

Dinamica

Relazione tra forze e movimento dei corpi

- Principi della dinamica
- Concetti di forza, inerzia, massa

Cinematica

- Moto rettilineo uniforme

$$s = s_0 + v(t - t_0)$$

- Moto uniformemente accelerato

$$v = v_0 + a(t - t_0)$$

$$s = s_0 + v_m(t - t_0) = s_0 + v_0(t - t_0) + \frac{1}{2}a(t - t_0)^2$$

- Moto circolare uniforme

$$\omega = \theta / \Delta t = 2\pi / T = 2\pi f$$

$$v = r \theta / \Delta t = \omega r$$

$$a_c = v^2 / r = \omega^2 r$$

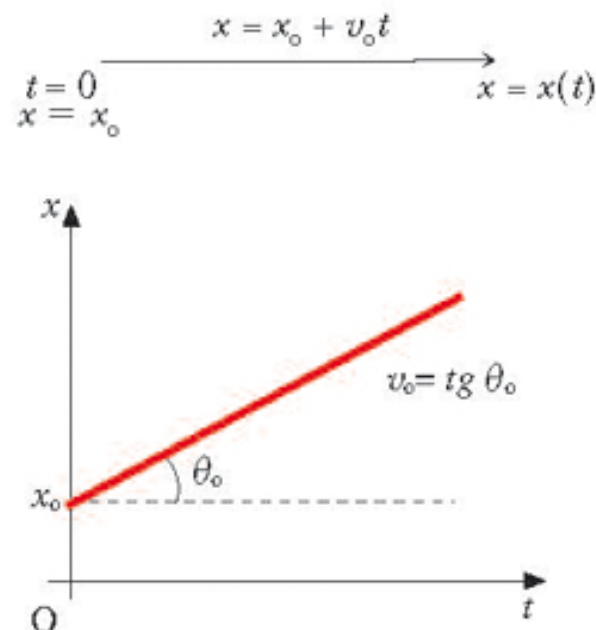


Figura 2.4

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

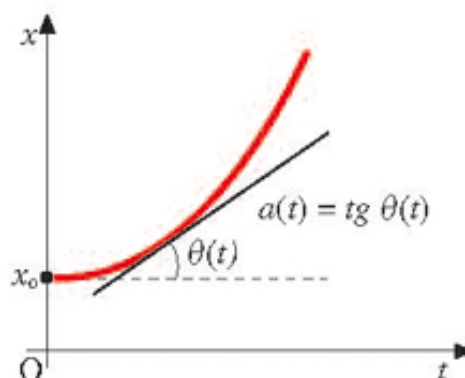
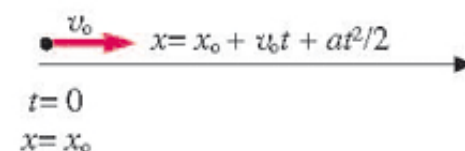


Figura 2.5

Traiettoria (sopra) grafico spazio-tempo e grafico velocità-tempo di un moto uniformemente accelerato.

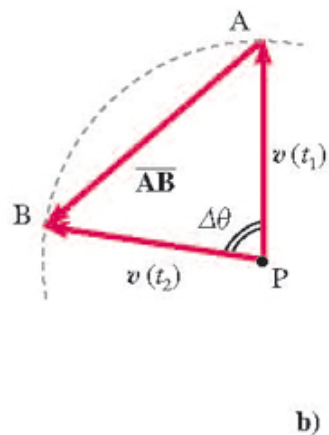
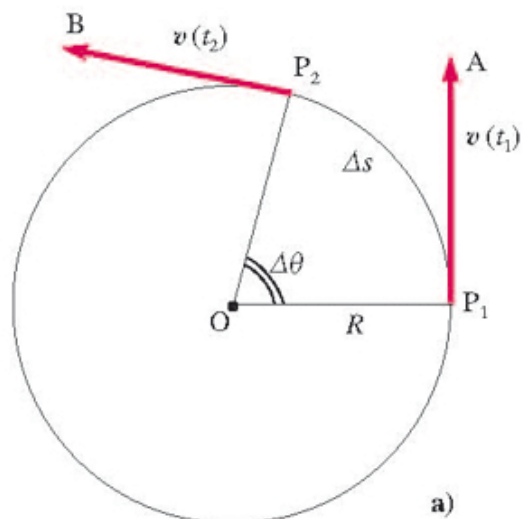
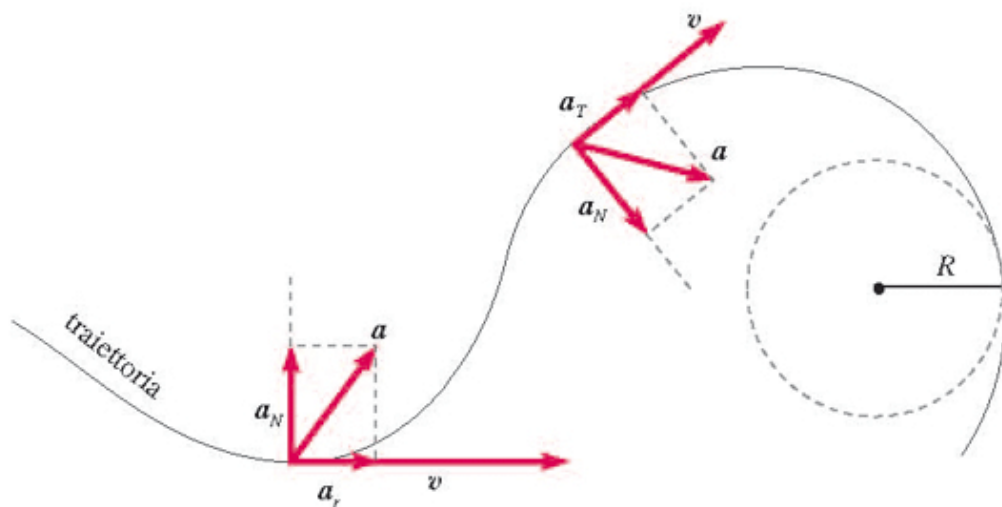


