

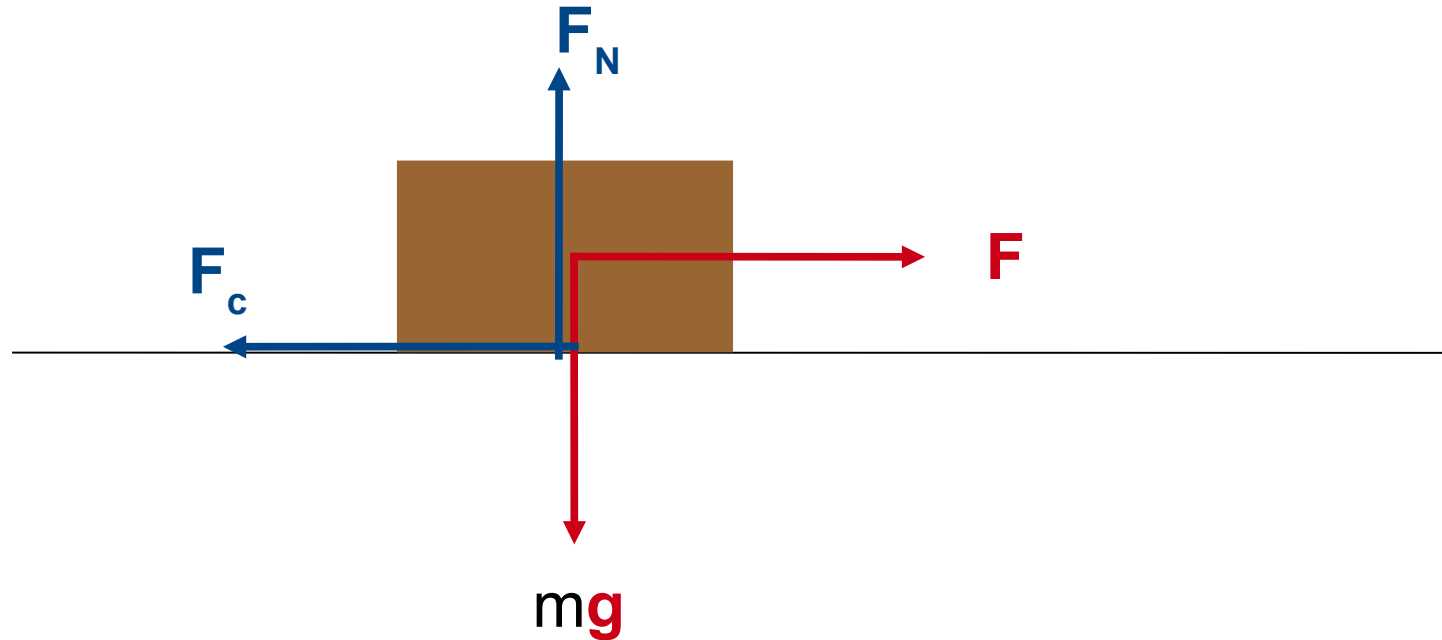
Dinamica: esempi

- Diagramma di corpo libero e altri esempi di forze
 - Attrito
 - Statico
 - Dinamico
 - Viscoso
- Dinamica del moto circolare
- Moto relativo, sistemi non inerziali
- Forze apparenti

Attrito cinetico

Moto di un corpo che striscia a velocità costante **v**

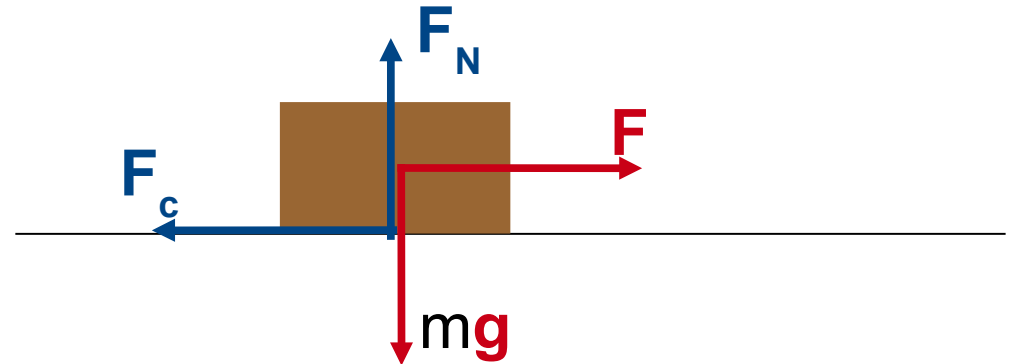
deve essere $\sum_i \mathbf{F}_i = 0$



F_c è la forza d'attrito cinetico (o dinamico)

