



FISICA GENERALE I

Dott.ssa Annalisa Allocca

**Università degli Studi di Napoli,
Compl. Univ. Monte S.Angelo – Dipartimento di Fisica
Via Cinthia, I-80126, Napoli**

**Istituto Nazionale di Fisica Nucleare,
sez. Napoli
Studio: 1G16, Edificio 6
+39-081-676345
annalisa.allocca@unina.it**



Organizzazione

- **Sito web:** www.docenti.unina.it/annalisa.allocca
 - La registrazione al sito si può effettuare inserendo numero di matricola e pin oppure tramite SPID per chi non fosse ancora in possesso di matricola
 - Il materiale didattico si trova sulla pagina web
- **Libri di testo adottati:**
 - Mazzoldi, Nigro, Voci «Elementi di Fisica – Meccanica e Termodinamica» Vol. 1 - Edises Napoli
 - Halliday, Resnick, Walker «Fondamenti di Fisica» - Ambrosiana Milano
 - Serway, Jewett «Principi di Fisica» - Edises Napoli



Argomenti di oggi:

- Dinamica del punto materiale
 - Forza di attrito radente
 - Tensione dei fili
 - Moto lungo un piano inclinato
 - Forza elastica



I tre principi della dinamica

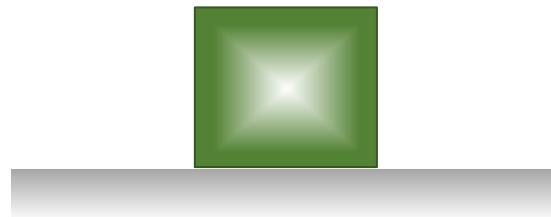
1. Un corpo è in stato di quiete o di moto rettilineo uniforme finché non interviene una forza esterna a modificare tale stato
2. $\vec{F} = m\vec{a}$
3. Ad ogni azione corrisponde una reazione uguale e contraria ($\vec{F}_{21} = -\vec{F}_{12}$)



Forza di attrito radente

Applichiamo una forza \vec{F} parallela al piano d'appoggio

Il corpo non entra in movimento finché non viene superato un valore limite $F_{as} = \mu_s N$



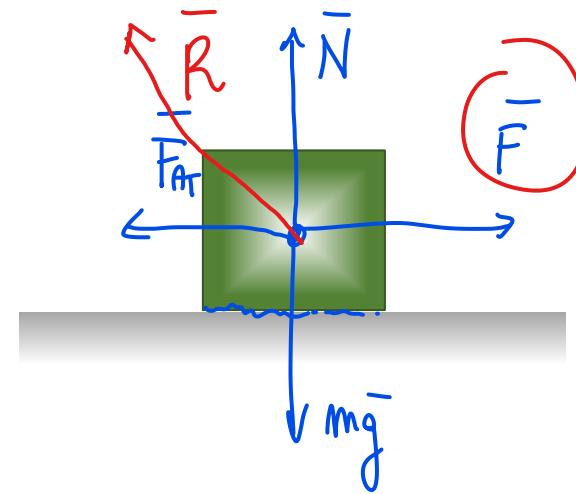
μ_s = coefficiente di
attrito statico

La **forza di attrito statico** non ha un valore prefissato, ma varia con il valore della forza applicata $0 \leq F_{as} \leq \mu_s N$

Poiché dipende da N , dipende anche dalla forza peso dell'oggetto in questione



Forza di attrito radente

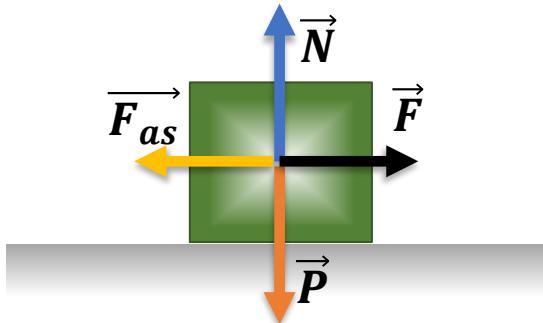
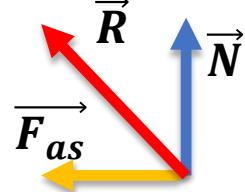




Forza di attrito radente

Applichiamo una forza \vec{F} parallela al piano d'appoggio

Il corpo non entra in movimento finché non viene superato un valore limite $F_{as} = \mu_s N$



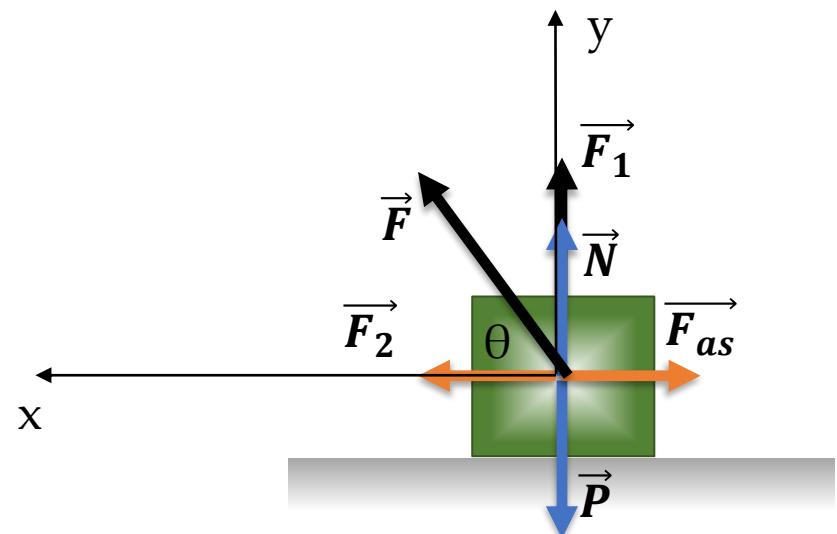
μ_s = coefficiente di
attrito statico

$$\vec{R} + \vec{F} + \vec{P} = 0$$



Forza di attrito radente - esempio

La forza \vec{F} applicata al corpo in figura forma un angolo θ con l'orizzontale. Scrivere le equazioni dell'equilibrio statico e la condizione di quiete nel caso in cui il piano sia scabro con coefficiente di attrito statico μ_s

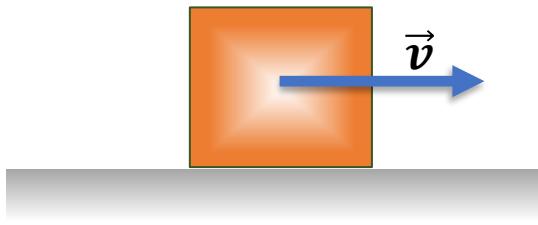






Forza di attrito radente

Quando il corpo supera la soglia della forza di attrito statico e entra in movimento, si osserva che al moto si oppone un'altra forza, detta forza di attrito radente dinamico $F_{ad} = \mu_D N$



