



**UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI TRIESTE**

**418SF-2**

**DISCIPLINE FISICHE - DIDATTICA DELLA FISICA**

**a.a. 2025/26**

**VIII - 02/03/2026**

**Maria Peressi ([peressi@units.it](mailto:peressi@units.it), tel. 040 558 5242)**

# **ALCUNI TIPI DI FORZA**

# FORZA di GRAVITÀ

Abbiamo già visto:

$$F = P = mg$$

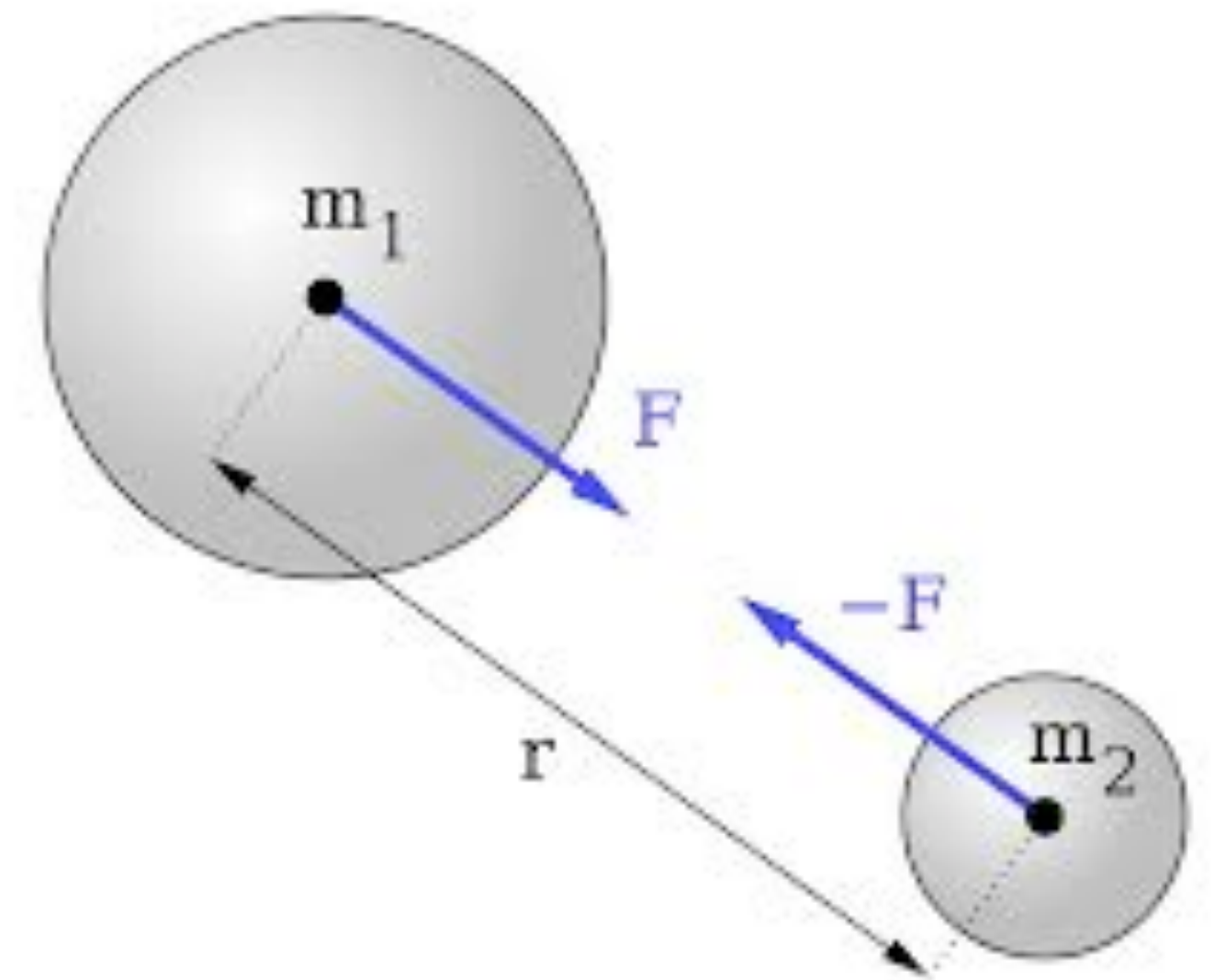
con  $g = 9,8 \text{ m/s}^2 = 9,8 \text{ N/kg}$  accelerazione di gravità,  
costante per piccole variazioni di distanza dal centro della Terra

Ma nel caso generale (ad esempio, nel sistema solare) l'intensità  
diminuisce con la distanza nel caso generale  
(legge di gravitazione universale di Newton)

$G$  è una costante diversa da  $g$  o no?



$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$



# FORZA di GRAVITÀ

Abbiamo già visto:

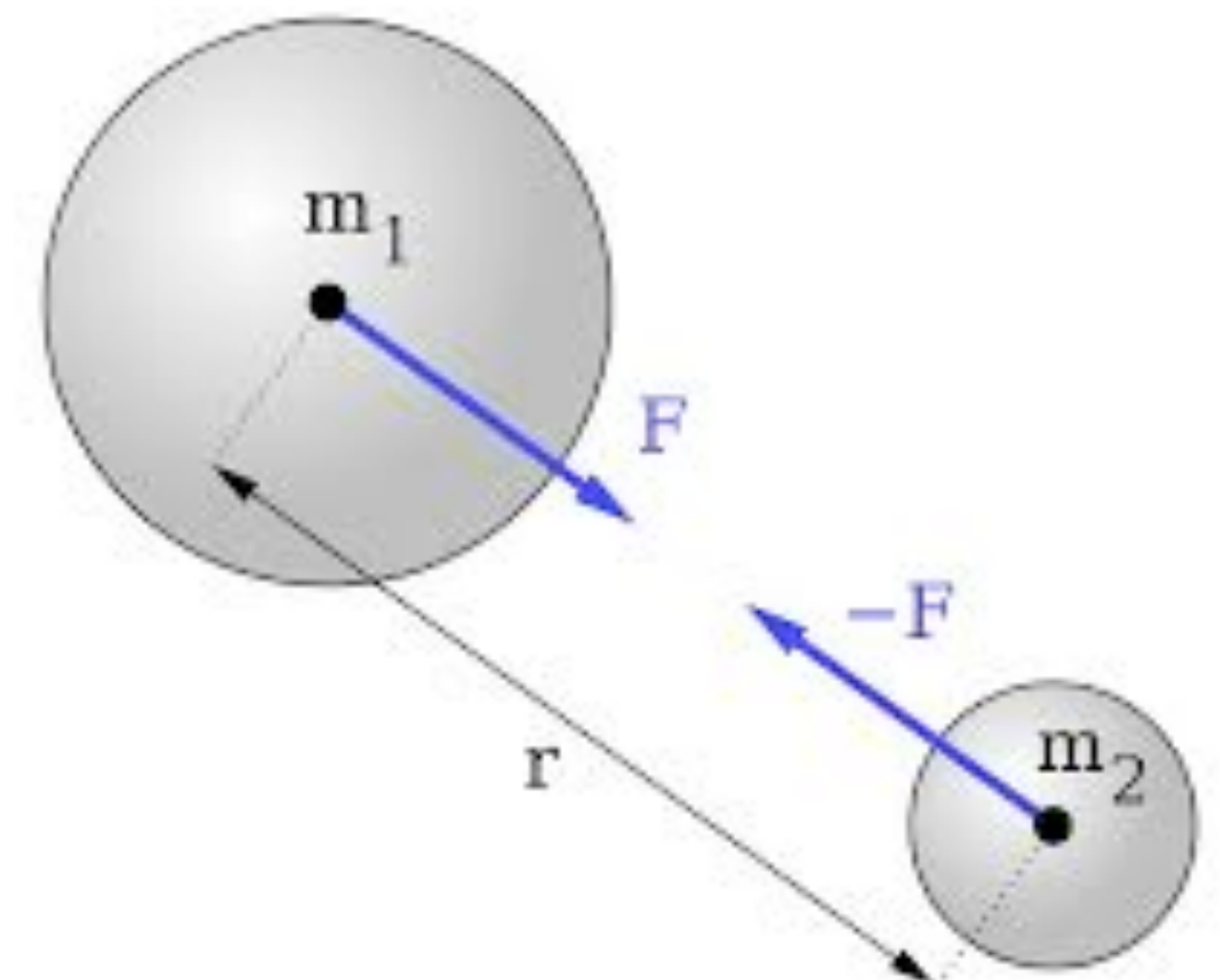
$$F = P = mg$$

con  $g = 9,8 \text{ m/s}^2 = 9,8 \text{ N/kg}$  accelerazione di gravità,  
costante per piccole variazioni di distanza dal centro della Terra

Ma nel caso generale (ad esempio, nel sistema solare) l'intensità  
diminuisce con la distanza nel caso generale  
(legge di gravitazione universale di Newton)

**$G$  è una costante diversa da  $g$  !**

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$



# FORZA di GRAVITÀ

- E' giusto scrivere  $g = 9,8 \text{ N/kg}$  ? Perché?
- C'è una relazione tra  $G$  e  $g$ ? Se sì, quale?
- E la costante di gravitazione universale  $G$  quali unità di misura ha ?



# FORZA di GRAVITÀ

- E' giusto scrivere  $g = 9,8 \text{ N/kg}$  ? Perché?

$$F = P = mg \implies g = \frac{F}{m}, \text{ e } F \text{ si misura in } N \text{ e } m \text{ in } kg$$

- C'è una relazione tra  $G$  e  $g$ ? Se sì, quale?

- E la costante di gravitazione universale  $G$  quali unità di misura ha ?



# FORZA di GRAVITÀ

- E' giusto scrivere  $g = 9,8 \text{ N/kg}$  ? Perché?

$$F = P = mg \implies g = \frac{F}{m}, \text{ e } F \text{ si misura in } N \text{ e } m \text{ in } kg$$

- C'è una relazione tra  $G$  e  $g$ ? Se sì, quale?

$$g = \frac{GM}{R^2} \quad \circ \quad G = \frac{gR^2}{M} \quad \text{dove } M \text{ è la massa della Terra e } R \text{ il suo raggio}$$

- E la costante di gravitazione universale  $G$  quali unità di misura ha ?



# FORZA di GRAVITÀ



- E' giusto scrivere  $g = 9,8 \text{ N/kg}$  ? Perchè?

$$F = P = mg \implies g = \frac{F}{m}, \text{ e } F \text{ si misura in } N \text{ e } m \text{ in } kg$$

- C'è una relazione tra  $G$  e  $g$ ? Se sì, quale?

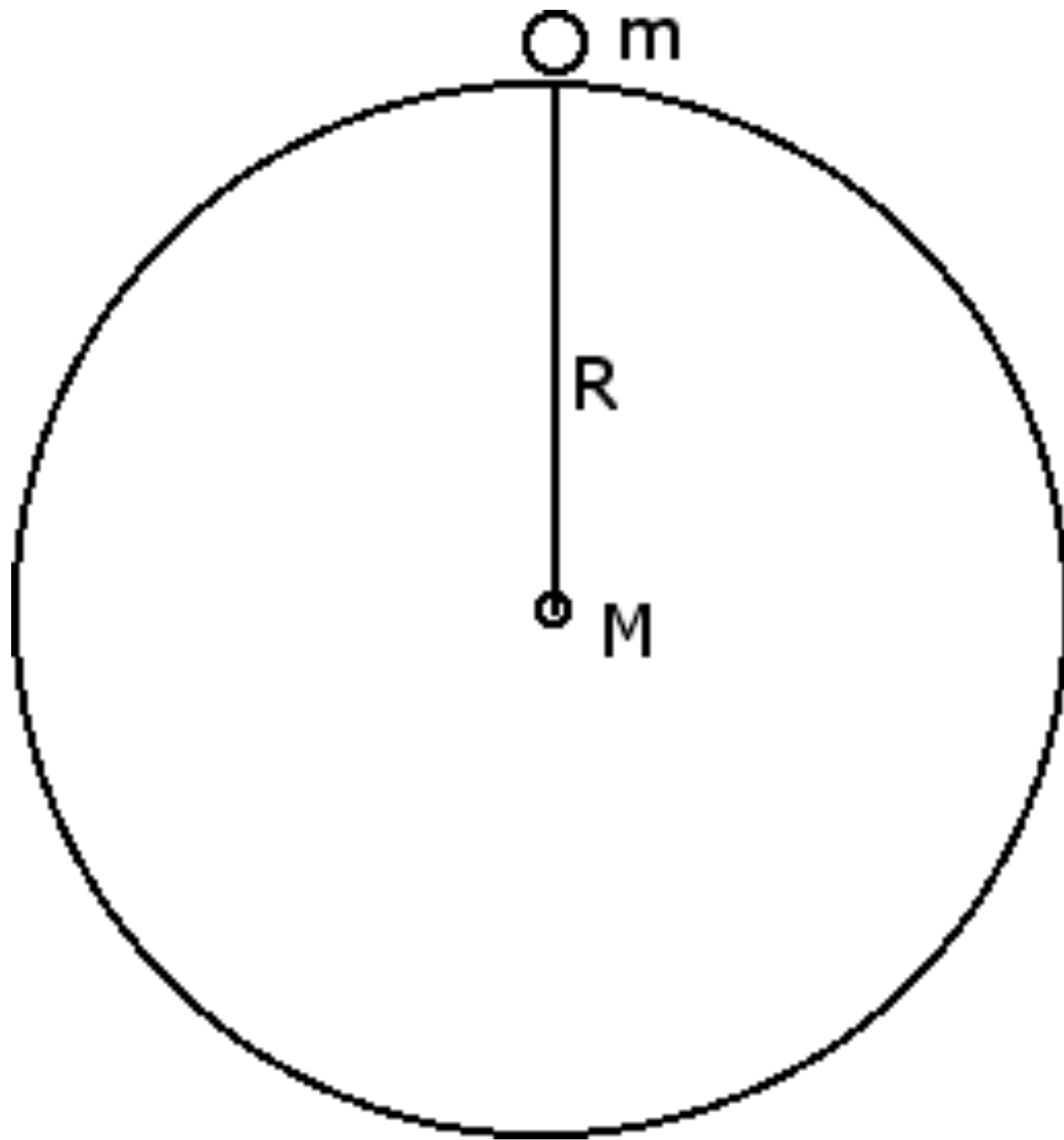
$$g = \frac{GM}{R^2} \quad \circ \quad G = \frac{gR^2}{M} \quad \text{dove } M \text{ è la massa della Terra e } R \text{ il suo raggio}$$

- E la costante di gravitazione universale  $G$  quali unità di misura ha ?

$$G = g \frac{R^2}{M}; \quad g \text{ in } N/kg \Rightarrow G \text{ in } N \cdot m^2/kg^2 \quad \text{e precisamente} \quad G = 6,67 \cdot 10^{-11} N \cdot m^2/kg^2$$

# FORZA di GRAVITÀ

In dettaglio:



$$[F = ] \quad \cancel{m}g \approx G \frac{\cancel{m}M}{R^2} \implies g \approx G \frac{M}{R^2} \quad \text{o} \quad G \approx g \frac{R^2}{M}$$

dove M è la massa della Terra e R il suo raggio;

$$M = 5,9722 \cdot 10^{24} \text{ kg}$$

$$R = 6371 \text{ km} = 6,371 \cdot 10^6 \text{ m}$$

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2 = 9,81 \text{ N/kg}$$



$$G = 9,81 \frac{(6,371 \cdot 10^6)^2}{5,97 \cdot 10^{24}} \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2 \approx 67 \frac{10^{12}}{10^{24}} \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2 = 6,7 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2$$

