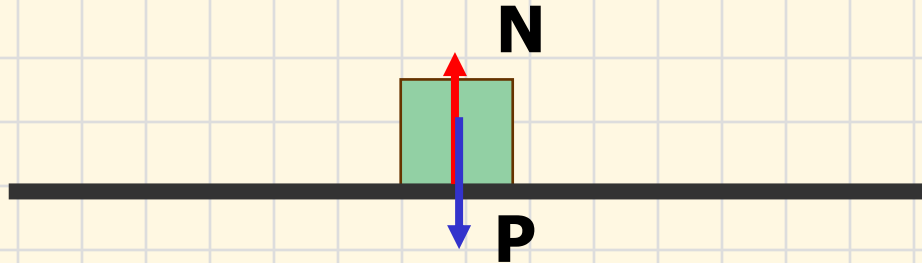


Reazione vincolare

- Consideriamo un corpo a riposo su un piano orizzontale



- Su di esso agisce la forza **P** tuttavia, dal momento che il corpo è in quiete e, quindi, la sua accelerazione è nulla, evidentemente, per la seconda legge di Newton, su di esso agisce un'altra forza uguale in modulo e direzione ma opposta in verso
- Si può scrivere la seguente relazione:

$$\sum \vec{F} = m \cdot \vec{a} = 0 \Rightarrow \vec{P} + \vec{N} = 0 \Rightarrow \vec{N} = -\vec{P}$$

Reazione vincolare

- La forza richiesta per assicurare l'equilibrio è esercitata dal piano che costituisce un impedimento, un vincolo al naturale moto del corpo e, per questo, si identifica con il nome di reazione vincolare.
- Nelle condizioni considerate, è evidente come, essendo il piano orizzontale e la forza peso verticale, la reazione vincolare sia verticale e, per questo, nel caso più generale, prende il nome di componente normale al vincolo della reazione vincolare
- Le forze **P** ed **N** non costituiscono una coppia di azione e reazione in quanto agiscono sullo stesso corpo.
- La reazione a **P** è applicata alla Terra, la reazione a **N** è rappresentata dalla forza con la quale il corpo agisce sul piano

Reazione vincolare

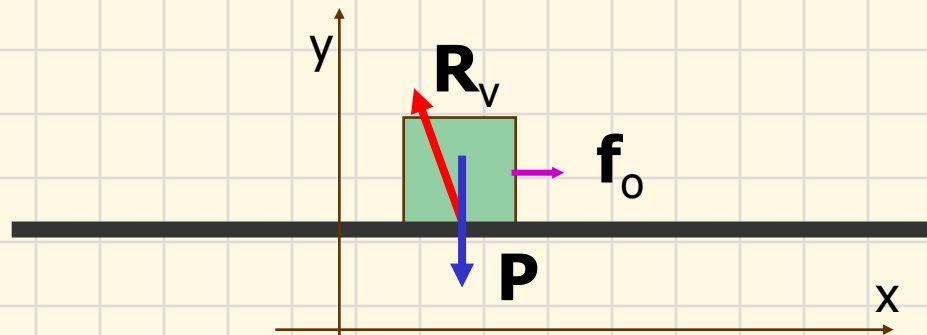
- Si ha una reazione vincolare se esiste un vincolo, un impedimento, al moto di un corpo
- Le reazioni vincolari si manifestano ed agiscono per contatto
- Le reazioni vincolari non vengono determinate mediante espressioni matematiche uniche, vanno calcolate di caso in caso con le Leggi di Newton
- La reazione vincolare ha sempre una componente normale al vincolo diretta verso la parte di spazio in cui, considerata la natura del vincolo, il moto è consentito

Forza di attrito

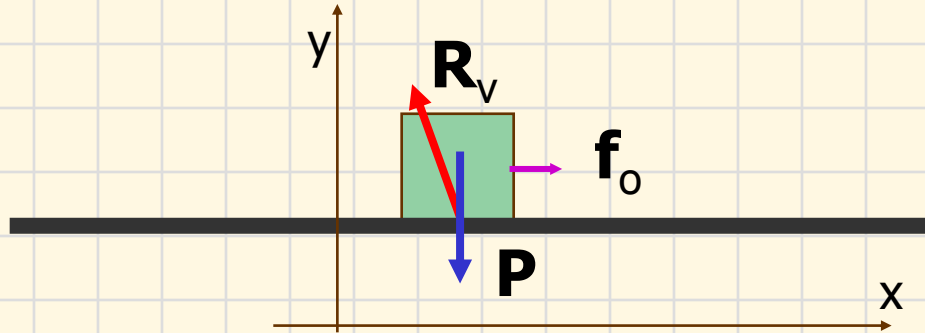
- La forza d'attrito può essere operativamente definita come l'agente che determina l'arresto di un corpo in moto su un piano orizzontale scabro.
- In generale tale forza si esercita ogni qual volta si ha un contatto tra corpi ed è caratterizzata dall'avere sempre direzione opposta al loro moto relativo.
- Pertanto le forze di attrito tendono sempre a ontrastare il moto relativo tra i corpi.
- È possibile constatare che le forze di attrito si esplicano tra i corpi anche in assenza di moto relativo.

