CAPITOLO 6

SECONDA LEGGE DI NEWTON → è l'equazione del moto

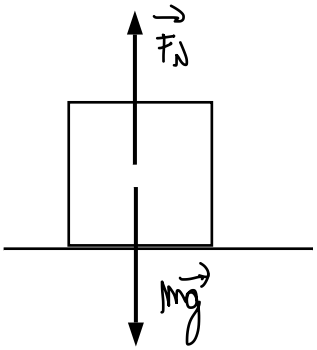
FORZE DI CONTATTO = FORZA NORMALE E FORZA D'ATTRITO

Le forze di contatto impediscono ai corpi di compenetrarsi.

LIVELLO MICROSCOPICO → forza elettromagnetica che coinvolge molte particelle

LIVELLO MACROSCOPICO → più semplice da trattare
- $\vec{F}_{//}$ FORZA D'ATTRITO
- $\vec{F}_{\perp}$ FORZA NORMALE

FORZA NORMALE → forza esercitata da una superficie su un corpo a contatto con esso, in quiete

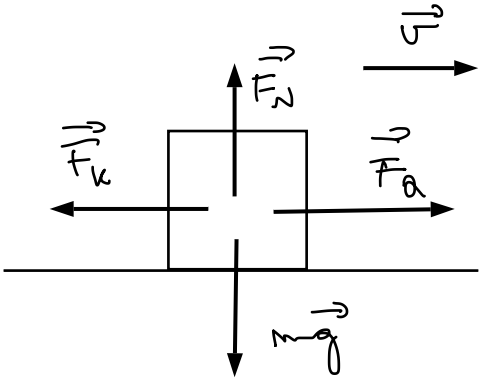


$$\vec{F}_N + m\vec{g} = 0$$

$$F_N - mg = 0$$

$$F_N = mg$$

FORZA D'ATTRITO CINETICO → forza esercitata dalla superficie come resistenza ad un corpo in moto



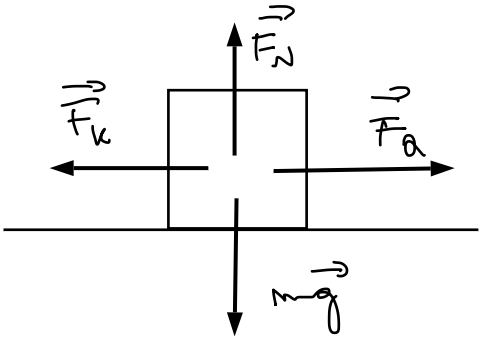
$$|\vec{F}_k| = \mu_k |\vec{F}_N| \qquad 0.1 \leq \mu_k \leq 1.5$$

- Non dipende in prima approssimazione da $\vec{v}$
- Non dipende in prima approssimazione dall'area esposta

FORZA D'ATTRITO STATICO

→ forza d'attrito tra due corpi che non sono in moto relativo tra loro

→ Aumenta fino alla forza massima



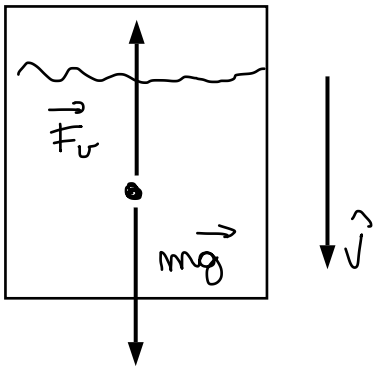
$$|\vec{F}_{s,max}| = \mu_s |\vec{F}_N|$$

$$|F_s| \leq \mu_s |\vec{F}_N|$$

$$\mu_s < \mu_k$$

FORZA D'ATTRITO DOVUTE AI FLUIDI

→ FORZA VISCOSA: forza d'attrito esercitata da un fluido o aria e dipende dalla massa dell'oggetto, velocità, natura del fluido



$$\vec{F}_v = -b\vec{v} \qquad b > 0$$

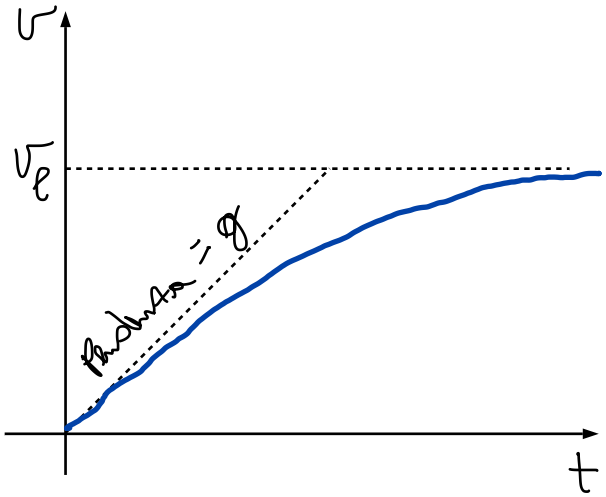
$$m\vec{a} = \vec{F}_v + m\vec{g}$$

$$ma = -bv + mg$$

$$a = \frac{mg - bv}{m}$$

$$\frac{dv}{dt} = g - \frac{bv}{m}$$

Equazione differenziale il cui risultato è il grafico di fianco



$$v_l = \frac{mg}{b}$$

NB A parità di forma, corpi di dimensione maggiore hanno velocità limiti maggiori $v_t = k\sqrt{r}$