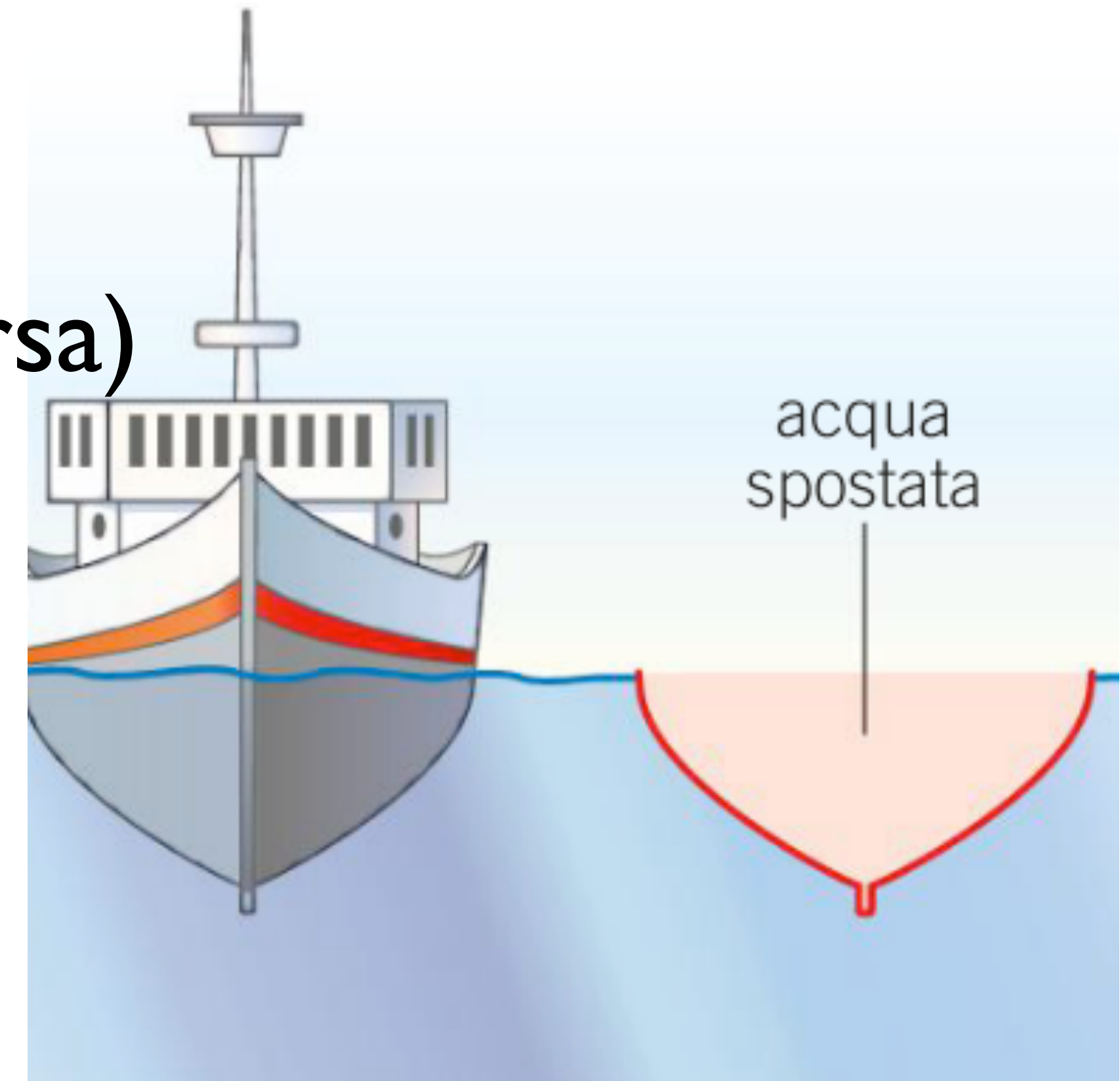
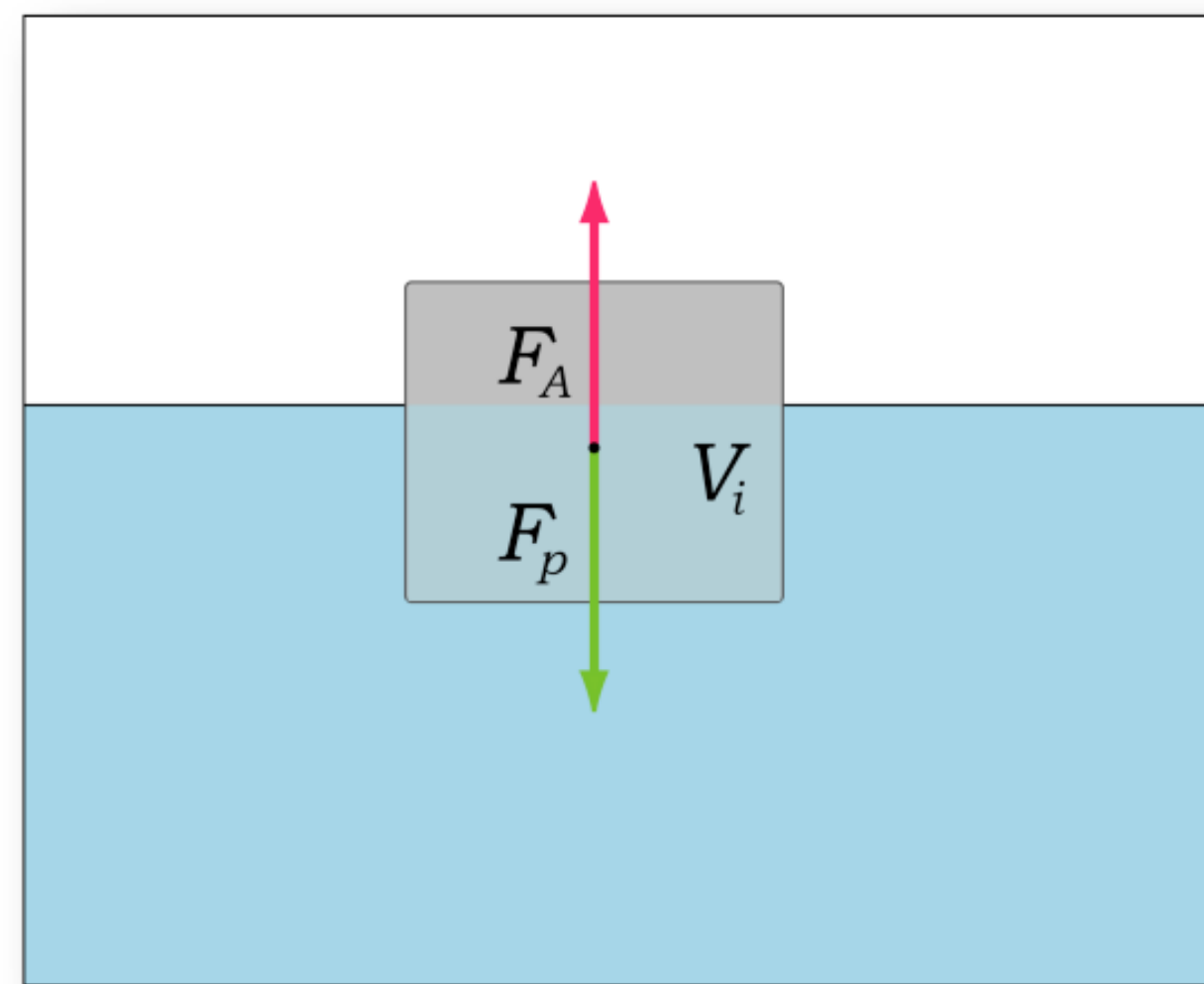
# FORZA di ARCHIMEDE

Nel caso di corpi immersi in un fluido e in presenza di forza di gravità, un corpo riceve una spinta verso l'alto pari al peso del fluido spostato, quindi:

$$F_A = \rho V_i g$$

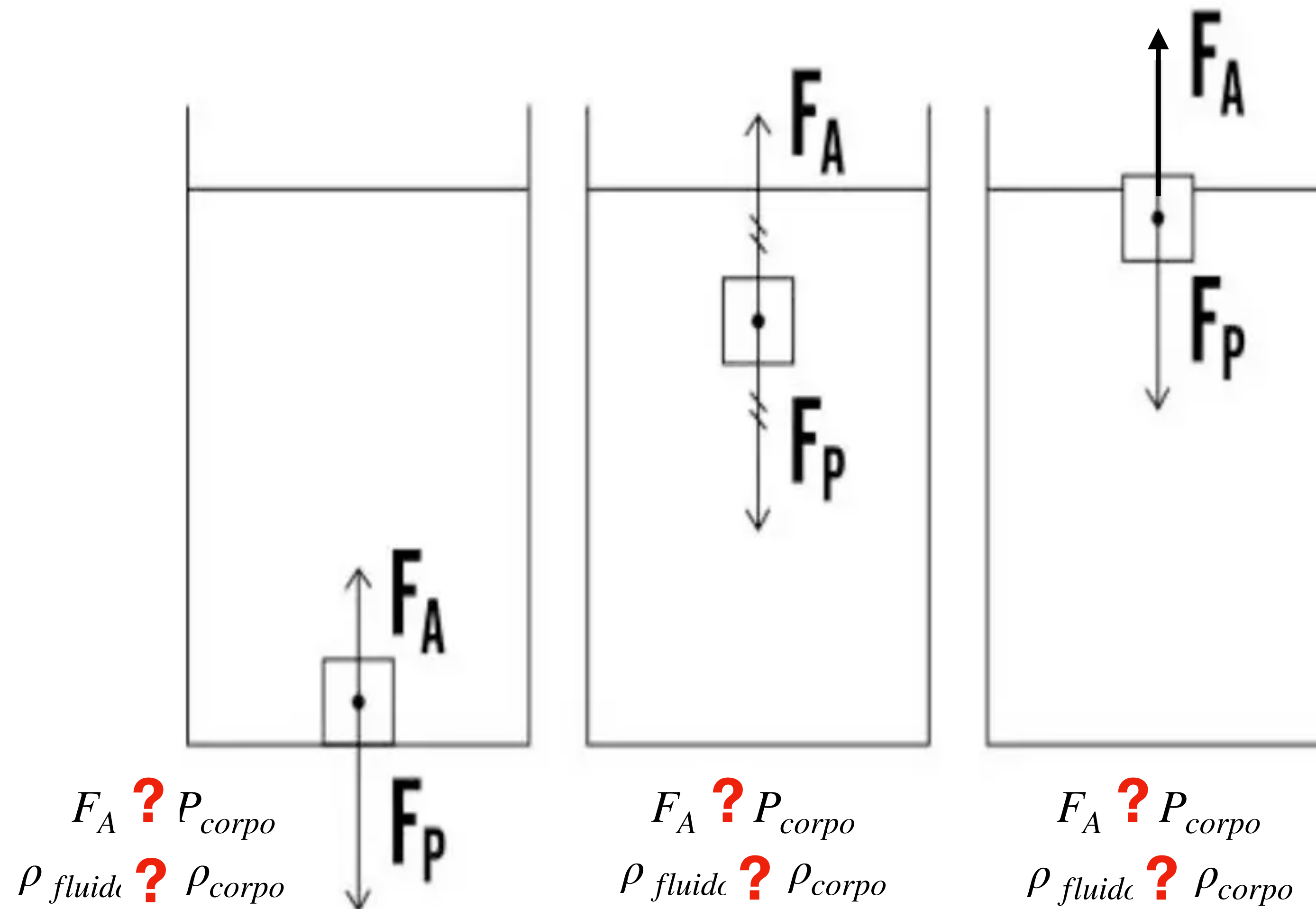
dove  $\rho$  densità del fluido (non del corpo!!!);

$V_i$  volume del fluido spostato ( $i$  = parte immersa)



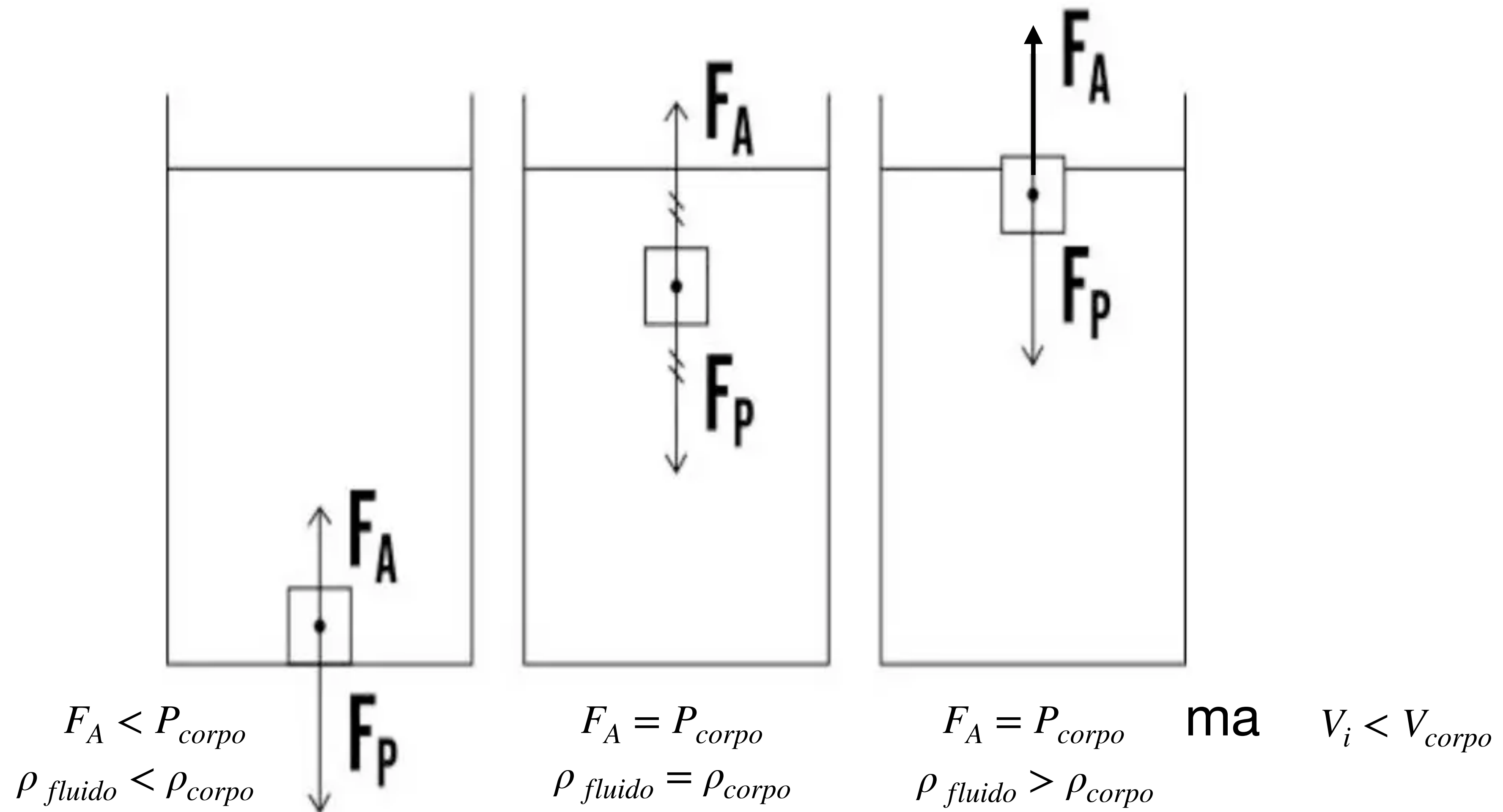
# FORZA di ARCHIMEDE

Quindi che un corpo vada a fondo, galleggi o stia in equilibrio in una qualunque posizione nel fluido, dipende dalla densità sua e del fluido



# FORZA di ARCHIMEDE

Quindi che un corpo vada a fondo, galleggi o stia in equilibrio in una qualunque posizione nel fluido, dipende dalla densità sua e del fluido



# FORZA di ARCHIMEDE

Quindi che un corpo vada a fondo, galleggi o stia in equilibrio in una qualunque posizione nel fluido, dipende dalla densità sua e del fluido

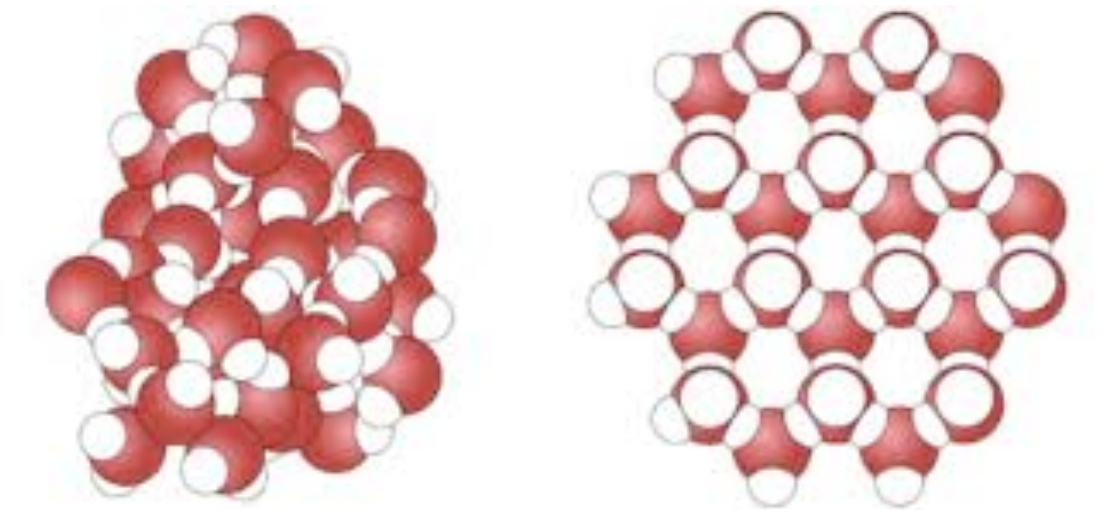


## ICEBERG

$$\rho_{ghiaccio} = 0,92 \text{ g/cm}^3$$

$$\rho_{acqua \text{ distillata}} = 1 \text{ g/cm}^3$$

$$\rho_{acqua \text{ di mare}} = 1,02 \text{ g/cm}^3$$



L'acqua ha un comportamento anomalo: la sua densità aumenta se T aumenta da 0 C (le molecole d'acqua "si impacchettano" in modo più disordinato e occupano meno "spazio")

Quale frazione del volume totale di un iceberg emerge in superficie ?



