



Consorzio Irpino per la Promozione  
della Ricerca e degli Studi Universitari - Avellino

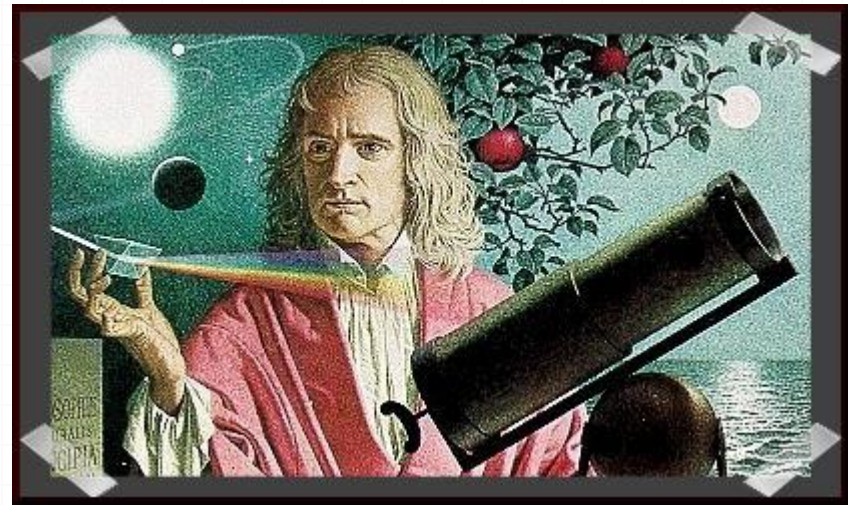
*Prof. Roberto Capone*

# Dinamica del punto materiale

Corso di preparazione ai corsi di  
laurea a numero chiuso - mod. Fisica

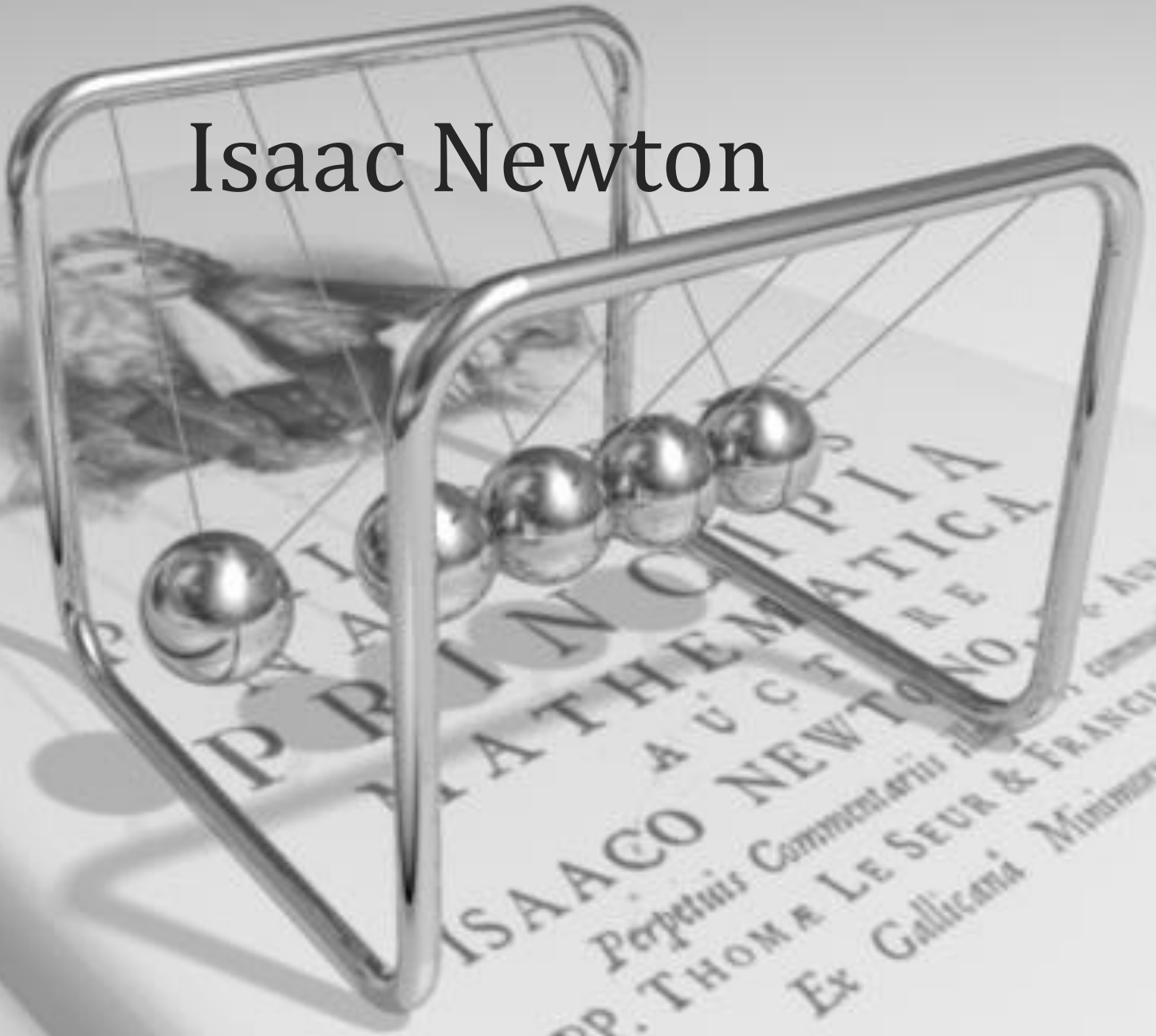


# Introduzione



- o La **dinamica** è il ramo della meccanica che si occupa dello studio del moto dei corpi e delle sue cause o, in termini più concreti, delle circostanze che lo determinano e lo modificano.
- o Le basi concettuali della dinamica vengono poste per la prima volta in maniera sintetica e completa da Isaac Newton nel 1687 con la pubblicazione della sua opera fondamentale, *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*, anche se Newton le aveva recepite da studente nel saggio “Delle riflessioni” del gennaio 1665, manoscritto sul suo Waste Book.

# Isaac Newton



# Primo principio o principio di inerzia

- Questo fondamentale principio fu scoperto da Galileo Galilei e dettagliatamente descritto in due sue opere, rispettivamente, nel 1632 e nel 1638: “Il Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo” e “Discorsi e dimostrazioni matematiche intorno a due nuove scienze attenenti alla meccanica et i movimenti locali”. La sua prima enunciazione formale è di Isaac Newton (*"Philosophiae Naturalis Principia Mathematica"*):
- « *Corpus omne perseverare in statu suo quiescendi vel movendi uniformiter in directum, nisi quatenus a viribus impressis cogitur statum illum mutare.* »
