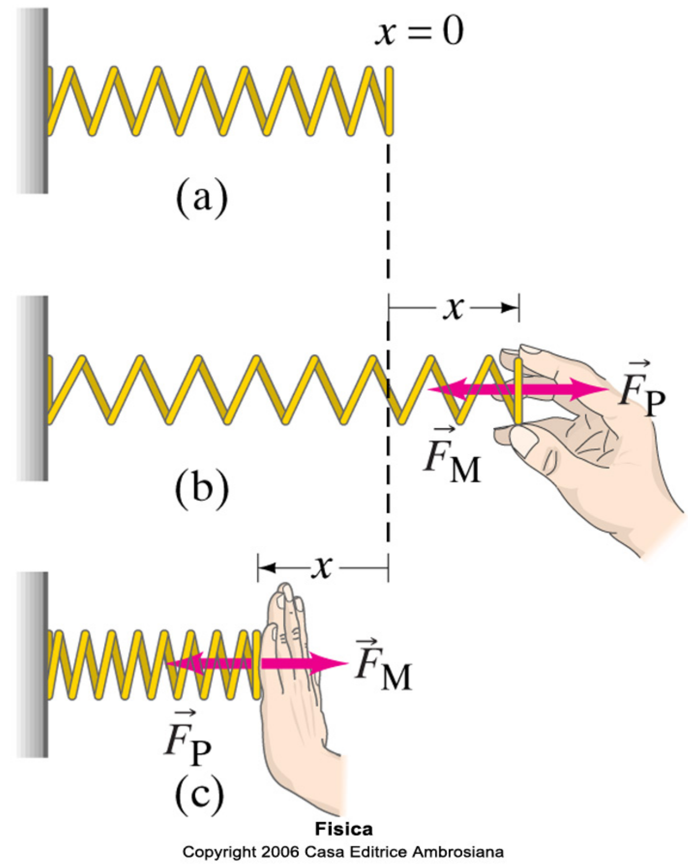
Un altro tipo molto comune di **energia potenziale** è quella associata a **forze di tipo elastico**, che sono anch'esse **conservative** e riguardano moltissime applicazioni pratiche.

$F_M = -kx$



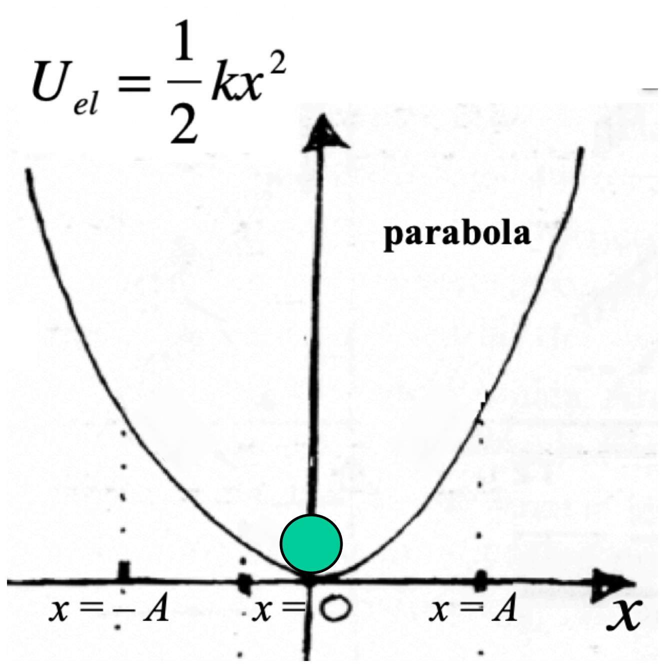

**Robert Hooke**
**(1635 -1703)**

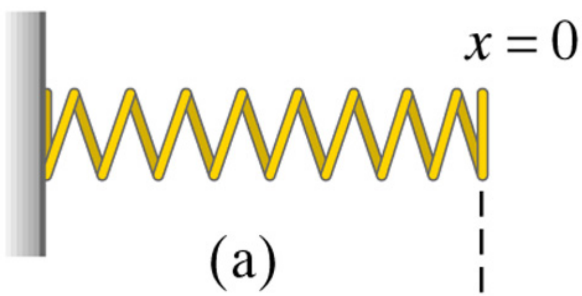
L'equazione $F_M = -kx$ ci dice che la forza di richiamo esercitata dalla molla **aumenta linearmente con lo spostamento ed ha sempre verso opposto ad esso**, come si può verificare sperimentalmente. Questa è nota come la "**Legge di Hooke**".



# Energia Potenziale Elastica di una Molla

Se rappresentiamo in un grafico **l’energia potenziale elastica** U($x$) in funzione dello **spostamento** $x$ (positivo o negativo) rispetto alla posizione di equilibrio ($x$=0) vediamo che ha l’aspetto di una **parabola rovesciata**, detta anche «**buca di potenziale**», in cui una pallina immaginaria potrebbe rotolare sotto l’effetto della forza peso (che rappresenta la forza di richiamo), producendo delle oscillazioni.

