

Dinamica,
ovvero le cause del movimento...



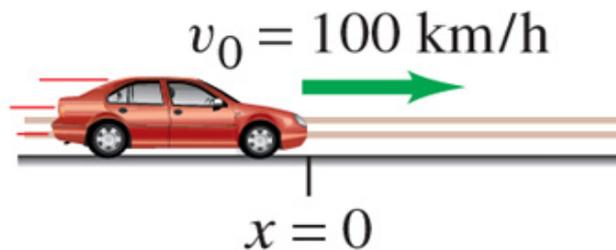
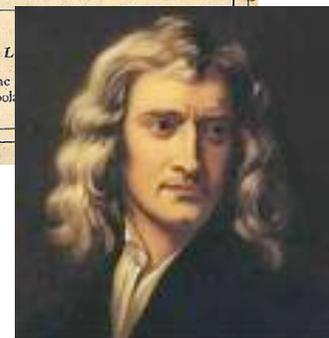
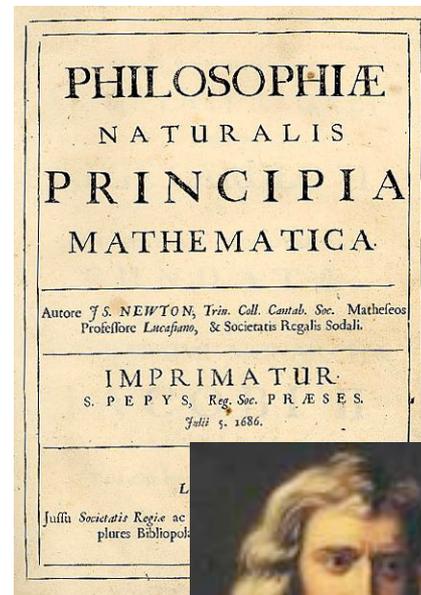
Le Tre Leggi della Dinamica di Newton

1. Ogni corpo persevera nel suo stato di quiete o di moto rettilineo uniforme fino a quando non agisca su di esso una forza risultante diversa da zero.

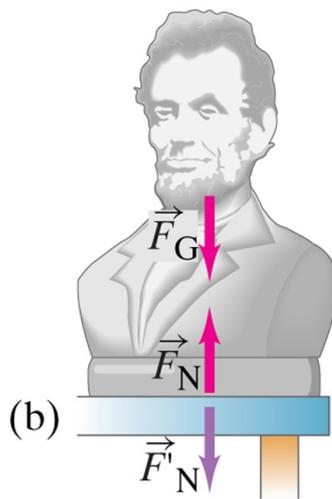
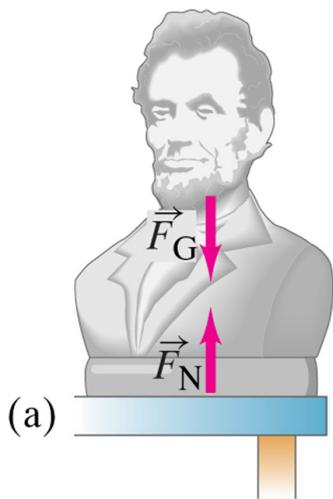
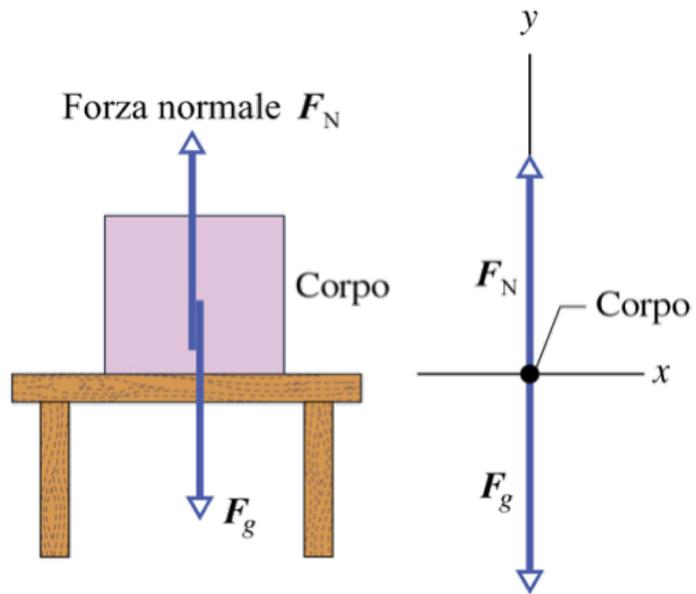
2. La forza netta agente su un corpo è uguale al prodotto della sua massa m per l'accelerazione \vec{a} assunta dal corpo:

$$\vec{F}_{net} = \sum_i \vec{F}_i = m\vec{a} \quad (1) \quad \longrightarrow \quad \vec{a} = \frac{\vec{F}_{net}}{m}$$

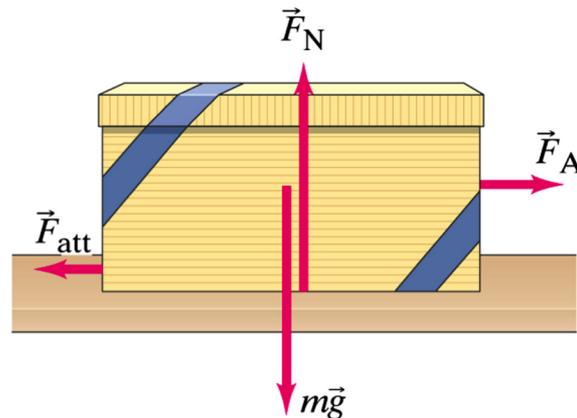
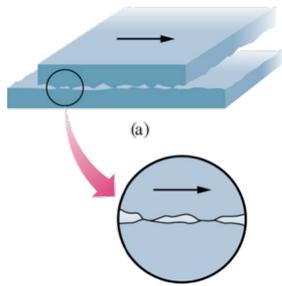
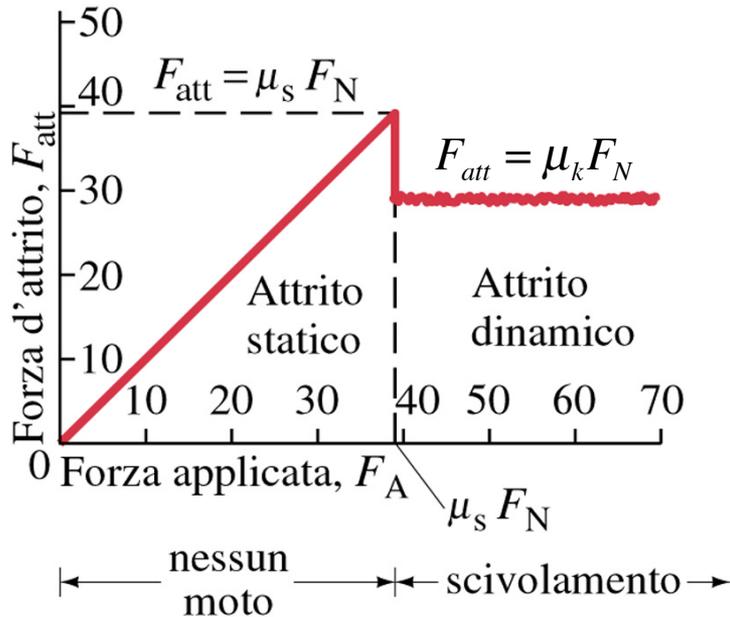
3. Ad ogni azione corrisponde una reazione uguale e contraria.