- Ovvero: ciascun corpo persevera nel suo stato di quiete o di moto rettilineo uniforme, a meno che sia costretto a mutare tale stato da forze impresse (esterne).

- o Si parla di principio e non di legge perché si tratta di un assioma, un fondamento del moto dei corpi, ricavato per induzione da moltissime esperienze e osservazioni. Ciò significa che qualunque teoria o legge riguardante il movimento dei corpi non può entrare in contrasto con questo fondamentale principio, per il semplice motivo che sarebbe erronea.
- o Se una persona sta lavorando al computer essa è in uno stato d'inerzia; se la stessa persona sta lavorando al computer trasportata su un camion che si muove a velocità costante, non avvertirà nessuna differenza del suo stato

# Sistemi inerziali

- o Il principio di inerzia vale nei **sistemi di riferimento** detti, appunto, **inerziali**. In questi sistemi l'accelerazione dei corpi è dovuta a **forze reali**, ossia a forze causate dall'azione o interazione di un corpo fisico su un altro; alcuni esempi sono la forza di gravità, il pallone calciato da un giocatore, una navicella che si muove nello spazio, lontana da stelle e pianeti (i quali applicherebbero alla navicella, in caso contrario, una forza gravitazionale), dopo aver spento i motori, ecc.). Nei sistemi inerziali, quindi, lo studio dei fenomeni fisici è particolarmente semplice.