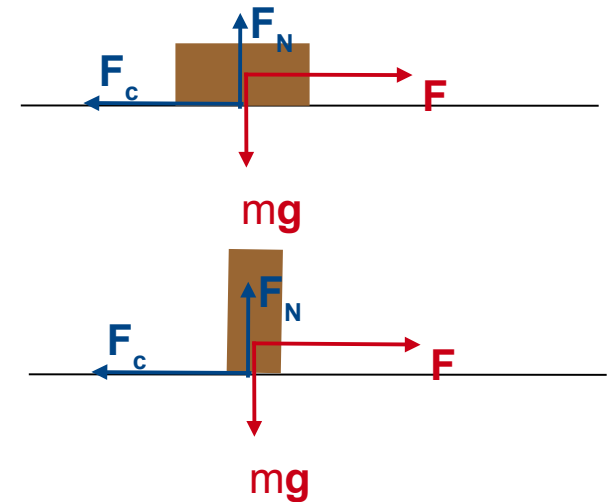
Attrito cinetico

Moto a velocità costante $\mathbf{v} \rightarrow \sum_i \mathbf{F}_i = 0$



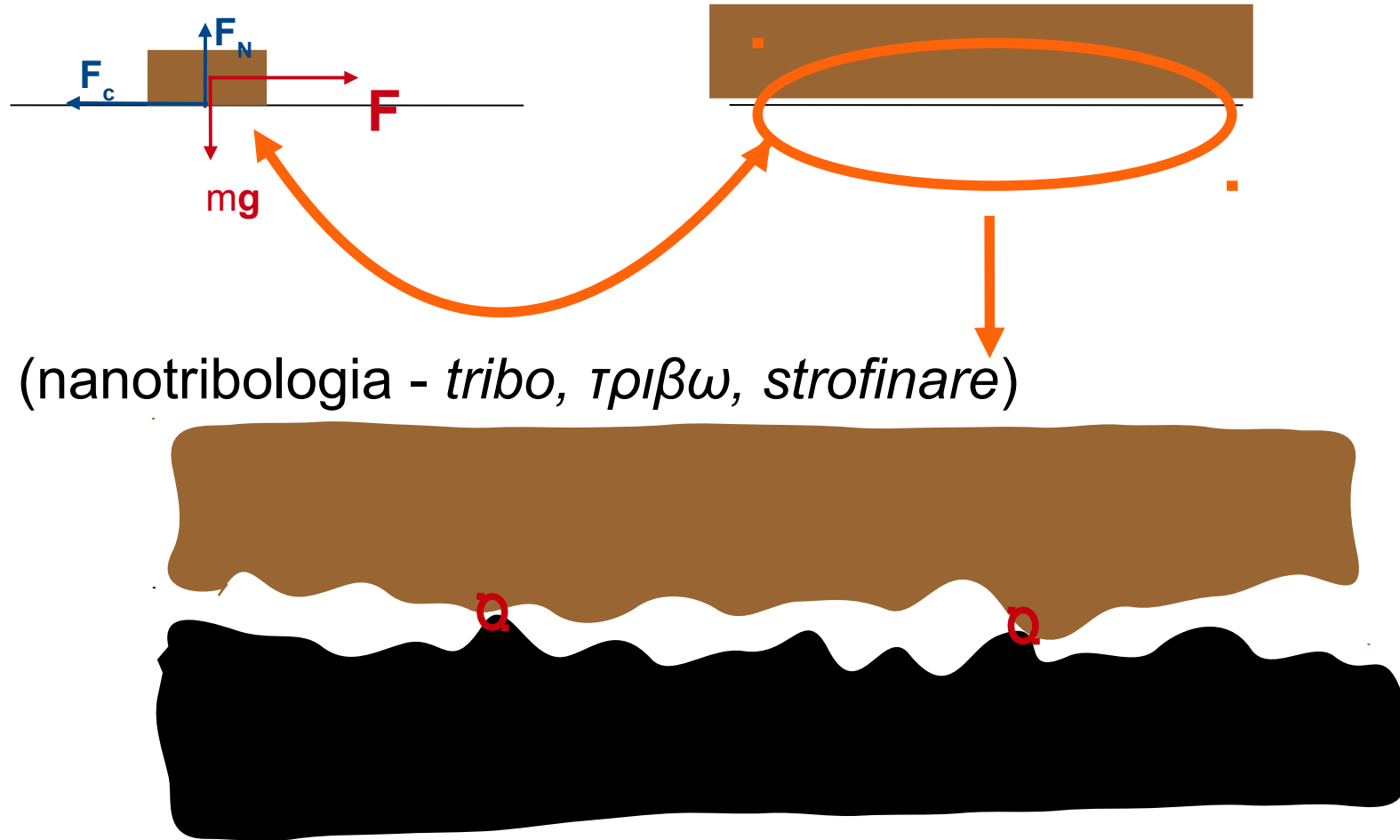
La forza d'attrito cinetico (o dinamico) è

- proporzionale alla forza normale
- indipendente da $\mathbf{v}$
- indipendente dall'area di contatto