# FORZA di ARCHIMEDE



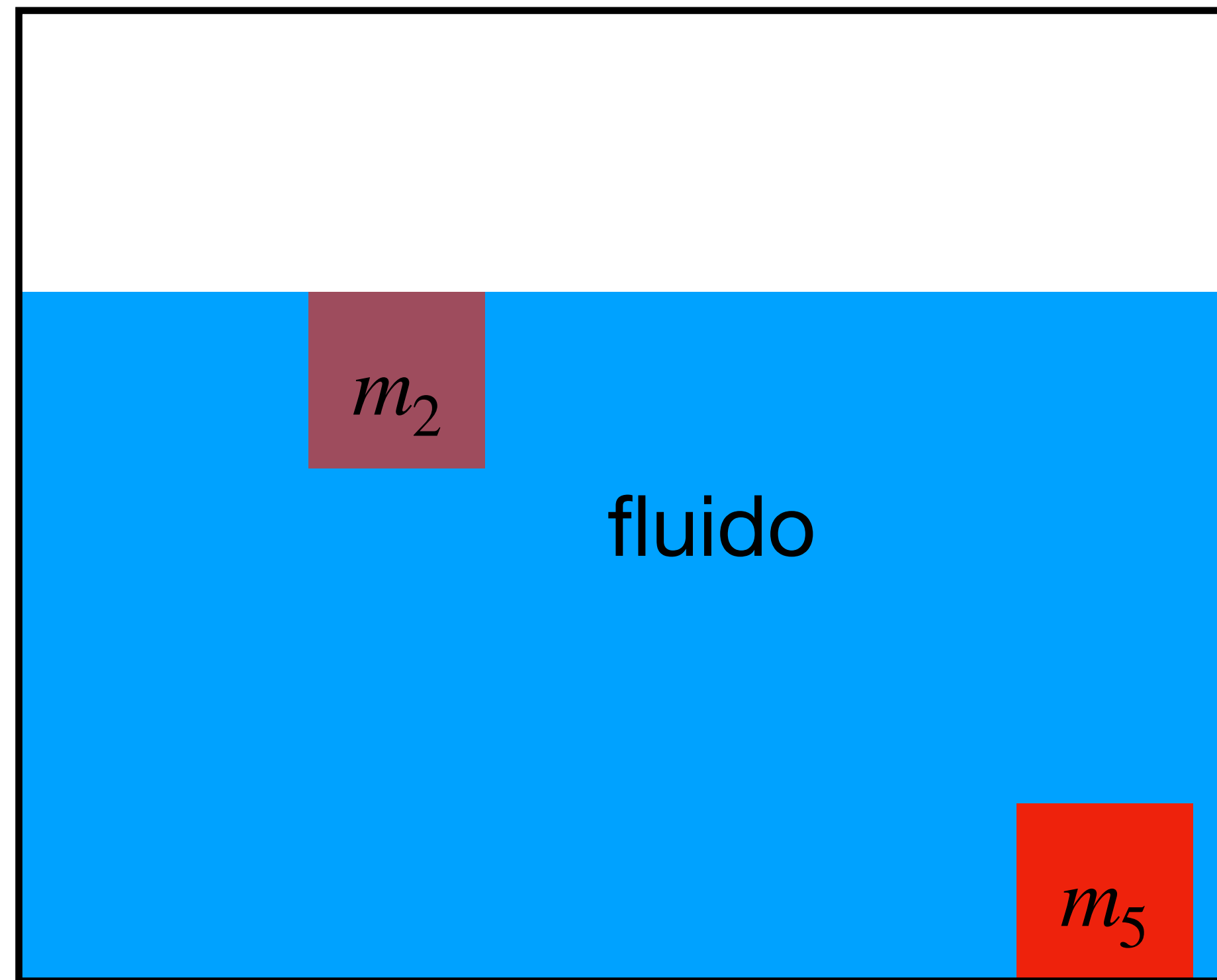
Se il ghiaccio  
fonde  
l'acqua esce?

(simpatica domanda trovata su youtube ;-)

# FORZA di ARCHIMEDE



$$m_1 < m_2 < m_3 < m_4 < m_5$$



situazione dei corpi 2 e 5 => come si dispongono gli altri?



**.. E ADESSO PARLIAMO PIÙ APPROFONDITAMENTE  
DI LAVORO DI UNA FORZA**

# LAVORO DI UNA FORZA

Quando una forza agisce su un corpo e lo spostamento di questo è almeno in parte nella direzione della forza si dice che **la forza fa lavoro sul corpo**. Il lavoro di una forza su un corpo quando questo si muove su un cammino dal punto A al punto B si ottiene dividendo il cammino in tanti piccoli segmenti approssimativamente rettilinei, calcolando il lavoro su ogni segmento e sommando tutti i contributi.

Il lavoro relativo allo spostamento su un segmento si ottiene decomponendo la forza in una forza parallela e una perpendicolare al segmento e moltiplicando la lunghezza del segmento per la componente parallela della forza.

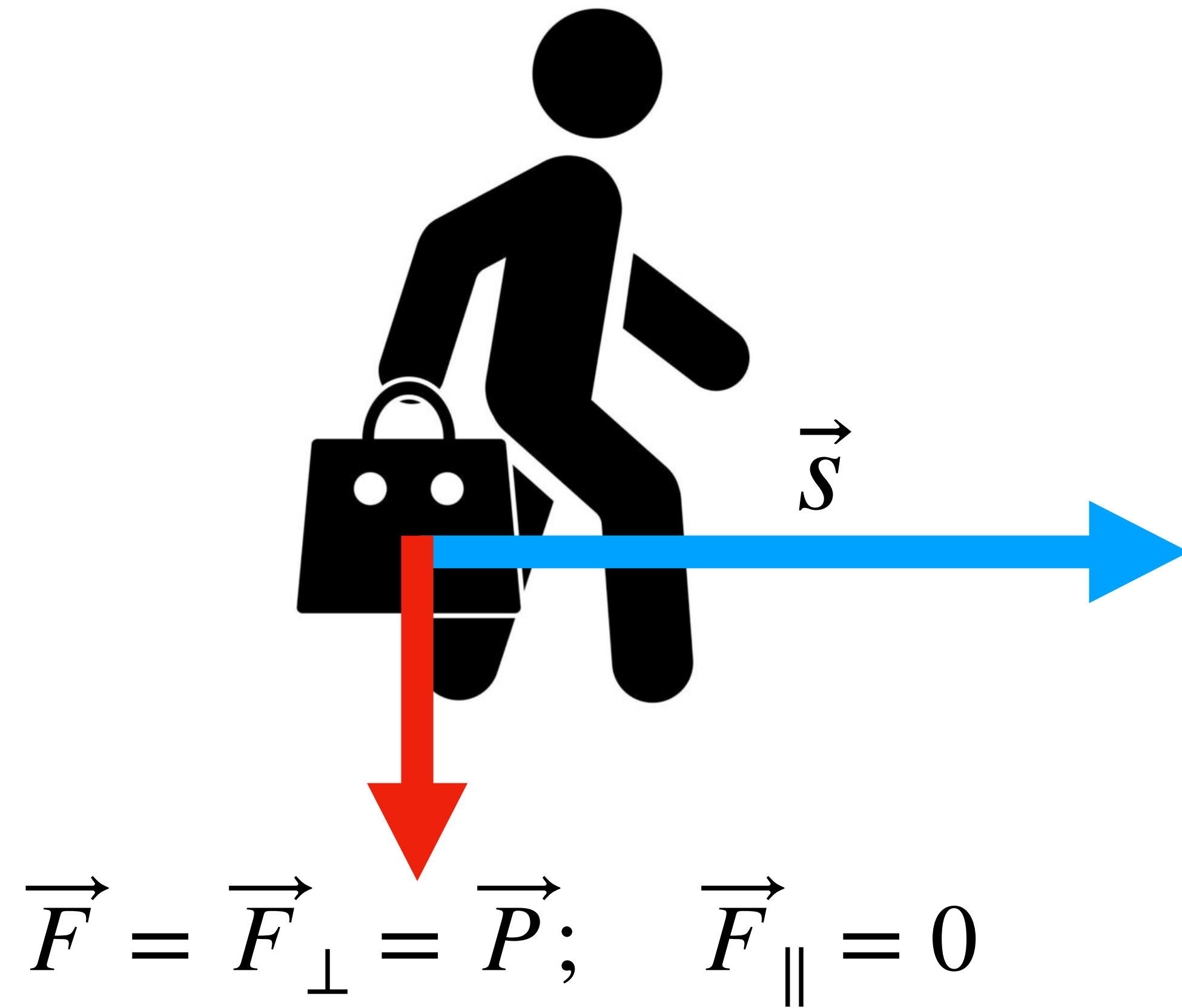
o viceversa!

l'importante è  
l'orientazione  
**relativa**

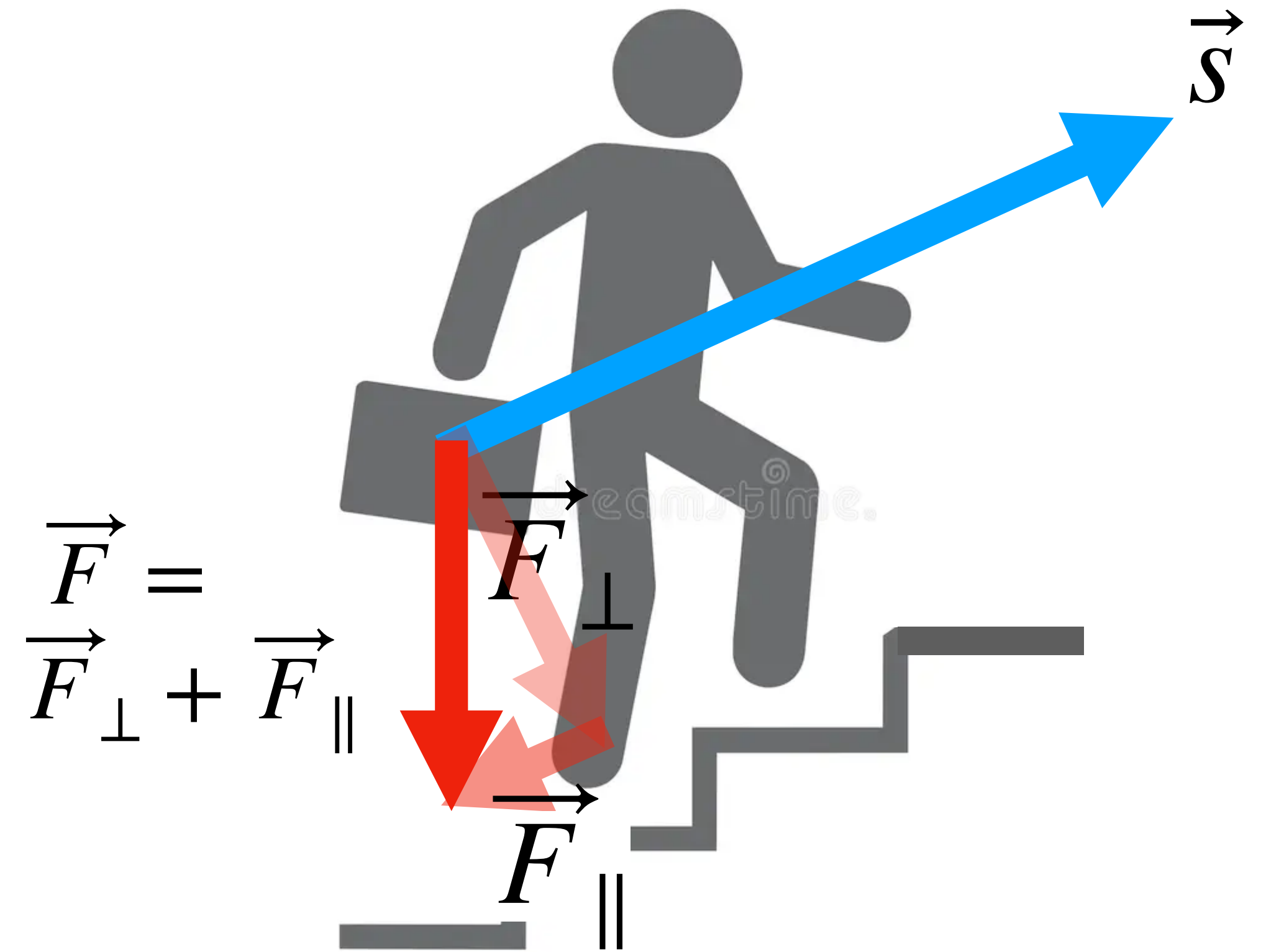
Il lavoro può essere positivo se lo spostamento è nella stesso verso della forza parallela o negativo in caso contrario.