# Sistemi non inerziali

- Nei **sistemi non inerziali (o accelerati)** i corpi non vengono accelerati da forze reali ma da **forze apparenti**, come ad esempio la *forza centrifuga* che noi percepiamo a bordo di una vettura affrontando una curva a velocità sostenuta. In realtà la forza in gioco è sempre quella d'inerzia, per cui il nostro corpo tende a proseguire dritto, nella stessa direzione che aveva la vettura prima di affrontare la curva; nel mezzo della curva, però, si ha la sensazione che ci sia una forza che ci spinge all'esterno.

# Secondo principio o principio di proporzionalità

- « *Mutationem motus proportionalem esse vi motrici impressae, et fieri secundum lineam rectam qua vis illa imprimitur* »
- ovvero, un punto materiale (cioè un corpo di dimensioni trascurabili rispetto al sistema di riferimento in esame e contemporaneamente dotato di massa) al quale sia applicata una forza, varia la quantità di moto in misura proporzionale alla forza, e lungo la direzione della stessa. In altre parole: il cambiamento di moto è proporzionale alla forza impressa, ed avviene lungo la linea retta secondo la quale la forza è stata impressa.



# Il secondo principio

$$\sum \vec{F} = m\vec{a}$$

- Si tratta di una equazione vettoriale
- Pertanto:

$$\begin{cases} F_x = ma_x \\ F_y = ma_y \\ F_z = ma_z \end{cases}$$

# Unità di misura

## Dimensioni e Unità di misura

$$[Forza] = [M] \cdot [a] \Rightarrow kg \cdot \frac{m}{s^2} = N = \text{Newton}$$

### Unità di misura nella seconda legge di Newton

Sistema	Forza	Massa	Accelerazione
SI	newton (N)	kilogrammo (kg)	$m/s^2$
CGS <sup>a</sup>	dyne	grammo (g)	$cm/s^2$
Inglese <sup>b</sup>	libbra (lb)	slug	$ft/s^2$

<sup>a</sup> 1 dyne = 1 g · cm/s<sup>2</sup>.

<sup>b</sup> 1 lb = 1 slug · ft/s<sup>2</sup>.

# Terzo principio o principio di azione e reazione

- *« Actioni contrariam semper et aequalem esse reactionem: sive corporum duorum actiones in se mutuo semper esse æqualis et in partes contrarias dirigi. »*
- Ovvero, ad ogni azione corrisponde sempre una reazione uguale e contraria. Quindi le mutue azioni fra due corpi sono sempre uguali e dirette in senso contrario.
- Più precisamente: quando un corpo A esercita una forza su un corpo B, anche B esercita una forza su A; le due forze hanno stesso modulo (intensità), stessa direzione, ma versi opposti.

# La forza

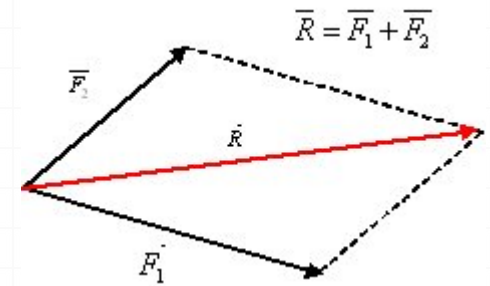
- o Una **forza** è una grandezza fisica vettoriale che si manifesta nell'interazione di due o più corpi, sia a livello macroscopico, sia a livello delle particelle elementari, che cambia lo stato di quiete o di moto dei corpi stessi

# Effetti statici e dinamici

A livello pratico le forze applicate ad un dato corpo possono avere due diversi tipi di effetti:

- o **effetti statici**: il corpo, anche se sottoposto a forze, rimane in quiete: questo succede quando le forze presenti si bilanciano esattamente. Il settore della meccanica che si occupa dello studio di questi effetti è la statica: essa analizza gli effetti delle forze sui corpi in quiete e ricerca le condizioni di equilibrio di corpi sottoposti ad un insieme di forze diverse.
- o **effetti dinamici**: esse inducono variazioni nella quantità di moto del corpo; la dinamica analizza appunto gli effetti delle forze sul movimento e cerca di prevedere il moto di un dato sistema di corpi se sono note le forze ad esso applicate,

# La forza è un vettore



- o La forza è una grandezza vettoriale, ovvero è descritta da un punto di vista matematico da un vettore (vedi immagine a fianco). Ciò significa che la misura di una forza, ovvero la sua intensità misurata in newton, rappresenta solo il **modulo** della forza, che per essere definita necessita anche della specificazione di un **punto di applicazione** (il punto del corpo dove la forza agisce), di una **direzione** (la retta su cui giace il vettore) e di un **verso** (indicato dall'orientamento della freccia).