Coefficiente d'attrito: $|\mathbf{F}_c| = \mu_c |\mathbf{F}_N|$

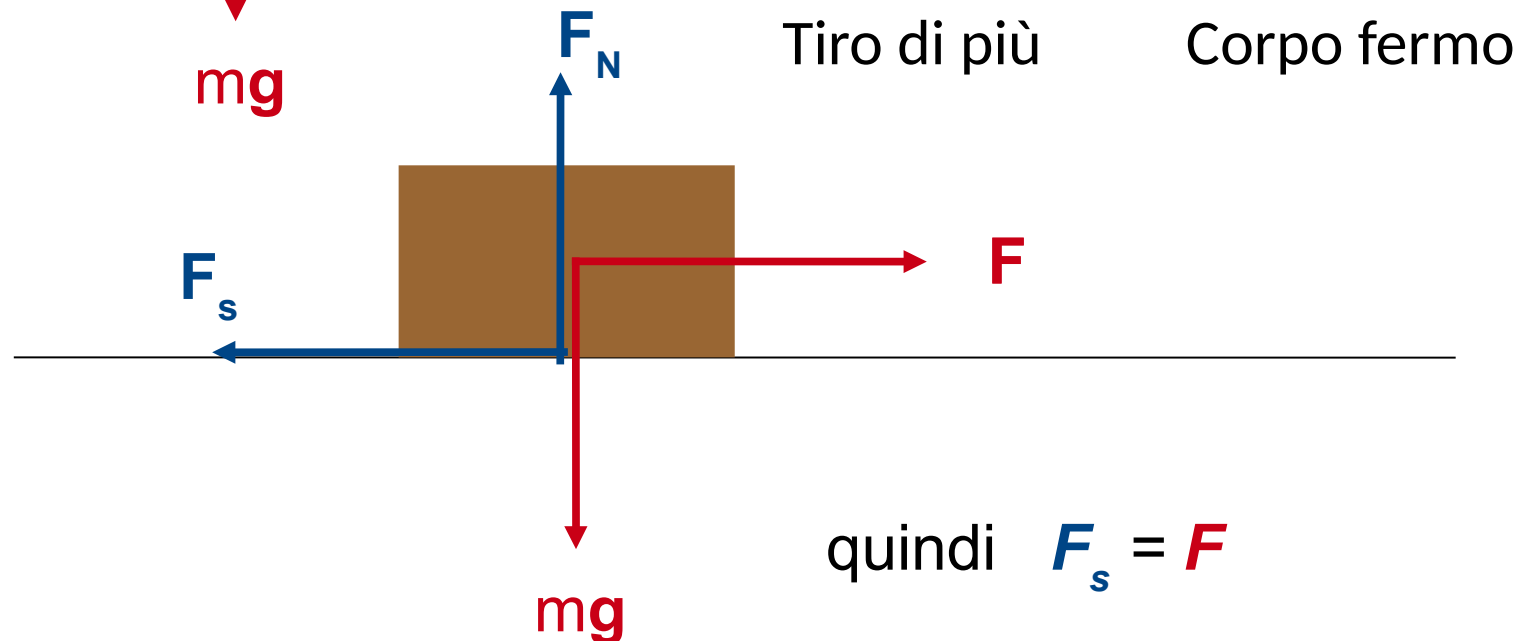
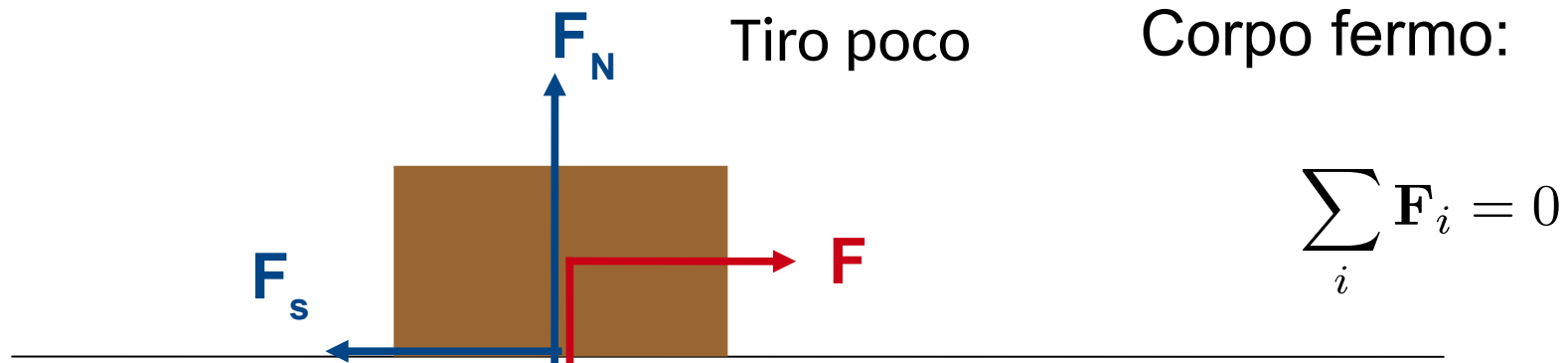
Attrito nanoscopico



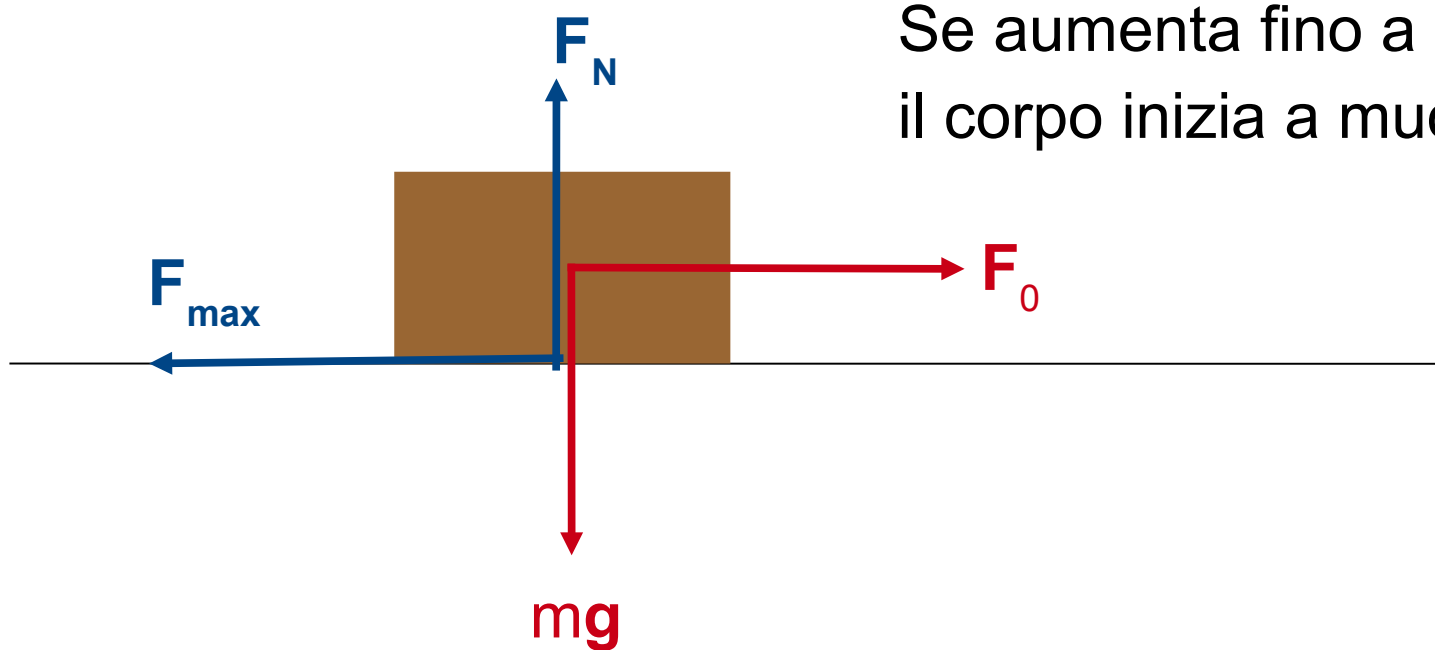
(nanotribologia - *tribo*, *τριβω*, *strofinare*)

