Corso di Fisica Generale 1
a.a. 2018/2019

corso di laurea in Ingegneria dell'Automazione, Informatica, Biomedica, Telecomunicazioni ed Elettronica canale CIS-FER e RON-Z

7° lezione (22 e 24/ 10 / 2018)

Prof. Laura VALORE

Email : laura.valore@na.infn.it / laura.valore@unina.it

Pagina web : www.docenti.unina.it/laura.valore

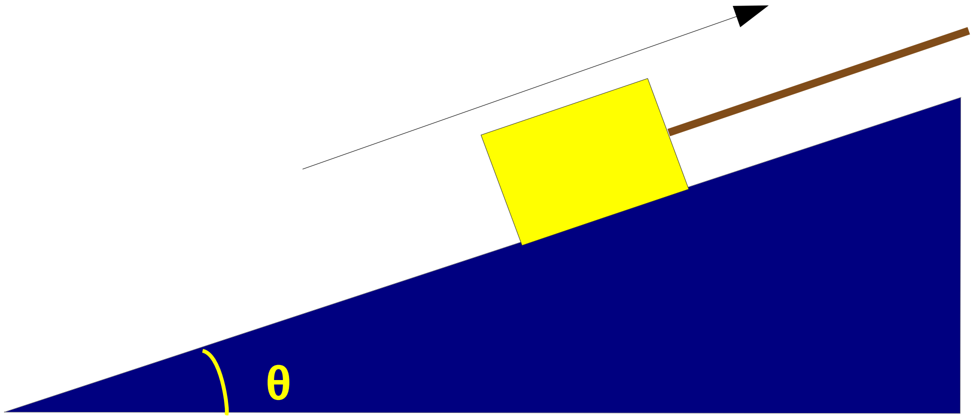
Ricevimento : appuntamento per email – studio presso il Dipartimento di Fisica
(Complesso Universitario di Monte Sant'Angelo, Edificio 6) – stanza 1H09

Oppure Laboratorio (Hangar) 1H11c0

Problema svolto 5.4 : piano inclinato

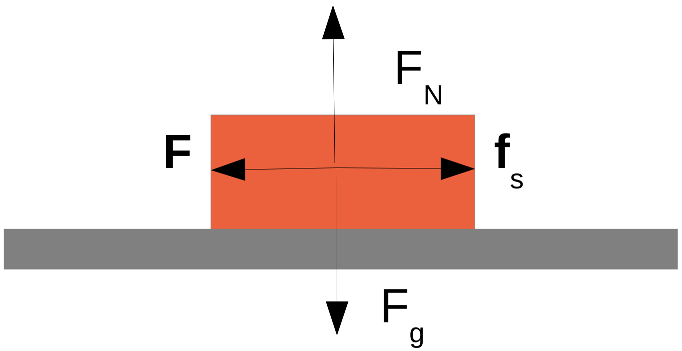
il blocco sale lungo la rampa piana e priva di attrito, tirato da una fune.
La rampa è inclinata di 30,0°
Il blocco ha massa m = 5,00 kg
la tensione della fune è T = 25,0 N

Quanto vale l'accelerazione **a** lungo la rampa?



Proprietà dell'attrito

1. in quiete, la forza di attrito statico $\mathbf{f}_s$ e la componente di **F** parallela alla superficie hanno la stessa intensità e direzione e versi opposti



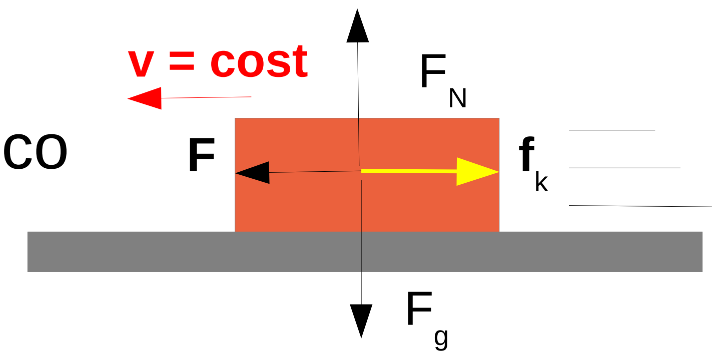
2. L'intensità di $\mathbf{f}_s$ puo' raggiungere un valore massimo dato da : $f_{s,max} = \mu_s F_N$
   - μ_s è detto coefficiente di attrito statico
   - F_N è il modulo della forza normale

Proprietà dell'attrito

1. se il corpo inizia a scivolare lungo la superficie, l'intensità della forza di attrito decresce rapidamente fino al valore f_k dato da :

$$f_k = \mu_k F_N$$

- μ_k è detto coefficiente di attrito dinamico
- F_N è il modulo della forza normale



L'intensità della forza normale è quindi una misura della fermezza con cui il corpo preme contro la superficie : maggiore è la pressione, maggiore è la reazione della superficie, maggiore sarà la forza necessaria per superare $f_{s,max}$ e mettere in moto l'oggetto.