# Esempio

- o Una barca viene trascinata da tre rimorchiatori come schematizzato in figura e ognuno di essi esercita una forza di 3000N. a) Qual è la forza risultante? b) Qual è l'accelerazione della barca?

a) Le forze dei tre rimorchiatori si possono scrivere come:

$$\begin{aligned}R_a &= R_a \cos 20 \hat{i} + R_a \sin 20 \hat{j} \\R_b &= R_b \cos(-10) \hat{i} + R_b \sin(-10) \hat{j} \\R_c &= R_c \cos(-30) \hat{i} + R_c \sin(-30) \hat{j}\end{aligned}$$

Da cui essendo  $R_a=R_b=R_c=3000\text{N}$ , posso scrivere:

$$\Sigma F = R_a + R_b + R_c = 8371,58\text{N}\hat{i} - 994,88\text{N}\hat{j}$$

b) dalla seconda legge si ottiene:

$$a_x = \frac{8371,58}{10000} = 0,84 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$a_y = \frac{994,88}{10000} = 0,10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Da cui

$$a = \sqrt{(0,84)^2 + (0,10)^2} = 0,85 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$



# La forza peso

- Il peso  $P$  di un corpo è la forza con cui il corpo viene attratto verso un corpo astronomico (la Terra)
- Il suo modulo vale

$$\vec{P} = m\vec{g}$$

Vettorialmente si può scrivere:

$$\vec{P} = -mg\hat{j}$$

**peso** dipende da **g**  $\Rightarrow$  varia con la posizione geografica  
**massa** **NON** dipende da **g**  $\Rightarrow$  proprietà intrinseca

esempio:

$$g_{terra} = 9.8 \text{ m/s}^2 \Rightarrow P_{terra} > P_{luna}$$

$$g_{luna} = 1.7 \text{ m/s}^2 \quad m_{terra} = m_{luna}$$

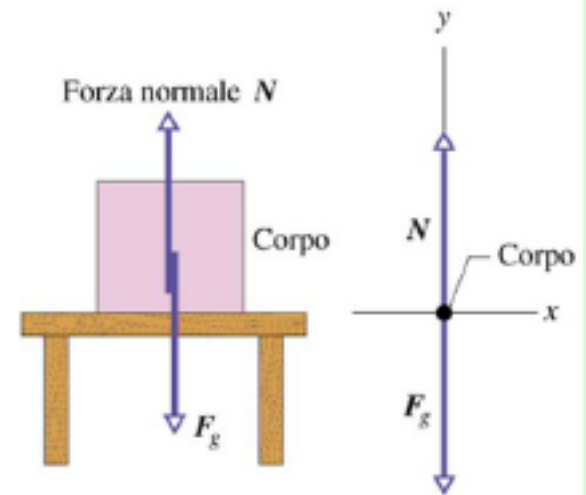
# La forza Normale

Se un corpo *preme* su una superficie:

- ✗ la superficie si deforma (anche se apparentemente rigida)
- ✗ spinge il corpo con forza normale  $N$
- ✗  $N$  è sempre perpendicolare alla superficie stessa