Più la forza F_N è grande più punti creano legami

Attrito statico



Attrito statico



Se aumenta fino a $F_{max} = F_0$
il corpo inizia a muoversi

F_{max} è

- indipendente da area
- proporzionale alla forza normale

Coefficiente d'attrito statico μ_s

Forza di primo distacco

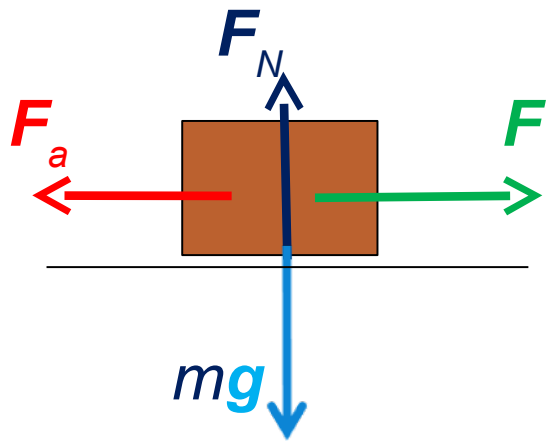
$$|F_{max}| = |F_0| = \mu_s |F_N|$$

Attrito statico

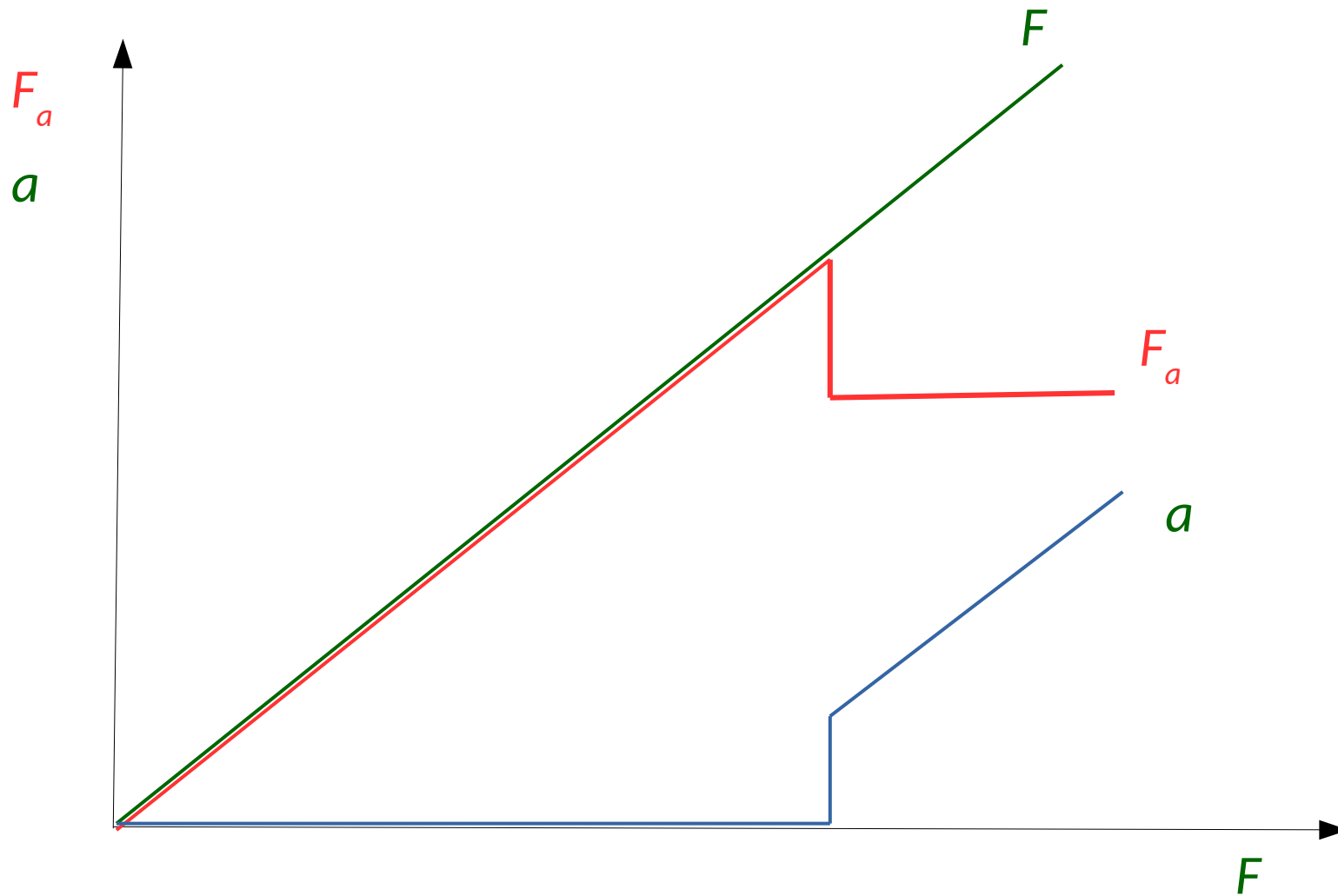
In generale

- μ_c e μ_s sono valori empirici
- $\mu_c < \mu_s$

- Calcolare F_N e F_a con $\mu_c=0.6$, $\mu_s=0.8$, $m=1.02$ kg e $F = 0, 2, 4, 6, 8, 10$ N