# LAVORO DI UNA FORZA:

scomponiamo la forza in direzione  $\perp$  e  $\parallel$  allo spostamento



$$L = F_{\parallel} \cdot s = 0 !!!$$

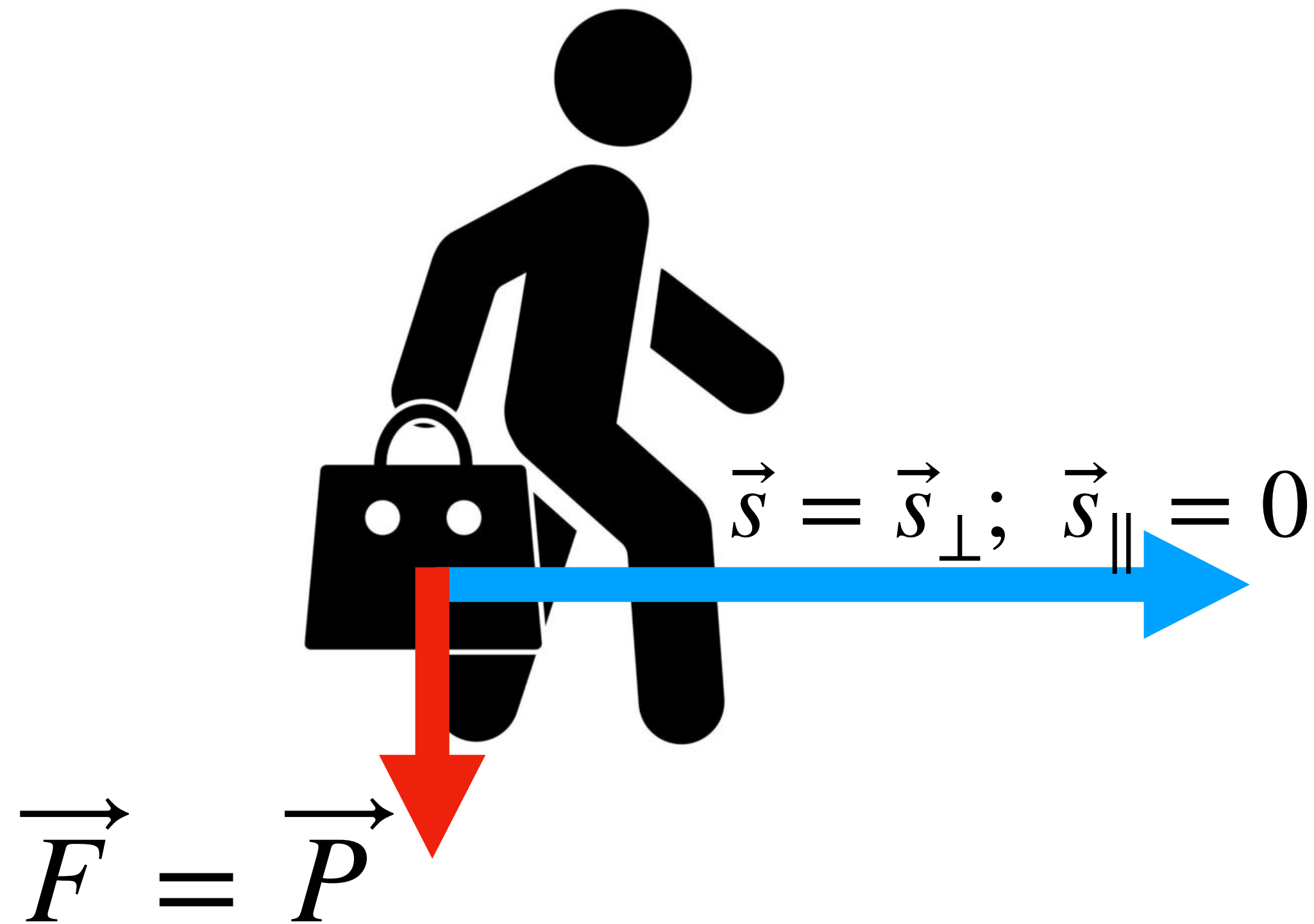


$$L = F_{\parallel} \cdot s < 0 !!!$$

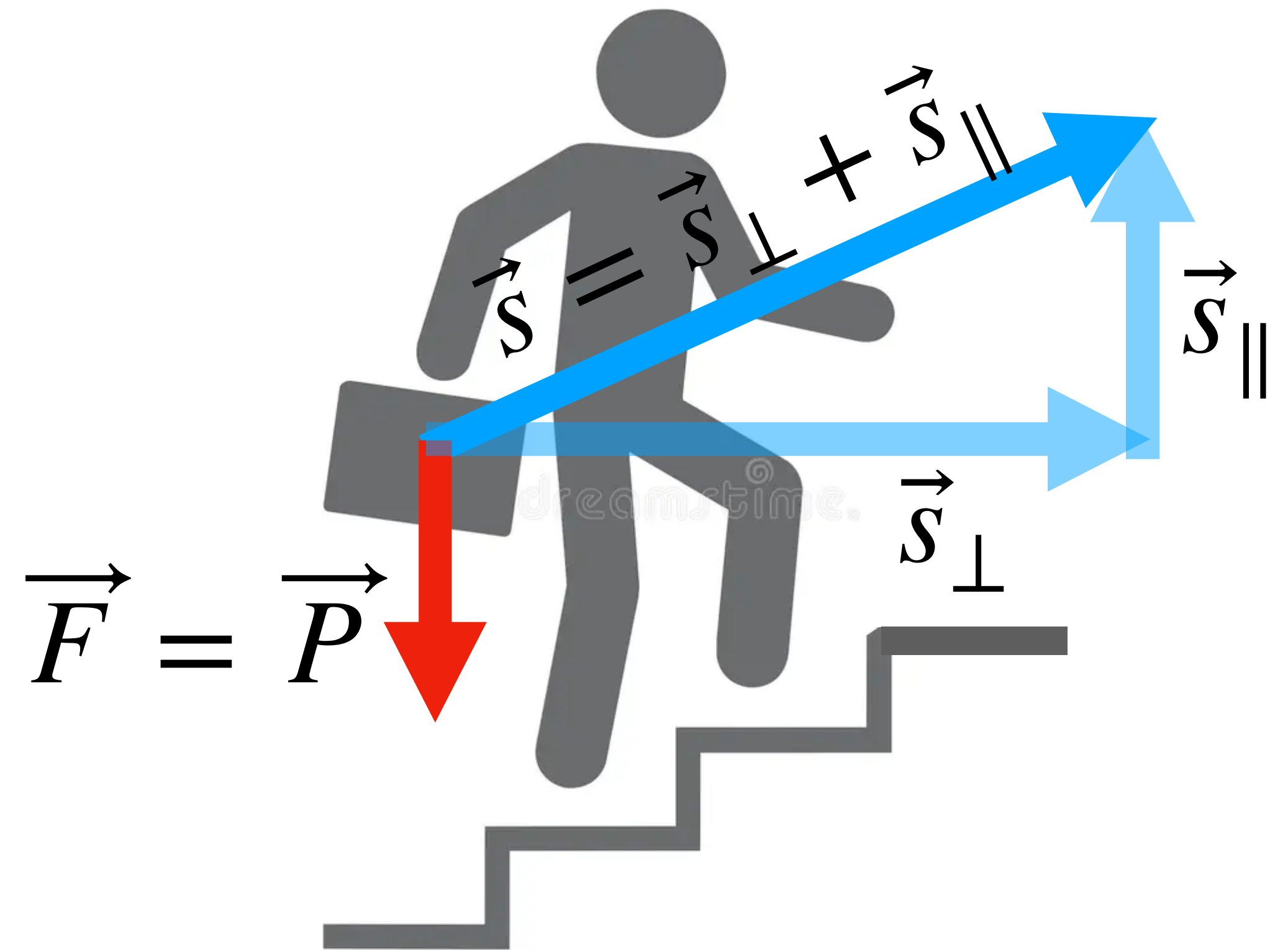
lavoro negativo

# LAVORO DI UNA FORZA:

scomponiamo lo spostamento in direzione  $\perp$  e  $\parallel$  alla forza



$$L = F \cdot s_{\parallel} = 0 !!!$$



$$L = F \cdot s_{\parallel} < 0 !!!$$

lavoro negativo

# LAVORO della FORZA DI GRAVITÀ

Quindi: lavoro **fatto dalla forza di gravità** (sulla superficie Terrestre, quindi costante) relativo ad uno spostamento verticale  $h$  (cioè  $s_{||}$  della precedente slide):

$$L = - mgh \text{ (se } h \text{ è aumentato)}$$

$$L = mgh \text{ (se } h \text{ è diminuito)}$$

Attenzione: dipende solo dalla variazione di quota.  
Non dipende da eventuale spostamento orizzontale.

Attenzione: il lavoro per uno spostamento dal punto A al punto B **NON** dipende dal cammino (la forza di gravità è “conservativa”).

**.. ORA RIPARLIAMO DI ALTRI TIPI DI FORZA**

# FORZE DI ATTRITO

**Esistono tre tipi di forze di attrito:**

➤ **Attrito radente**



Si oppone al moto di corpi che rotolano su una superficie

➤ **Attrito volvente**  
E' molto minore dell'attrito radente!



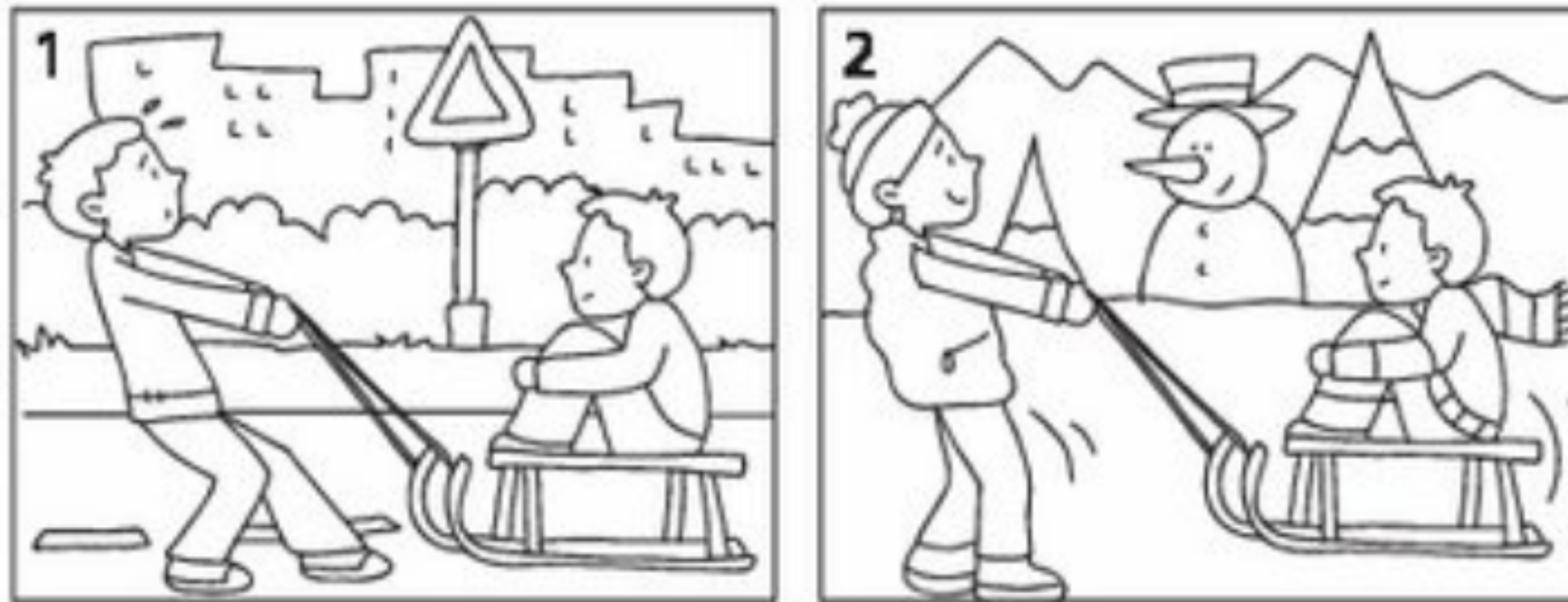
➤ **Attrito viscoso**

quando un corpo è immerso in un fluido (gassoso o liquido)



# FORZE DI ATTRITO

dipendono dai corpi in contatto (dalla forza premente, che è la reazione vincolare) e dalla natura delle superfici a contatto

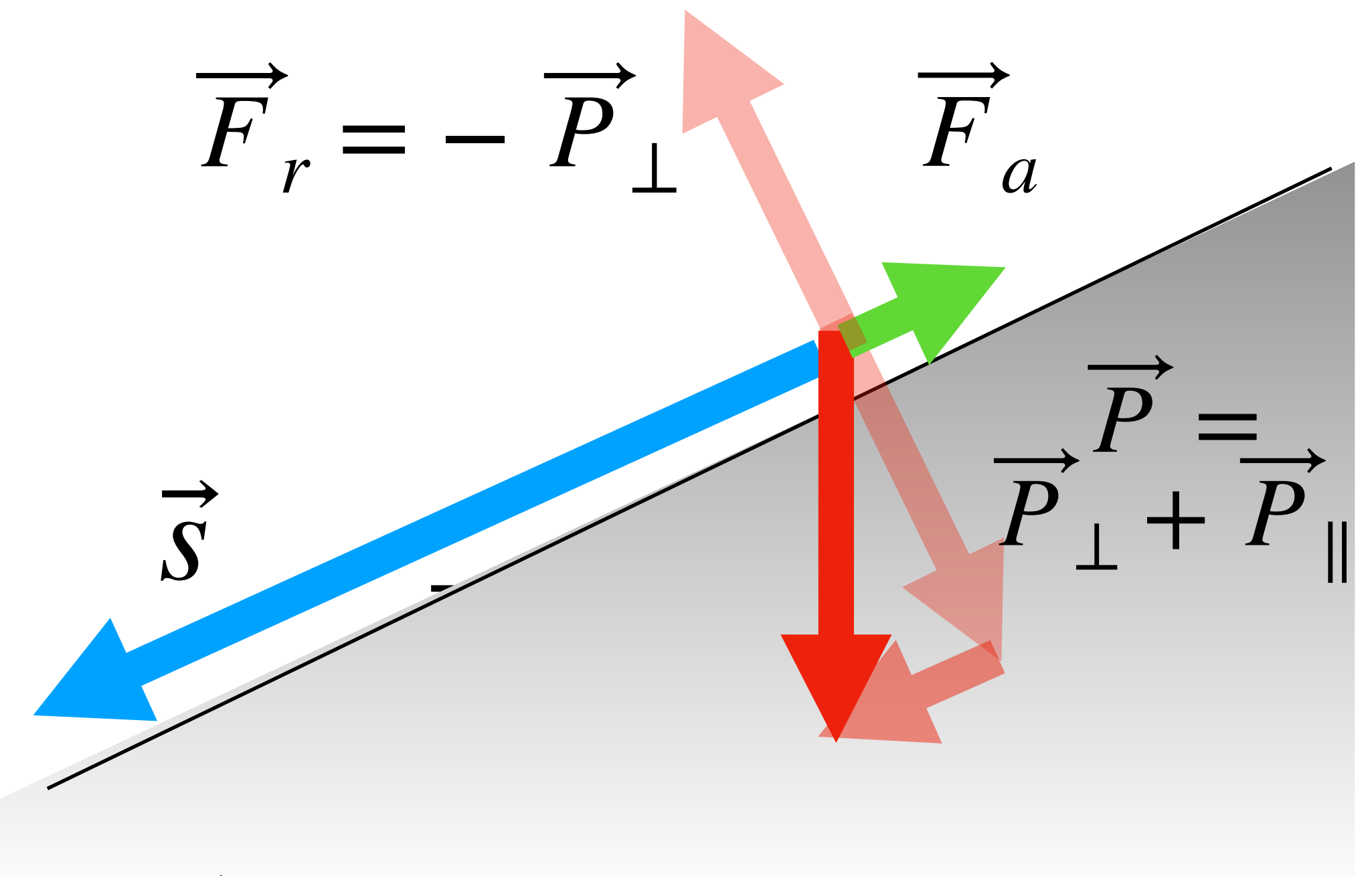
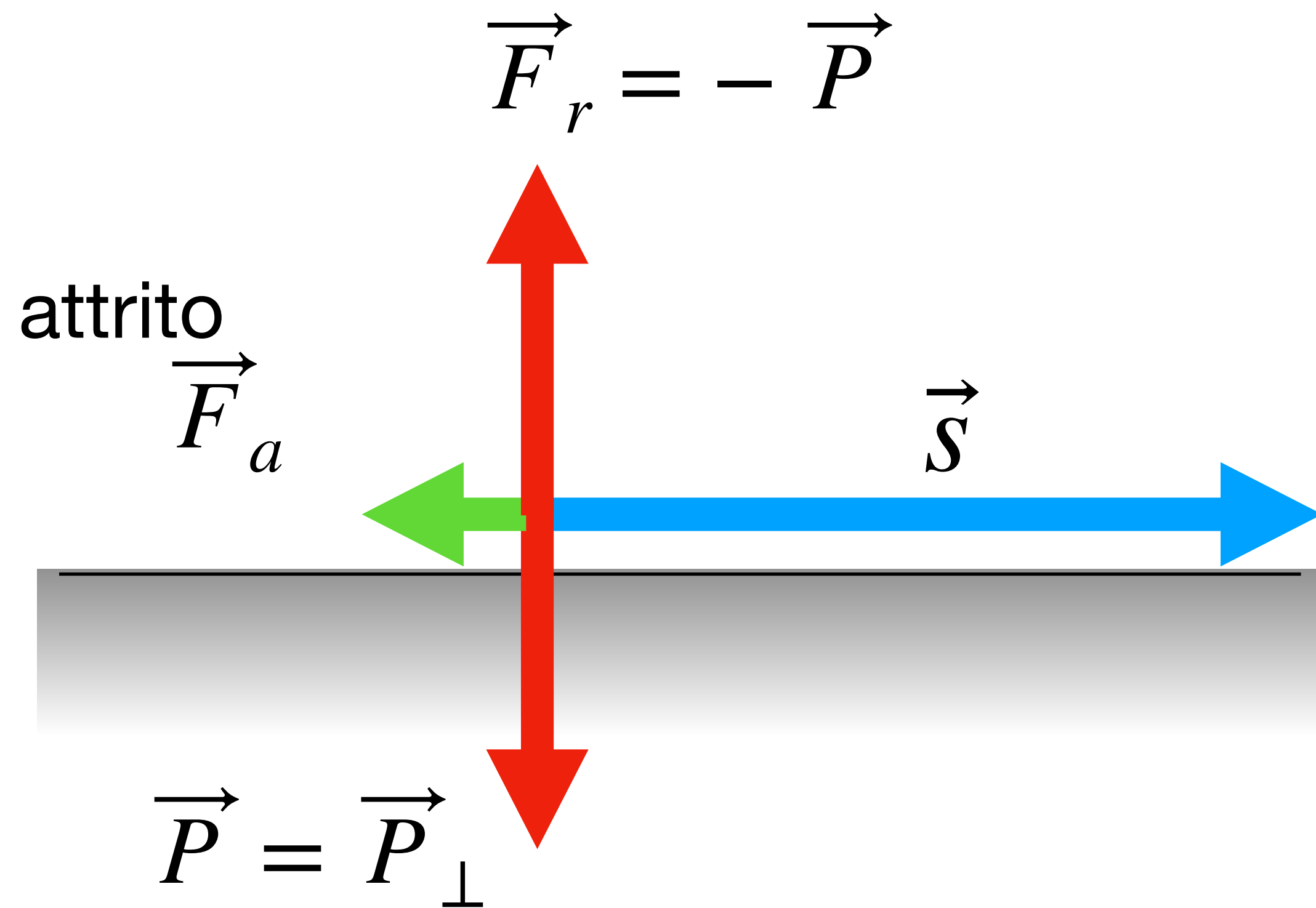