Esercizio 6.2

- Qual è lo spazio di arresto di un auto sul piano orizzontale se se v_0 = 10,0 m/s e μ_k = 0.60? Trascuriamo gli effetti dell'aria, supponiamo che le ruote siano bloccate e striscino sull'asfalto. Consideriamo l'asse x nella direzione del moto.

- qual è lo spazio di arresto su una strada ghiacciata, tenendo conto che in questo caso μ_k = 0.10 ?

- qual è lo spazio di arresto se l'auto procede su una discesa ghiacciata inclinata di 6°?

Resistenza del mezzo e velocità limite

- Quando tra un corpo ed un fluido (un gas – es. aria - o un liquido) esiste una velocità relativa non nulla (ovvero il corpo si muove nel fluido o il fluido si muove attorno al corpo), sul corpo agisce la

  Forza di resistenza del mezzo D

  che si oppone al moto relativo, diretta nel senso in cui si muove il fluido in relazione al corpo

  esempi : pallina da tennis che si muove nell'aria, paracadutista in caduta (libera o con paracadute), ...

- Quando il fluido in questione in cui ci muoviamo è l'aria, parliamo di resistenza aerodinamica

Resistenza del mezzo e velocità limite

- Consideriamo un caso semplice :
  - come fluido l'aria
  - come corpo un oggetto arrotondato (ad es. una palla)

In queste condizioni, una relazione precisa lega l'intensità della forza di resistenza aerodinamica alla velocità relativa v :

$$D = \frac{1}{2} C \rho A v^2$$

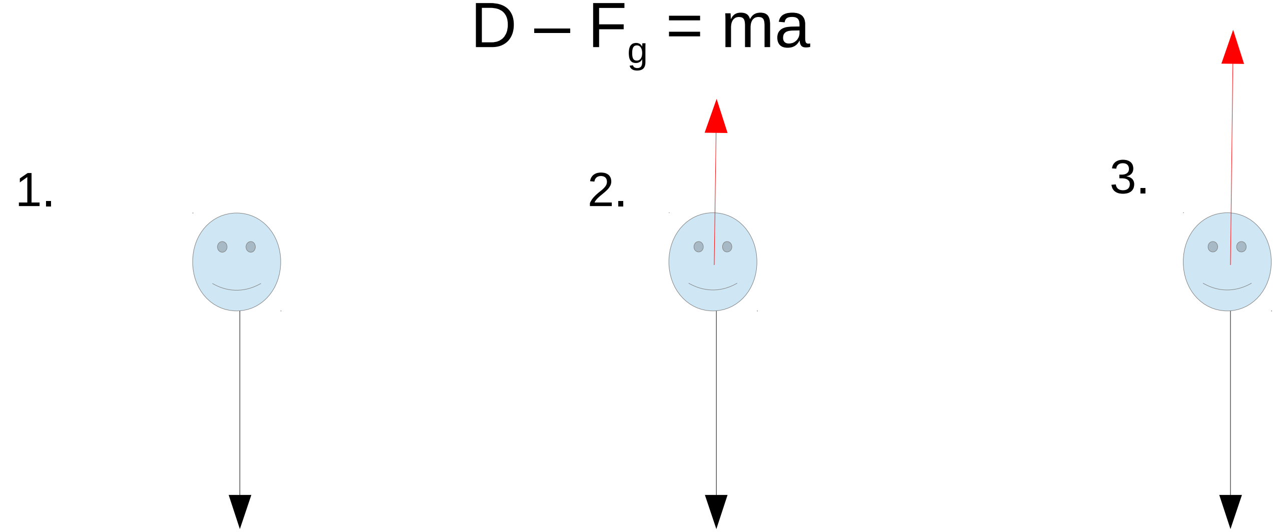
- C è detto coefficiente aerodinamico
- ρ è la densità dell'aria
- A è l'area efficace della sezione trasversale del corpo.