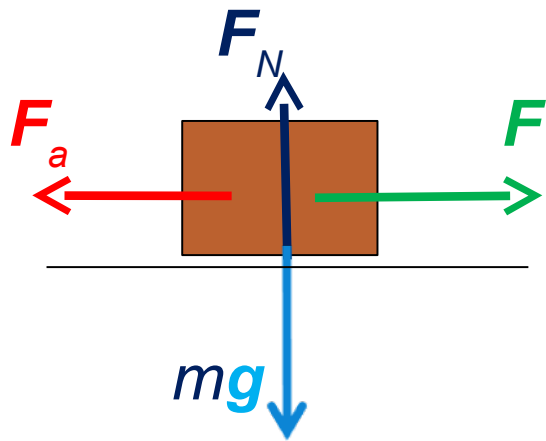


Attrito statico, dinamico



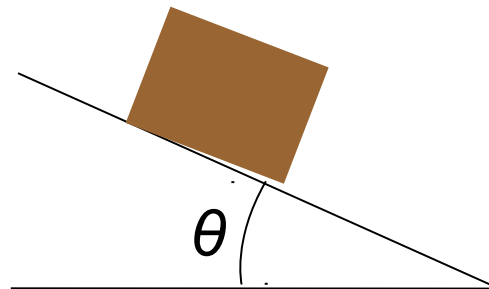
Attrito statico

- Slitta su neve a $v=2.5$ m/s costante. Da quando si smette di trainarla si arresta in $d=6.4$ m. Quanto vale μ_c ?



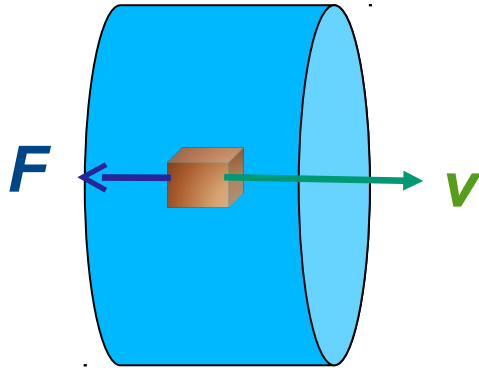
Attrito statico

- Coefficiente d'attrito statico μ_s . Si aumenta l'angolo θ del piano inclinato. Calcolare l'*angolo critico* θ_c al quale il corpo inizia a muoversi



Attrito viscoso

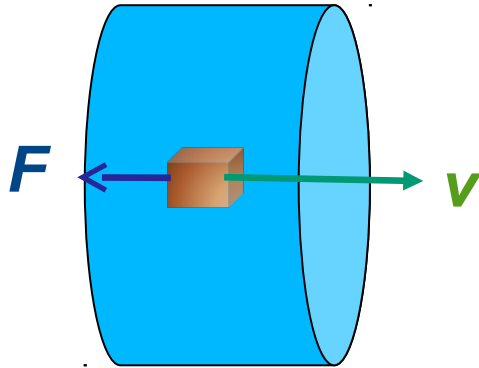
Moto nei fluidi, forza proporzionale alla velocità
(per v basse)



$$\mathbf{F} = -\beta \mathbf{v}$$

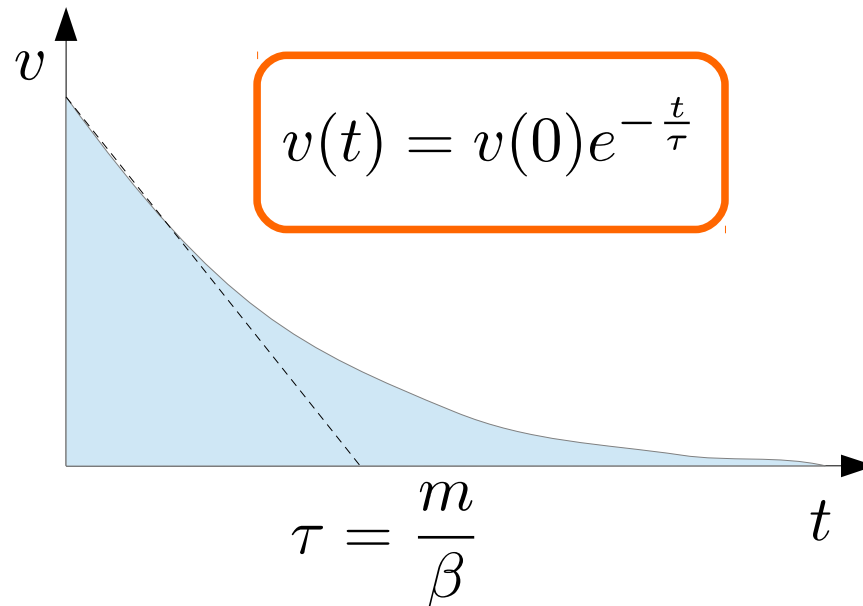
Attrito viscoso

Moto nei fluidi, forza proporzionale alla velocità
(per v basse)



$$\mathbf{F} = -\beta \mathbf{v}$$

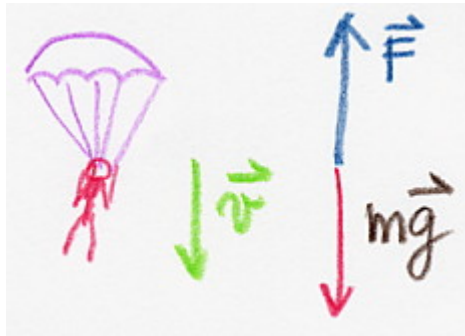
$$m \frac{dv}{dt} = -\beta v$$



$$v(t) = v(0)e^{-\frac{t}{\tau}}$$

Attrito viscoso

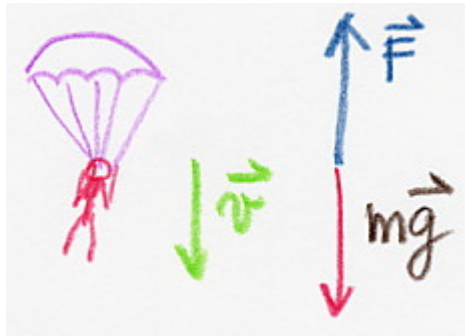
Moto nei fluidi, forza proporzionale alla velocità
(per v basse)