(da web: risorse  
didattiche Giunti  
per la scuola  
primaria)



# FORZA di ATTRITO RADENTE

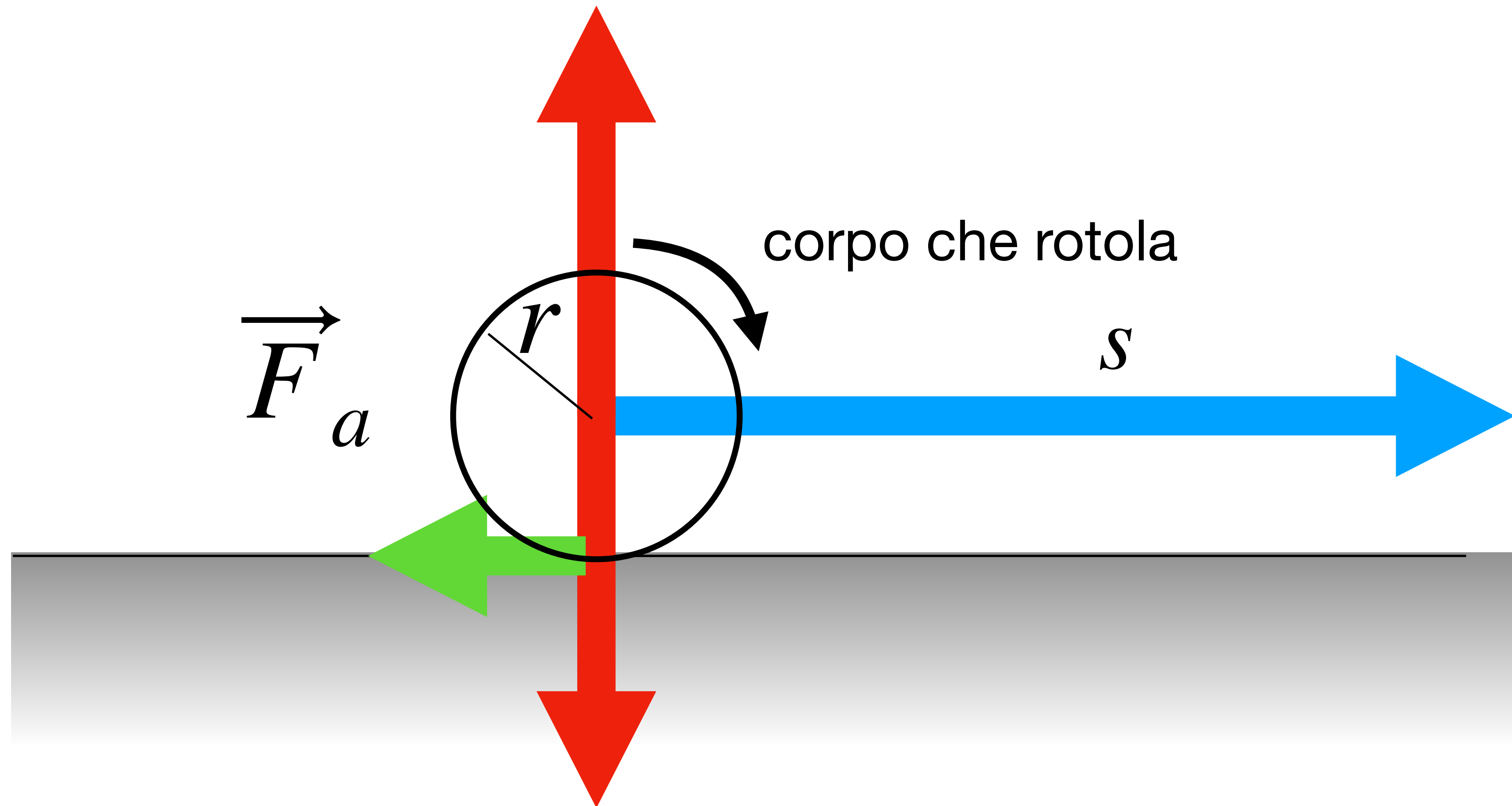
$$F_a = k F_r \quad \text{con } k \text{ coefficiente d'attrito statico } (k_s) \text{ o dinamico } (k_d) \\ \text{che dipende dalla natura delle superfici a contatto}$$



Se  $P_\parallel > k_d \cdot P_\perp$  allora il corpo scende;  
se sta fermo significa che  $P_\parallel = k_s \cdot P_\perp$

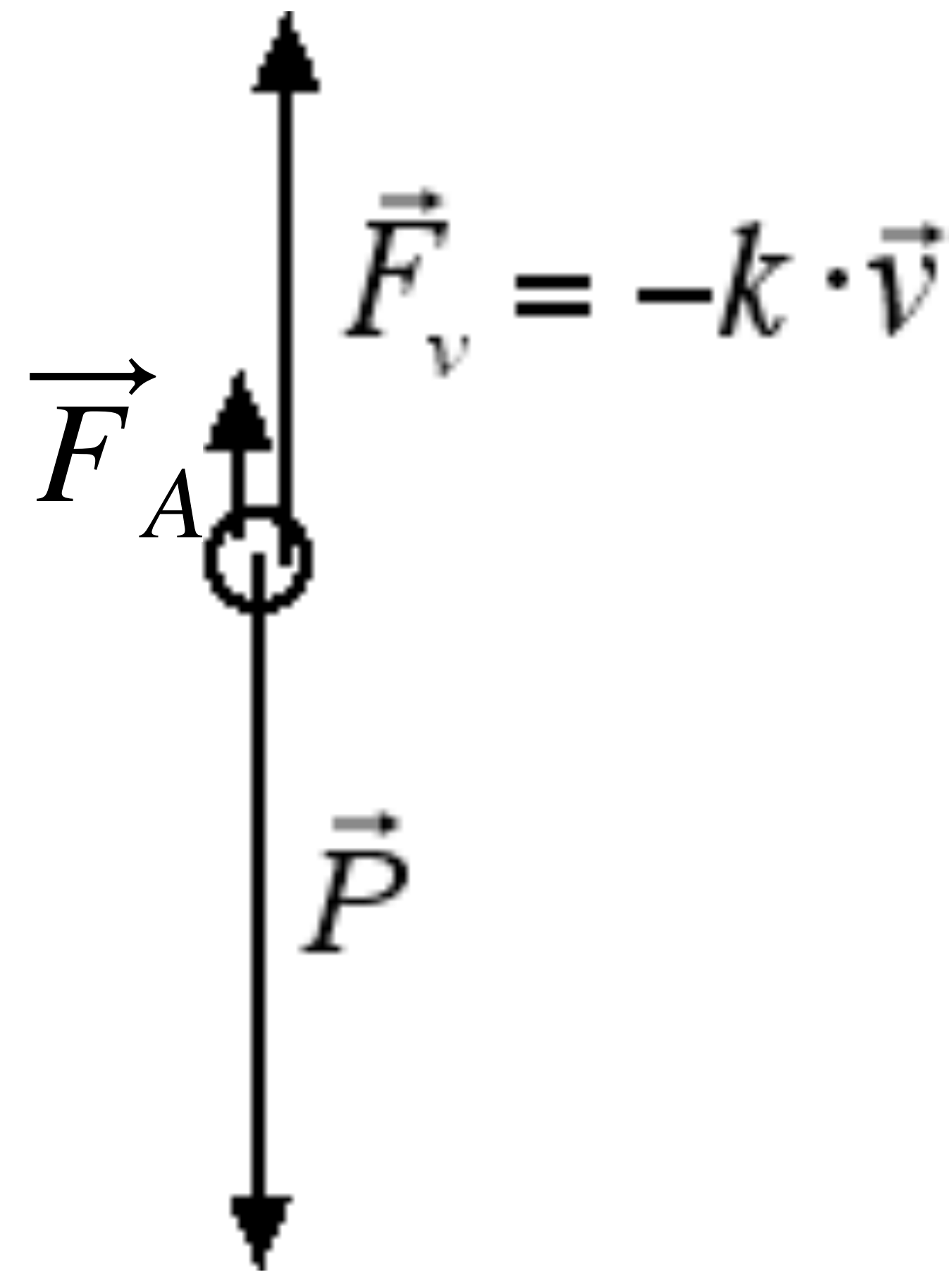
# FORZA DI ATTRITO VOLVENTE

$$F_a = k_v F_r / r$$



# FORZA DI ATTRITO VISCOSO

Agisce su un corpo in moto in un fluido. Se il corpo è soggetto alla gravità, su di esso agiscono: peso  $P$ , spinta di Archimede  $F_A$ , forza di attrito viscoso  $F_v$  (proporzionale a  $\vec{v}$ )



## L'attrito nei fluidi e velocità limite:

Analizziamo l'esempio nel dettaglio:

Sul paracadutista agiscono 2 forze:

- La forza peso ( $\vec{F}_P$ ) diretta verso il basso;
- La forza di attrito ( $\vec{F}_v$ ) diretta verso l'alto.

Dove  $F_p = mg$  e  $F_v = 6\pi\eta r v$ .

Perciò la forza di attrito  $F_v$  aumenta all'aumentare della velocità  $v$ , finché non diventa uguale ed opposta alla forza peso  $F_p$ .

Da questo momento in poi il corpo continuerà a muoversi con velocità costante, e tale velocità è detta **velocità limite**.



(in questo esempio si trascura  $F_A$ , perché?

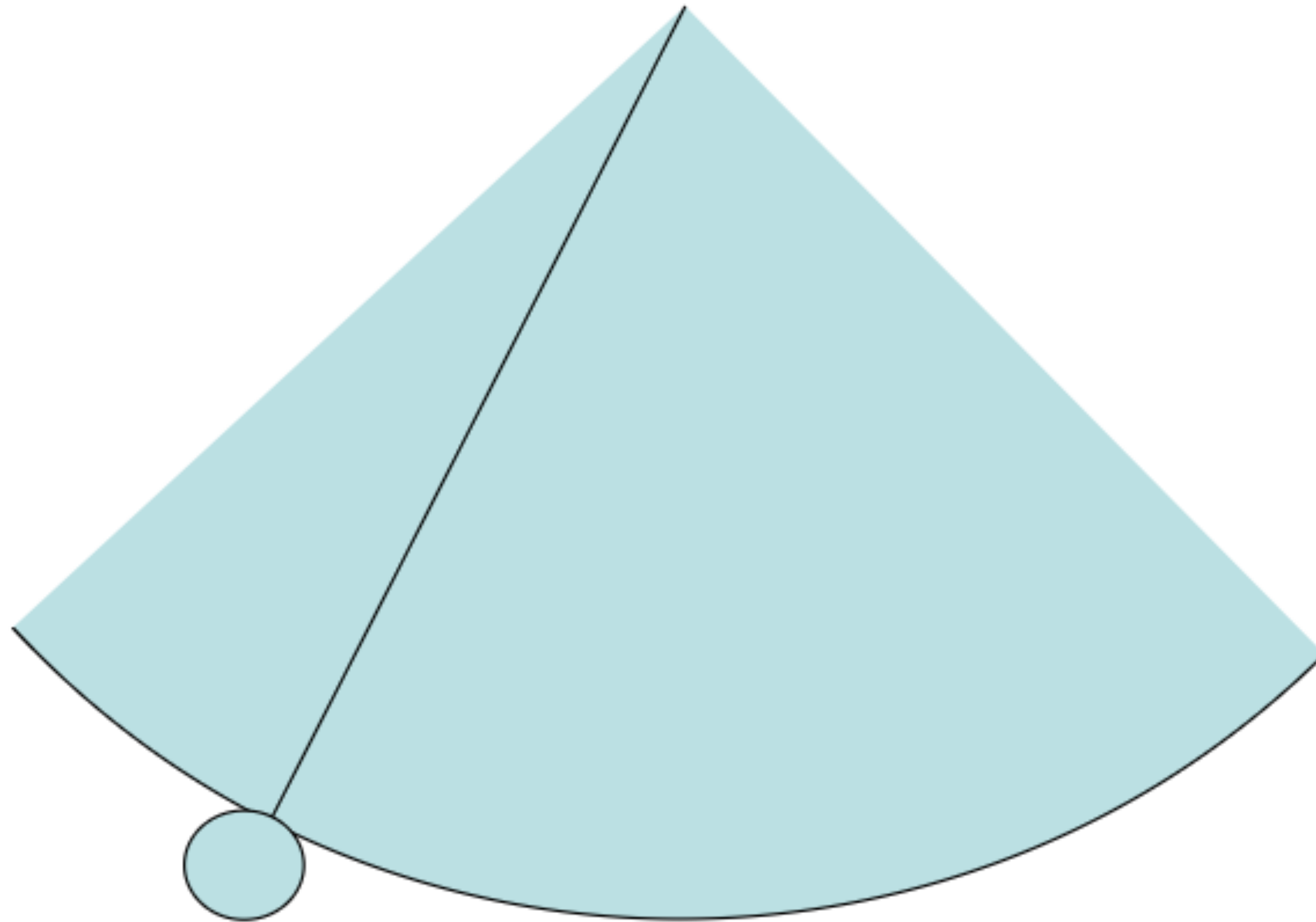
# FORZA DI ATTRITO VISCOSO



- Se pallina e piuma hanno la stessa massa, chi arriva prima a terra?
- E se non ci fosse l'aria?
- E se le masse fossero diverse? (in assenza o presenza di aria)