Resistenza del mezzo e velocità limite

$D = \frac{1}{2} C \rho A v^2$

Quando un oggetto arrotondato cade nell'aria partendo da fermo, D agisce verticalmente verso l'alto, opponendosi alla forza di gravità, ed aumenta gradualmente fino a bilanciare completamente F_g

$$D - F_g = ma$$



il corpo ha appena iniziato a cadere : solo F_g

istante successivo : si è sviluppata D che inizia ad aumentare

D è aumentata fino a bilanciare F_g : a è zero ed il corpo cade con velocità costante

Resistenza del mezzo e velocità limite

$$D = \tfrac{1}{2} C\rho A v^2$$

Quando D arriva a bilanciare F_g l'accelerazione è zero e si è raggiunta la velocità limite (o velocità di regime) :

$$D - F_g = ma = 0$$

$$\rightarrow \tfrac{1}{2} C\rho A v^2_{limite} - F_g = 0$$

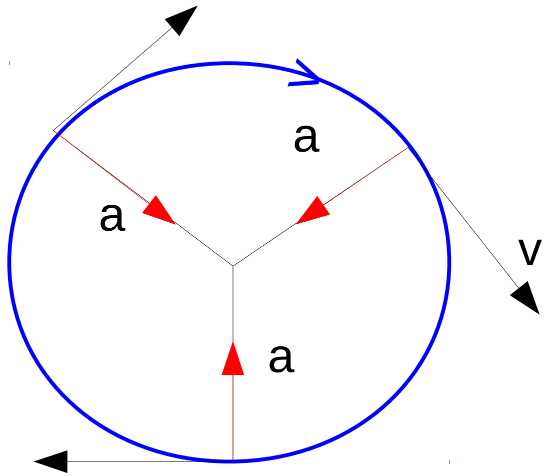
$$\rightarrow v_{limite} = \sqrt{2F_g/C\rho A}$$

Forza Centripeta

- Una particella in moto circolare uniforme percorre una circonferenza con velocità costante in modulo ed è sottoposta ad un'accelerazione centripeta $a = v^2/r$

- Dalla seconda legge di Newton, sappiamo che a_c deve essere provocata da una forza : la forza centripeta è $F_c = ma = mv^2/r$

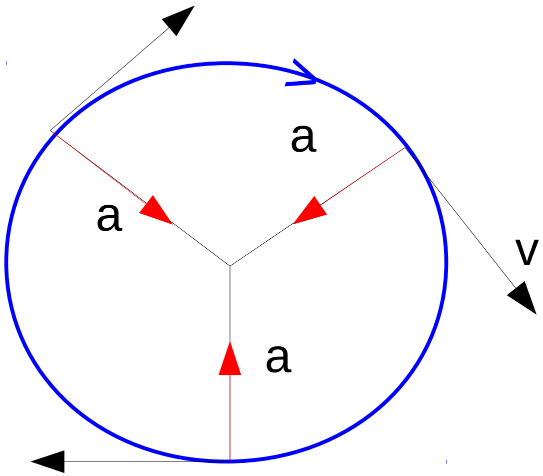
- F_c è diretta verso il centro come a_c



Forza Centripeta

- La forza centripeta è una forza che accelera un corpo variando il vettore velocità senza variarne il modulo ed è sempre diretta verso il centro della circonferenza che ne descrive la traiettoria

- puo' essere una forza di attrito, una forza di tensione, la definizione sta ad indicare solo la direzione della forza



Energia cinetica

- L'energia cinetica è l'energia associata allo stato di moto di un corpo.
- Piu' veloce è un corpo, maggiore sarà la sua energia cinetica.

$$\boxed{K = \frac{1}{2} m v^2}$$

valida per velocità molto inferiori a quella della luce

Energia cinetica

- L'energia cinetica è l'energia associata allo stato di moto di un corpo.
- Piu' veloce è un corpo, maggiore sarà la sua energia cinetica.

$$\boxed{K = \tfrac{1}{2} mv^2}$$

valida per velocità molto inferiori
a quella della luce

l'unità di misura dell'energia (non solo di quella cinetica) è il joule (J) :

$$1 \text{ joule} = 1 \text{ J} = 1 \text{ kg m}^2/\text{s}^2$$

Calcolo energia cinetica (es. 7.1)

- velocità iniziale = 0
- peso di ciascuna locomotiva : $1{,}2 \times 10^6$ N
- $a = 0{,}26\ m/s^2$
- distanza tra le locomotive : $\Delta x = 6.4$ km
- calcolare l'energia cinetica complessiva al momento dello scontro

- $K = \frac{1}{2} mv^2 \rightarrow$ dobbiamo conoscere la velocità al momento dello scontro

Calcolo energia cinetica (es. 7.1)

- velocità iniziale = 0
- peso di ciascuna locomotiva : 1,2 x 10^6 N
- a = 0,26 m/s^2
- distanza tra le locomotive : Δx = 6.4 km
- calcolare l'energia cinetica complessiva al momento dello scontro

- $K = \frac{1}{2} mv^2 \rightarrow$ dobbiamo conoscere la velocità al momento dello scontro

- $\Delta x = v_0 t + \frac{1}{2} at^2 = \frac{1}{2} at^2 \rightarrow t = \sqrt{2(\Delta x/2)/a} = 157$ s
- $v_f = v_0 + at = at = 40{,}8$ m/s
- $P = mg = 1.2 \times 10^6$ N $\rightarrow m = P/g = 1.22 \times 10^5$ kg
- $K_{tot} = 2 \left[\frac{1}{2} mv_f^2\right] = (1.22 \times 10^5 \text{ kg})(40.8 \text{ m/s})^2 = 2.0 \times 10^8$ J