GOCCIA DI PIOGGIA	23 km/h
PROIETTILE	168 km/h
PERSONA	233 km/h
BOMBA 500 kg	240 km/h

DINAMICA DEL MOTO CIRCOLARE UNIFORME

Dalla seconda legge di Newton possiamo dire che

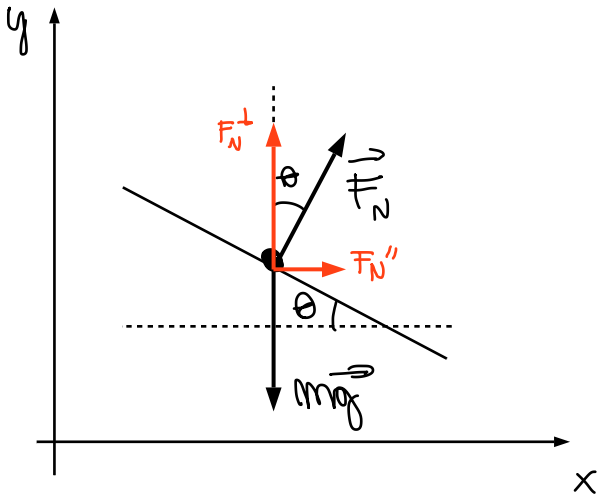
$$\left|\sum_i \vec{F}_i\right| = m\frac{v^2}{R} \qquad R \equiv \text{raggio circonferenza}$$

NB FORZA CENTRALE → forza diretta sempre verso un determinato punto dello spazio

---

(ex) DESIGN FUNZIONALE DI UN AUTODROMO

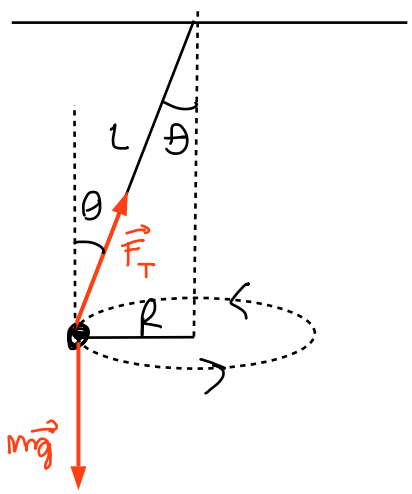
Calcolare l'angolo di sopraelevazione di una curva di raggio R in modo tale che una vettura che percorre la curva con velocità v_p resti in curva senza ruote soggette a forza di attrito. Valutare poi per $R = 280$ m e $v_p = 35$ m/s



$$\begin{cases} F_N'' = F_N \sin\theta = m\dfrac{v_p^2}{R} \\ F_N^1 = F_N \cos\theta = mg \end{cases} \qquad \frac{F_N \sin\theta}{F_N \cos\theta} = \frac{m v_p^2}{mgR}$$

$$\tan\theta = \frac{v_p^2}{gR} \rightarrow \theta = \tan^{-1}\left(\frac{v_p^2}{gR}\right) \rightarrow \theta = 24°$$

Ex PENDOLO CONICO → Newton l'ha usato per misurare $|\vec{g}|$



T = periodo del pendolo $\quad R = L\sin\theta$

$$v = \frac{2\pi R}{T}$$

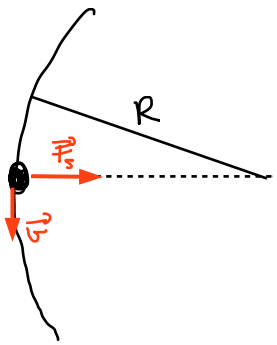
$$\begin{cases} F_T \sin\theta = m\dfrac{v^2}{R} \\ F_T \cos\theta = mg \end{cases} \rightarrow \tan\theta = \frac{v^2}{gR}$$

$$g = \frac{v^2}{R}\frac{1}{\tan\theta} = \left(\frac{2\pi R}{T}\right)^2 \frac{1}{R}\frac{\cos\theta}{\sin\theta} =$$