$$\mathbf{F} = -\beta \mathbf{v}$$

Attrito viscoso

Moto nei fluidi, forza proporzionale alla velocità
(per v basse)



$$\mathbf{F} = -\beta \mathbf{v}$$

$$m \frac{dv}{dt} = mg - \beta v$$

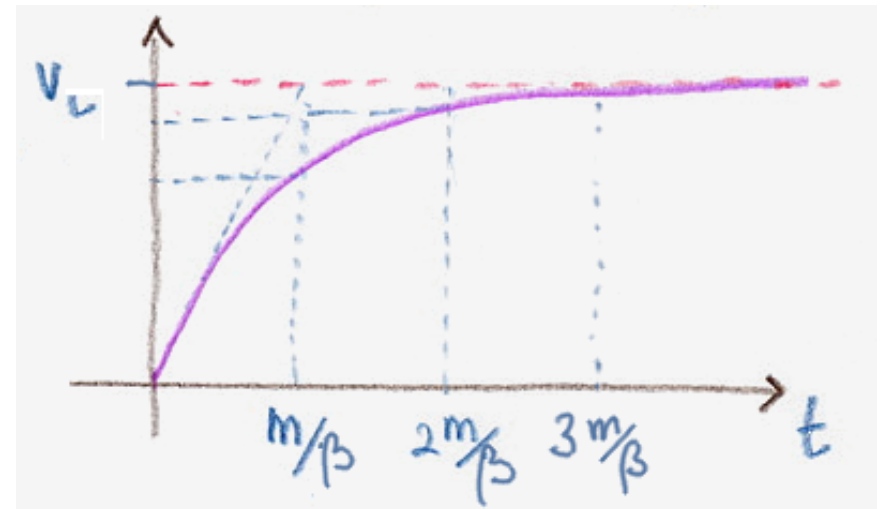
velocità limite $v_L = -\frac{mg}{\beta}$

$$v(t) = v_L + v_1 e^{-\frac{t}{\tau}}$$

$$v(0) = 0 \rightarrow v_1 = -\frac{mg}{\beta} = -v_L$$

$$v(t) = v_L \left[1 - e^{-\frac{t}{\tau}} \right]$$

$$\tau = \frac{m}{\beta}$$

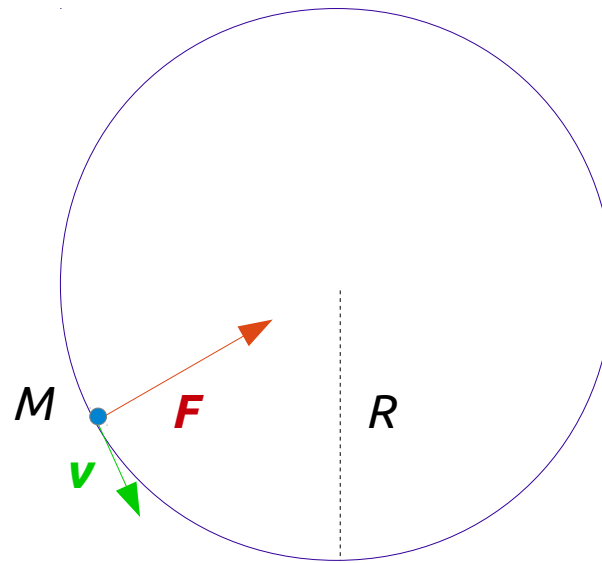


Moto circolare

Cinematicamente: accelerazione diretta verso il centro.
Quindi occorre una **forza risultante** diretta verso il centro
(**centripeta**) per piegare la traiettoria

$$a = \frac{v^2}{R}$$

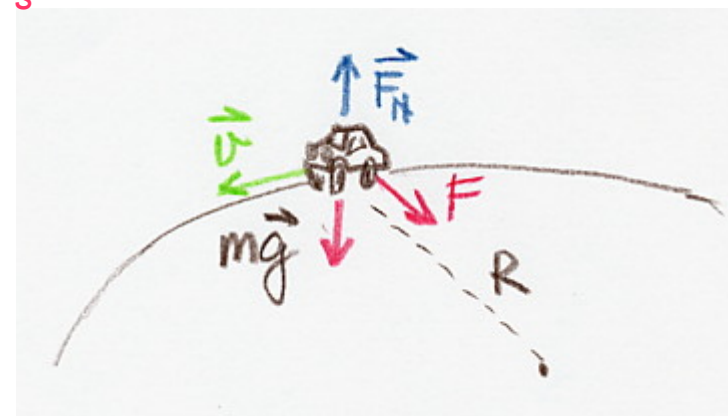
$$F = M \frac{v^2}{R}$$



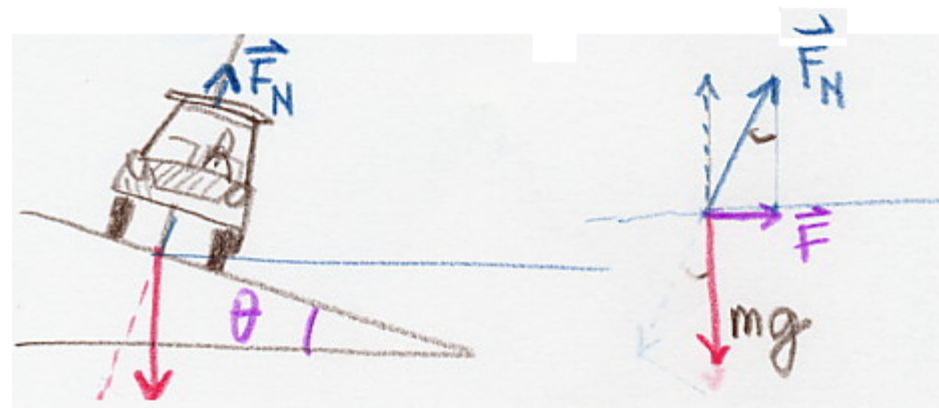
Esempi di moto circolare

Coefficiente di attrito statico delle gomme μ_s

Quale velocità massima v_M ?



