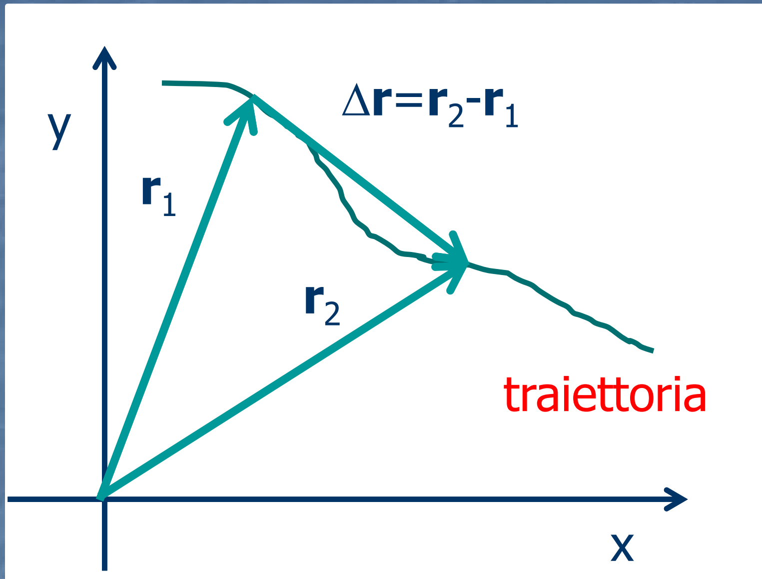
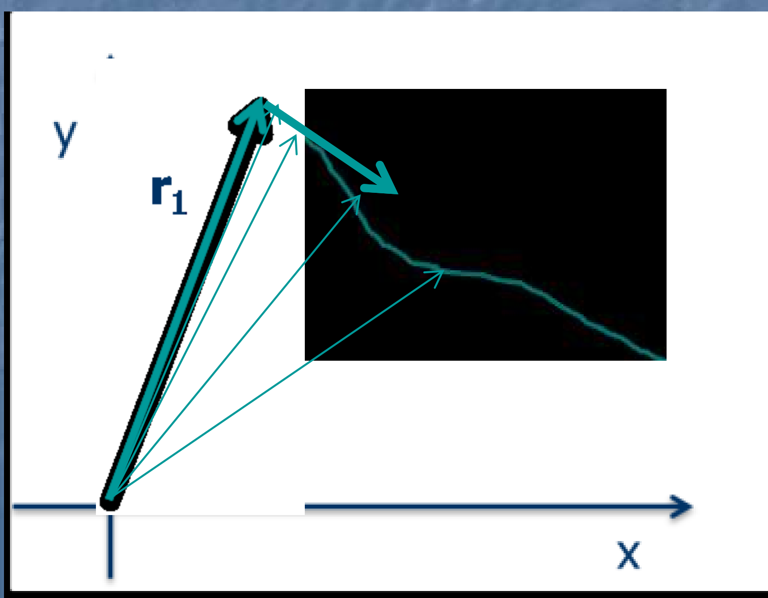
Cinematica





Posizione e velocità

$$x = x(t),\ y = y(t),$$

Velocità media

$$\vec{v}_m = \frac{\vec{r}_2 - \vec{r}_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta\vec{r}}{\Delta t}$$

Velocità istantanea

$$\vec{v} = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta\vec{r}}{\Delta t} = \frac{d\vec{r}}{dt}$$

Unità di misura MKS: m/s
Unità di misura pratica Km/h

$$1\,\frac{m}{s} = \frac{10^{-3}\,km}{1/3600\ h} = 3.6\,\frac{km}{h}$$

$$1\,\frac{km}{h} = \frac{1000\,m}{3600\,s} = 0.28\,\frac{m}{s}$$

EdiSES

Cinematica

Accelerazione media:

$$\vec{a}_m = \frac{\vec{v}_2 - \vec{v}_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$$

Accelerazione istantanea:

$$\vec{a} = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \frac{d\vec{v}}{dt}$$

Unità di misura: m/s2

Cinematica

- ## Moto rettilineo uniforme
- Definizione: moto che avviene con velocità costante in modulo verso e direzione ---→ traiettoria è una retta.

$$v = cost = v_0 = \frac{x_F - x_0}{t_F - t_0}$$

$$\boxed{x_F = x_0 + v_0 t}$$

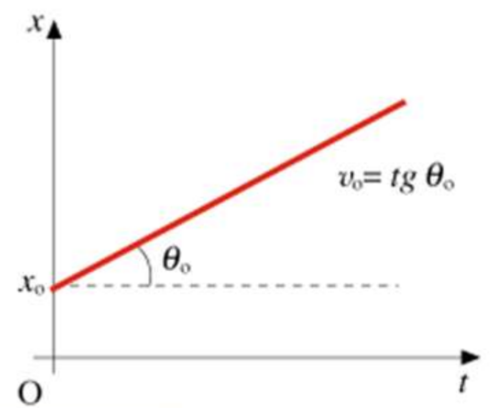


Figura 2.4

Traiettoria (sopra), legge oraria e grafico spazio-tempo di un moto rettilineo uniforme.