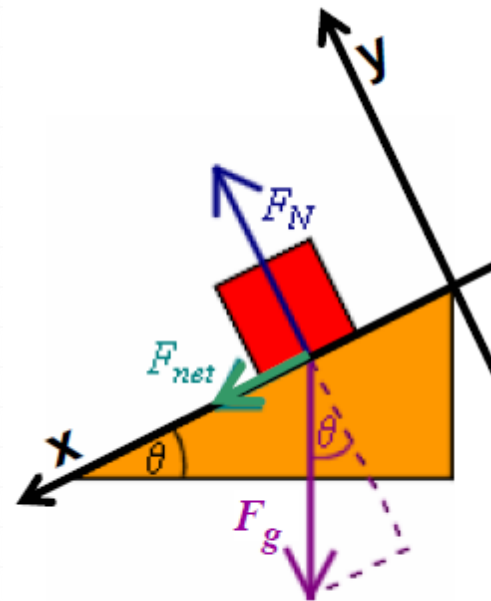
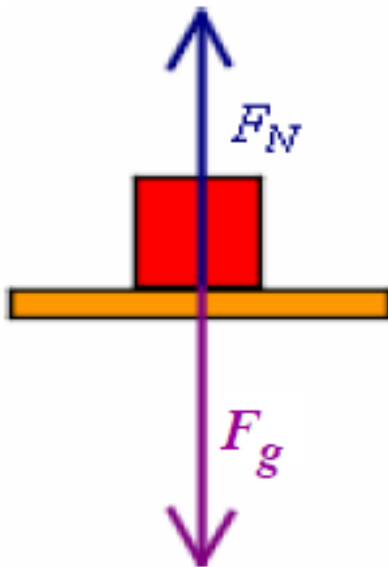
$$\begin{aligned}\Sigma F_y &= N - F_g = m a_y \\ N - mg &= m a_y \\ N &= mg + m a_y = m(g + a_y)\end{aligned}$$

$$a_y = 0 \Rightarrow N = mg$$



# Normale e Peso

che differenza c'è tra forza normale e forza peso ?  
sono sempre uguali ?



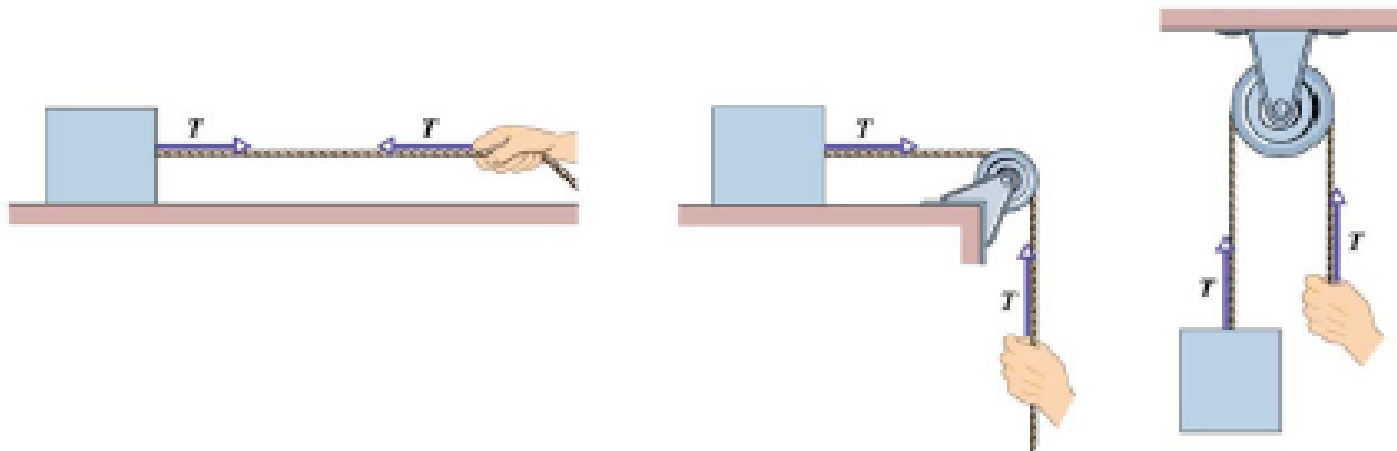
# La Tensione

*filo fissato ad un corpo soggetto ad una forza*

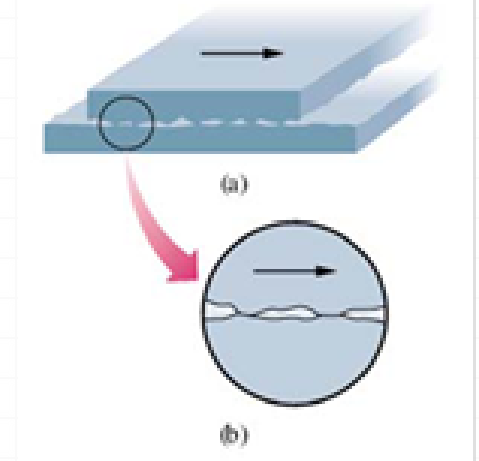
✗ *il filo è sotto tensione*

✗ *il filo esercita sul corpo una forza di trazione  $T$*

*diretta **lungo** il filo nel verso di **allontanamento** del corpo  
con modulo*