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

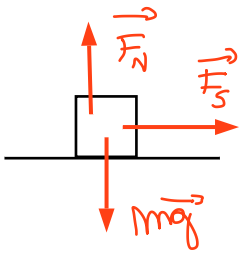
Ex FORZE CENTRALI ED ATTRITO

Auto percorre una curva di raggio $R = 150$ m.
Determinare la velocità massima v_M tale per cui l'auto non slitti sapendo che il coefficiente di attrito statico tra pneumatici e strada è $\mu_s = 1.2$.



$$F_s = \frac{mv^2}{R} \rightarrow F_{s,max} = \mu_s F_N = \mu_s mg = \frac{mv_M^2}{R}$$

$$v_M = \sqrt{\mu_s g R}$$

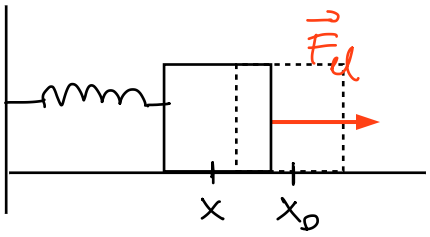


$$v_M = \sqrt{(1.2)(9.8\ m/s^2)(150m)} = 42\ m/s$$

NB. Se supera questa v_M, la sua traiettoria si discosterà dalla circonferenza

FORZA ELASTICA

FORZA DI RICHIAMO → forza centrale che si oppone al moto



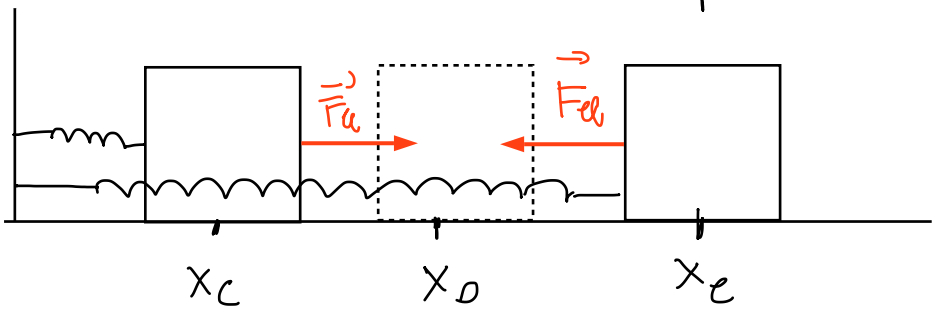
$$\vec{F}_{el} = -k\Delta\vec{x}$$

↘ richiamo

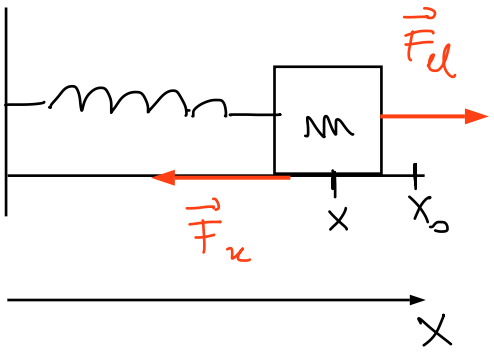
$k > 0 \left[\frac{N}{m}\right]$

$\Delta\vec{x} = \vec{x} - \vec{x}_0$

NB. FORZA CENTRALE → cambia verso per compressione o estensione rispetto a x_0 (CENTRO)



(ex) FORZA ELASTICA E FORZA D'ATTRITO CINETICO



$x_c = 0.3\ m$ → compressione rispetto a x_0

$k = 400\ N/m$

$m = 2.0\ kg$

$\mu_k = 0.25$

$\vec{a} = ?$

$$\vec{F}_{el} + \vec{F}_k = m\vec{a} \longrightarrow +k\Delta x - \mu_k mg = ma$$

$$a = +\frac{k}{m}\Delta x - \mu_k g = 57.5\ m/s^2$$

MOTI IN SISTEMI DI RIFERIMENTO NON INERZIALI

FORZA APPARENTE → forza su un sistema di riferimento non inerziale per far sembrare valida la seconda legge di Newton.

(ex) FORZA CENTRIFUGA nel sistema di riferimento che ruota col moto circolare

NB Per le forze apparenti non si riesce ad identificare la coppia di forze perché non è risultante dell'interazione tra due corpi.

A ≡ SISTEMA DI RIFERIMENTO INERZIALE

B = SISTEMA DI RIFERIMENTO NON INERZIALE

$$\vec{a}_{PB} = \vec{a}_{PA} - \vec{a}_{Trasc} - \vec{a}_{Cor} \rightarrow m\vec{a}_{PB} = \underbrace{\sum \vec{F}}_{\uparrow} - m\vec{a}_{Trasc} - m\vec{a}_{Cor}$$

A INERZIALE