Figura 2.7

Moto circolare uniforme. (a) La velocità è tangente e costante in modulo. L'accelerazione ottenuta con la costruzione geometrica indicata in (b) risulta diretta come il raggio dell'orbita e verso il centro (accelerazione centripeta).

Figura 2.8

Traiettoria curvilinea in due dimensioni. Sono indicate le direzioni e le componenti dei vettori velocità e accelerazione in generale. È inoltre mostrato il significato geometrico di raggio di curvatura di una traiettoria curvilinea in un punto.



Dinamica

La dinamica, dal greco "forza", studia il movimento dei corpi in relazione alle cause che lo producono.

Le leggi formulate da Isaac Newton nel XVII secolo descrivono correttamente il moto dei corpi sotto l'azione di forze in tutte le situazioni ordinarie che si verificano nell'ambito dell'esperienza quotidiana.

La dinamica newtoniana cessa di valere per distanze estremamente piccole e quando sono in gioco velocità prossime a quella della luce.

Si fonda su tre principi fondamentali.

Sistemi di riferimento inerziali e Primo principio

Esiste una categoria di sistemi di riferimento, detti inerziali, nei quali le forze nascono solo dall'interazione fra corpi.

Nei sistemi di riferimento non inerziali possono apparire delle forze fittizie, che non nascono da interazioni con altri corpi ma sono unicamente frutto del sistema di riferimento considerato.

Sistemi di riferimento inerziali e Primo principio

In dinamica Newtoniana sono inerziali i sistemi nei quali vale il I Principio della dinamica:

I Principio:

In un sistema inerziale un corpo permane nel suo stato di quiete o di moto rettilineo uniforme a meno che non intervengano delle forze a mutare tale stato.

I sistemi di riferimento inerziali sono dunque in moto rettilineo uniforme l'uno rispetto all'altro, non vi è accelerazione tra essi!

Concetto di forza

Le forze sono la causa del cambiamento nel moto dei corpi (sia a contatto che a distanza).

In genere si associa all'azione di una forza la presenza di un altro corpo che l'ha generata.
Questo però non è sempre vero!

Se infatti ci troviamo su un autobus e ad una frenata ci sentiamo spingere in avanti, non pensiamo che qualcuno ci abbia spinto.

La forza non è nata da una interazione tra corpi ma dalla frenata dell'autobus.

Sistemi di riferimento non inerziali

Esempio: carrello all'interno del vagone di un treno

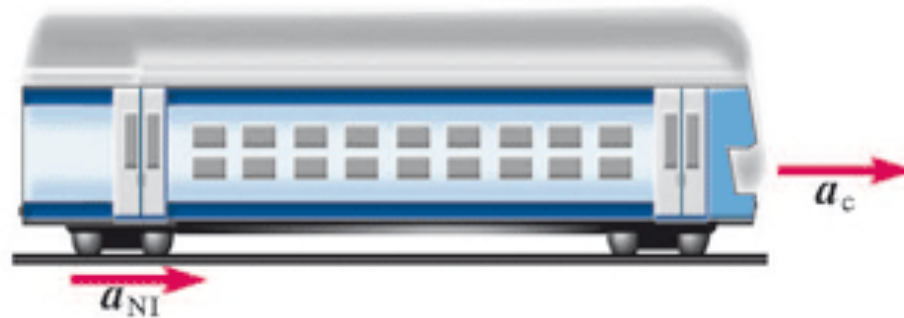


Figura 2.14

Il vagone si muove con accelerazione a_c rispetto al suolo. Il suo interno è pertanto un sistema di riferimento non inerziale per cui il carrello mobile è soggetto ad un'accelerazione a_{NI} . L'accelerazione del carrello rispetto al suolo risulta pertanto essere $a = a_{NI} + a_c$.