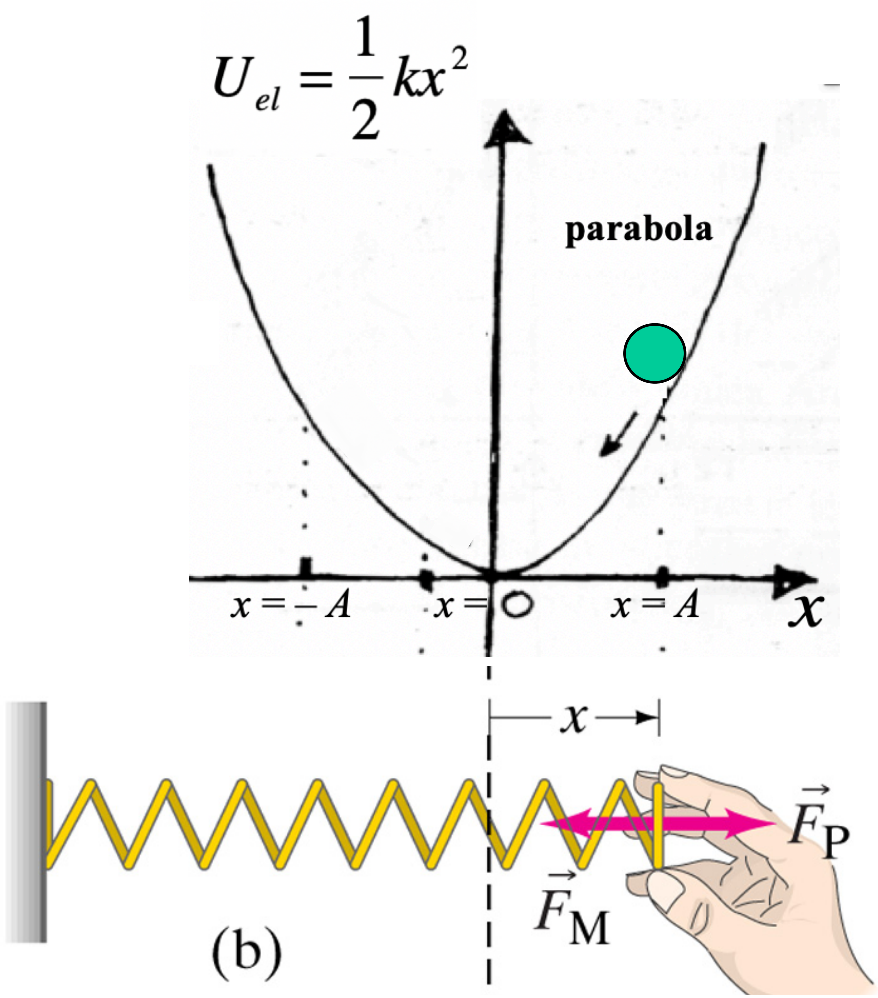



(a)

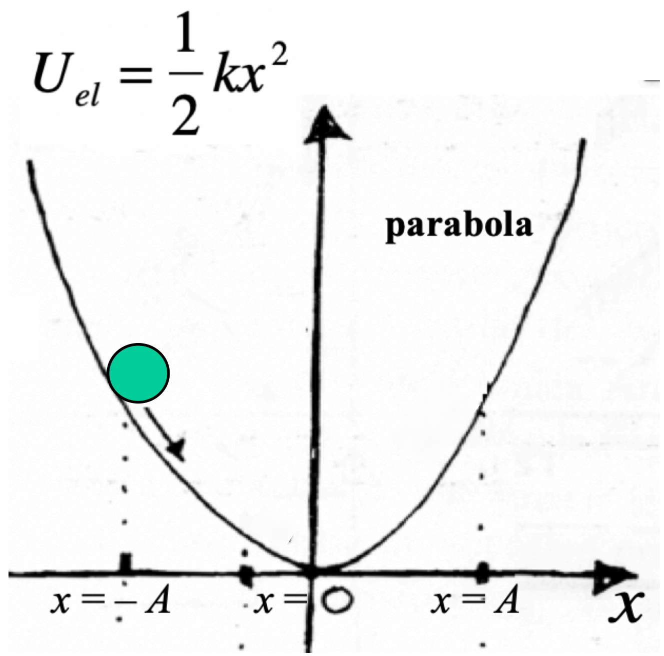
# Energia Potenziale Elastica di una Molla

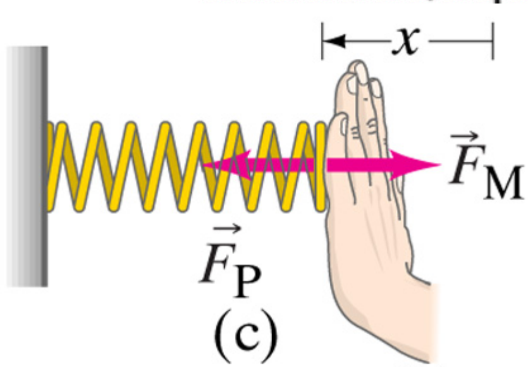
Se rappresentiamo in un grafico **l'energia potenziale elastica** U($x$) in funzione dello **spostamento** $x$ (positivo o negativo) rispetto alla posizione di equilibrio ($x$=0) vediamo che ha l'aspetto di una **parabola rovesciata**, detta anche «**buca di potenziale**», in cui una pallina immaginaria potrebbe rotolare sotto l'effetto della forza peso (che rappresenta la forza di richiamo), producendo delle oscillazioni.