Scannicchio
Fisica Biomedica
EdiSES

Cinematica

Moto rettilineo uniformemente accelerato

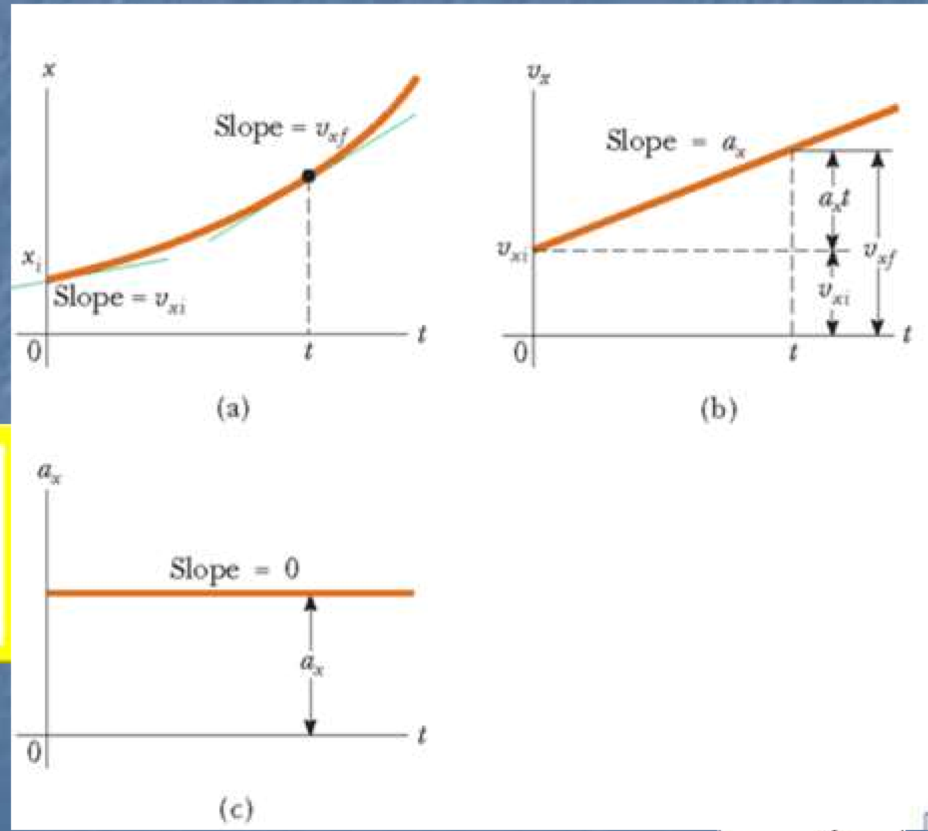
Un oggetto che parte da fermo ($v_0=0$), o con velocità diretta come l'accelerazione, ed è soggetto ad una accelerazione costante in modulo verso e direzione compie un moto rettilineo uniformemente accelerato.

$$a = cost = \frac{v_F - v_0}{t_F - t_0}$$

$$\boxed{v_F = v_0 + a t}$$

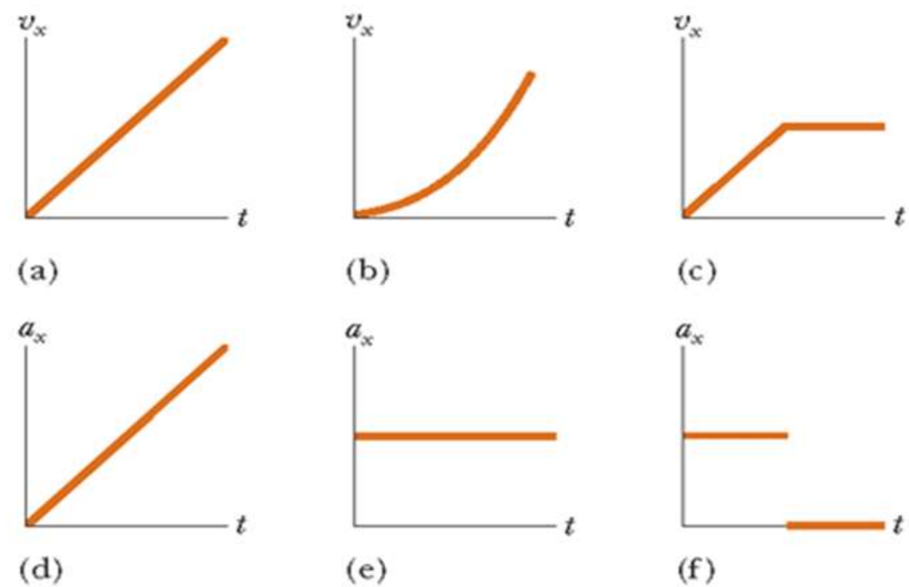
$$\boxed{x_F = x_0 + v_0 t + \frac{1}{2} a t^2}$$

$$v_F^2 - v_0^2 = 2a(x_F - x_0)$$



Cinematica

FIGURA 2.8 (Quiz rapido 2.3). Le parti (a), (b), e (c) sono i grafici veloctà-tempo di oggetti in moto unodimensionale. I possibili grafici accelerazione-tempo di ciascun oggetto sono mostrati in ordine sparso nelle parti (d), (e), e (f).



Esempio: automobile che rallenta.

Un'automobile si sta muovendo lungo un'autostrada rettilinea. Ad un certo istante il conducente pigia il freno. Se la velocità iniziale (quando pigia il freno) era v_1=100 km/h, e impiega 5 s a rallentare, fino a 40 km/h, quale è l'accelerazione media dell'auto?