Concetto di inerzia

Il I Principio è noto anche come Principio d'inerzia

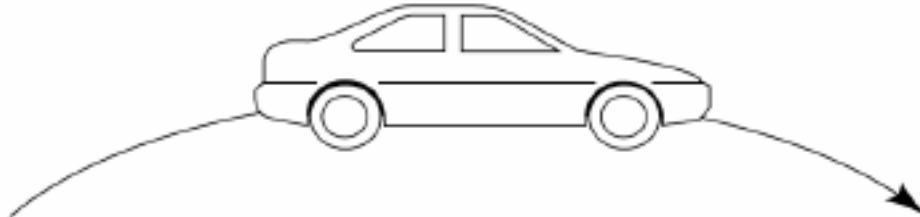
Inerzia → Proprietà intrinseca di un corpo che esprime la sua naturale tendenza a mantenere il proprio stato di quiete o di moto rettilineo uniforme.

Si parla di inerzia di quiete, cioè una resistenza ad iniziare un moto, e inerzia di moto, cioè una resistenza a modificare uno stato di moto.

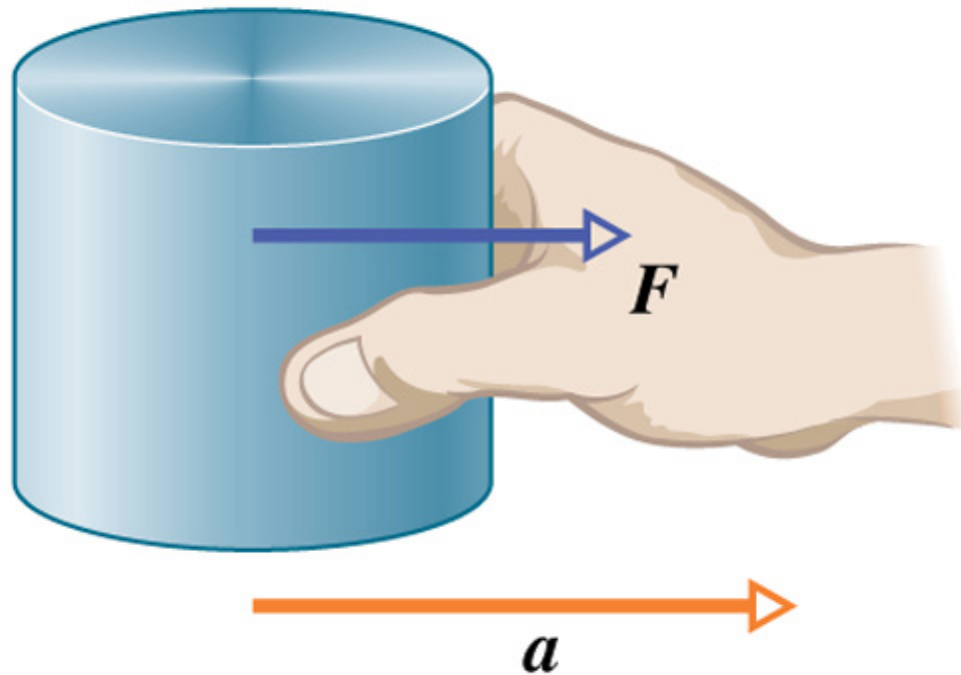
Concetto di inerzia

Un'automobile affronta una curva mantenendo costante il modulo della sua velocità. Esiste una forza agente sull'automobile?

- 1- no, perché la velocità é costante
- 2- si
- 3- dipende da quanto é stretta la curva e dalla velocità dell'automobile.



Secondo principio



Se si applica una forza ad un oggetto
questo subisce un'accelerazione

Secondo principio

L'accelerazione che subisce un corpo è direttamente proporzionale alla risultante delle forze agenti:

$$F_1/a_1 = F_2/a_2 = F_3/a_3 = F/a = \text{costante}$$

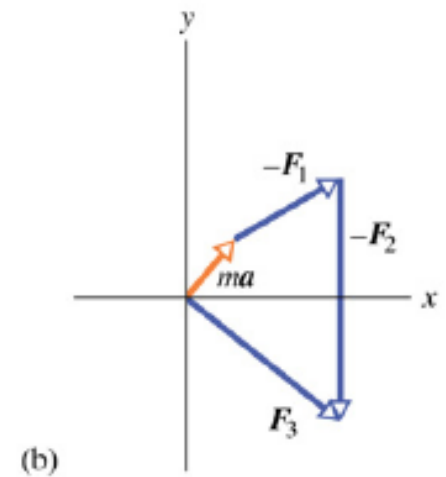
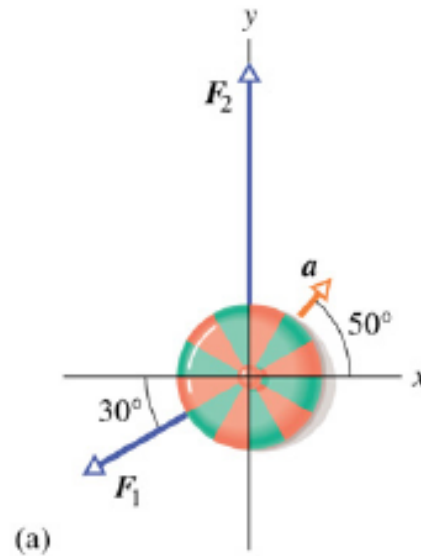
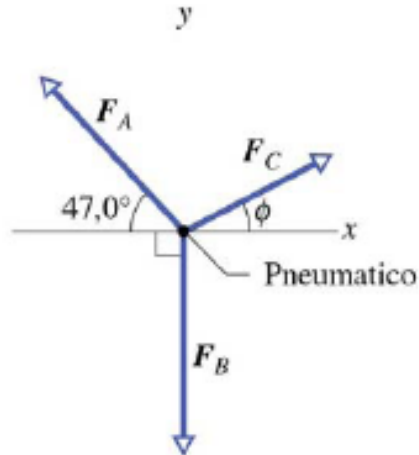
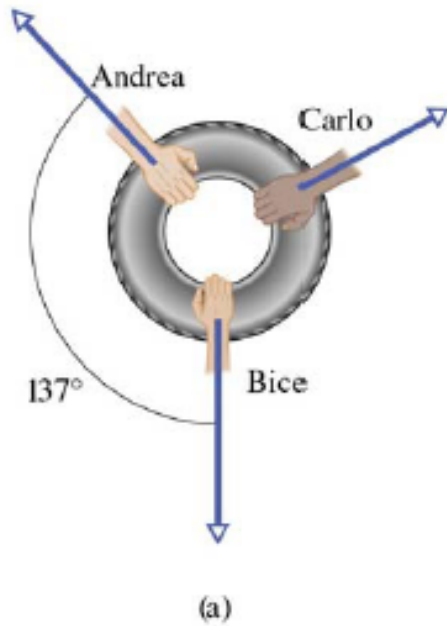
Il coefficiente di proporzionalità è una quantità sempre positiva, detta massa (inerziale):

$$\mathbf{F} = m \mathbf{a} \quad \mathbf{F} = \mathbf{F}_1 + \mathbf{F}_2 + \mathbf{F}_3 + \dots = \sum_{i=1, \dots, N} \mathbf{F}_i$$

Misura l'inerzia di un corpo: maggiore è la massa, minore è la sua tendenza ad accelerare.

I Principio in formula: **$\mathbf{F} = \mathbf{0} \rightarrow \mathbf{a} = \mathbf{0} \rightarrow \mathbf{v} = \text{costante}$**

Vettori forza: risultante



Unità di misura della forza

La massa è una grandezza fondamentale.
Nel SI si misura in kg.

La forza è una grandezza derivata.
La sua unità di misura è il *Newton* nel SI.

Dalla relazione $F = m a$ si ottiene:

$$1\text{N} = 1\text{kg} \cdot \text{m/s}^2$$

Terzo principio (azione-reazione)

A ogni forza ne corrisponde una di uguale direzione e intensità, e di verso contrario (principio di azione-reazione).

Conseguenza della legge di conservazione della quantità di moto $q=mv$.



$$\mathbf{F}_{12} = -\mathbf{F}_{21}$$

$$\mathbf{F}_{12} = m_1 \mathbf{a}_{12}$$

$$\mathbf{F}_{21} = m_2 \mathbf{a}_{21}$$

$$m_1/m_2 = a_2/a_1$$

Esempio del palloncino:
l'aria spinta fuori dal
palloncino lo spinge a sua
volta in direzione opposta.

Terzo principio

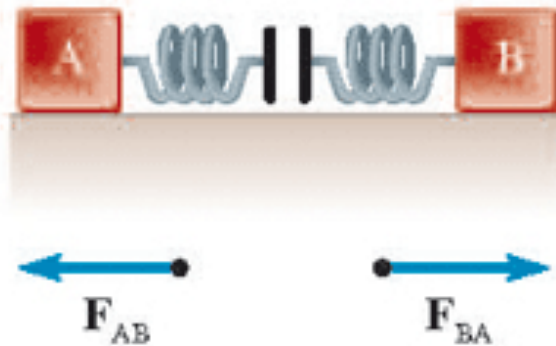


Figura 2.10

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.