# Energia Potenziale Elastica di una Molla

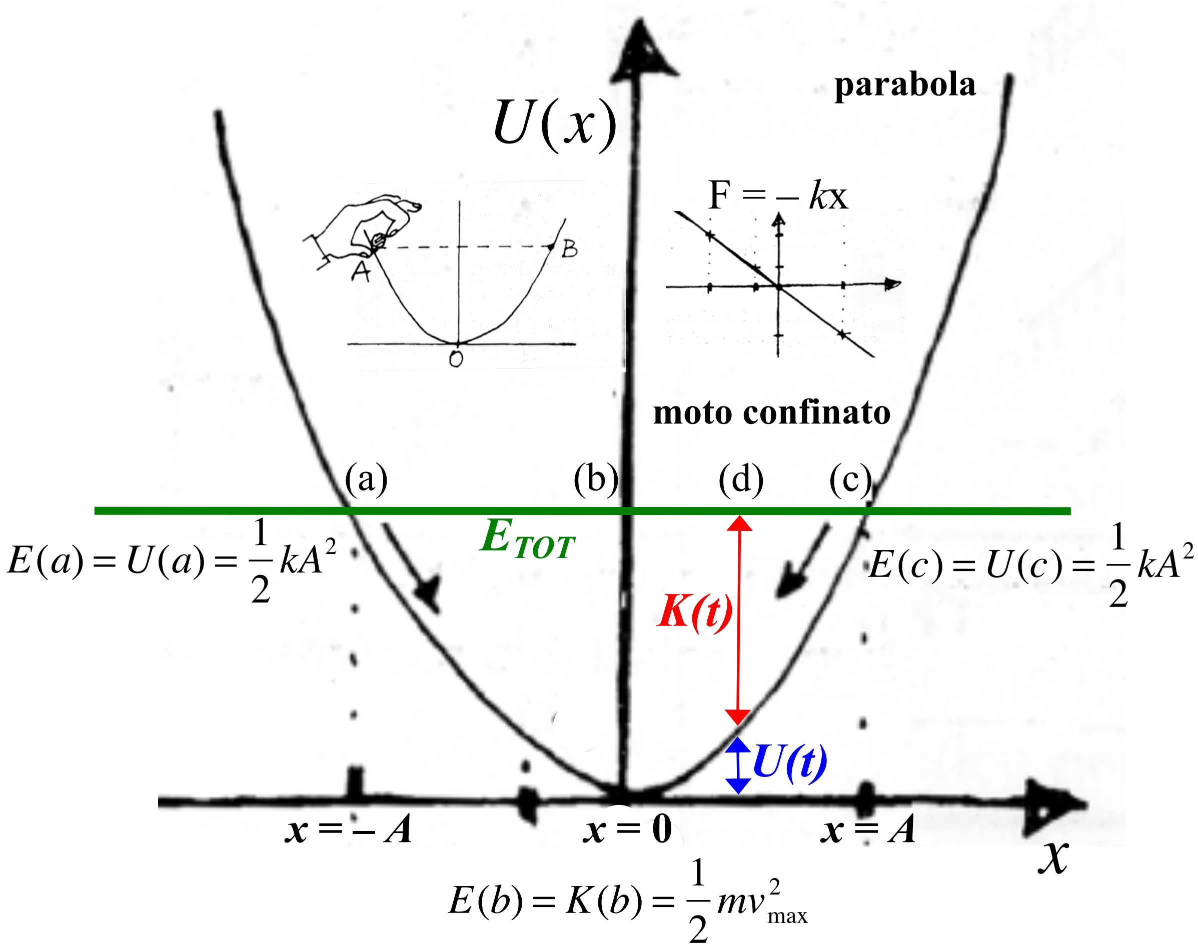
Se rappresentiamo in un grafico **l'energia potenziale elastica** U($x$) in funzione dello **spostamento** $x$ (positivo o negativo) rispetto alla posizione di equilibrio ($x$=0) vediamo che ha l'aspetto di una **parabola rovesciata**, detta anche «**buca di potenziale**», in cui una pallina immaginaria potrebbe rotolare sotto l'effetto della forza peso (che rappresenta la forza di richiamo), producendo delle oscillazioni.