V_1=100km/h=28 m/s
V_2=40km/h= 11.2m/s

a_m=[(11.2-28) m/s]/5 s=-3.4 m/s2

Cinematica

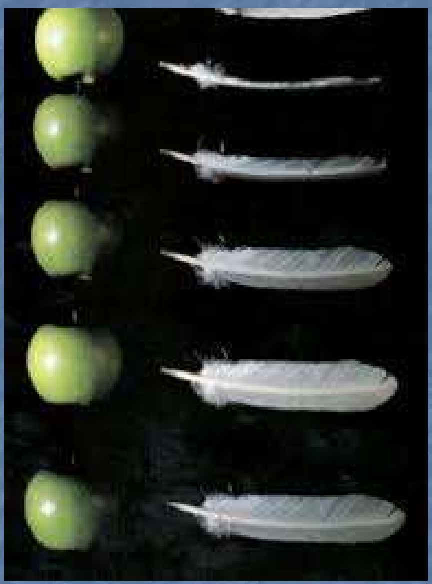
Caduta dei gravi

Moto rettilineo uniformemente accelerato con accelerazione costante g=9.8 m/s^2 (in assenza di attrito o con attrito trascurabile) diretta verso il basso.

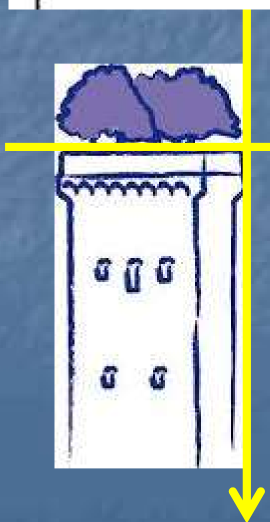
$$v_F = v_0 + a t$$

$$x_F = x_0 + v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$$

a=g, con direzione verticale e verso il basso
nella caduta v_0=0



ESEMPIO 2-10 **Caduta da una torre.** Supponiamo che una palla sia lasciata cadere ($v_0 = 0$) da una torre alta 70.0 m. Di quanto sarà caduta dopo 1.00 s, 2.00 s, 3.00 s?



$$y = y_0 + v_0 t + \frac{1}{2} g t^2$$

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

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

t = 1.00 s $\quad$ y = 4.9 m

t = 2.00 s $\quad$ y = 19.6 m

ESEMPIO 2-12 **Palla lanciata verso l'alto, I.** Una persona lancia una palla in aria *verso l'alto* con una velocità iniziale di 15.0 m/s. Calcolate (*a*) quanto in alto arriva la palla, e (*b*) quanto a lungo rimane in aria prima di ricadere in mano a chi l'ha lanciata.

$$v = v_0 - gt = 0$$

$$t = \frac{v_0}{g} = \frac{15\ m/s}{9.8\ m/s^2} = 1.5\ s$$

$$y = y_0 + v_0 t - \frac{1}{2} g t^2$$

$$0 = v_0 t - \frac{1}{2} g t^2$$

$$t\left(v_0 - \frac{1}{2} g t\right) = 0$$

$$t = 0$$

$$t = \frac{15\ m/s}{4.9\ m/s^2} = 3.0\ s$$

Cinematica

- Moto del proiettile

$$x = x_0 + v_{0x} t$$

$$y = y_0 + v_{0y} t - \frac{a}{2} t^2 .$$

$$y = \frac{v_{0y}}{v_{0x}} x - \frac{a}{2 v_{0x}^2} x^2 ,$$

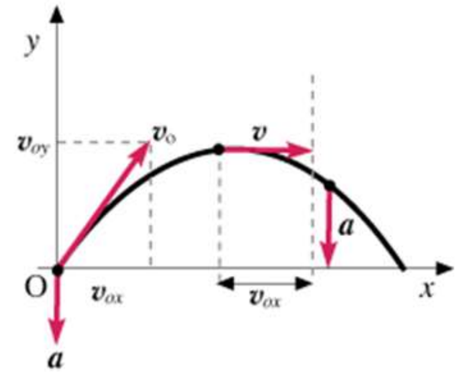


Figura 2.6

Traiettoria parabolica che si ottiene quando un oggetto è sottoposto a un'accelerazione ***a*** costante e a una velocità iniziale $\boldsymbol{v}_o$ che non è parallela ad ***a***. Si noti che la componente della velocità v_{ox}, perpendicolare ad ***a*** rimane costante durante il moto.

EdiSES
Scannicchio
Fisica Biomedica
EdiSES

EdiSES

Dinamica

Principi della dinamica

1) Ogni corpo permane nel suo stato di quiete o di moto rettilineo ed uniforme, finchè forze esterne ad esso non intervengono a modificarne lo stato di moto (principio di inerzia).
2) L'accelerazione subita da un corpo è in ogni istante proporzionale alla forza agente su di esso (**F**=m**a**, dove m>0).
3) Dati due corpi A e B, se A esercita su B una forza **F**, B esercita su A una forza -**F** , cioè una forza avente stesso modulo, stessa direzione, e verso opposto (azione e reazione).

$$\boxed{\mathbf{F} = m\,\boldsymbol{a}}$$

m (massa inerziale), grandezza fisica fondamentale espressa in kg. Caratteristica del corpo studiato.

Sistemi di riferimento inerziali, quei sistemi nei quali vale il principio di inerzia. Sistema di riferime legato alle stelle fisse e tutti i sistemi in moto rettilineo e uniforme rispetto ad esso. Anche un sis ma di riferimento legato alla terra può essere considerato un sistema inerziale.