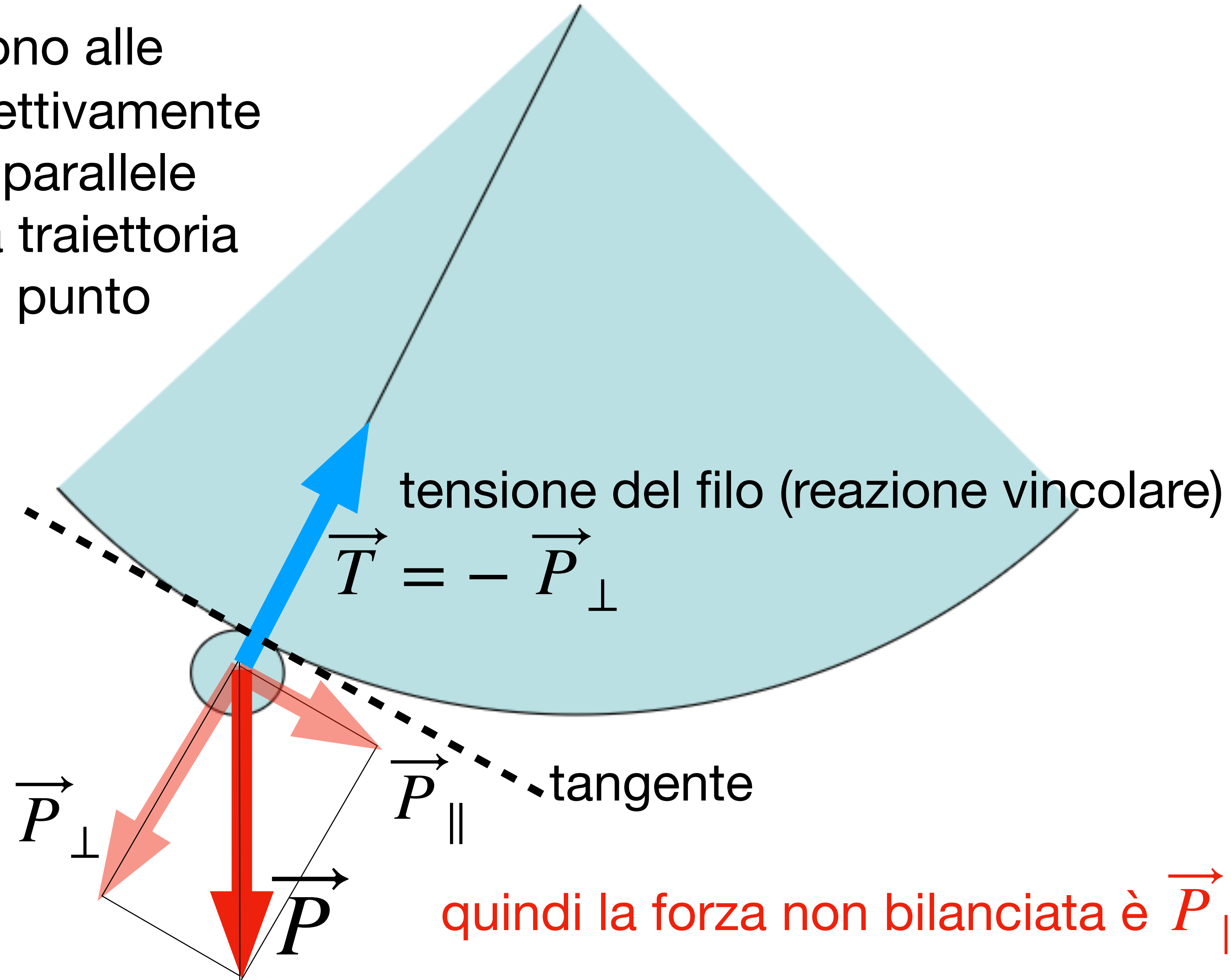


# IDENTIFICHIAMO LE FORZE AGENTI SU UN PENDOLO



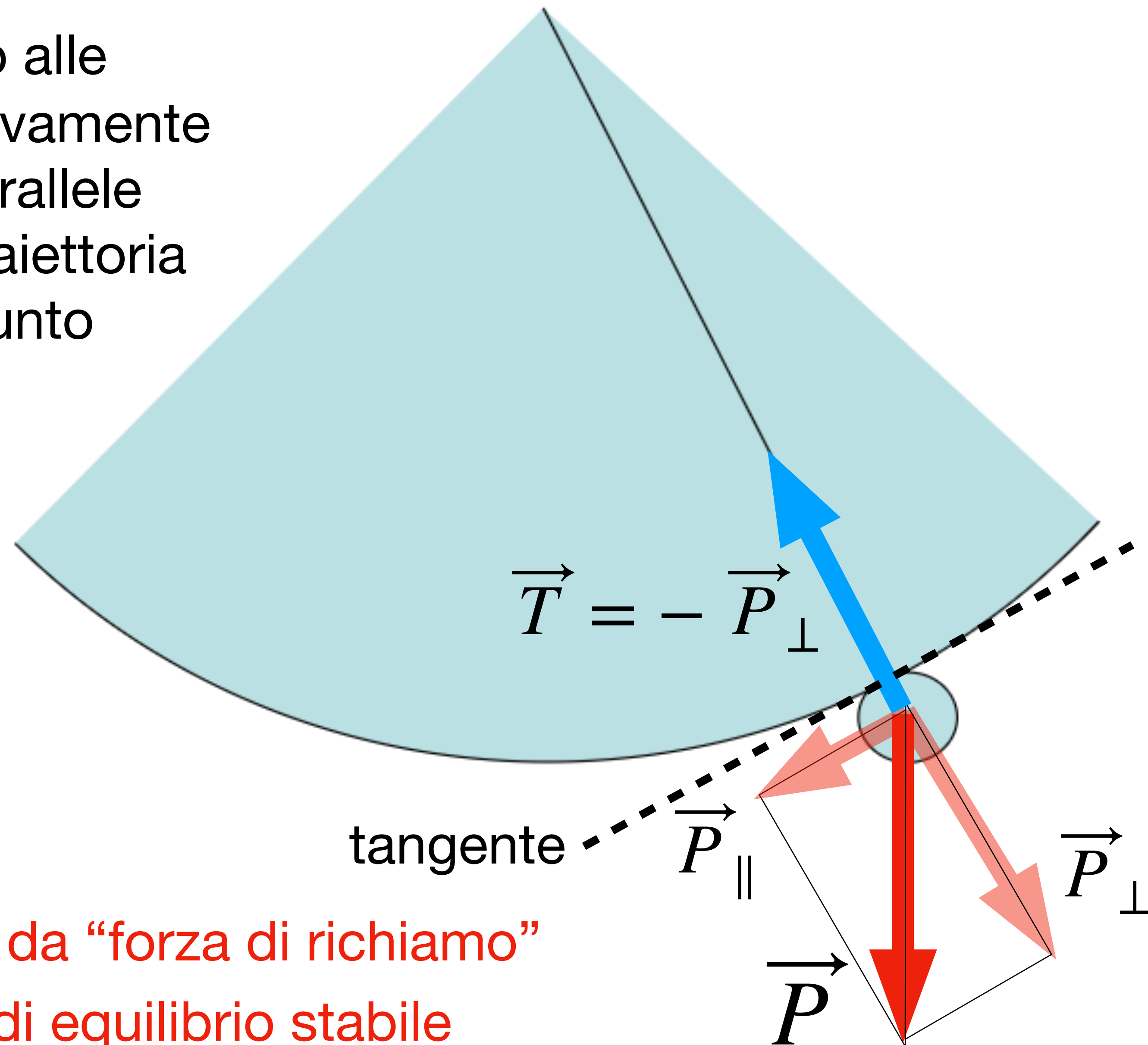
# IDENTIFICHIAMO LE FORZE AGENTI SU UN PENDOLO

$\perp$  e  $\parallel$  si riferiscono alle componenti rispettivamente perpendicolari e parallele alla tangente alla traiettoria del corpo in quel punto



# IDENTIFICHIAMO LE FORZE AGENTI SU UN PENDOLO

$\perp$  e  $\parallel$  si riferiscono alle componenti rispettivamente perpendicolari e parallele alla tangente alla traiettoria del corpo in quel punto

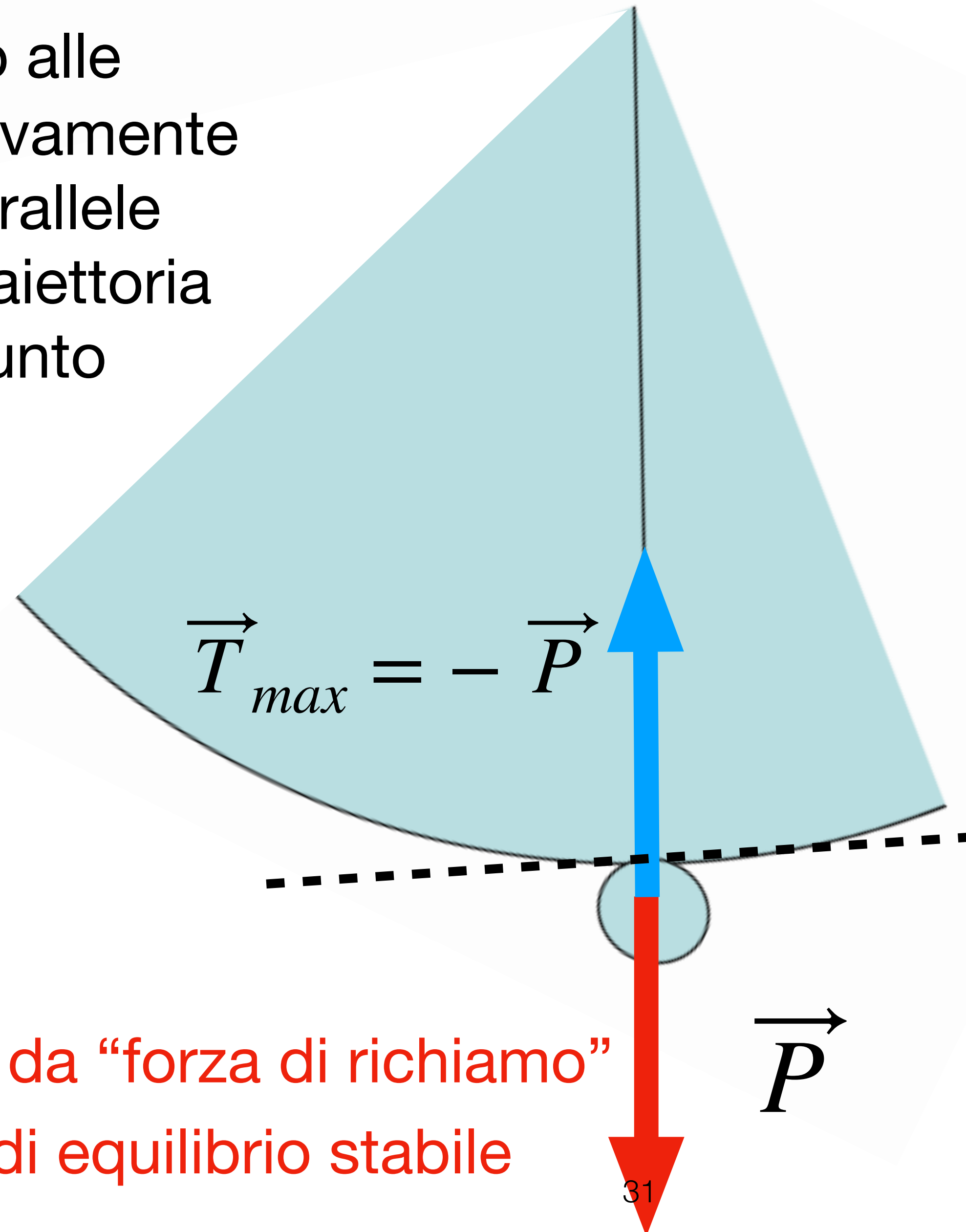


$\vec{P}_{\parallel}$  agisce sempre da “forza di richiamo” verso la posizione di equilibrio stabile



# IDENTIFICHIAMO LE FORZE AGENTI SU UN PENDOLO

$\perp$  e  $\parallel$  si riferiscono alle componenti rispettivamente perpendicolari e parallele alla tangente alla traiettoria del corpo in quel punto



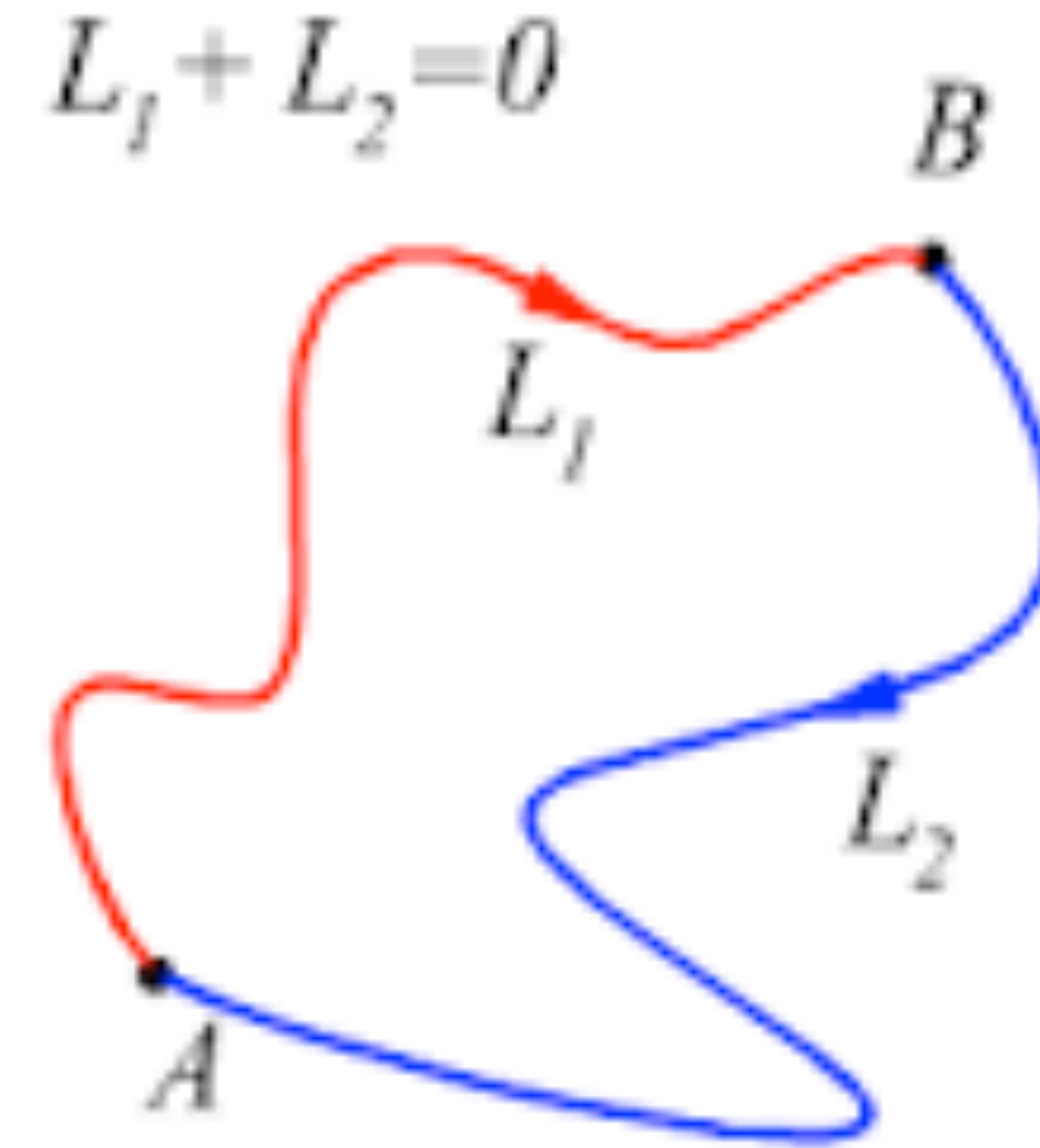
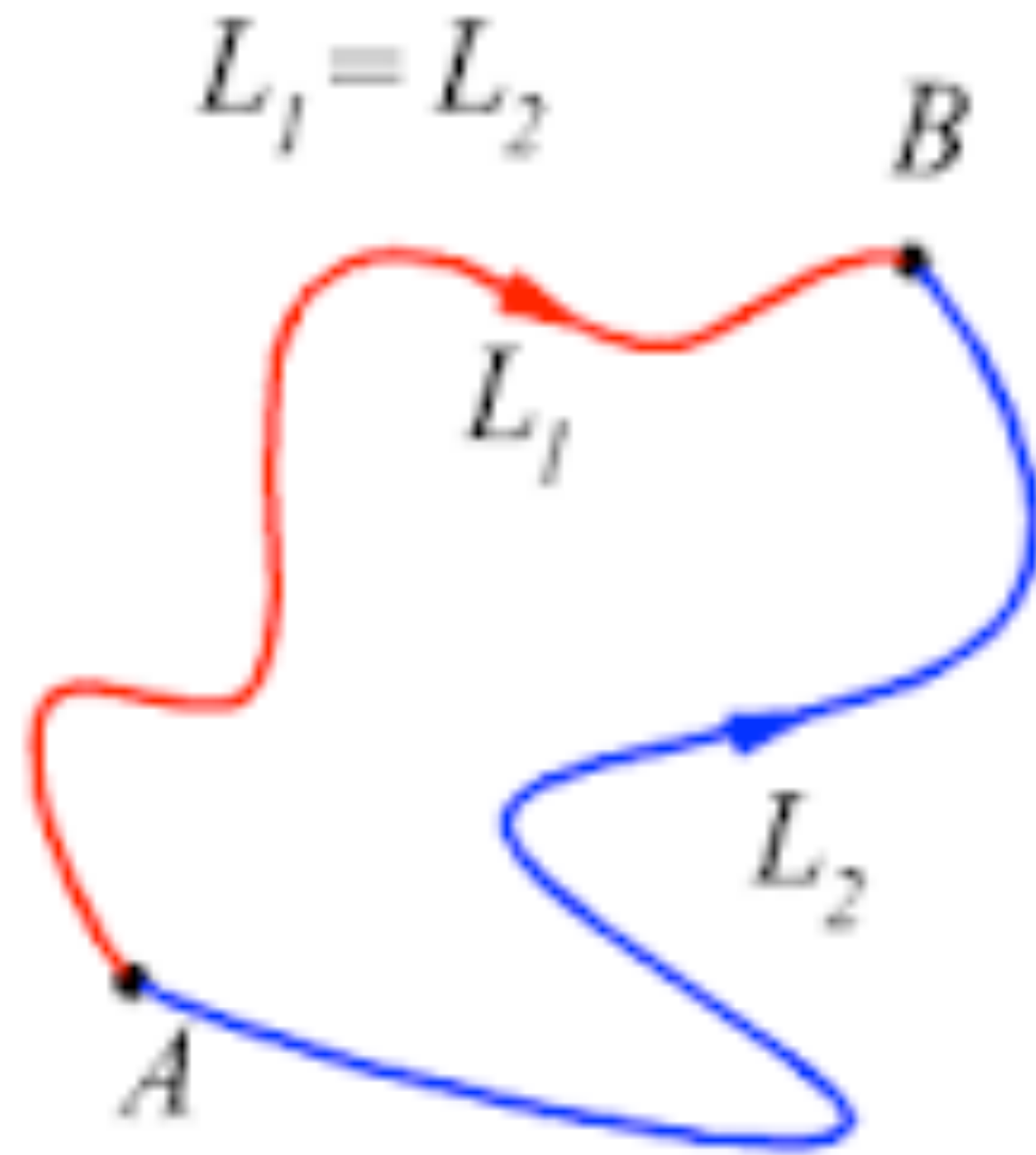
$\vec{P}_{\parallel}$  agisce sempre da “forza di richiamo” verso la posizione di equilibrio stabile