μ_D = coefficiente di
attrito dinamico

Vale sempre $\mu_D < \mu_S$

La **forza di attrito dinamico** non dipende dalla velocità del corpo e ha verso contrario alla direzione del moto

Vettorialmente:

$$\vec{F}_{ad} = -\mu_D N \vec{u}_v$$

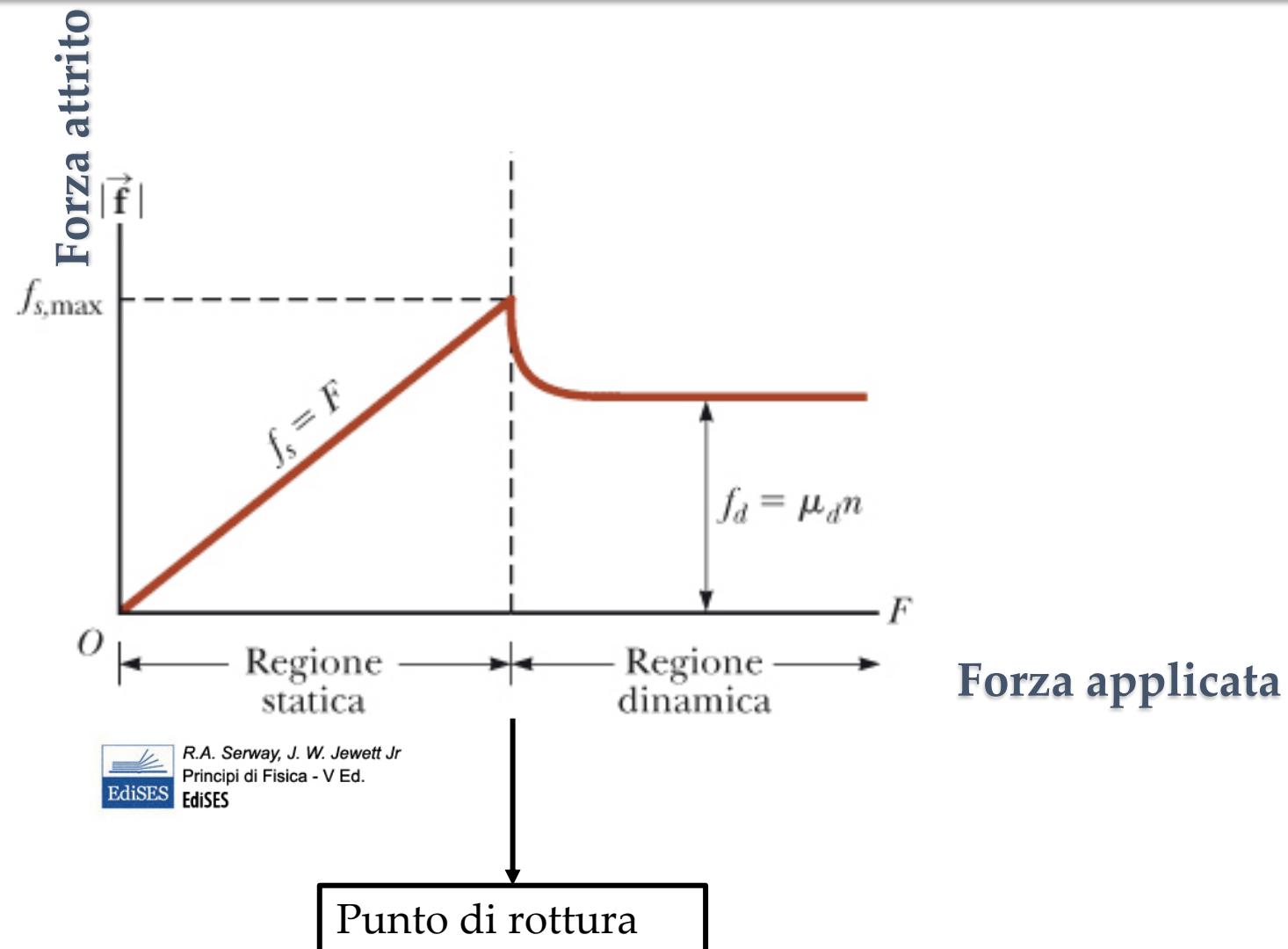
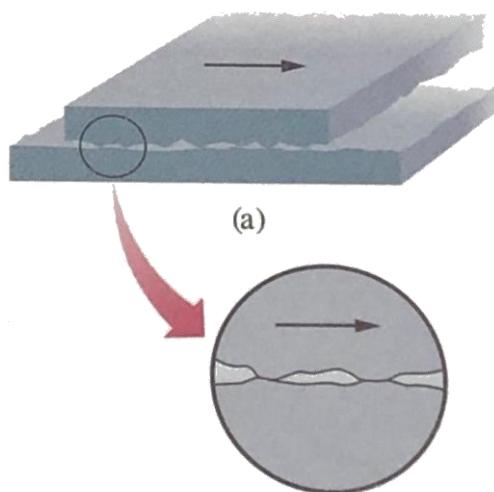
Versore della velocità



Forza di attrito radente

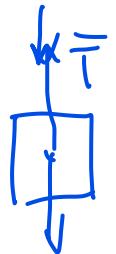
Microscopicamente: forza che agisce tra gli atomi superficiali dei due corpi a contatto

Due superfici estremamente levigate si *saldano a freddo*, formando un blocco unico



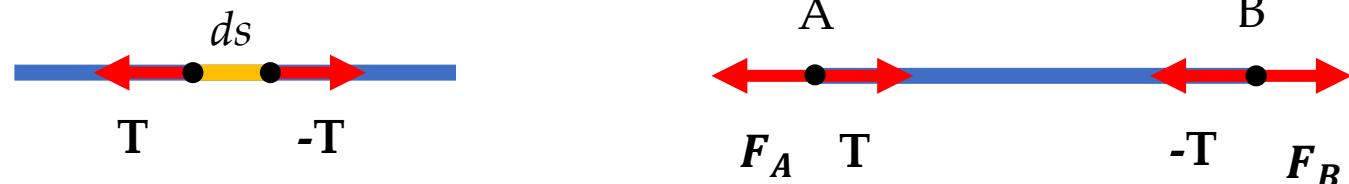


Tensione dei fili



Forza in direzione del filo teso che il filo esercita su qualunque punto materiale viene detta **tensione del filo**