Dinamica

Unità di misura della forza (Newton): 1 N è la forza che agente su una massa di 1 kg produce un'accelerazione di 1 m/s2.

1N=1 kg*m/s^2

$$\sum \vec{F} = m\vec{a}$$

$$\begin{cases} \sum F_x = m a_x \\ \sum F_y = m a_y \\ \sum F_z = m a_z \end{cases}$$

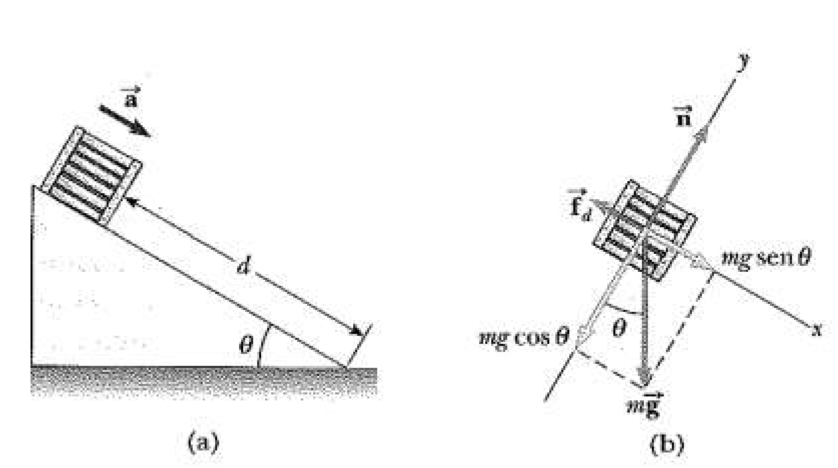
Varie forze: forza peso, reazione vincolare, forza di attrito.

EdiSES

Dinamica

Esempio: piano inclinato con attrito

Un magazziniere pone una cassa su una superficie in pendenza che è inclinata di 30.0° rispetto all'orizzontale (Fig. 5.7a). Se la cassa scivola giù lungo il piano inclinato con un'accelerazione di modulo $g/3$, determinare il coefficiente d'attrito dinamico fra la cassa e la superficie d'appoggio.



Dinamica

Conseguenza del III principio: conservazione della quantità di moto.

$$\boxed{\mathbf{q} = m\,v,}$$

Unità di misura: kg*m/s

Teorema di conservazione della quantità di moto: in un sistema isolato, la quantità di moto totale del sistema si conserva.

$$a_A = \frac{\mathbf{F}_{AB}}{m_A} = \frac{\Delta v_A}{\Delta t}, \quad a_B = \frac{\mathbf{F}_{BA}}{m_B} = \frac{\Delta v_B}{\Delta t},$$

$$\mathbf{F}_{AB} + \mathbf{F}_{BA} = 0$$

$$m_A\,\Delta v_A + m_B\,\Delta v_B = 0$$

$$\Delta(\mathbf{q}_A + \mathbf{q}_B) = \Delta\mathbf{q}_{totale} = 0.$$

La quantità di moto totale rimane costante

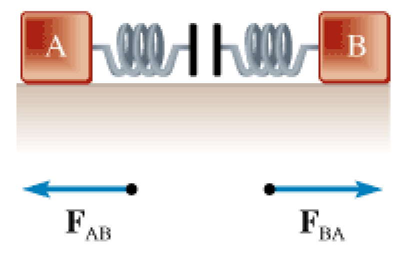


Figura 2.10

Una semplice situazione atta a illustrare il principio di azione e reazione e la conseguente conservazione della quantità di moto nei sistemi isolati. I corpi A e B poggiano senza attrito su un piano orizzontale e interagiscono quando le molle vengono a contatto.

Scannicchio
Fisica Biomedic
EdiSES

EdiSES

Dinamica

IMPORTANTE: nessuna ipotesi sulla natura delle forze, solo che siano forze interne al sistema.

(Esempio 8.2) Un arciere lancia una freccia orizzontalmente. Poiché sta senza attrito su del ghiaccio, comincia a scivolare sul ghiaccio.

Il sistema arciere freccia è un sistema isolato (sono soggetti alla forza di gravità, ma questa agisce verticalmente, mentre il moto è orizzontale). Quindi possiamo applicare la conservazione della quantità di moto nella direzione orizzontale.

Nella condizione iniziale sia arciere che freccia sono fermi per cui la quantità di moto del sistema è nulla. Quindi anche la quantità di moto finale deve essere nulla.

$$m_1\vec{\mathbf{v}}_{1f} + m_2\vec{\mathbf{v}}_{2f} = 0$$

Relativamente alla direzione x. Prendiamo come direzione positiva la direzione della freccia.

Dati: massa freccia 0.5 kg, Velocità freccia 50 m/s lungo l'asse x, massa arciere 60 kg.

$$v_{1F} = -\frac{m_2}{m_1} v_{2F} = -\frac{0.50\ \text{kg}}{60\ \text{kg}} \cdot 50\ \text{m/s}$$

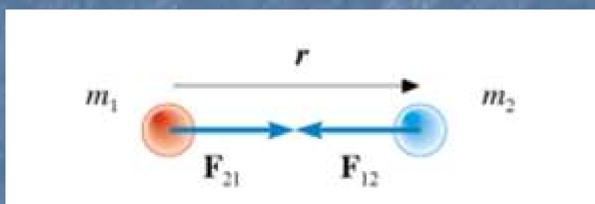
$$= -0.42\ \text{m/s}$$

Dinamica

Campo di forze

Una regione dello spazio è sede di un campo di forze quando in ogni suo punto è definita una forza che agisce su un corpo posto in quel punto.