Forza di attrito statico

- Al corpo poggiato sul piano orizzontale applichiamo una forza orizzontale
- Per “piccoli” valori della forza orizzontale applicata il corpo resta fermo; se si aumenta la forza applicata, superato un certo valore, il corpo si mette in movimento
- Soffermiamoci sul caso in cui il corpo resta ancora fermo e andiamo a verificare quali sono le forze che agiscono sul corpo stesso



Forza di attrito statico



- Applicando la II Legge di Newton, si ricava:

$$\sum \vec{\mathbf{F}} = \vec{\mathbf{P}} + \vec{\mathbf{R}}_v + \vec{\mathbf{f}}_o = m \cdot \vec{\mathbf{a}} = 0 \Rightarrow$$

$$P_x + R_{vx} + f_{ox} = 0 \quad R_{vx} + f_{ox} = 0 \quad R_{vx} = -f_{ox}$$

$$P_y + R_{vy} + f_{oy} = 0 \Rightarrow -m \cdot g + R_{vy} = 0 \Rightarrow R_{vy} = m \cdot g$$

$$P_z + R_{vz} + f_{oz} = 0 \quad R_{vz} = 0 \quad R_{vz} = 0$$

- Anche per la forza d'attrito, non esiste una espressione matematica univoca che ne consenta la determinazione: si ricava applicando le leggi di Newton
- Nel caso in esame, essa ha modulo e direzione uguali alla forza orizzontale applicata e verso opposto

Forza di attrito statico

- Aumentando la forza orizzontale applicata, raggiunto un certo valore il corpo si mette in movimento
- La forza di attrito statico, quindi, è limitata superiormente ossia non può superare un certo valore
- Il valore limite della forza di attrito statico
 - Dipende dal modulo della componente normale della reazione vincolare
 - Dipende dalla natura e dallo stato delle superfici a contatto (per mezzo di un coefficiente μ_s detto di attrito statico)
 - Dipende dalla temperatura (che influenza il valore del coefficiente μ_s)
- Il modulo della forza di attrito statico è dato da:

$$F_{as} = \mu_s N$$

La forza di attrito dinamico

- La forza di attrito dinamico si manifesta se vi è moto relativo tra il corpo ed il vincolo
- La forza di attrito dinamico è sempre diretta in senso opposto al moto (stessa direzione della velocità ma verso opposto)
- La forza di attrito dinamico
 - Dipende dal modulo della componente normale della reazione vincolare
 - Dipende dalla natura e dallo stato delle superfici a contatto (per mezzo di un coefficiente μ_d detto di attrito dinamico)
 - Dipende dalla temperatura (che influenza il valore del coefficiente μ_d)
 - Non dipende dalla velocità relativa tra corpo e vincolo
- Il modulo della forza di attrito dinamico è dato da:

$$F_{ad} = \mu_d N$$

Forze di attrito

- L'attrito può essere statico se il corpo è fermo rispetto al vincolo oppure dinamico se il corpo è in moto rispetto al vincolo
- Attrito statico: non vi è moto relativo tra il corpo ed il vincolo
- Attrito dinamico: vi è moto relativo tra il corpo ed il vincolo
- Anche la forza di attrito è dovuta alla presenza del vincolo: essa è parallela al vincolo per cui la forza di attrito può essere considerata la componente della reazione vincolare parallela al vincolo.

Coefficienti di attrito

<i>Superfici</i>	μ_s	μ_d
Legno su legno	0.25-0.5	0.2
Vetro su vetro	0.9-1.0	0.4
Acciaio su acciaio, superfici pulite	0.6	0.6
Acciaio su acciaio, superfici lubrificate	0.09	0.05
Gomma su cemento armato asciutto	1.0	0.8
Sci di legno cerato su neve secca	0.04	0.04
Teflon su teflon	0.04	0.04

- N.B. I coefficienti di attrito indicati in tabella sono solo indicativi in quanto essi sono notevolmente influenzati da temperatura, umidità, stato delle superfici, ecc.