- **Filo teso in quiete**



Il valore della tensione è lo stesso ovunque lungo il filo

- **Filo teso in movimento**

- Tutti i punti del filo hanno la stessa accelerazione (filo inestensibile)
- Il prodotto $m \cdot a$ risulta nullo per tutti i punti del filo (massa trascurabile), quindi le forze agenti su qualsiasi porzione di filo sono eguali in modulo

Il valore della tensione durante il moto è lo stesso in qualunque punto del filo



Tensione dei fili

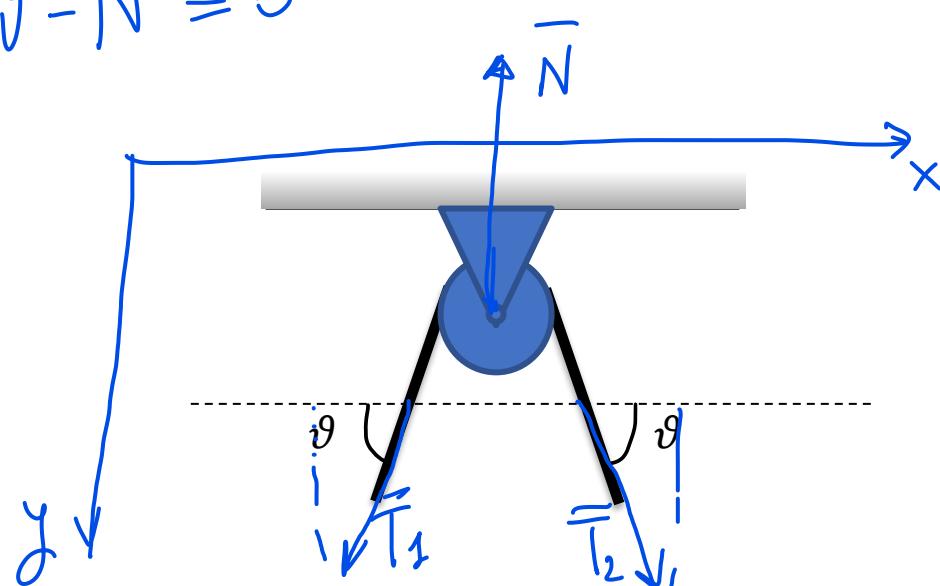
Il filo esercita agli estremi la tensione \mathbf{T} , il cui valore dipende dalle forze applicate, e che deve essere pensata come la reazione del filo alla forza che lo tende.

$$\sum \bar{F} = 0$$

$$\sum F_y = T_1 \sin\vartheta + T_2 \sin\vartheta - N = 0$$

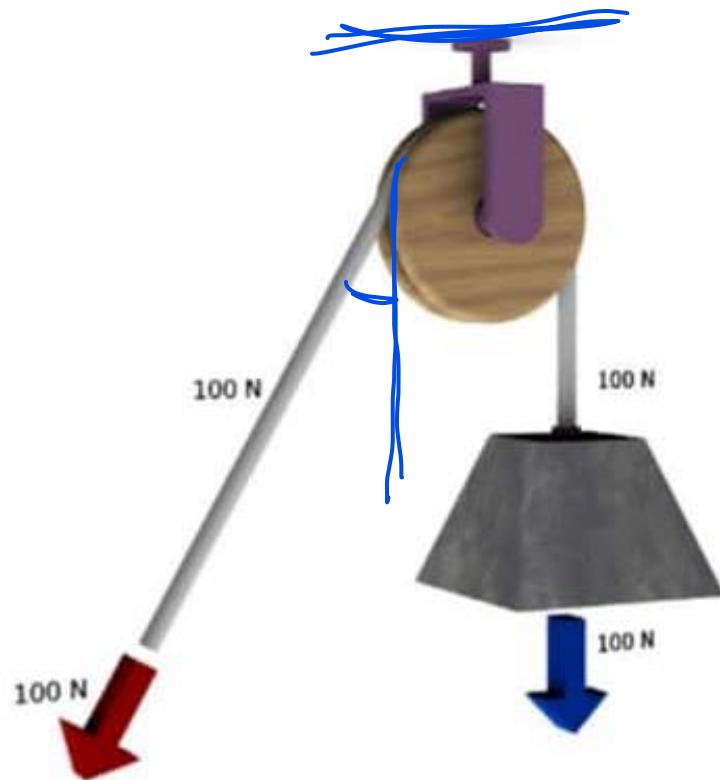
$$N = \sin\vartheta (T_1 + T_2)$$

$$\begin{aligned}\sum F_x &= 0 = T_2 \cos\vartheta - T_1 \cos\vartheta \\ &= \cos\vartheta (T_2 - T_1) \\ \Rightarrow T_1 &= T_2\end{aligned}$$