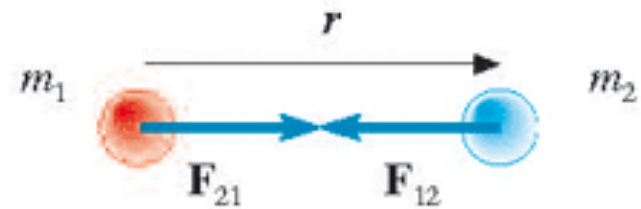


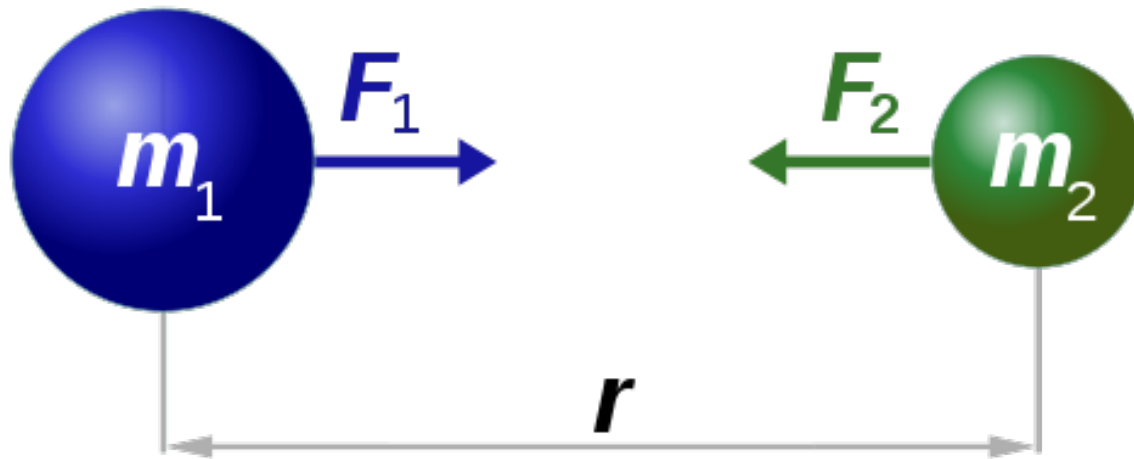
Figura 2.12

Forze di attrazione gravitazionale fra due masse. Per il terzo principio della Dinamica: $F_{12} = -F_{21}$.

Tipi di forze che agiscono sugli oggetti

- Peso $F_g = mg$ (il peso si esprime in kg o in N?)
- Forza Normale (es: dovuta alla terra che ci mantiene sulla superficie)
- Attrito (radente nei solidi, viscoso nei liquidi)
- Tensione T (forza di trazione di una fune)

Legge di gravitazione universale



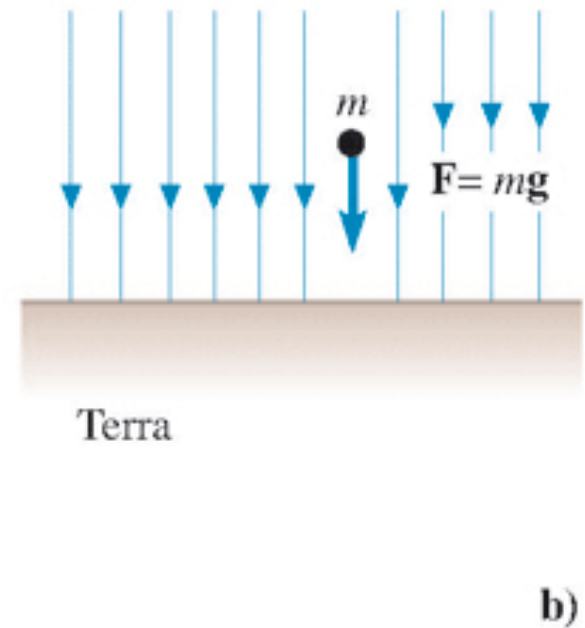
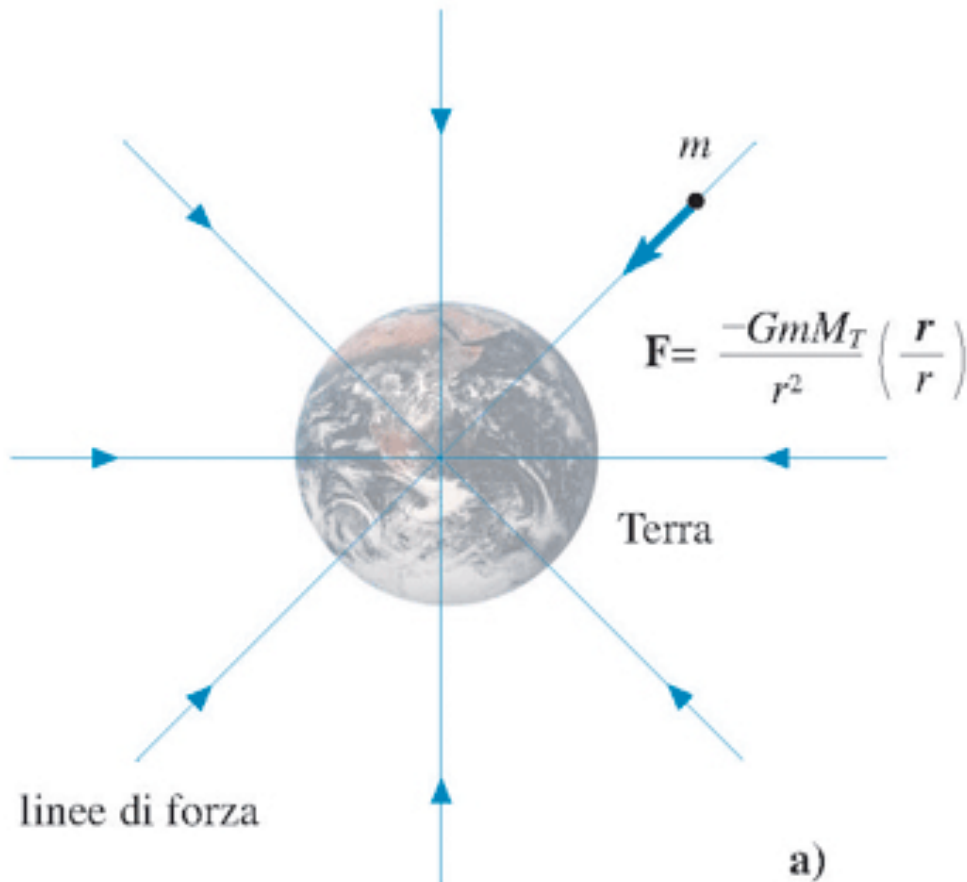
$$F_1 = F_2 = G \frac{m_1 \times m_2}{r^2}$$