Forza di Gravità e Forza Normale



Attrito Statico e Dinamico



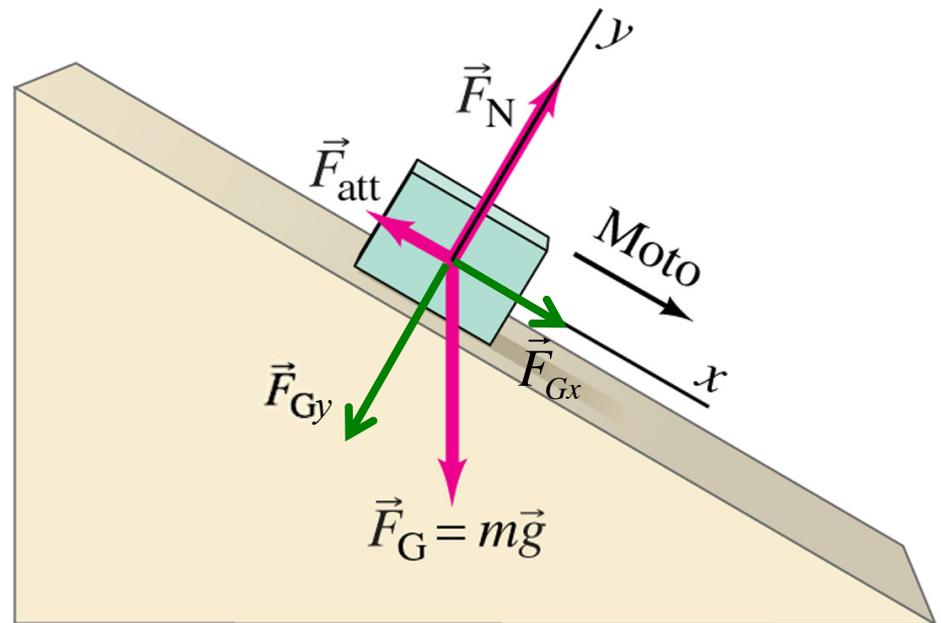
Alcuni valori del coefficiente di attrito radente.^[1]

Superfici	μ_{rs} (statico)	μ_{rd} (dinamico)
Legno - legno	0,50	0,30
Acciaio - acciaio	0,78	0,42
Acciaio - acciaio lubrificato	0,11	0,05
Acciaio - alluminio	0,61	0,47
Acciaio - ottone	0,51	0,44
Acciaio - teflon	0,04	0,04
Acciaio - ghiaccio	0,027	0,014
Acciaio - aria	0,001	0,001
Acciaio - piombo	0,90	n.d.
Acciaio - ghisa	0,40	n.d.
Acciaio - grafite	0,10	n.d.
Acciaio - plexiglas	0,80	n.d.
Acciaio - polistirene	0,50	n.d.
Rame - acciaio	1,05	0,29
Rame - vetro	0,68	0,53
Gomma - asfalto (asciutto)	1,0	0,8
Gomma - asfalto (bagnato)	0,7	0,6
Vetro - vetro	0,9 - 1,0	0,4
Legno sciolinato - neve	0,10	0,05

Dinamica su Piani inclinati

Sono molto frequenti problemi di dinamica che coinvolgono lo scivolamento di oggetti lungo **piani inclinati**. In questi casi la *competizione tra la forza di gravità e le forze di attrito* non avviene lungo la verticale ma lungo la **direzione del moto** degli oggetti sulla superficie inclinata, direzione che di solito si assume coincidere con l'**asse x** di un opportuno sistema di riferimento, il cui **asse y** è rivolto invece nella direzione perpendicolare a tale superficie:

In questo caso la **forza normale** non deve controbilanciare *tutta* la forza peso dell'oggetto ma solo la **componente y della forza peso**, diretta lungo la *perpendicolare* al piano inclinato (asse y negativo). Sarà dunque questa componente della forza peso a determinare l'intensità della **forza di attrito**, la quale – a sua volta – contrasterà la **componente x della forza peso**, cioè quella diretta *lungo* il piano inclinato (asse x positivo), che è poi quella che genera il moto.



Esercizio

Consideriamo una **sciatrice** che abbia appena iniziato a scendere su una pista con una pendenza di 30° . Supponendo che il *coefficiente di attrito dinamico* sia 0.10, calcolare (a) la sua **accelerazione** e (b) la **velocità** che avrà raggiunto dopo 4.0s.