# adesso che abbiamo parlato di attriti, riprendiamo il concetto di **FORZE CONSERVATIVE** e **LAVORO**

In assenza di attrito, se consideriamo ad es. la **forza di gravità**, vale:

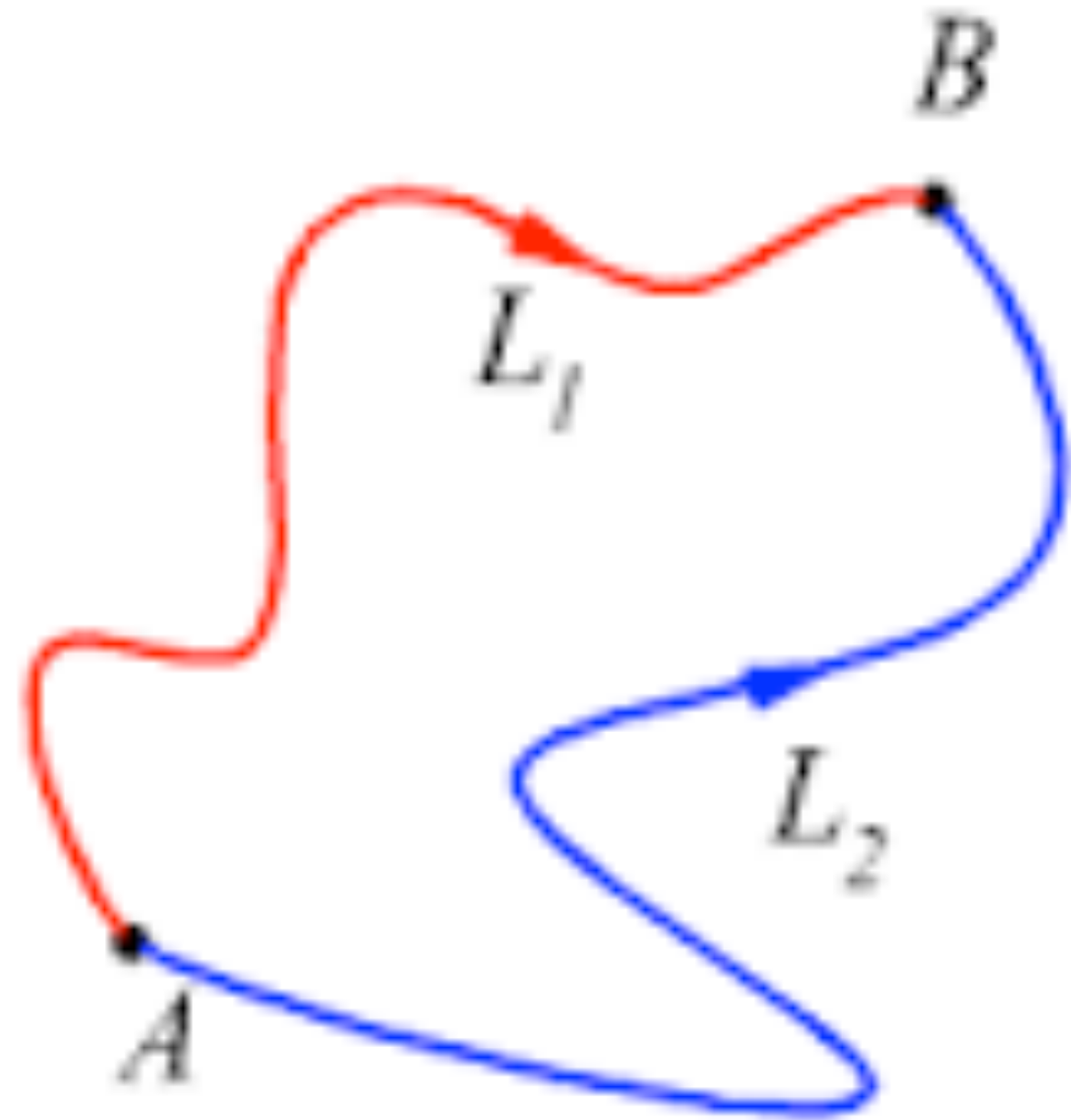
cioè:



(il lavoro lungo un cammino chiuso è nullo)

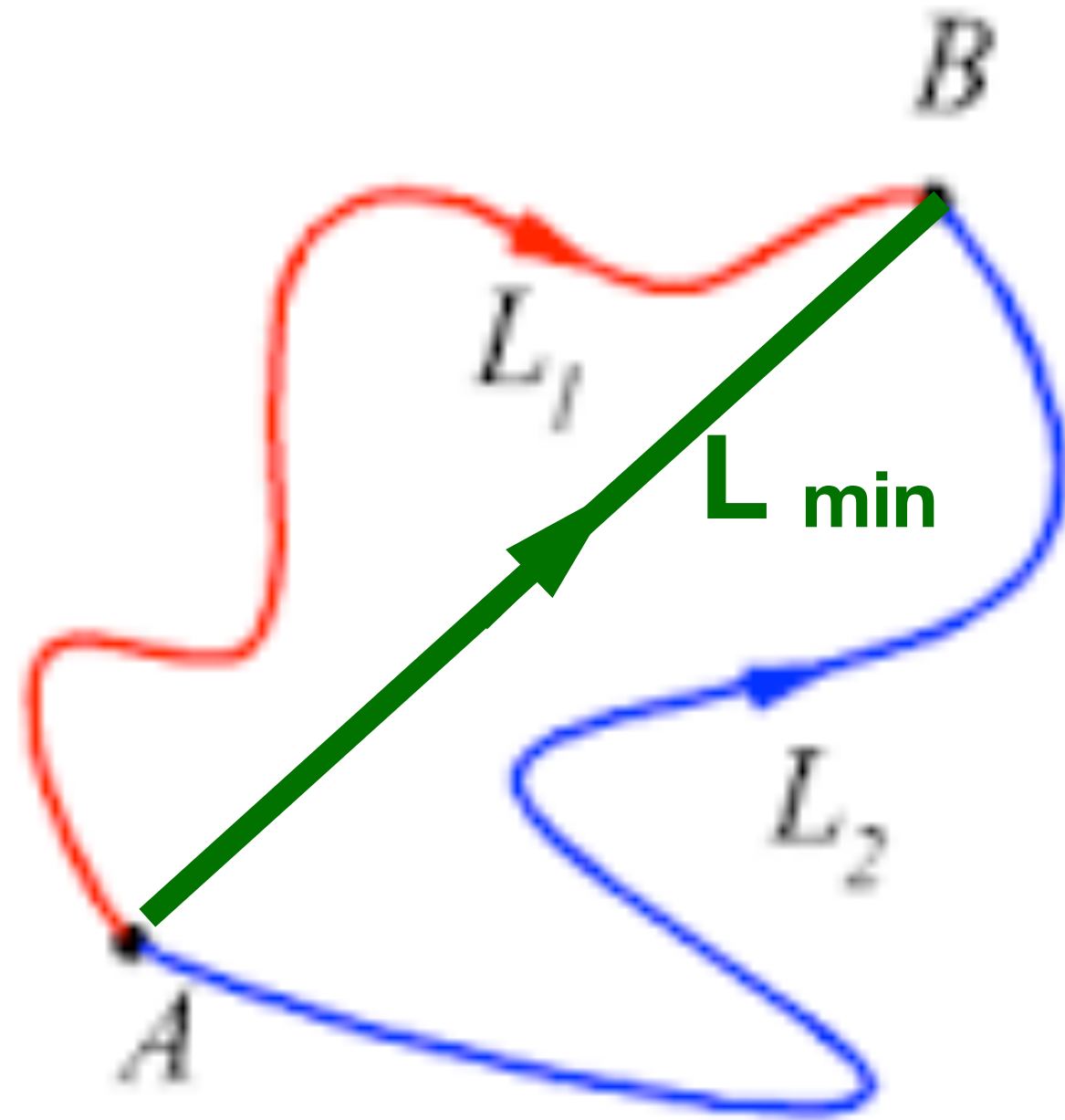
# adesso che abbiamo parlato di attriti, riprendiamo il concetto di **FORZE CONSERVATIVE** e **LAVORO**

Ma se la forza di cui considero il lavoro è una **forza di attrito**, non vale!  
**Quale percorso sceglierò per fare meno lavoro possibile?**



# adesso che abbiamo parlato di attriti, riprendiamo il concetto di **FORZE CONSERVATIVE** e **LAVORO**

Ma se la forza di cui considero il lavoro è una **forza di attrito**, non vale!  
**Quale percorso sceglierò per fare meno lavoro possibile?**

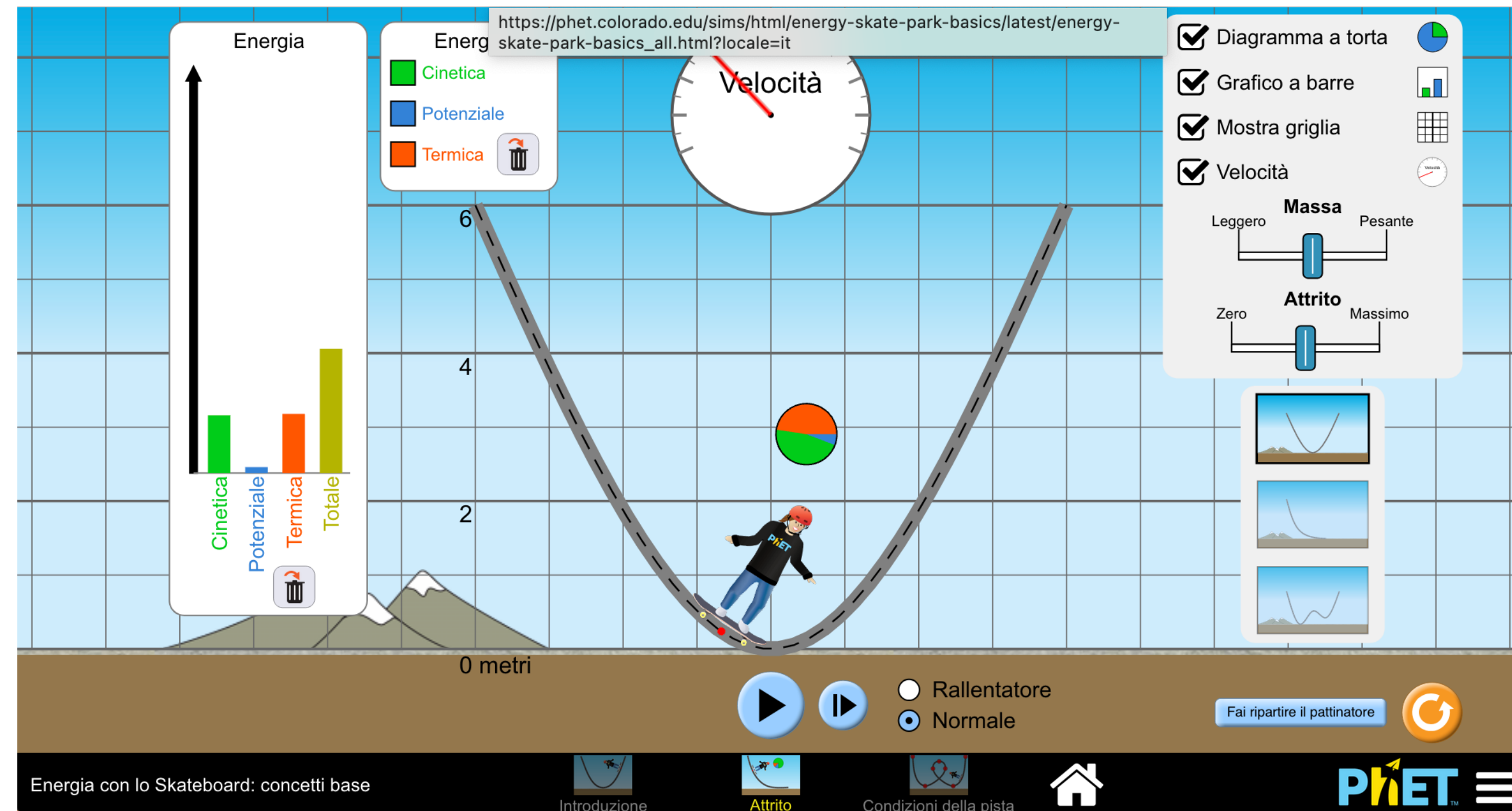


# **LE FORZE DI ATTRITO COMPIONO LAVORO, QUINDI DISSIPANO ENERGIA**

QUESTO SPIEGA LO SMORZAMENTO DEL MOTO DEL PENDOLO, DELLO SKATE...

# ENERGIA: ATTRITO

dalla LEZIONE 4



[https://phet.colorado.edu/sims/html/energy-skate-park-basics/latest/energy-skate-park-basics\\_all.html?locale=it](https://phet.colorado.edu/sims/html/energy-skate-park-basics/latest/energy-skate-park-basics_all.html?locale=it)

Quindi: l'**attrito** causa la **trasformazione** di **energia meccanica** in **energia termica** (anche nel mulinello di Joule)

## ... un po' più in dettaglio... con qualche formuletta

dalla LEZIONE 4

Energia cinetica

$$E = \frac{1}{2}mv^2$$

Energia cinetica di un oggetto di massa 1 kg che si muove alla velocità di 1 m/s è:

$$E = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}(1kg) \left(1\frac{m}{s}\right)^2 = 0,5 \left(kg\frac{m^2}{s^2}\right) = 0,5 J$$

Energia potenziale gravitazionale

$$E = mgh$$

Energia potenziale gravitazionale (rispetto al suolo) di un oggetto di massa 1 kg che si si trova all'altezza di 1 m dal suolo è:

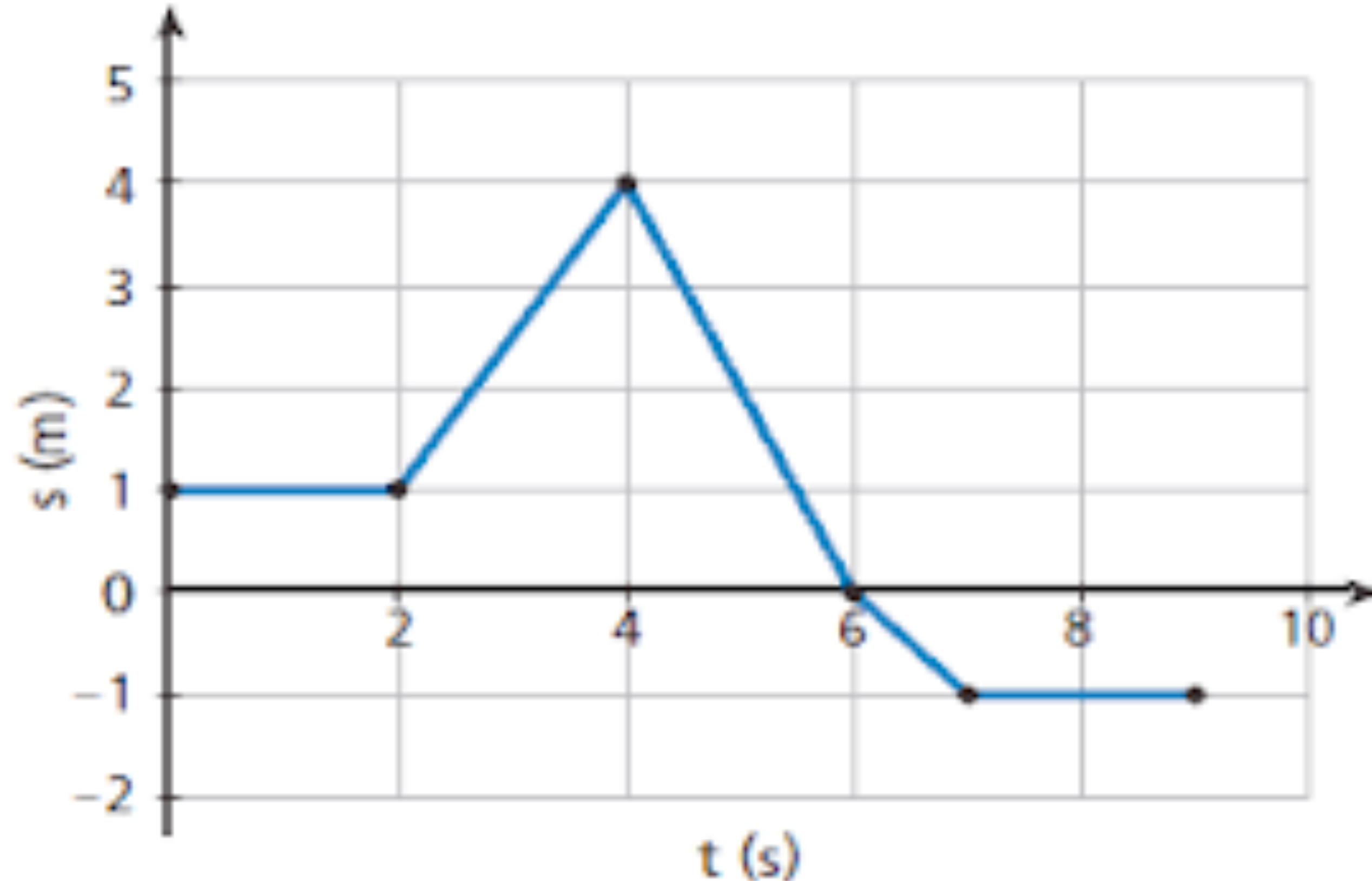
$$E = mgh = (1kg) \left(9,81\frac{m}{s^2}\right) (1m) = 9,81 \left(kg\frac{m^2}{s^2}\right) = 9,81 J$$

$$g = 9,81\frac{m}{s^2}$$

# DAI GRAFICI ALLE QUANTITÀ FISICHE

# DAI GRAFICI ALLE QUANTITÀ FISICHE

Consideriamo per chiarezza un moto lungo una linea retta. Se la grandezza fisica rappresentata in questo grafico è la posizione, la pendenza a un istante rappresenta la velocità.