Viscosità

- Quando un corpo si muove in un fluido con una certa velocità \vec{v} , esso è soggetto ad una forza d'attrito che, in generale, si esprime come

$$\vec{F}_v = -\gamma v^\alpha \frac{\vec{v}}{v}$$

dove γ è una costante che dipende dalla forma del corpo e α è un coefficiente numerico maggiore di 1

- Per piccole velocità è possibile assumere per l'intensità di tale forza l'espressione: $F_v = -\gamma v$
- L'attrito che si esplica sul corpo per effetto del moto nel fluido è detto viscosità
- Si può assumere: $\gamma \equiv k\eta$

dove η è detto coefficiente di viscosità e k dipende dalla forma del corpo

Viscosità

- L'equazione del moto di un corpo sottoposto ad una determinata forza in un mezzo viscoso è: $m\vec{a} = \vec{F} - \gamma\vec{v}$
- Se l'intensità della forza è costante, l'accelerazione del corpo determina un aumento progressivo della sua velocità e, di conseguenza, della forza di attrito viscoso; ciò continua fino a quando il secondo membro dell'equazione si annulla, circostanza a partire dalla quale si annulla l'accelerazione e, di conseguenza, la velocità del corpo diventa costante.
- Il valore di tale *velocità limite* o di *regime* è dato da

$$v_L = \frac{F}{\gamma}$$

Corde e tensione nella corde

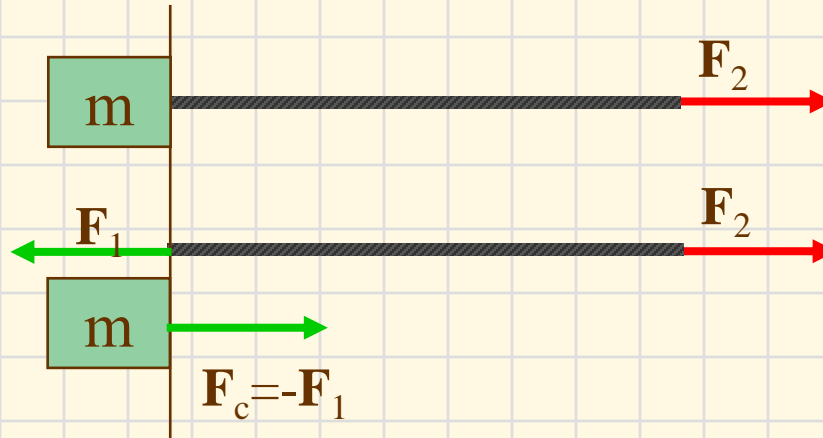
- La corda è un dispositivo che consente di trasmettere (applicare) una forza ad un corpo
- Le corde possono trasmettere solo forze aventi la stessa direzione della corda stessa
- Le corde possono trasmettere forze di trazione ma non forze di compressione (possono solo tirare)
- Consideriamo un corpo di massa m collegato ad una corda:

applichiamo alla corda con una forza F_2 di trazione:

utilizzando la seconda legge di Newton calcoliamo la forza F_1 che il corpo esercita sulla corda

utilizzando la terza legge di Newton calcoliamo la forza F_C che la corda applica al corpo

Corde e tensione nella corde



$$\vec{F}_1 + \vec{F}_2 = m \cdot \vec{a} \text{ (II Legge di Newton)} \Rightarrow$$

$$\text{condizioni statiche } (\vec{a} = 0) \Rightarrow \vec{F}_1 = -\vec{F}_2$$

$$\text{condizioni dinamiche (solo se } m = 0) \Rightarrow \vec{F}_1 = -\vec{F}_2$$

$$\vec{F}_c = -\vec{F}_1 \text{ (III Legge di Newton)} \Rightarrow \vec{F}_c = \vec{F}_2$$

- Si definisce corda ideale una corda di massa $m=0$ e lunghezza costante (quindi una corda ideale è inestensibile)

Corde e tensione nella corde

- Nelle corde ideali la forza si trasmette identica lungo tutta la corda
- Se si taglia la corda in un punto qualsiasi la parte a destra del taglio eserciterà su quella a sinistra una forza di modulo pari alla tensione e viceversa
- Lungo il percorso di una corda si possono inserire delle carrucole ideali ovvero di raggio piccolo (nullo), massa piccola (nulla) e attrito nullo per poter cambiare la direzione della tensione senza modificarne l'intensità