Forze del campo gravitazionale



$$\mathbf{F}_{12} = -G\frac{m_1 m_2}{r^2}\left(\frac{\mathbf{r}}{r}\right) \qquad \left[G = 6.67\cdot 10^{-11}\ \text{newton m}^2\text{kg}^{-2}\right]$$

Legge di Newton della gravitazione universale.
G costante di gravitazione universale

Linee di forza

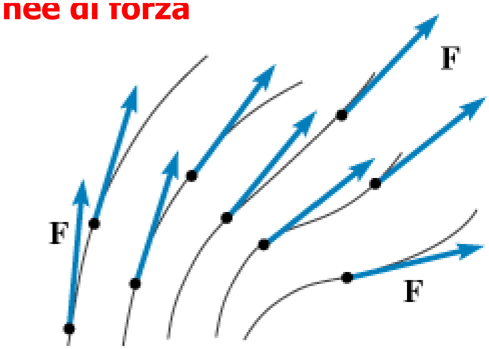


Figura 2.11

In un punto qualsiasi di un campo di forze il vettore forza è tangente alla linea di forza.

Scannicchio
Fisica Biomedica
EdiSES

Dinamica

Legge della gravitazione universale e forza peso.

$$\mathbf{F}_{12} = -G\frac{m_1 m_2}{r^2}\left(\frac{\mathbf{r}}{r}\right)$$

$M_T=5.98*10^{24}$ Kg

$R_T=6.38*10^{6}$m

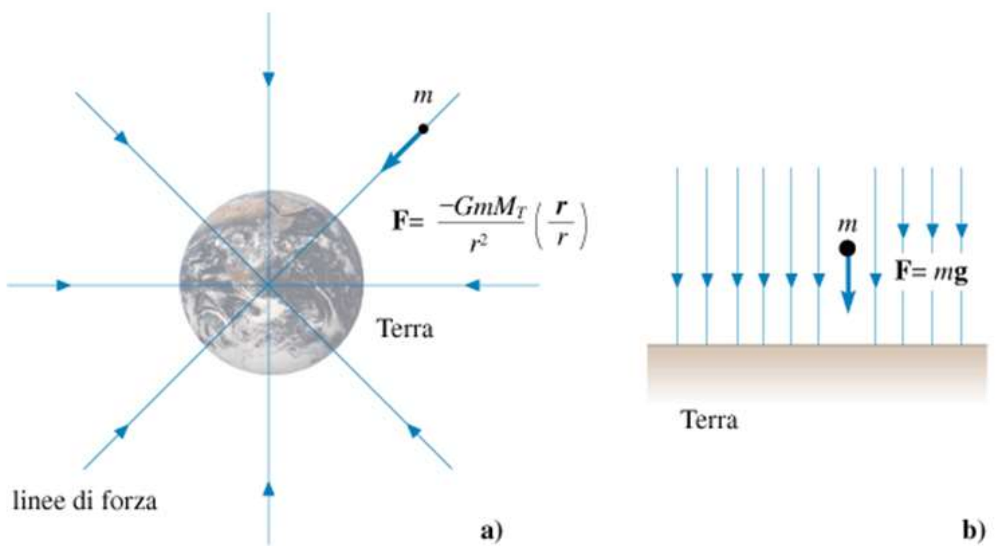
$G=6.67*10^{-11}N*m^2/kg^2$

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

Forza peso, g=accelerazione di gravità

Figura 2.13

Linee di forza del campo gravitazionale: (**a**) a grande distanza dalla Terra; (**b**) in prossimità della superficie terrestre dove $g= 9.8\ ms^{-2}$.



Scannicchio
Fisica Biomedica
EdiSES

Massa, peso, densità

MASSA | m | kg

grandezza fondamentale
proprietà intrinseca dei corpi

PESO | $\vec{p} = m\vec{g}$ | N

forza con cui ogni corpo è attratto dalla Terra in base alla sua massa

Unità di misura pratica:
$kg_{peso} = kg_{massa} \cdot 9.8\ m/s^2 = 9.8\ N$

DENSITA'

relazione tra
massa e dimensioni
definita per tutti i corpi
utile soprattutto per liquidi e gas

$$\text{densità} = \frac{\text{massa}}{\text{volume}}$$

$d = m/V$ | kg/m^3

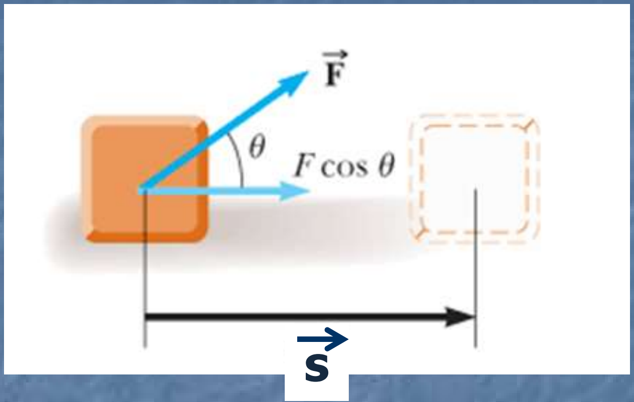
Def. simile:
concentrazione
→ *v. Chimica*

Energia

Lavoro di una forza costante

$L = \mathbf{F} \cdot \mathbf{S} = FS\cos\theta$

Unità di misura nel sistema MKS:
[L]=[N*m]= [J]
1 Joule corrisponde al lavoro compiuto dalla forza di 1N per lo spostamento di 1 m lungo la direzione della forza.