Costante di gravitazione universale

$$G = 6.67384 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3/(\text{kg s}^2)$$

Tipi di forze: Gravitazionale

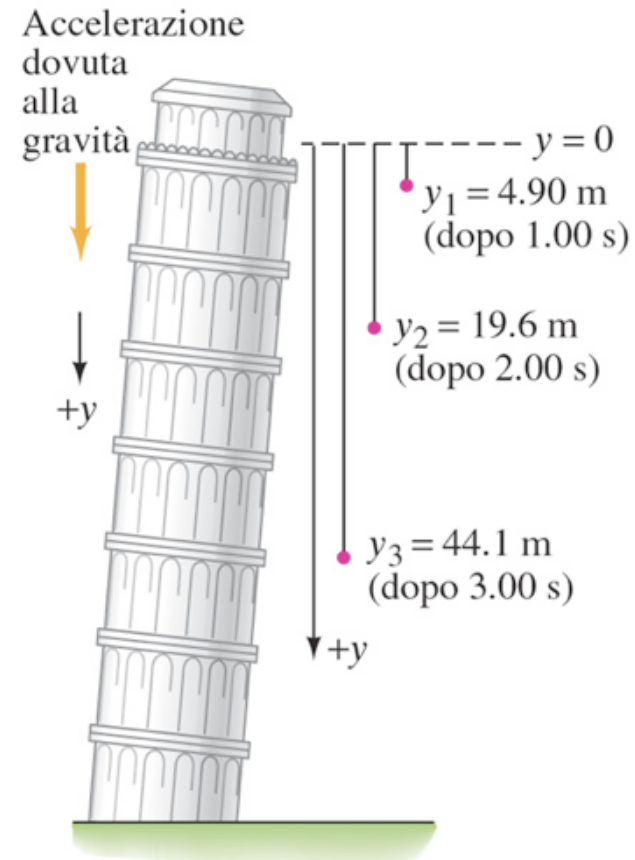
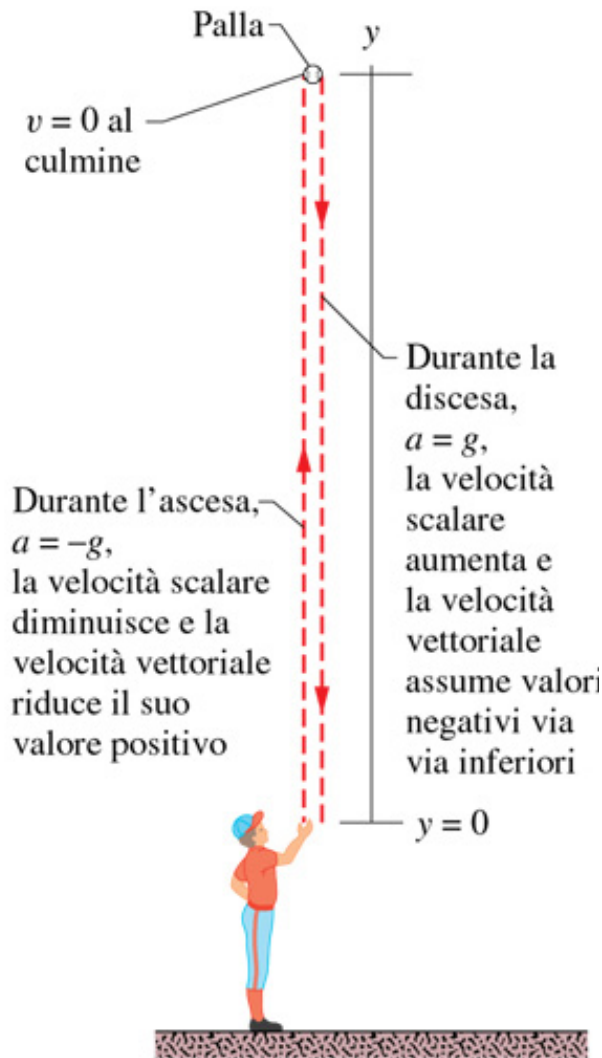
Su ogni corpo agisce una forza di attrazione verso il centro della Terra. Chiamiamo questa forza peso, e la indichiamo con $\mathbf{P} = m \mathbf{g}$, dove \mathbf{g} ($=GM_T/R_T^2$) è detta accelerazione di gravità e sul livello del mare vale circa 9.81 m/s^2 .