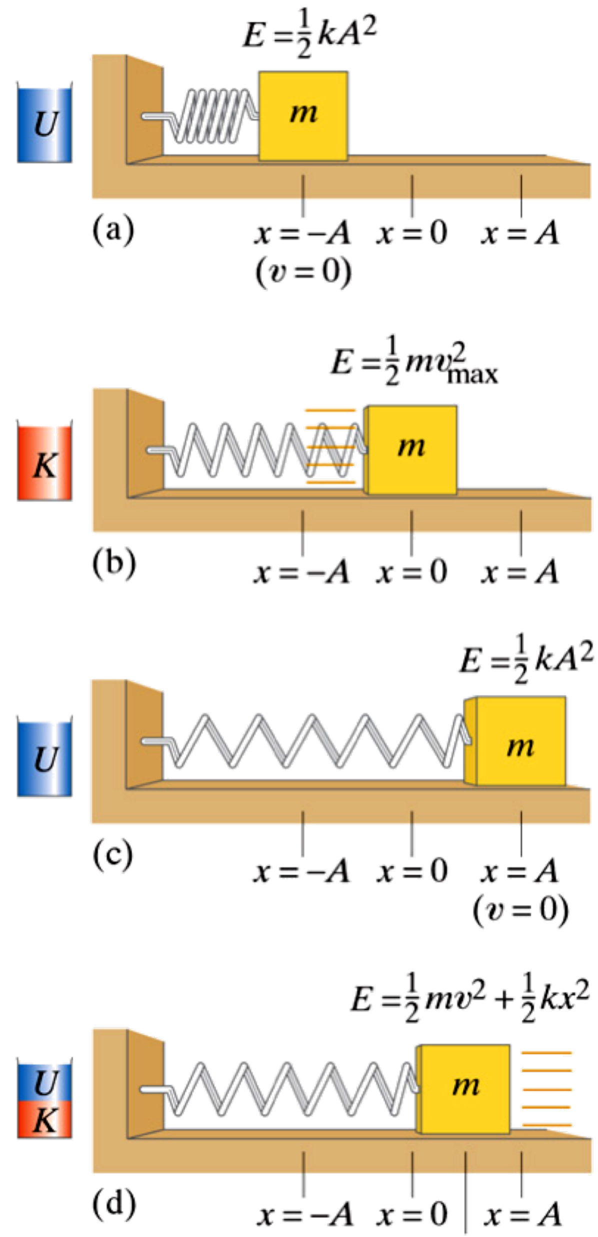


# Energia totale di un Oscillatore Armonico

$$E_{TOT} = K(t) + U(t) = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}kx^2 = \frac{1}{2}kA^2$$

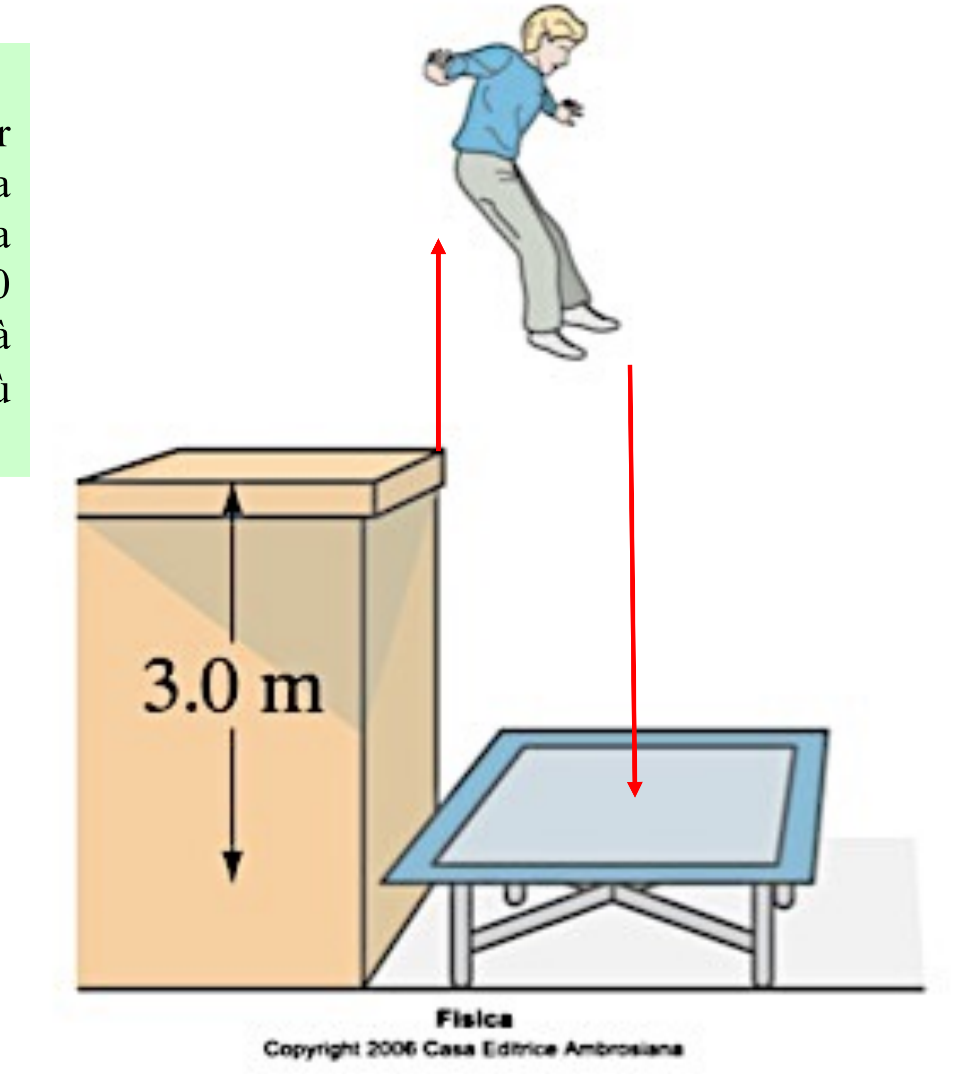


# Acrobati che saltano

A volte alcuni esercizi possono essere risolti utilizzando solo le leggi della cinematica e della dinamica …

**Esercizio**
L’acrobata di un circo, di massa 65 Kg, per esibirsi su un tappeto elastico salta verticalmente verso l’alto dalla cima della piattaforma in figura con una velocità di 5.0 m/s. (a) Quale sarà la sua velocità nell’atterrare sul tappeto elastico, 3.0 m più in basso?