Sistema cgs
Forza nel cgs dyna:
1 dyna=1g*1cm/s^2
1 dyna=10^{-3}kg*10^{-2}m/s^2=10^{-5} N

Unità di misura del lavoro nel sistema cgs: erg

1erg=1dyna*1cm=10^{-5}N*10^{-2}m=10^{-7}J

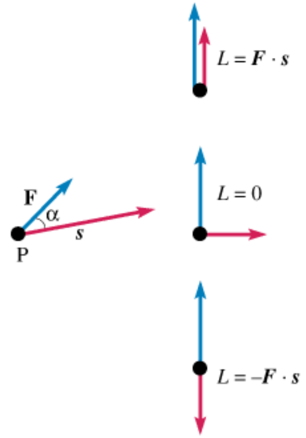


Figura 2.16
Il lavoro compiuto da una forza che rimane costante in modulo, direzione e verso durante il suo spostamento.

Scannicchio
Fisica Biomedica
EdiSES

Lavoro svolto da una forza variabile
Consideriamo un corpo che si sposta lungo l'asse x sotto l'azione di una forza variabile. Lo spostamento va da x_i a x_f.
Possiamo suddividere lo spostamento in tanti tratti Δx, all'interno di ciascuno dei quali la F_x può essere assunta costante.

$$\mathcal{L} \simeq \sum_{x_i}^{x_f} F_x \Delta x$$

$$\mathcal{L} = \lim_{\Delta x \to 0} \sum_{x_i}^{x_f} F_x \Delta x = \int_{x_i}^{x_f} F_x \, dx$$

$$\mathcal{L} = \int_{x_i}^{x_f} F_x \, dx$$

Esempio lavoro della forza elastica

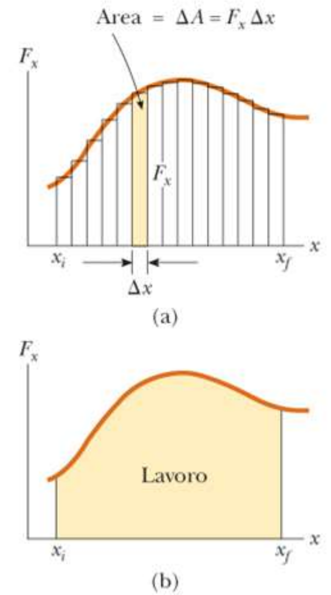


Figura 7.7 (a) Il lavoro compiuto dalla componente F_x della forza per un piccolo spostamento Δx è $F_x \Delta x$, che rappresenta l'area del rettangolo ombreggiato. Il lavoro totale compiuto nello spostamento da x_i a x_f è approssimativamente dato dalla somma delle aree di tutti i rettangoli. (b) Il lavoro compiuto dalla componente F_x di una forza variabile quando il punto materiale si sposta da x_i a x_f è esattamente uguale al valore dell'area sottesa da questa curva.

Serway, Jewett
Fisica per scienze ed ingegneria
EdiSES

Energia

L'energia di un corpo è la capacità che esso ha di compiere lavoro.

- Energia cinetica
- Energia potenziale gravitazionale
- Energia potenziale elettrica
- Energia termica
- Energia chimica

Principio di conservazione dell'energia: In qualsiasi fenomeno fisico in cui vi sia trasformazione di una forma di energia in un'altra, l'energia totale si conserva sempre.

Un corpo di massa m e velocità v, possiede energia cinetica data da $E_k=(1/2)mv^2$

Energia

Un corpo di massa m in moto con velocità v è dotato di energia cinetica E_k:

$E_k=(1/2)*mv^2$

Sia **F** la forza risultante applicata al corpo; il lavoro della forza F è uguale alla variazione dell'energia cinetica del corpo:

$$\boxed{L=\Delta E_k}$$

Dimostrazione: Se **F** cost, moto rettilineo uniformemente accelerato. Consideriamo un intervallo di tempo compreso tra t_1 e t_2, e sia v_1 e v_2 la velocità nei due istanti di tempo.
Sia $\Delta t=(t_2-t_1)$;
Nell'intervallo Δt, la velocità media vale $v_m=(1/2)(v_1+v_2)$ e lo spazio percorso sarà $\Delta x=v_m*\Delta t$.

$$\mathcal{L} = F \cdot \Delta x = m\, a\, \Delta x = m \frac{v_2-v_1}{\Delta t} \cdot \frac{v_1+v_2}{2} \Delta t$$

$$= E_{k2} - E_{k1} = \Delta E_k$$

EdiSES

Campi di forze conservative, energia potenziale e conservazione dell'energia meccanica

Una forza è conservativa se il lavoro compiuto per spostare un corpo da un punto A ad un punto B non dipende dal percorso seguito ma solo dalla posizione iniziale e finale (dai punti A e B).

Una forza è conservativa se il lavoro compiuto per spostare un corpo da un punto su un percorso chiuso è nullo.

Per le forze conservative si può definire una funzione delle sole coordinate spaziali, tale che il lavoro si può esprimere come differenza dei valori assunti dalla funzione nei punti A e B:

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

Tale funzione si chiama energia potenziale.