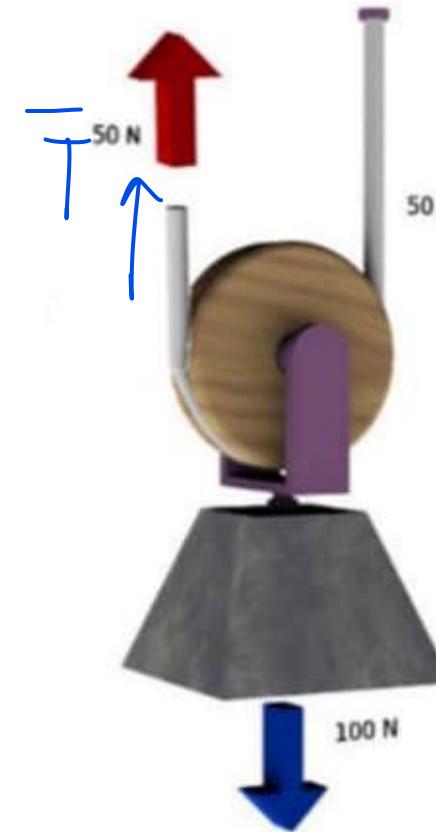




Le carrucole



y \uparrow



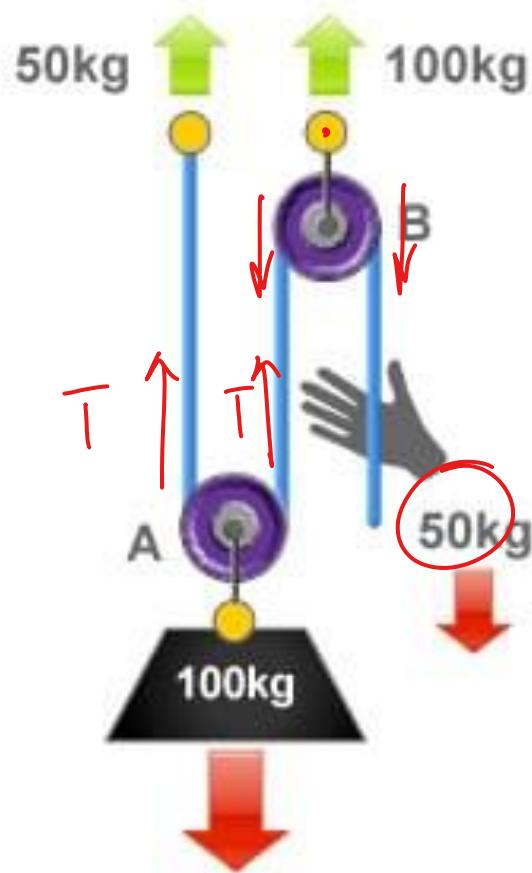
$$\begin{aligned}\sum F_y &= 0 \Rightarrow \\ -mg + 2T &= 0 \\ \Rightarrow T &= \frac{mg}{2}\end{aligned}$$