(a) Innanzitutto **scomponiamo** la forza peso nelle sue componenti lungo i due assi x e y:

$$F_{Gx} = mg \sin \theta \quad e \quad F_{Gy} = -mg \cos \theta$$

Di queste componenti, quella lungo l'asse y sarà uguale ed opposta alla forza normale (non essendoci moto lungo l'asse y), mentre quella lungo l'asse x contribuirà a determinare l'**accelerazione** della sciatrice determinata dalla seconda legge di Newton:

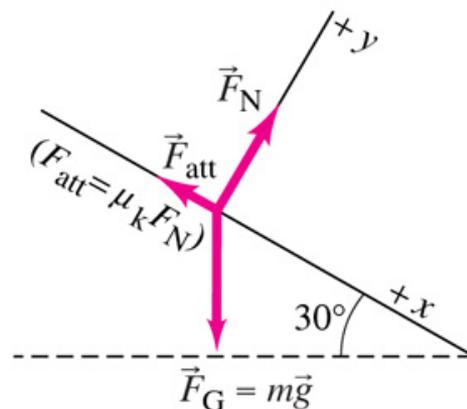
$$\begin{cases} \sum_i F_{xi} = ma_x \rightarrow ma_x = mg \sin \theta - \mu_k F_N \\ F_N = mg \cos \theta \end{cases}$$

l'accelerazione non dipende dalla massa!

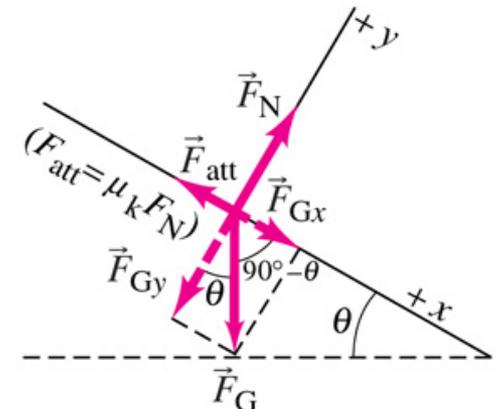
$$\begin{aligned} \rightarrow a_x &= \frac{1}{m}(mg \sin \theta - \mu_k mg \cos \theta) = g \sin 30^\circ - \mu_k g \cos 30^\circ = \\ &= 0.50g - (0.10)(0.866)g = 0.41g = 0.41 (9.8m/s^2) = 4.0m/s^2 \end{aligned}$$



(a)



(b)



(c)

Esercizio

Consideriamo una **sciatrice** che abbia appena iniziato a scendere su una pista con una pendenza di 30° . Supponendo che il *coefficiente di attrito dinamico* sia 0.10, calcolare (a) la sua **accelerazione** e (b) la **velocità** che avrà raggiunto dopo 4.0s.

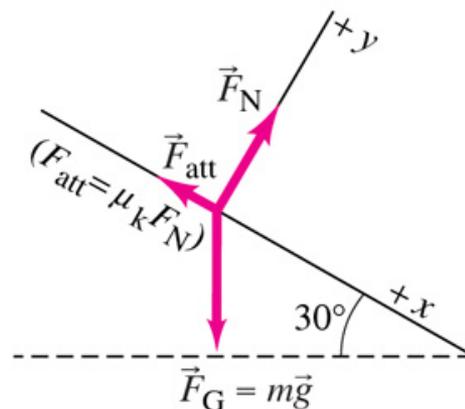
(b) Essendo l'**accelerazione costante**, per trovare la **velocità** della sciatrice dopo 4.0s basta usare una delle equazioni del moto unidimensionale uniformemente accelerato, tenendo conto che la velocità iniziale della sciatrice è nulla (poichè parte da ferma):