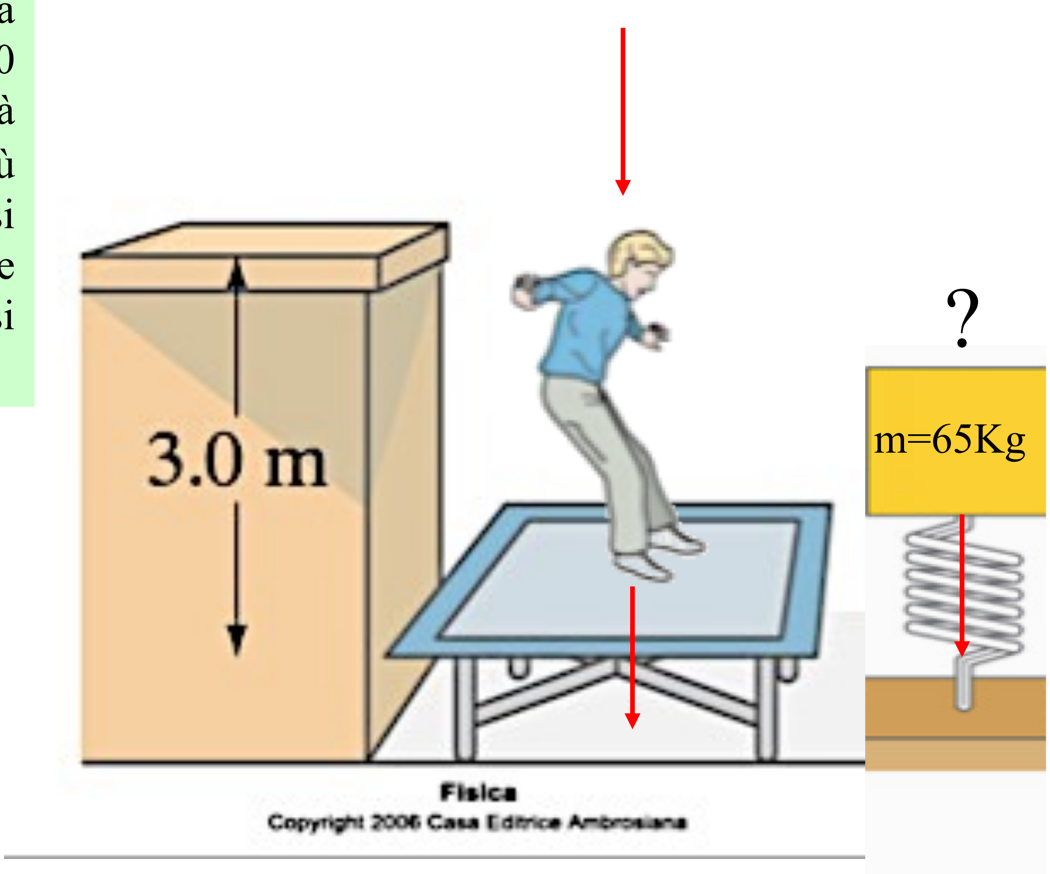


# Acrobati che saltano

A volte alcuni esercizi possono essere risolti utilizzando solo le leggi della cinematica e della dinamica …

**Esercizio**
L'acrobata di un circo, di massa 65 Kg, per esibirsi su un tappeto elastico salta verticalmente verso l'alto dalla cima della piattaforma in figura con una velocità di 5.0 m/s. (a) Quale sarà la sua velocità nell'atterrare sul tappeto elastico, 3.0 m più in basso? (b) Se il tappeto elastico si comporta come una molla di costante elastica 6.2 * $10^4$ N/m, di quanto si abbasserà?