\downarrow mg



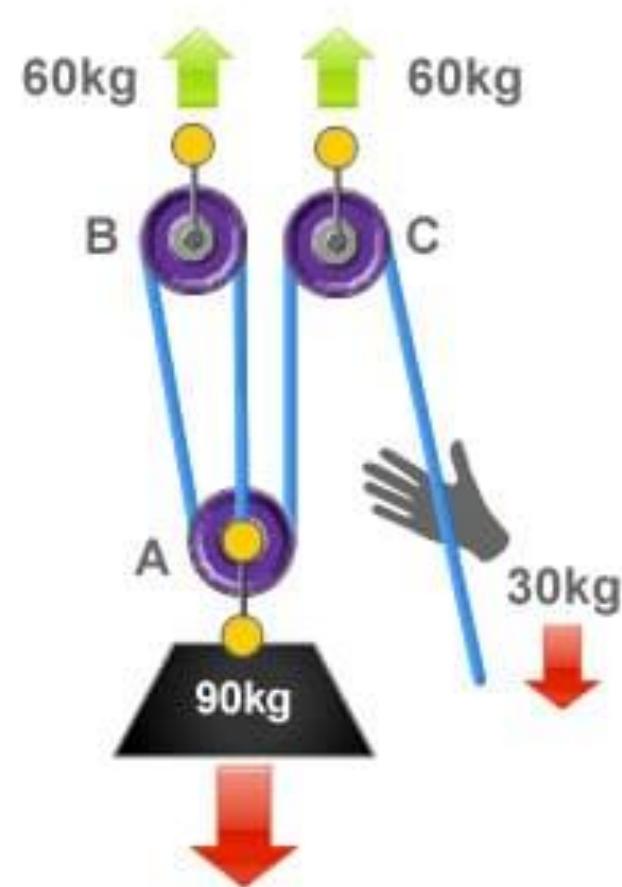
Le carrucole

$$m = 80 \text{ kg}$$
$$g \approx 10 \text{ m/s}^2$$

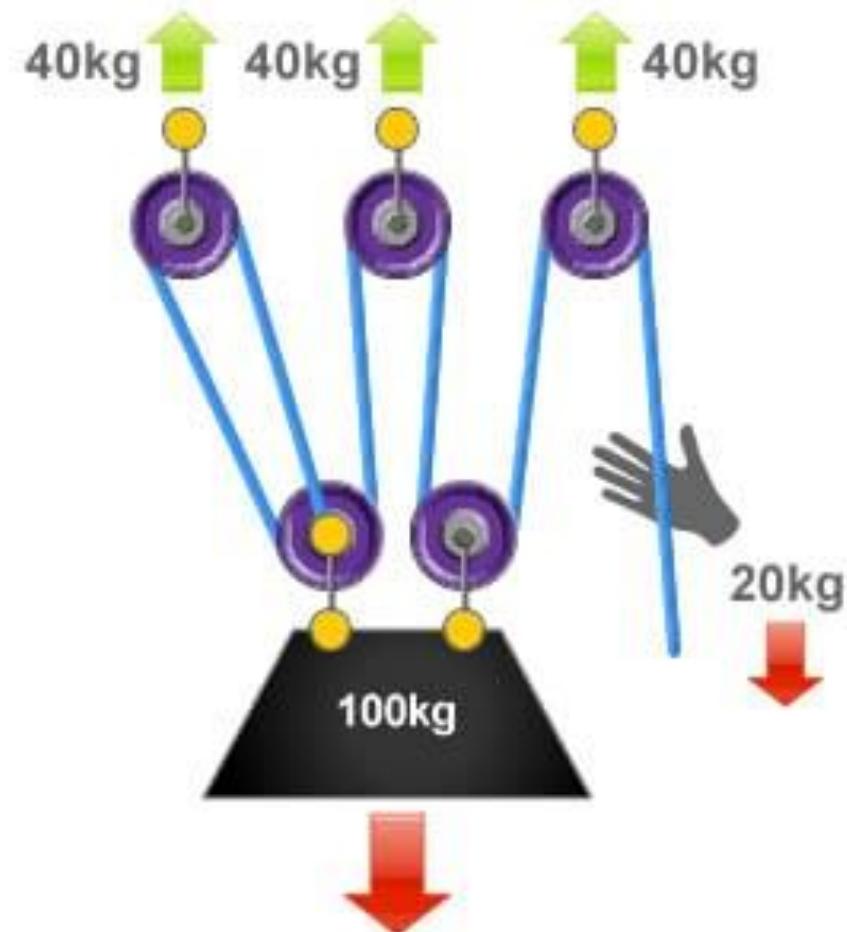


$$mg = 2T \Rightarrow T = \frac{500\text{N}}{2}$$

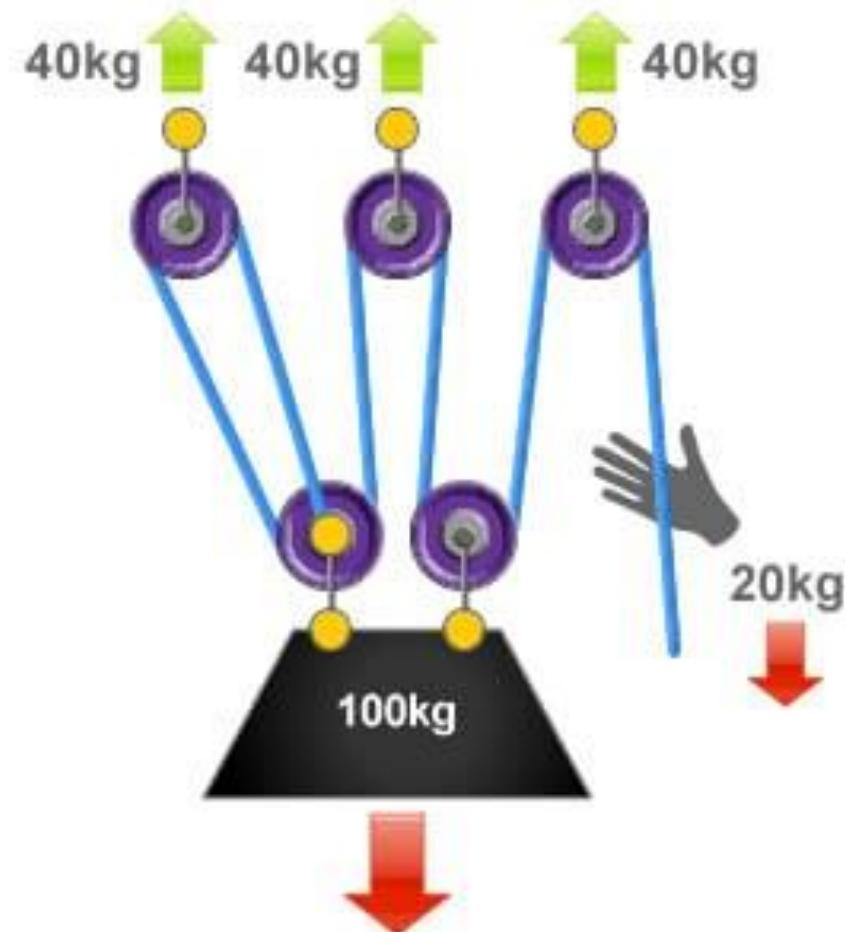
Le carrucole



Le carrucole

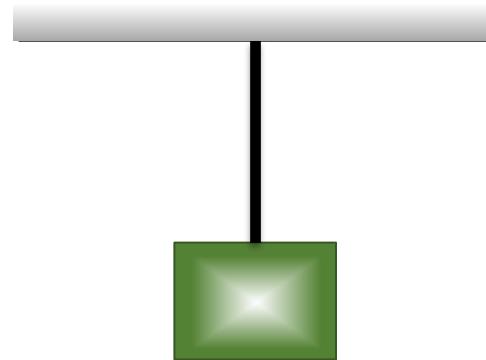


Le carrucole





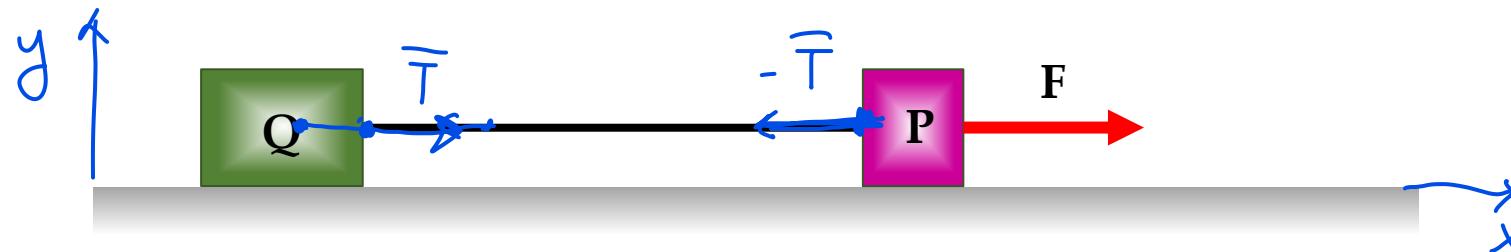
Esempio: punto sospeso in quiete





Esempio: filo che collega due punti in movimento

Consideriamo due punti materiali P e Q, collegati tramite un filo, in movimento su un piano orizzontale liscio per effetto di una forza F applicata al punto P.



(P) $\sum \bar{F}_x = F - T = \mu_p a_p = \mu_p a$

(Q) $\sum \bar{F}_x = T = \mu_q a_q = \mu_q a$

$$a_p = a_q = a$$

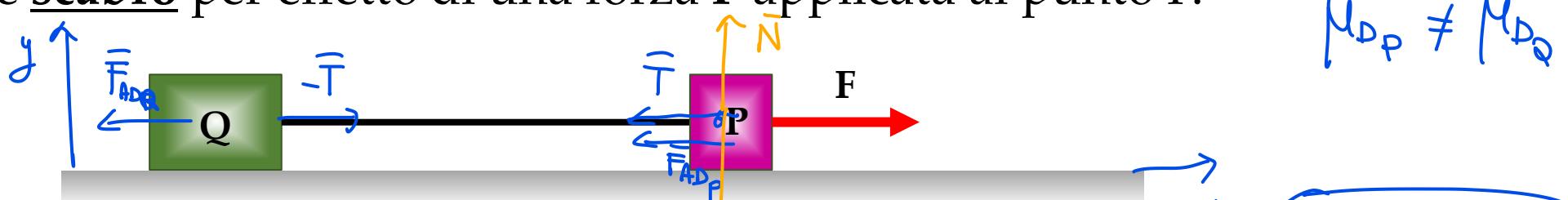
$$F - \mu_q a = \mu_p a \Rightarrow F = (\mu_p + \mu_q)a \Rightarrow a = \frac{F}{\mu_p + \mu_q}$$

$$T = \mu_q \frac{F}{\mu_p + \mu_q}$$



Esempio: filo che collega due punti in movimento

Consideriamo due punti materiali P e Q, collegati tramite un filo, in movimento su un piano orizzontale scabro per effetto di una forza F applicata al punto P.