$$v_x = v_{x0} + a_x t \rightarrow v_x = 0 + (4.0m/s^2)(4.0s) = 16m/s$$

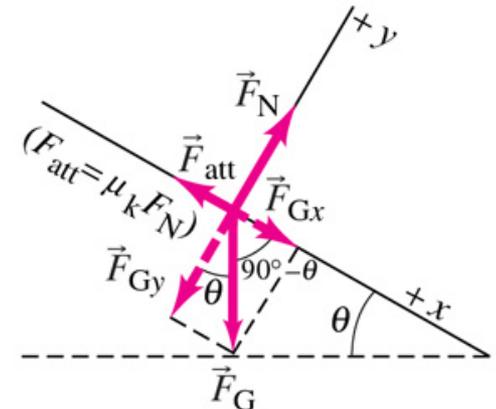
E' utile, in questi esercizi, risolvere dapprima il problema mediante **elaborazione algebrica** delle equazioni coinvolte mantenendo i simboli delle variabili (come si è fatto in questo caso) e solo alla fine sostituire i valori numerici, sia perchè così si ottengono equazioni risolutive valide in **generale** per problemi simili, sia perchè ci possono essere **semplificazioni** algebriche che facilitano l'ottenimento del risultato.



(a)



(b)



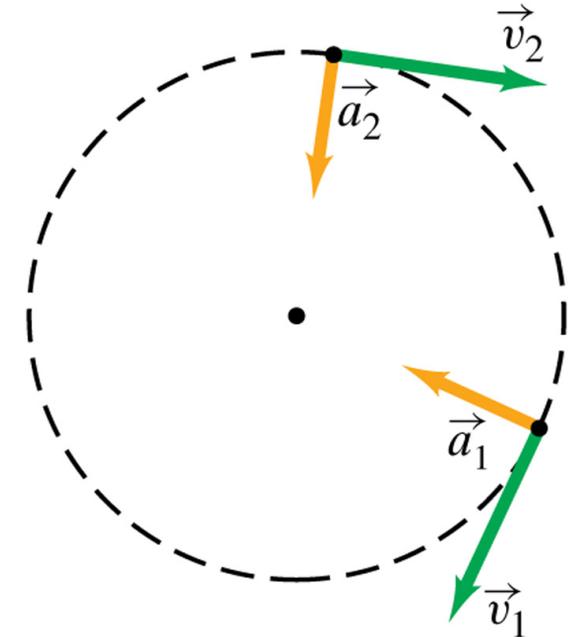
(c)

Dinamica del moto Circolare Uniforme

Studiando la cinematica del **moto circolare uniforme** di una particella su una circonferenza di raggio r , abbiamo visto che il vettore velocità (di modulo costante e sempre tangente alla traiettoria) è sottoposto ad ogni istante ad un cambiamento di direzione e la particella è soggetta ad una **accelerazione centripeta** diretta appunto verso il centro del cerchio e di modulo costante $a_R = v^2/r$, dove – come sappiamo – la velocità si può anche calcolare conoscendo il **raggio** e il **periodo** di rotazione T (o la frequenza f):

$$v = \frac{2\pi r}{T} = 2\pi r f$$

Da un **punto di vista dinamico** ciò significa che, per la seconda legge di Newton, sulla particella, che assumiamo di massa m , deve agire una **forza risultante non nulla** proporzionale alla massa e all'accelerazione della particella stessa.