# La forza di Attrito

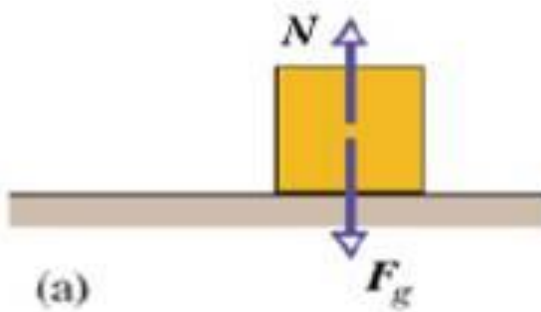


La forza di attrito (o semplicemente attrito) è una forza di contatto dovuta alle irregolarità ed asperità presenti sulle superfici degli oggetti che ne ostacolano il moto

L'attrito è dovuto a tre motivi fondamentali:

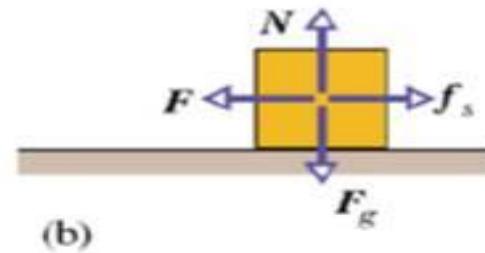
- la menzionata irregolarità delle superfici di contatto;
- la interazione tra i punti di contatto dovuta alla forza con cui le molecole dei due corpi si attraggono o si respingono (fenomeno particolarmente importante quando si ha a che fare con metalli);
- infine il cosiddetto effetto “aratro” cioè l'azione che materiali più resistenti esercitano su materiali meno resistenti.

# Esempi

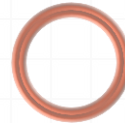
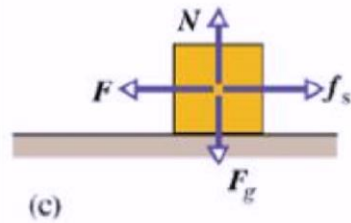


corpo in  
quiete non  
applico  
nessuna  
forza.

Applico una  
forza  $F < f_s$  ;  
il corpo  
rimane  
fermo

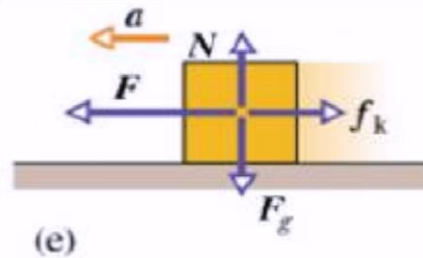
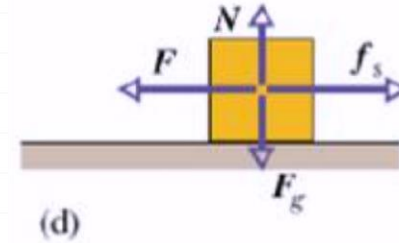
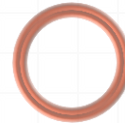


# Esempi



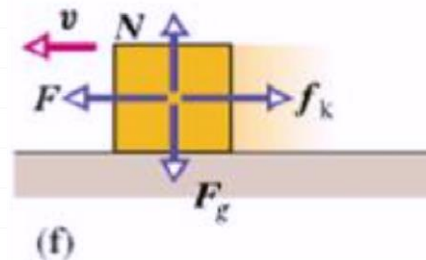
aumento  $F$  ma  
sempre  $F < f_s$ ; il  
corpo rimane  
fermo

$F = f_s$ ; il corpo  
rimane fermo



se  $F > f_k$ ; il  
corpo acquista  
accelerazione  $a$

per mantenere  $v$   
costante riduco  
 $F$ :  $F < F_{max}$



(f)