$$\mu_{D_P} \neq \mu_{D_Q}$$

P

$$\sum F_x = F - T - \mu_{D_P} N = F - T - \mu_{D_P} m_P g = m_P a$$

Q

$$\sum F_x = T - \mu_{D_Q} m_Q g = m_Q a \Rightarrow T = m_Q (a + \mu_{D_Q} g)$$

$$\text{in P: } F - m_Q (a + \mu_{D_Q} g) - \mu_{D_P} m_P g = m_P a$$

$$F - m_Q \mu_{D_Q} g - \mu_{D_P} m_P g = (m_P + m_Q) a$$

$$a = \frac{F - g (\mu_Q \mu_{D_Q} + \mu_P \mu_{D_P})}{m_P + m_Q}$$

$$\sum F_y = 0 \Rightarrow N = m_Q g$$



$$a = \frac{F - g(\mu_Q \mu_{DQ} + \mu_P \mu_{DP})}{M_Q + M_P}$$

$$\begin{aligned} T &= M_Q (\alpha + \mu_{DQ} g) = M_Q \left[\frac{F - g(\mu_Q \mu_{DQ} + \mu_P \mu_{DP})}{M_Q + M_P} + \mu_{DQ} g \right] \\ &= M_Q \left[\frac{F - g M_Q \mu_{DQ} - g M_P \mu_{DP} + (\mu_Q + \mu_P) \mu_{DQ} g}{M_Q + M_P} \right] = \\ &= \frac{M_Q}{(M_Q + M_P)} \left[F - g M_Q \cancel{\mu_{DQ}} - g M_P \mu_{DP} + \cancel{\mu_Q \mu_{DQ} g} + \mu_P \mu_{DQ} g \right] \\ &= \frac{M_Q}{M_Q + M_P} \left[F - \mu_P g (\mu_{DP} - \mu_{DQ}) \right] \end{aligned}$$



$$\mu_{D_P} = 0,01$$

$$\mu_{D_Q} = 0,5$$

$$m_P = 10 \text{ kg}$$

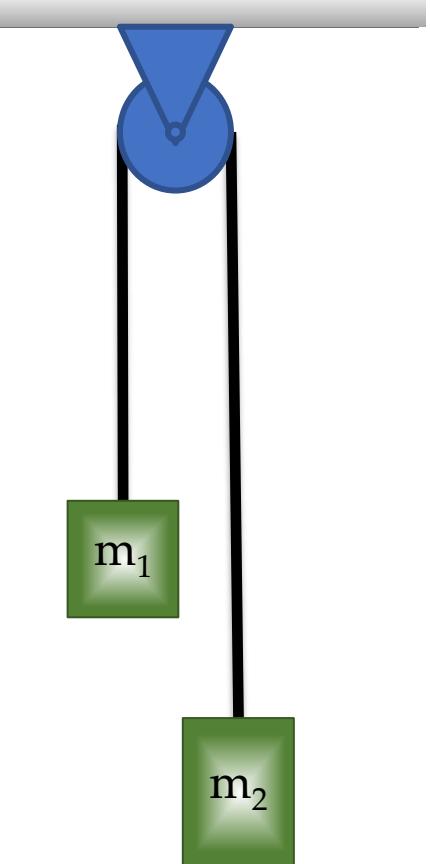
$$m_Q = 7 \text{ kg}$$

$$F = 100 \text{ N}$$



La macchina di Atwood

Due oggetti di massa diversa sono sospesi verticalmente tramite una puleggia leggera e priva di attrito. Questo dispositivo è chiamato *macchina di Atwood*, ed è usata a volte in laboratorio per misurare l'accelerazione di gravità. Calcolare il modulo dell'accelerazione delle due masse e la tensione della fune







Il piano inclinato



Con questo esperimento Galileo dimostrò che un corpo in caduta libera si muove di moto uniformemente accelerato.

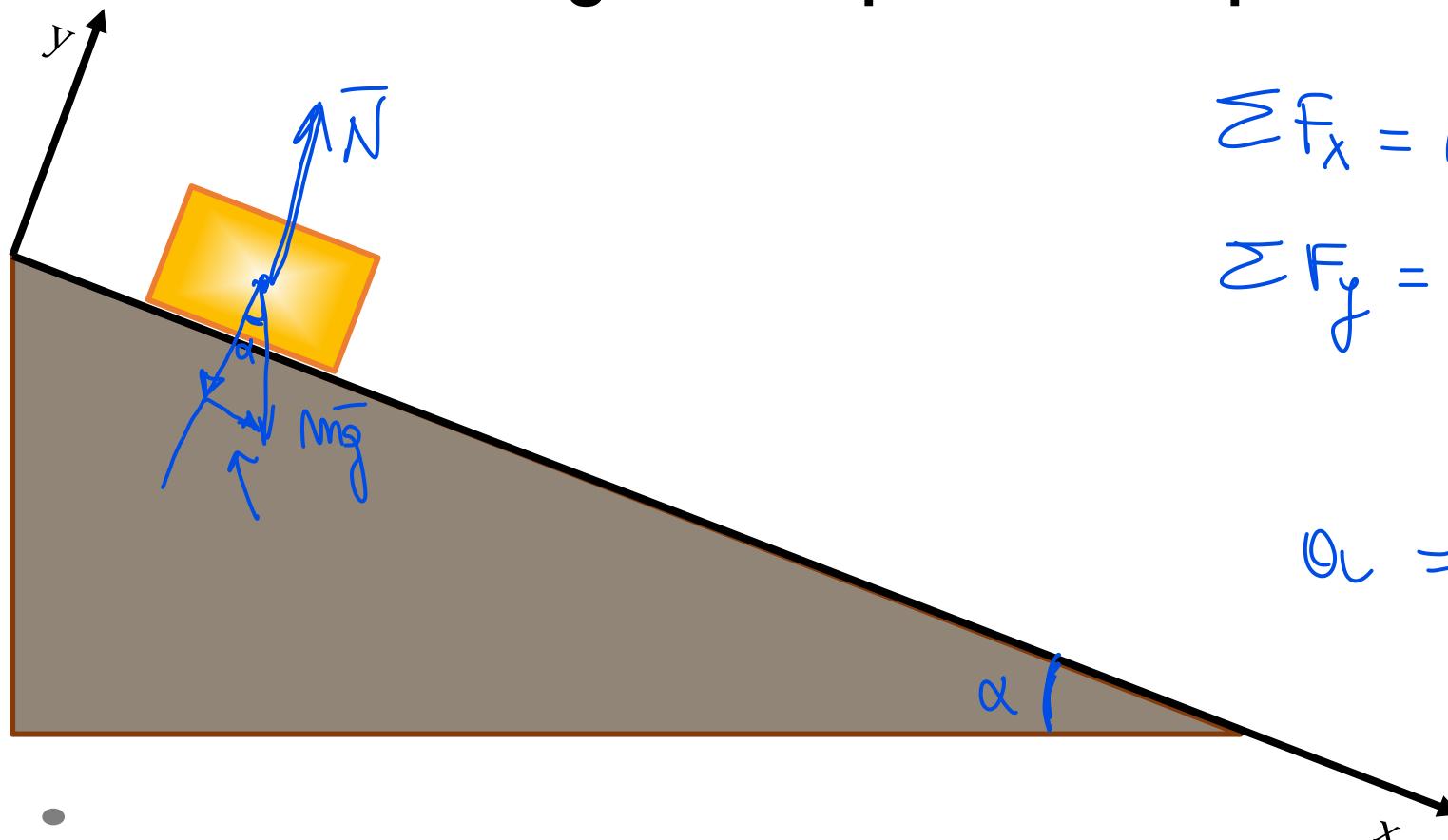
Il piano inclinato «rallenta» la caduta: su un piano inclinato con una pendenza minore, una palla sarebbe scesa più lentamente, mentre sarebbe scesa più velocemente lungo un piano più ripido. Quanto maggiore è l'inclinazione, tanto più la palla si avvicina alla caduta libera.