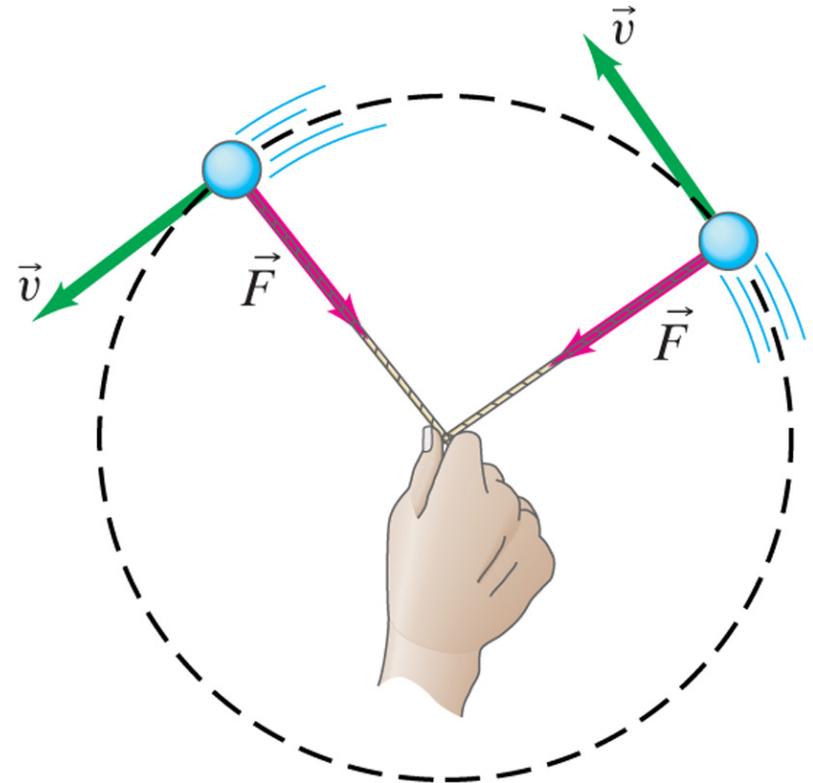


Dalla seconda legge della dinamica ricaviamo subito che il **modulo** di tale forza deve essere $F_R = ma_R \rightarrow F_R = mv^2/r$, e che la sua **direzione** deve coincidere con la direzione dell'accelerazione centripeta: anche questa forza punterà dunque verso il centro del cerchio, da cui il nome di **Forza Centripeta**.

La Forza Centripeta

La forza centripeta NON E' un nuovo tipo di forza che sbuca dal nulla nei moti circolari ma deve essere **applicata** da altri oggetti o derivare da altre forze. Ad esempio, nella figura qui accanto, **la forza centripeta che si esercita su una pallina** che rotea a velocità costante è **data dalla tensione della corda**, tenuta dalla mano.

Non è dunque il moto circolare della pallina a creare la forza centripeta, ma è la **forza centripeta** esercitata dalla corda che, puntando costantemente verso il centro del cerchio, **costringe la pallina a modificare continuamente la sua velocità e quindi a ruotare lungo la sua traiettoria circolare!**



Altri esempi di Forza Centripeta

Percorrendo una curva in automobile

Da dove ha origine la forza centripeta che mantiene l'auto sulla curva impedendole di sbandare?



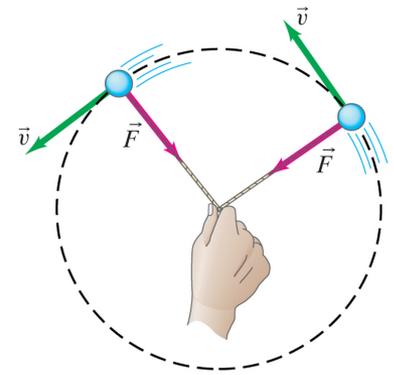
Orbitando intorno alla Terra

Da dove ha origine la forza centripeta che mantiene la **navicella Atlantis** in orbita attorno alla terra?