Conservazione dell'energia meccanica:
Nel caso di forze conservative vale che
$L=\Delta E_k$ e $L=-\Delta U$

$\Delta E_k = -\Delta U \qquad E_{k2}-E_{k1}=U_1-U_2 \qquad E_{k1}+U_1=E_{k2}+U_2$

$U+E_k=cost$

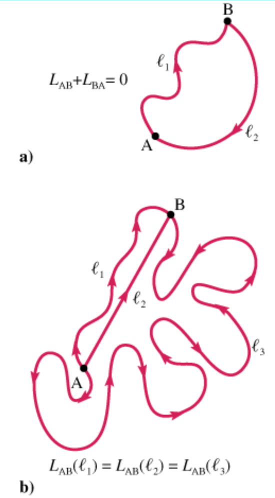


Figura 2.18
Illustrazione grafica delle proprietà di un campo di forze conservative. Le due definizioni di forza conservativa sono equivalenti. Nel caso (**b**) per andare dal punto A al punto B lungo le traiettorie ℓ_1, ℓ_2 e ℓ_3 se il campo di forze è conservativo avremo:

$$L_{AB}(\ell_1) = L_{AB}(\ell_2) = L_{AB}(\ell_3)$$

Nel caso (**a**) abbiamo un percorso chiuso da A a B e da B ad A. Se nella traiettoria ℓ_2 invertiamo il verso, per definizione di lavoro abbiamo $L_{AB}(\ell_2) = -L_{BA}(\ell_2)$. Essendo

$$L_{AB}(\ell_1) = L_{AB}(\ell_2) = -L_{BA}(\ell_2)$$

si ottiene: $L_{AB}(\ell_1) + L_{BA}(\ell_2) = L$ (traiettoria chiusa) $= 0$.

Scannicchio
Fisica Biomedica
EdiSES

Energia

Applicazione: caduta libera

Cinematica:

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

$$v = gt = g\sqrt{\frac{2h}{g}} =$$

$$\sqrt{2gh}$$

Energia:
F cost, spostamento **s** (F e s stessa direzione):

$$L = \vec{F} \cdot \vec{s} = m\vec{a} \cdot \vec{s} = mas = \frac{1}{2} m v^2$$

$$v = \sqrt{2as}$$

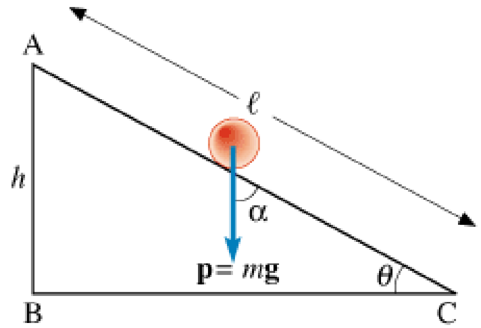
Stesso risultato con a=g e s=h

Energia

Forze conservative:

- Forze costanti, come ad esempio la forza peso.
- Forze radiali, i.e. dirette verso un punto fisso e dipendenti da 1/r2 (forza di gravità).
- Forze elastiche (F=-kx).

Forze dissipative: forza di attrito (lavoro sempre negativo).



(a) $L_{BA} = -\,mgh$
(b) $L_{BA} = L_{BC} + L_{CA} =$
$= 0 - mg\ell\cos\alpha =$
$= -\,mg\ell\,\mathrm{sen}\theta = -\,mgh$

Figura 2.19

Il lavoro resistente L_{BA} della forza peso è uguale quando è calcolato (a) lungo la verticale o (b) lungo il piano inclinato (se lo spostamento è orizzontale rispetto al suolo, essendo la forza peso verticale, il lavoro è nullo per la sua definizione).

Scannicchio
Fisica Biomedica
EdiSES

La forza peso è conservativa

$L_{AB} = mgh$
$L_{BA} = -\,mgh$

Percorso chiuso di andata e ritorno

$L_{AB} + L_{BA} = 0$

$L = L_{AB} + L_{BC} + L_{CA}$

$= mgh + 0 - mg\,\mathrm{sen}\theta \cdot \ell$

$\ell = \dfrac{h}{\mathrm{sen}\,\theta}$

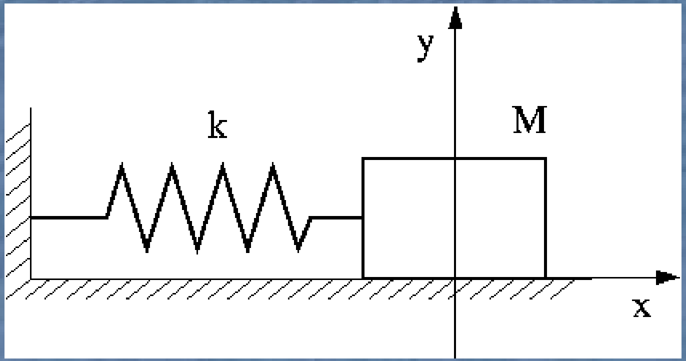
L=0

Energia potenziale gravitazionale:

$L_{AB}=U_A-U_B=mgh$
$U_A=mgh+U_B$
U_B valore di riferimento che di solito si assume zero.

Energia

Dimostrazioche che la Forza elastica è conservativa.