<https://www.raisplay.it/video/2018/07/Il-piano-inclinato-11072018-1f5f848d-43d0-4f64-8a86-504b482706dd.html>



Moto lungo un piano inclinato

Scomponiamo le forze agenti sul sistema lungo le direzioni
ortogonale e parallela al piano



$$\sum \bar{F} = \mu \bar{a}$$

$$\sum F_x = mg \sin \alpha = \mu a \quad \triangleq$$

$$\sum F_y = -\mu g \cos \alpha + N = 0 \Rightarrow$$

$$N = \mu g \cos \alpha$$

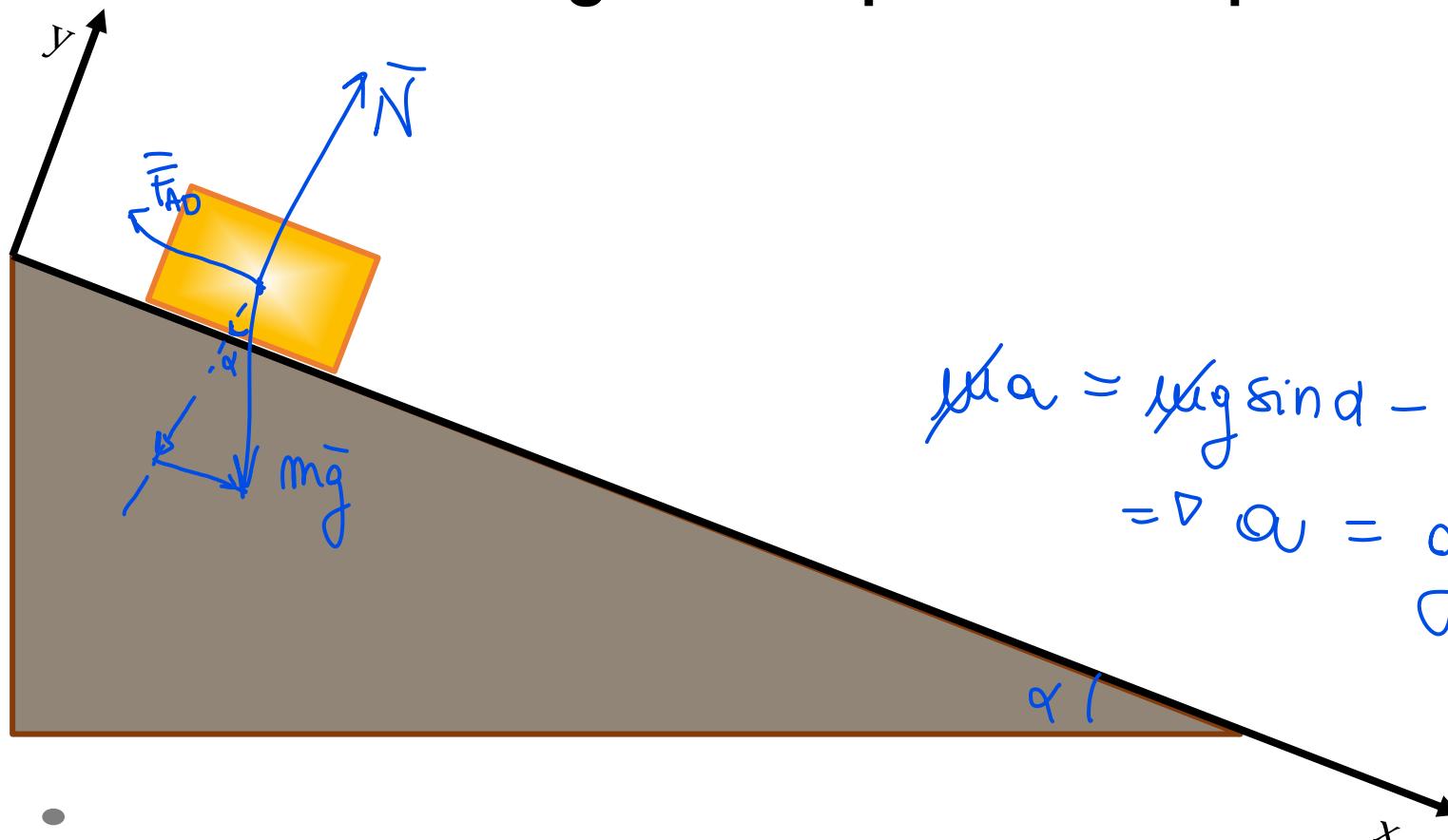
$$\Omega_L = g \sin \alpha$$

Piano liscio



Moto lungo un piano inclinato

Scomponiamo le forze agenti sul sistema lungo le direzioni
ortogonale e parallela al piano



$$\begin{aligned}\sum F_x &= mg \sin \alpha - \mu_D N = ma \\ \sum F_y &= N - mg \cos \alpha = 0 \\ \Rightarrow N &= mg \cos \alpha\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}ma &= mg \sin \alpha - \mu_D mg \cos \alpha = \\ \Rightarrow a &= g (\sin \alpha - \mu_D \cos \alpha)\end{aligned}$$