La forza centripeta

Esercizio

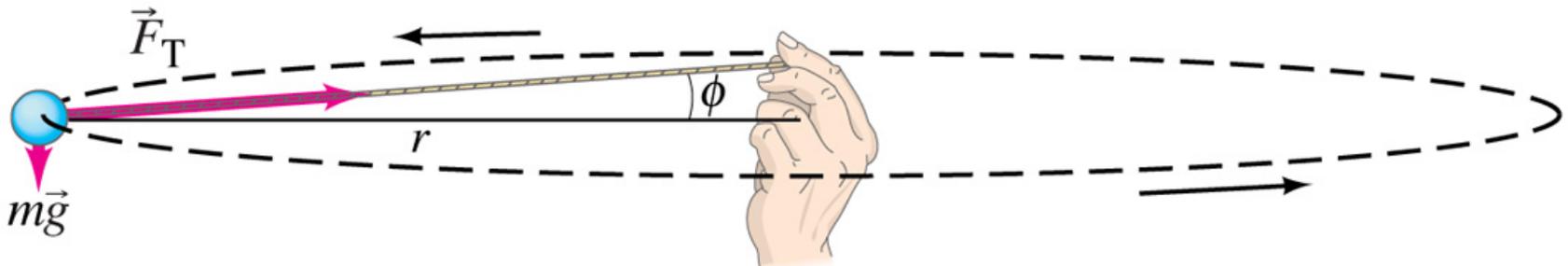
Valutare la forza centripeta che bisogna esercitare su una **corda** attaccata a una **palla** di massa $m=0.150$ kg per farla roteare su una circonferenza orizzontale di raggio 0.600 m, sapendo che la palla compie 2.00 giri al secondo ($T=0.500$ s).



Il diagramma delle forze per la palla è mostrato nella figura qui sotto e si vede che su di essa agiscono la **forza peso**, di modulo mg e diretta verso il basso, e la **forza di tensione** di intensità F_T esercitata dalla corda in direzione della mano posta al centro della traiettoria circolare: sarà quest'ultima a rappresentare la **forza centripeta**.

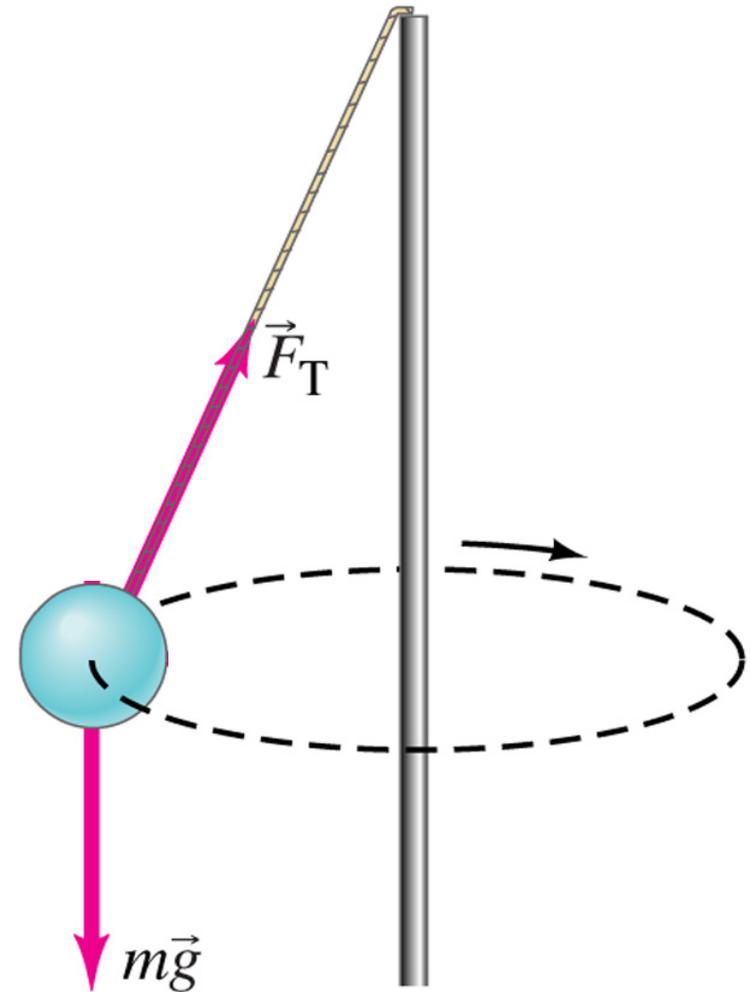
In realtà la presenza della forza peso renderebbe impossibile far roteare la palla mantenendola **perfettamente** orizzontale (cioè annullando l'angolo Φ). Assumiamo dunque, in prima approssimazione, che il peso sia piccolo (anche se in realtà è pari ad 1.5N) e che Φ sia trascurabile, e applichiamo la seconda legge di Newton alla direzione radiale:

$$F_R = F_T = m \frac{v^2}{r} = \frac{m}{r} \left(\frac{2\pi r}{T} \right)^2 = \frac{4\pi^2 r m}{T^2} = \frac{4\pi^2 (0.600\text{m})(0.150\text{kg})}{(0.500\text{s})^2} \approx 14\text{N}$$