X=0 nel punto in cui la molla è a riposo

$$F = -kx$$

$$\mathcal{L} = \int_{x_i}^{x_F} -kx\,dx = -k\int_{x_i}^{x_F} x\,dx = -k\left[\frac{1}{2}x^2\right]_{x_1}^{x_2}$$

$$= \frac{1}{2}k x_i^2 - \frac{1}{2}k x_F^2$$

Lavoro nullo su qualunque percorso chiuso

Energia

Altezza di arresto di un grave lanciato verso l'alto von velocità iniziale v_0: approccio cinematico ed energetico.

Cinematico

$$0 = v_0 - gt$$

$$t = \frac{v_0}{g}$$

Troviamo l'istante t in cui la velocità si annulla, e lo sostituiamo nella legge oraria

$$y = y_0 + v_0 t - \frac{1}{2} g t^2$$

$$h = \frac{1}{2} \frac{v_0^2}{g}$$

Energetico

$$E_i = \frac{1}{2} m v_0^2$$

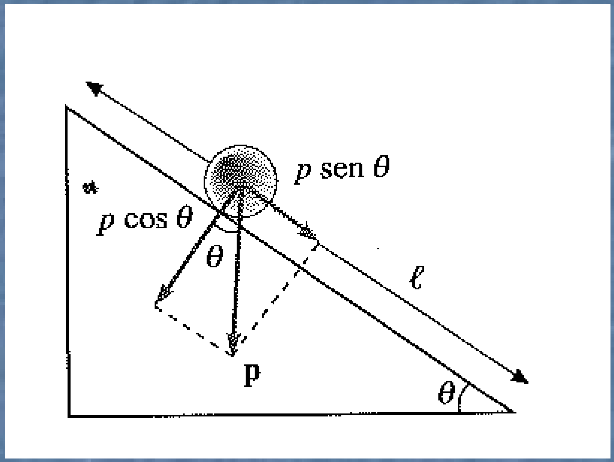
$$E_f = m g h$$

$$\frac{1}{2} m v_0^2 = m g h$$

$$h = \frac{v_0^2}{2g}$$

Energia

Velocità finale di un corpo che scende lungo un piano inclinato con velocità iniziale nulla



$$F_{\parallel} = m g \,\text{sen}\,\theta$$

$$a_{\parallel} = g \,\text{sen}\,\theta$$

2° legge di Newton scritta lungo un asse parallelo al piano

$$v_{\parallel}^2 = 2 a_{\parallel} (\ell) = 2 g \,\text{sen}\,\theta\, \ell$$

$$v_{\parallel}^2 = 2 g \,\text{sen}\,\theta\, \ell$$

$$v_{\parallel} = \sqrt{2 g \,\text{sen}\,\theta\, \ell}$$

Conservazione dell'energia

$$E_1 = m g h = m g \ell \,\text{sen}\,\theta$$

$$E_2 = \frac{1}{2} m v_{\parallel}^2$$

$E_1=E_2$

$$\frac{1}{2} m v_{\parallel}^2 = m g \ell \,\text{sen}\,\theta$$

$$v_{\parallel}^2 = 2 g \,\text{sen}\,\theta\, \ell$$

$$v_{\parallel} = \sqrt{2 g \,\text{sen}\,\theta\, \ell}$$

EdiSES

Energia

Potenza=rapporto tra lavoro compiuto da una forza e il tempo impiegato per compierlo

$$\boxed{W = \frac{L}{\Delta t}}$$

$$W = \frac{L}{\Delta t} = \frac{\vec{F} \cdot \vec{\Delta s}}{\Delta t} = \vec{F} \cdot \frac{\vec{\Delta s}}{\Delta t} = \boxed{\vec{F} \cdot \vec{v}}$$

Unità di misura watt (W)=1joule/s nel sistema MKS e erg/s nel sistema cgs.
Unità di misura pratica il cavallo vapore 1 hp=735 W

Energia Potenziale e Forza

Ipotesi: forza applicata lungo l'asse x

Lavoro= $F\Delta x = U(A) - U(B) = -\Delta U$

$$F = -\frac{\Delta U}{\Delta x} \qquad F = -\frac{dU}{dx}$$

Il vettore che ha come componenti le derivate di una funzione si chiama gradiente della funzione.

$$\vec{F} = -\overrightarrow{\mathrm{grad}\,U}$$

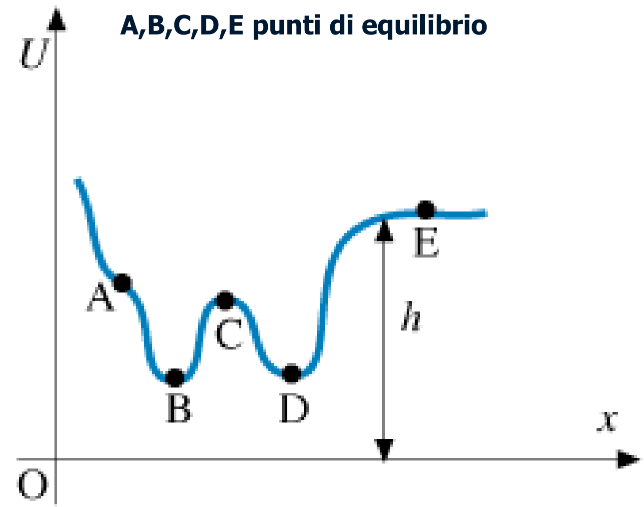


Figura 2.21

L'energia potenziale U di un oggetto posto nel campo gravitazionale terrestre ha lo stesso andamento della curva di livello, essendo $U = mgh$.

EdiSES
Scannicchio
Fisica Biomedi
EdiSES
EdiSES