$$F_M = -kx \; ?$$



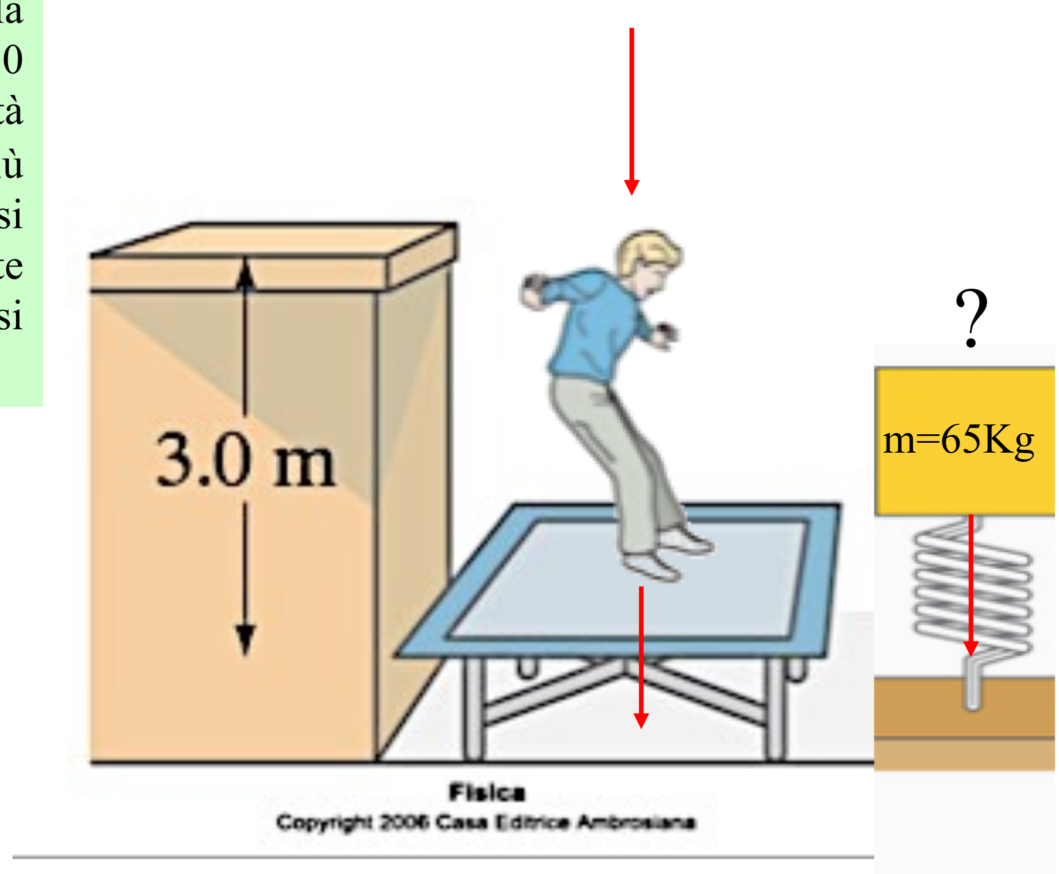
# Acrobati che saltano

Altre volte invece richiedono esplicitamente l'utilizzo del concetto di energia…

**Esercizio**
L'acrobata di un circo, di massa 65 Kg, per esibirsi su un tappeto elastico salta verticalmente verso l'alto dalla cima della piattaforma in figura con una velocità di 5.0 m/s. (a) Quale sarà la sua velocità nell'atterrare sul tappeto elastico, 3.0 m più in basso? (b) Se il tappeto elastico si comporta come una molla di costante elastica 6.2 * $10^4$ N/m, di quanto si abbasserà?

$$F_M = -kx \ ?$$

$$\boxed{U_{el} = \frac{1}{2}kx^2}$$

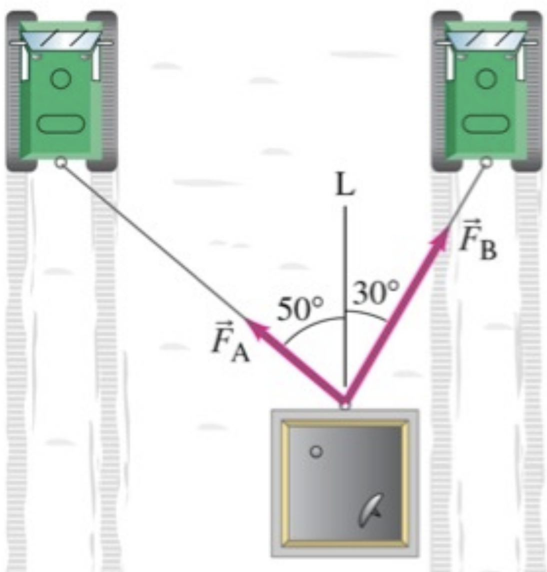


# Esercizi Dinamica

**Esercizio 1**

(a) Qual'è l'accelerazione di due paracadutisti in caduta libera (massa di 132 Kg, inclusi i paracadute) quando la forza diretta verso l'alto dovuta alla resistenza dell'aria è uguale a un quarto del loro peso? (b) Dopo aver aperto il paracadute, i due paracadutisti discendono tranquillamente verso il terreno a velocità costante. Qual'è ora la forza dovuta alla resistenza dell'aria sui paracadutisti e sui loro paracadute?

(a) $-7.4 m/s^2$ (b) $1.29*10^3 N$




Vista dall'alto

Fisica



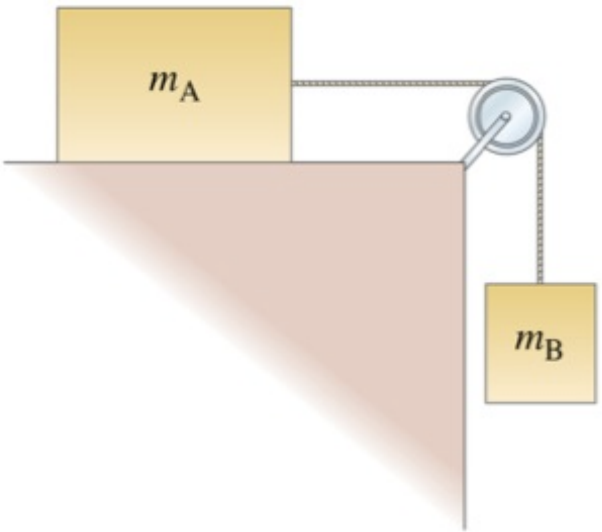
**Esercizio 2**

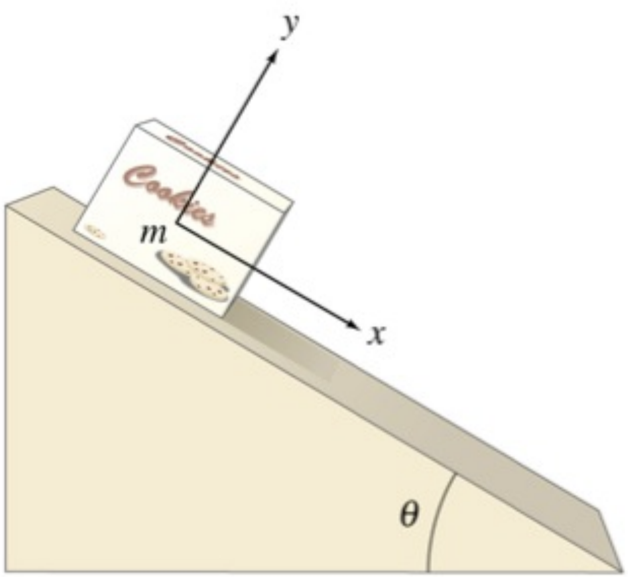
Due gatti delle nevi rimorchiano una unità di alloggiamento in una nuova località alla base McMurdo in Antartide, come mostrato in figura. La somma delle due forze $\vec{F}_A$ e $\vec{F}_B$ esercitate sull'unità dai cavi orizzontali è parallela alla linea L, e $F_A$=4500 N. Determinate $F_B$ e il modulo di $\vec{F}_A + \vec{F}_B$.