Esempio concettuale 1

Nel gioco della **palla incatenata**, dove una palla viene colpita e ruota attorno a un palo essendo legata alla sua estremità superiore (come in figura), in che direzione è rivolta l'**accelerazione centripeta**? Quale è la forza che la causa?

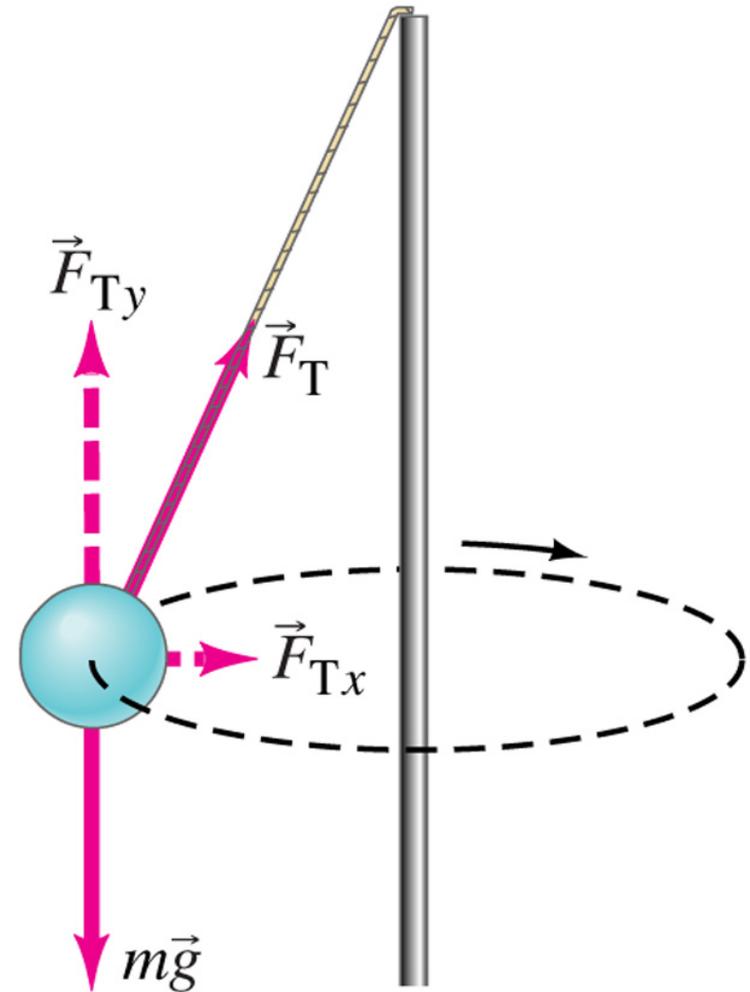


Fisica

Copyright 2006 Casa Editrice Ambrosiana

Esempio concettuale 1

Nel gioco della **palla incatenata**, dove una palla viene colpita e ruota attorno a un palo essendo legata alla sua estremità superiore (come in figura), in che direzione è rivolta l'**accelerazione centripeta**? Quale è la forza che la causa?



Fisica

Copyright 2006 Casa Editrice Ambrosiana

Esempio concettuale 2

Un turista su una ruota panoramica si muove su una circonferenza verticale di raggio r a velocità costante v . La **forza normale** che il seggiolino esercita sul turista nel punto più alto della ruota è: (a) minore, (b) maggiore, (c) uguale a quella che il seggiolino esercita nel punto più basso della ruota?