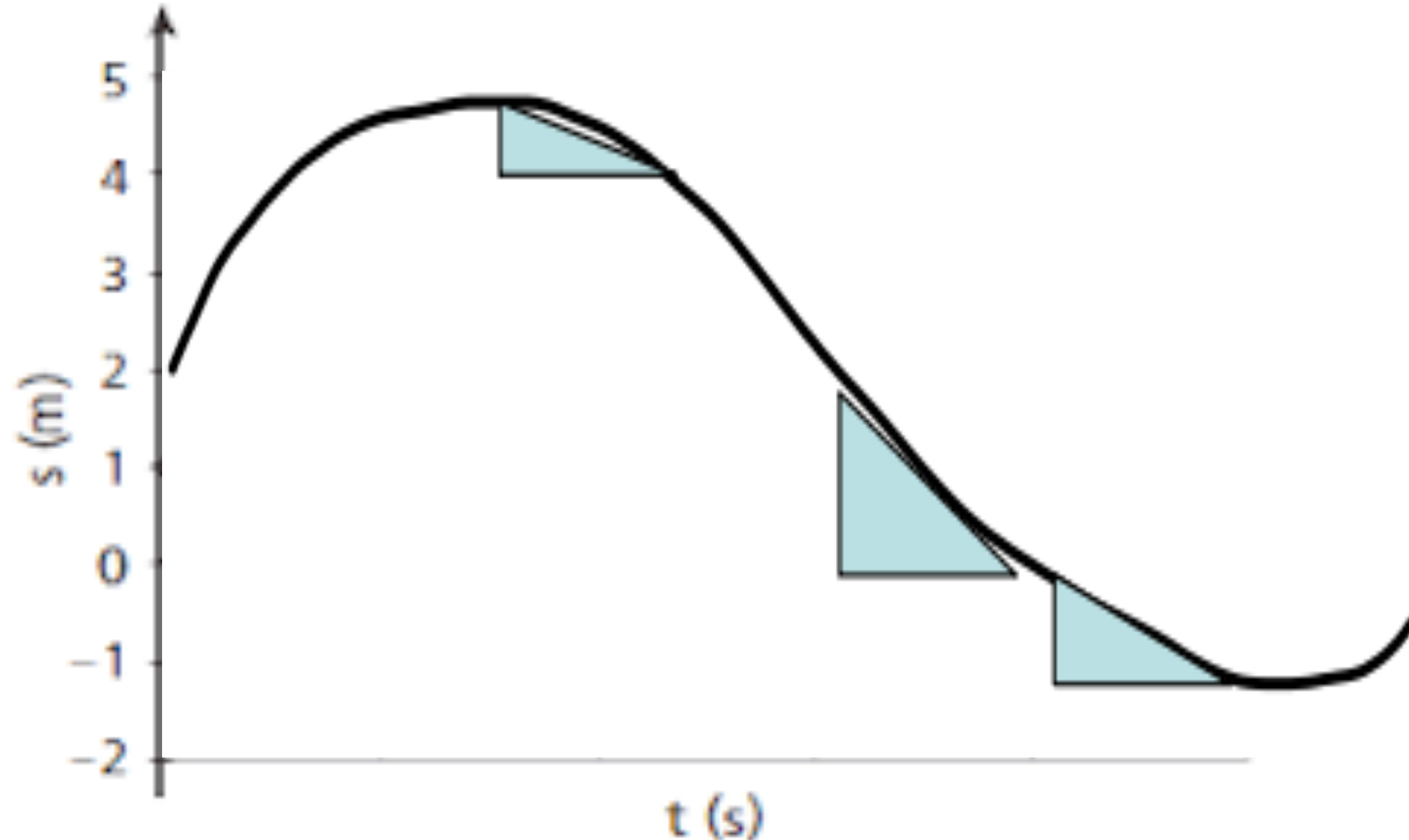


- Quale moto rappresenta questo grafico?
- Qual è la velocità media in ognuno dei tratti indicati?



# DAI GRAFICI ALLE QUANTITÀ FISICHE

Consideriamo per chiarezza un moto lungo una linea retta. Se la grandezza fisica rappresentata in questo grafico è la posizione, la pendenza a un istante rappresenta la velocità.

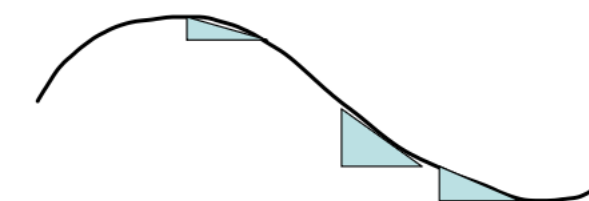


- in questo caso la velocità varia in continuazione...
- prendiamo le “pendenze” istante per istante

# DAI GRAFICI ALLE QUANTITÀ FISICHE

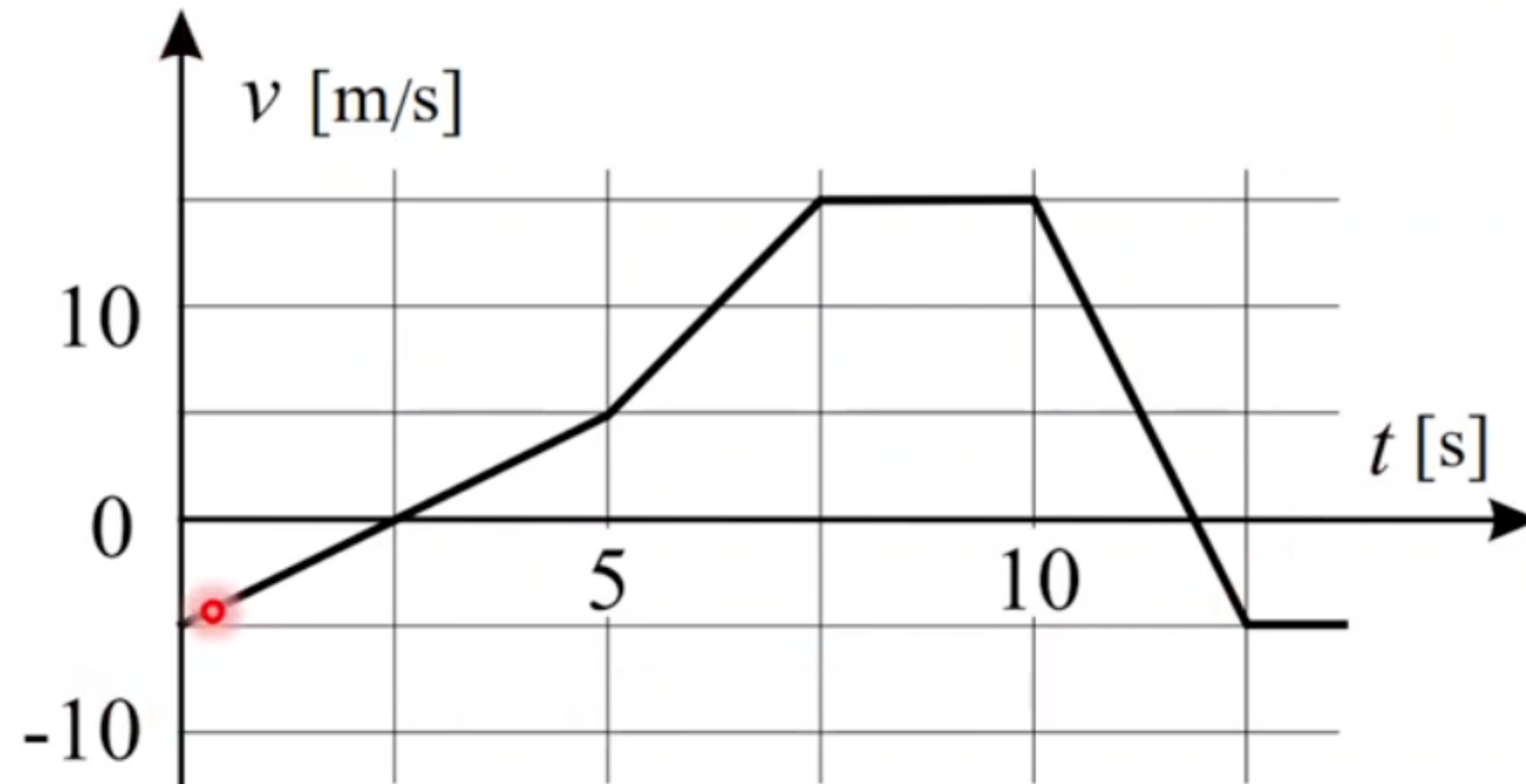
Consideriamo per chiarezza un moto lungo una linea retta. Se la grandezza fisica rappresentata in questo grafico è la posizione, la pendenza a un istante rappresenta la velocità.

- Quale moto rappresenta questo grafico?
- Qual è la velocità media in ognuno dei tratti indicati?



# DAI GRAFICI ALLE QUANTITÀ FISICHE

Esercizio tratto dalle Olimpiadi di fisica, Gara di 1° livello



Osserva il grafico e  
calcola il massimo  
valore del modulo  
dell'accelerazione

$$2 \frac{m}{s^2}$$

$$4 \frac{m}{s^2}$$

$$6 \frac{m}{s^2}$$

$$8 \frac{m}{s^2}$$

$$16 \frac{m}{s^2}$$



# LAVORO e ENERGIA - UNITA' di MISURA

**Il lavoro è una forma di energia.**

Quindi anche il lavoro si può misurare in ***newton x metro (N m)*** ma esiste anche un nome preciso per questa unità di misura: **joule (J)** che abbiamo già incontrato per l'energia, in particolare nell'equivalenza tra energia meccanica e calore.

Il J è approssimativamente il lavoro necessario per sollevare una massa di 1 kg di un decimetro (il valore esatto per questa massa e questo spostamento sarebbe 0.98 J )

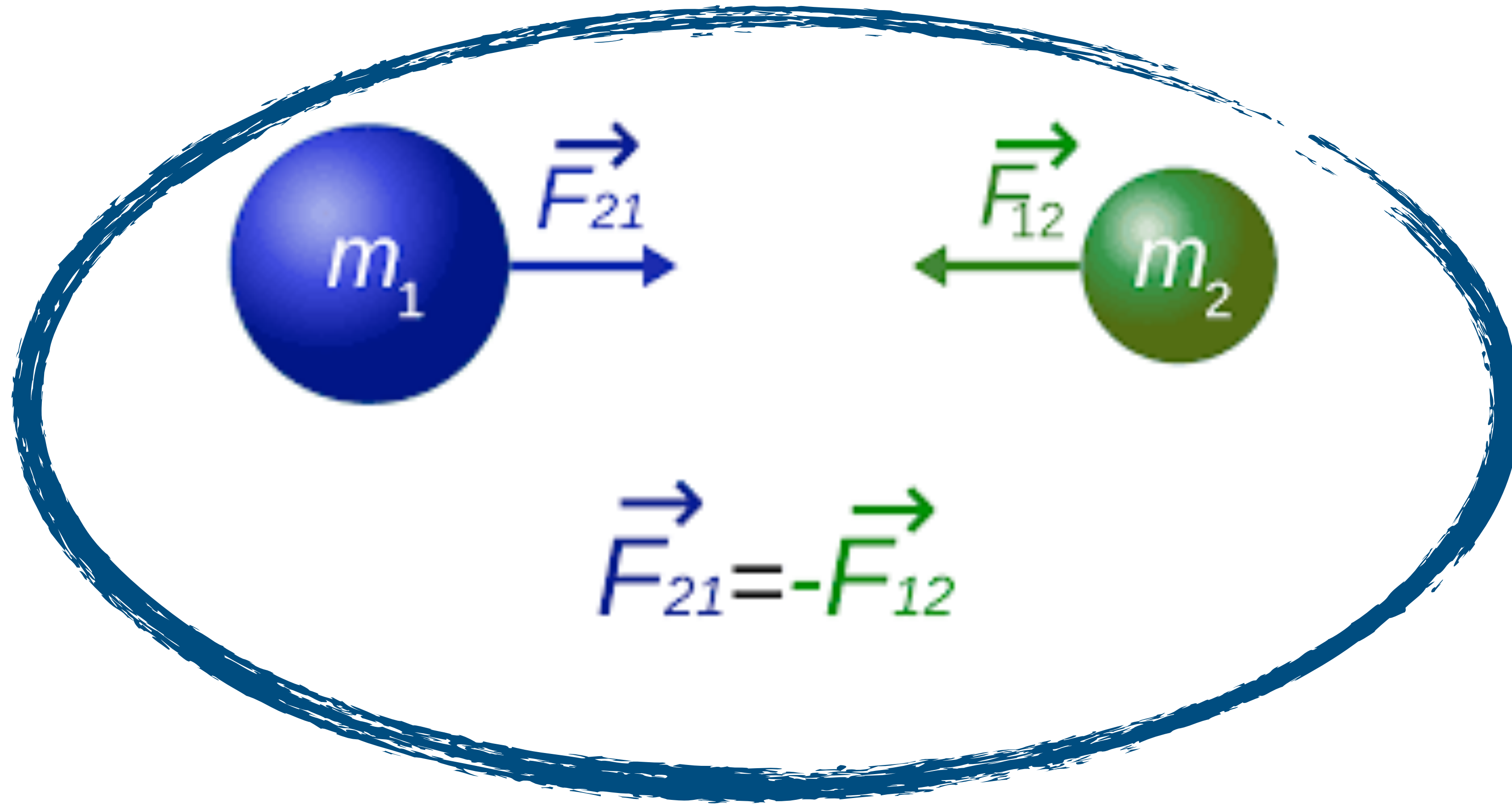
(ok pronunciare “giul” per l'origine francese del fisico che l'ha introdotto ma spesso si sente pronunciare “giaul”, all'inglese)

# **FORZE, SISTEMI DI RIFERIMENTO, MOTI**

# FORZE, SISTEMI DI RIFERIMENTO, MOTI

- Se la **forza agente su un corpo** è **nulla** esistono sistemi di riferimento (*riferimenti inerziali*) in cui il **moto** è **rettilineo uniforme**
- La legge secondo cui la forza è proporzionale all'accelerazione ( $F = m a$ ) vale in un sistema di riferimento inerziale
- In un **sistema isolato** la **forza totale** (somma di tutte le forze individuali) è **nulla**.

# FORZE, SISTEMI DI RIFERIMENTO, MOTI



- In un **sistema isolato** la **forza totale** (somma di tutte le forze individuali) è **nulla**.

**ANDREMO UN PO' PIU' IN DETTAGLIO...**

**quale tipo di moto causa una forza costante?**