Piano scabro



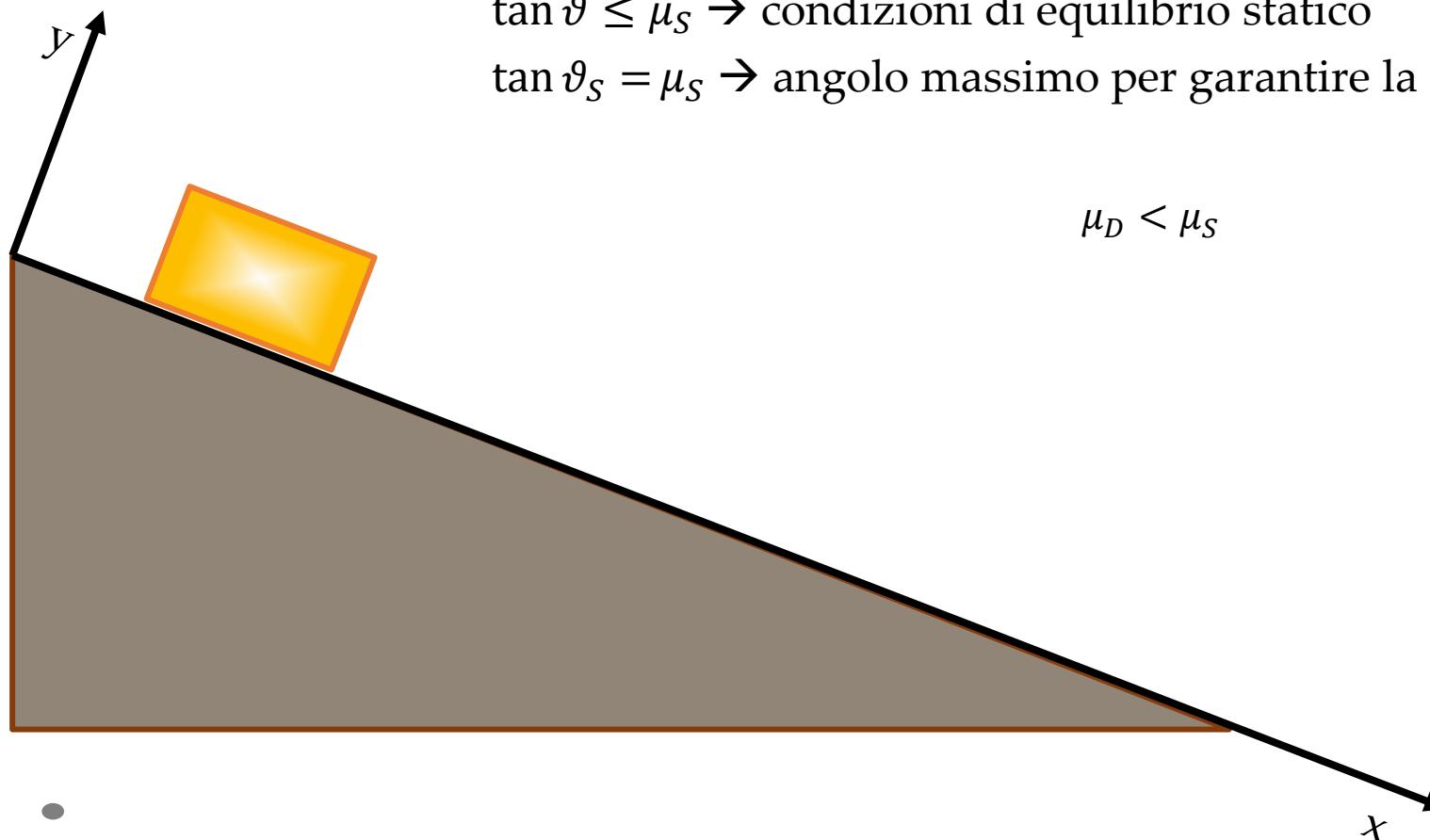


Moto lungo un piano inclinato

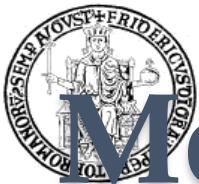
Discussione sui coefficienti d'attrito

$\tan \vartheta \leq \mu_s \rightarrow$ condizioni di equilibrio statico

$\tan \vartheta_s = \mu_s \rightarrow$ angolo massimo per garantire la stasi $\rightarrow \vartheta > \vartheta_s \rightarrow$ il corpo si muove

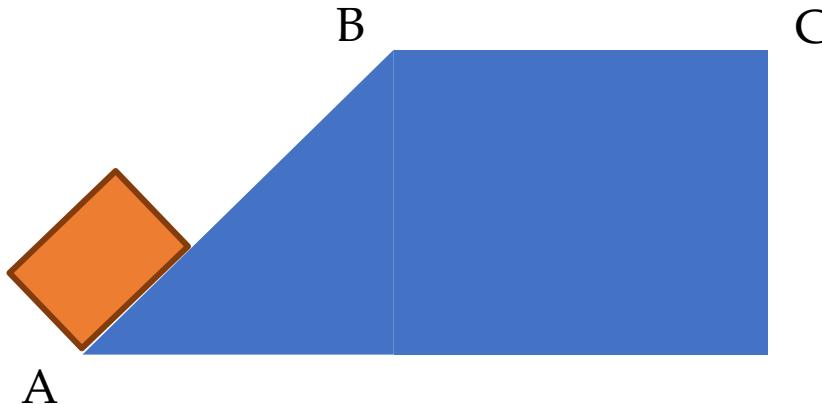


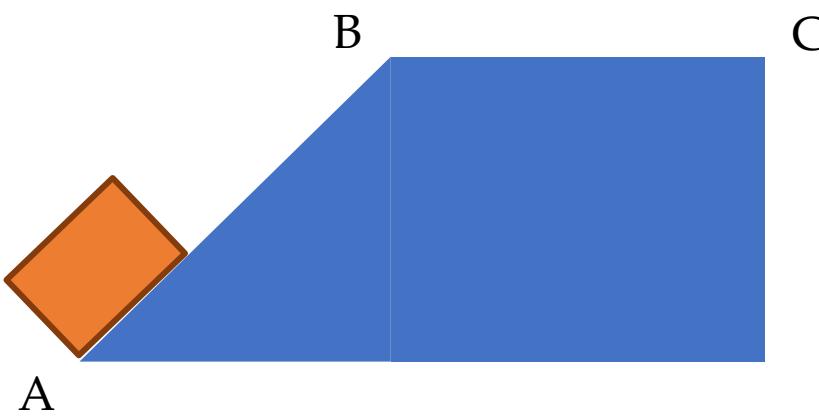
Piano scabro



Moto lungo un piano inclinato: esempio

Un punto materiale viene lanciato, con velocità iniziale v_0 nel punto A, lungo un piano inclinato scabro con $\vartheta = 40^\circ$. Il coefficiente di attrito dinamico è $\mu_D = 0.4$. In B il punto si distacca dal piano e, nel vuoto, arriva in C, che è alla stessa quota di B. Si sa che $\overline{AB} = \overline{BC} = d = 1.43m$. Calcolare il valore di v_0 .







Moto lungo un piano inclinato con carrucola in presenza di attrito

Consideriamo due corpi di massa $m_1 = 3\text{kg}$ e $m_2 = 2\text{kg}$, il primo posto su un piano scabro, inclinato di un angolo $\alpha = 30^\circ$, e l'altro libero di muoversi in verticale. I due corpi sono collegati tramite una fune e una carrucola ideali. Quando il coefficiente di attrito statico μ_s supera un certo valore minimo, le due masse rimangono in equilibrio. Determinare questo valore minimo.