Curvare in assenza d'attrito
a che velocità v se la strada
è sopraelevata (θ)



Riferimenti inerziali

Riferimenti in cui se appaiono accelerazioni, sono dovute a forze reali.

Sono tutti in moto relativo uniforme tra di loro.

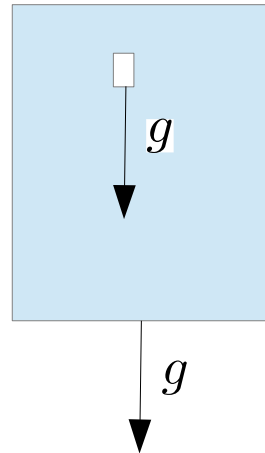
Stelle fisse.

Riferimento inerziale

Lascio cadere un gesso
in un ascensore trasparente
che cade a sua volta

Osservo da terra:
gesso che accelera
(assieme all'ascensore)

La II legge predice
l'accelerazione del gesso



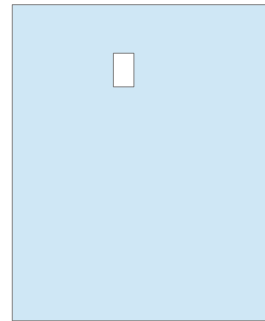
$$ma = mg$$

vale la II legge della
dinamica

Riferimento non inerziale

Lascio cadere un gesso
in un ascensore chiuso
che cade a sua volta

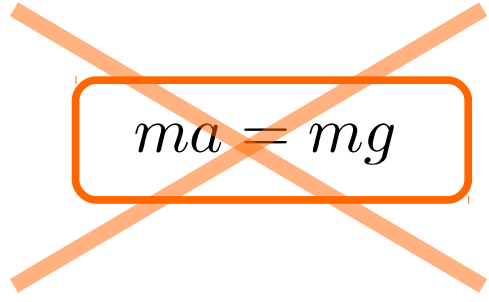
Osservo dall'ascensore:
gesso fermo!
(cade con l'ascensore)



La II legge non predice
l'accelerazione del gesso



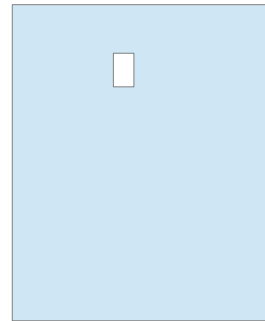
Sembra non valere
la II legge della
dinamica,


$$ma = mg$$

Riferimento non inerziale

Lascio cadere un gesso
in un ascensore chiuso
che cade a sua volta

Osservo dall'ascensore:
gesso fermo!
(cade con l'ascensore)



$$ma = -mg$$

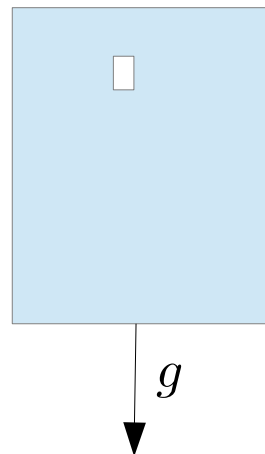
Un sistema di riferimento in cui
sembra non valere la II legge
è accelerato ed è NON INERZIALE

Riferimento non inerziale

Lascio cadere un gesso
in un ascensore chiuso
che cade a sua volta

Osservo dall'ascensore:

$$a' = 0$$



Per far valere ancora la II legge
in un sistema che accelera con

$$a_s = g$$

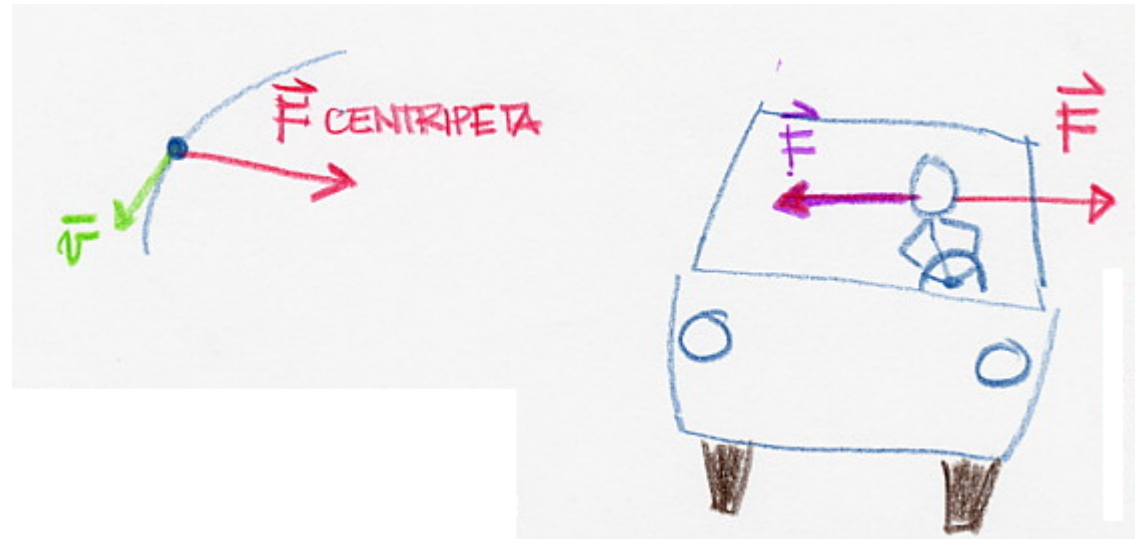
$$ma' = mg - \underbrace{ma_s}_{\text{FORZA APPARENTE}} = 0$$