(a) $6.9*10^3 N$ (b) $8.9*10^3 N$

**Esercizio 3**

In figura è mostrato un blocco di massa $m_A$ posto su una superifice orizzontale liscia, collegato tramite una sottile corda che passa sopra una carrucola a un secondo blocco di massa $m_B$ che è appeso in verticale. (a) Disegnate il diagramma delle forze di ognuno dei blocchi, (b) Applicate la seconda legge di Newton per trovare le formule dell'accelerazione del sistema e della tensione della corda. Ignorate l'attrito e le masse della carrucola e della corda.



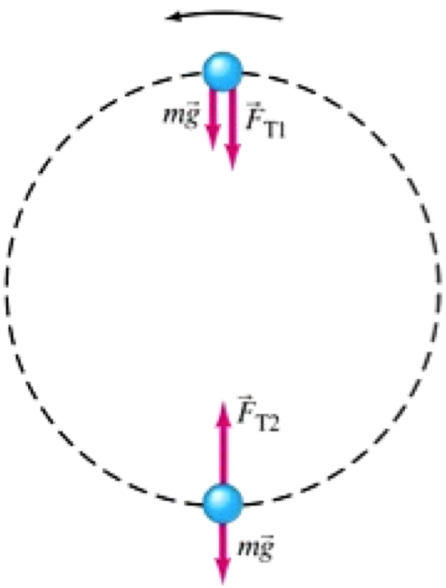



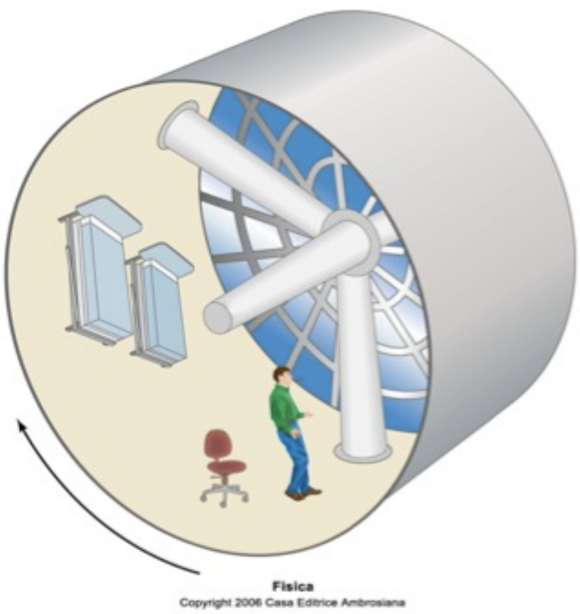

**Esercizio 4**

Il cartone mostrato in figura giace su di un piano liscio, inclinato di un angolo $\theta = 22.0°$ rispetto all'orizzontale, con $\mu_K$=0.12. (a) Determinate l'accelerazione del cartone appena inizia a scivolare lungo il piano. (b) Se il cartone parte da fermo, a una distanza lungo il piano di 9.30 m rispetto alla base, quale sarà la velocità del cartone quando raggiunge il fondo del piano inclinato?

**Esercizio 5**

Una pallina, legata all'estremità di una corda, viene fatta roteare a velocità costante su una circonferenza verticale di raggio 72.0 cm, come mostrato in figura. Se la sua velocità è di 4.00 m/s e la sua massa è 0.300 Kg, calcolate la tensione della corda quando la palla si trova (a) nel punto più alto e (b) nel punto più basso del suo percorso.




**Esercizio 6**

Con che rapidità deve ruotare la nave spaziale cilindrica mostrata in figura affinchè gli occupanti avvertano una gravità simulata pari a 0.60*g*? Assumete che la nave spaziale abbia diametro 32 m, e date la risposta in termini di tempo necessario per una rivoluzione.