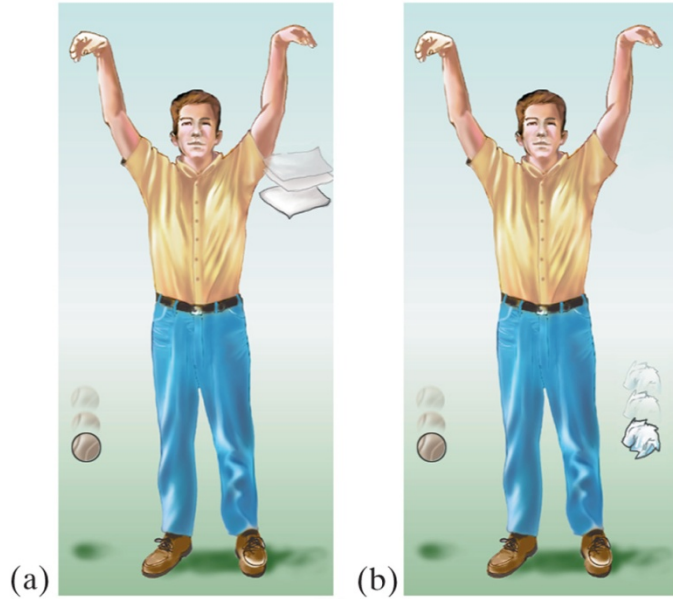


Caduta di un grave

Si tratta di moto uniformemente accelerato, per cui:

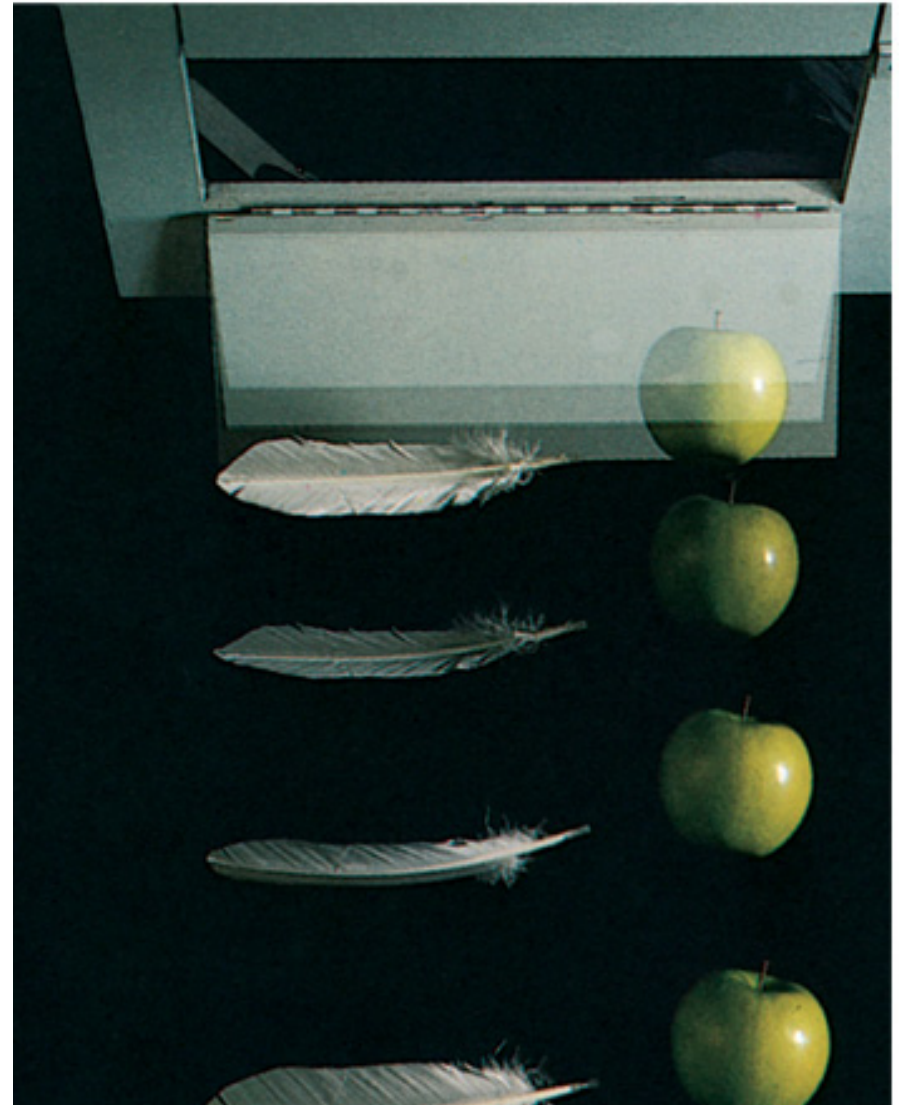
$$h(t) = h_0 - \frac{1}{2} g t^2$$





$$h(t) = h_0 - \frac{1}{2} g t^2$$

$$g = GM_T / R_T^2$$

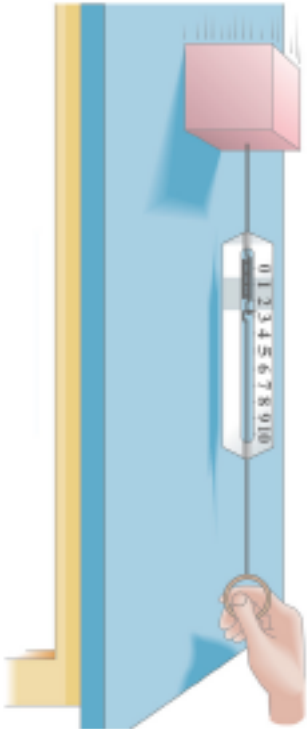


L'accelerazione è indipendente dalla massa del corpo!
In assenza d'attrito **i corpi arrivano a terra insieme**

Peso e massa

Sulla luna la forza peso è diversa che sulla terra (1/6)!
Nello spazio lontano da pianeti e stelle la forza peso è nulla, non c'è attrazione, $g=0$!

$$\mathbf{P=mg}$$



Quando ci pesiamo sulla bilancia cosa misuriamo?

Se usiamo un apparecchio che misura forze allora stiamo misurando il peso, altrimenti la massa.

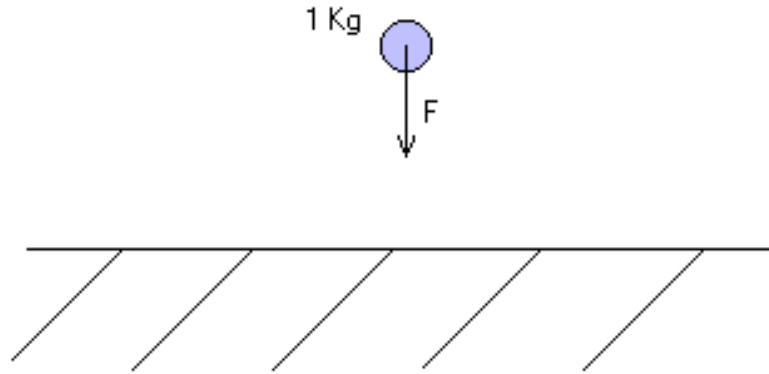
La massa oltre che una definizione inerziale $m=F/a$ ha anche la definizione di quantità di materia che compone un corpo (massa molare).

$$\mathbf{P = mg = 70kg \ 9.8m/s^2 = 700N}$$

Dire che il nostro peso è 70 kg è improprio

Il kg è l'unità di misura della massa...

Quanto vale 1 Newton?



Per avere un'idea "pratica" del significato di 1N consideriamo un corpo della massa di 1kg. Se lasciato cadere sotto l'effetto del suo peso:

$$P = 1 \text{ kg} \cdot 9.8 \text{ m/s}^2 \approx 10\text{N}.$$

Questo significa che un corpo di 1 kg viene attratto con una forza (il suo peso) pari a circa 10 N.

1N corrisponde quindi al peso di circa un etto!

Esercizi

Tra le seguenti affermazioni soltanto una non è vera. Quale?

- Se tutte le forze applicate a un punto materiale hanno la stessa direzione e verso, anche la forza totale agente sul punto avrà quella direzione e quel verso.
- Se su un punto materiale agiscono due forze che hanno direzioni diverse, la forza totale agente sul punto avrà direzione ancora diversa.
- Se a uno stesso punto materiale sono applicate tre o più forze non nulle, la forza totale agente sull'oggetto è sicuramente non nulla.
- Se su un punto materiale agiscono tre forze, di cui due sono eguali e opposte tra loro, il movimento del punto è determinato soltanto dalla terza forza.

Le forze apparenti che si osservano nei sistemi di riferimento non inerziali:

- sono forze causate dall'accelerazione.
- non rispettano il principio di inerzia.
- sono forze reali, che si cancellano se si passa a un sistema di riferimento inerziale.
- sono dovute esclusivamente alla scelta del sistema di riferimento.

Esercizi

Un'astronave in viaggio dal Sistema Solare verso Proxima Centauri (la stella più vicina), arrivata a metà strada finisce il combustibile che fa funzionare i motori. Che cosa succede?

- L'astronave continua ad accelerare verso Proxima Centauri , spinta dalla forza d'inerzia.
- Per il primo principio della dinamica, l'astronave continua a viaggiare a velocità costante verso Proxima Centauri .
- L'astronave rallenta ma non si ferma, perché la forza di inerzia la mantiene in movimento.
- Per il principio di inerzia l'astronave rallenta fino a fermarsi.

Immagina di trovarti nel mezzo di un canale ghiacciato: l'attrito sul ghiaccio è praticamente nullo, e non riesci a muovere un passo perché scivoli. Cosa puoi fare per raggiungere la tua riva del canale?

- Saltare in direzione della tua riva.
- Lanciare verso l'altra riva qualche oggetto che hai in tasca.
- Distenderti sul ghiaccio e tirandoti con le mani.
- Lanciare in avanti prima le braccia e poi le gambe.