FORZA APPARENTE

Forze apparenti o inerziali

Per giustificare $\mathbf{a}' = \mathbf{a} - \mathbf{a}_s$

è naturale introdurre una FORZA APPARENTE che vale $\mathbf{F} = -m\mathbf{a}_s$

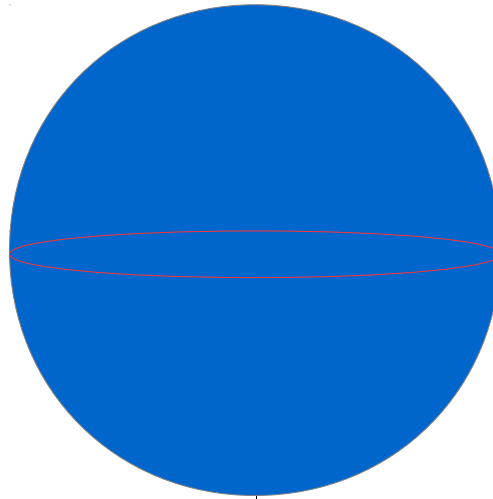
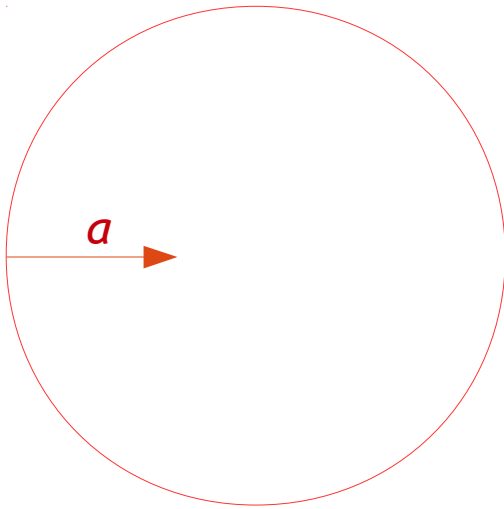


Per usare Newton sull'auto in curva (non inerziale)

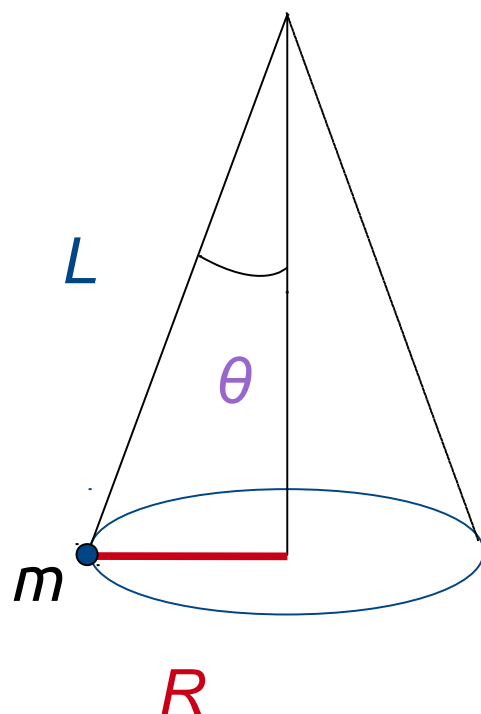
$$\sum_i \mathbf{F}_i - m\mathbf{a}_s = m\mathbf{a}'$$

Forza centrifuga

Di quanto diminuisce g all'equatore?

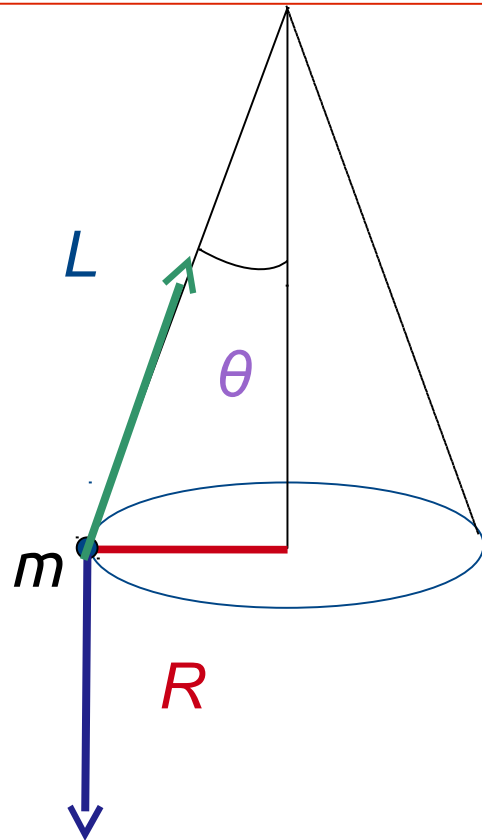


Problema: pendolo conico



Massa m appesa ad un filo ideale-
La massa descrive un cerchio di raggio R
ad altezza costante. Calcolare il periodo.

Pendolo conico



Massa m appesa ad un filo ideale-
La massa descrive un cerchio di raggio R
ad altezza costante. Calcolare il periodo.

$$g = 4 \pi^2 \frac{L}{T^2} \cos \theta \approx 4 \pi^2 \frac{L}{T^2}$$

Problemi

- Forza minima F per non far cadere m