Fisica


**Esercizio 7**

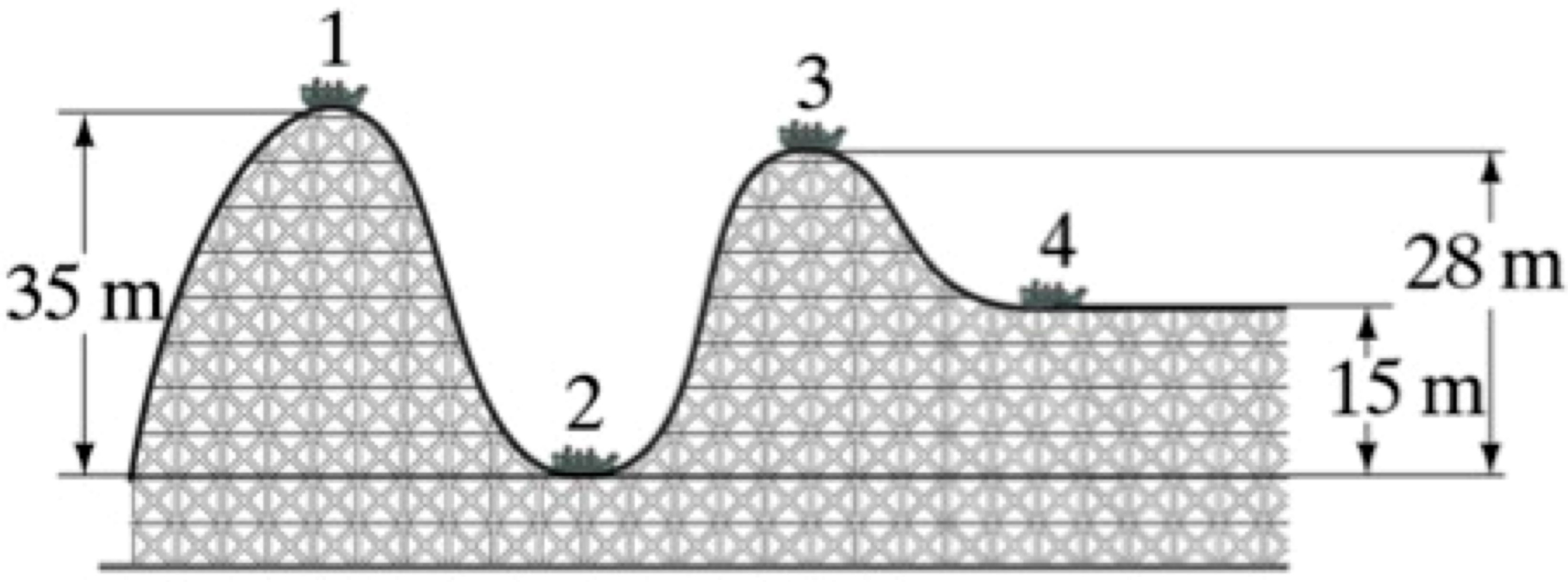
Tarzan pensa di superare una gola oscillando appeso a una liana, come mostrato in figura. Se le sue braccia sono in grado di esercitare una forza di 1400 N sulla fune, qual'è la massima velocità che può sopportare nel punto più basso della sua traiettoria? La sua massa è 80 Kg e la liana è lunga 5.5 m.

**Esercizio 8**

Un pianoforte da 330 Kg scivola verso il basso per 3.6 m lungo un piano inclinato di 28° e viene mantenuto a velocità costante da un uomo che lo frena spingendo indietro parallelamente al piano inclinato. Il coefficiente di attrito effettivo è 0.40. Calcolate: (a) la forza esercitata dall'uomo sul pianoforte; (b) il lavoro compiuto dall'uomo sul pianoforte; (c) il lavoro compiuto dalla forza di attrito; (d) il lavoro compiuto dalla forza di gravità; (e) il lavoro totale compiuto sul pianoforte.

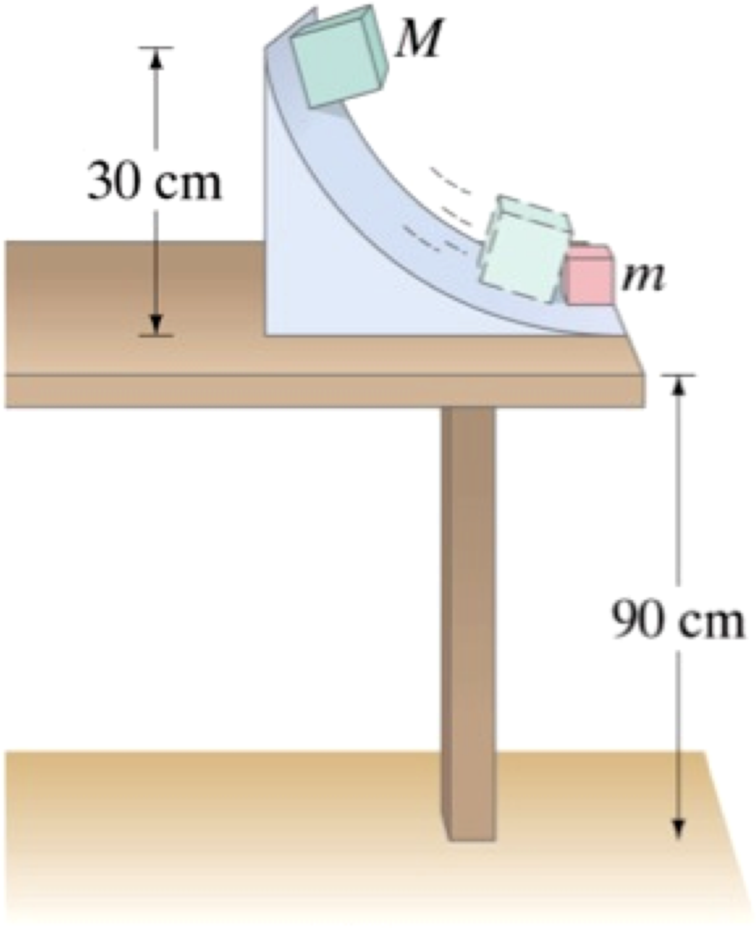
**Esercizio 9**

Il carrello delle montagne russe mostrato nella figura quì accanto viene trasportato fino al punto 1, dove è abbandonato da fermo. Supponendo che non ci sia attrito, calcolate la velocità nei punti 2, 3 e 4.



**Esercizio 10**

In un laboratorio di fisica, un cubetto scivola verso il basso lungo uno scivolo privo di attrito (vedi figura) e, giunto in fondo, colpisce elasticamente un secondo cubetto che ha metà della sua massa. Se lo scivolo è alto 30 cm e la superficie del tavolo è a 90 cm dal pavimento, dove atterrerà ciascun cubetto? Si tenga conto che entrambi i cubetti lasciano lo scivolo muovendosi in direzione orizzontale.




Fisica