Lavoro ed energia cinetica

- Se acceleriamo un oggetto applicando una forza, vuol dire che stiamo aumentando la sua velocità e quindi stiamo aumentando la sua energia cinetica

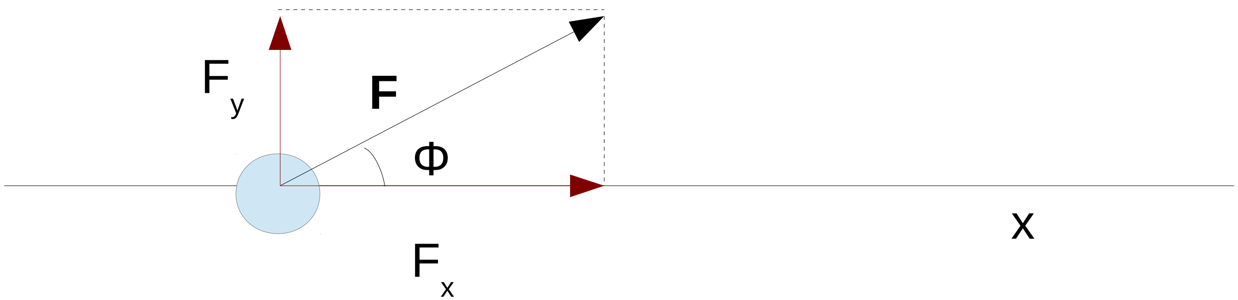
La forza applicata sta trasferendo energia da noi all'oggetto → ovvero si dice che :

la forza applicata ha compiuto il lavoro L sull'oggetto

Il “lavoro” ha le stesse unità di misura dell'energia : è in effetti una misura dell'energia trasferita ad un corpo (o ceduta da un corpo) per effetto dell'applicazione di una forza

Lavoro compiuto da una forza costante

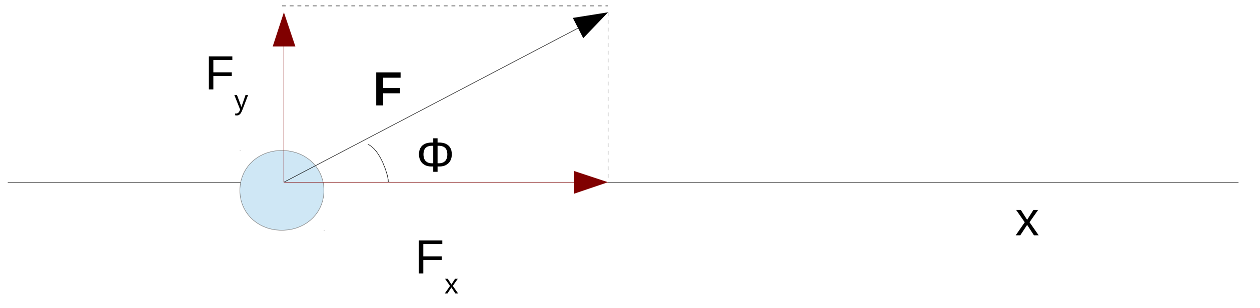
- Consideriamo una biglia che scorre lungo un filo, tirata dalla forza F in figura :



- Lungo l'asse x → $F_x = ma_x$
- Supponiamo che la forza **F** sia costante (quindi anche **a** è costante) ed agisca modificando la velocità della biglia da v_0 a v per uno spostamento **d**
- L'energia cinetica finale sarà $K = ½ mv^2$, quella iniziale $K_0 = ½ mv_0^2$ →
- → la variazione di energia cinetica dovuta all'azione della forza è proprio F_xd

Lavoro compiuto da una forza costante

Il lavoro compiuto dalla forza F per aumentare l'energia cinetica della biglia è $L = F_x d$

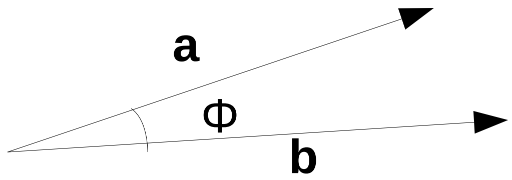


- La componente della forza che compie lavoro è solo quella lungo la direzione dello spostamento subito dal corpo.
- Il lavoro compiuto dalla componente della forza perpendicolare allo spostamento è nullo

Prodotto scalare di due vettori

$$\mathbf{a} \cdot \mathbf{b} = ab \cos\Phi$$

il prodotto scalare di due vettori **a** e **b** è uguale al modulo dei due vettori moltiplicato per il coseno dell'angolo compreso tra i due vettori



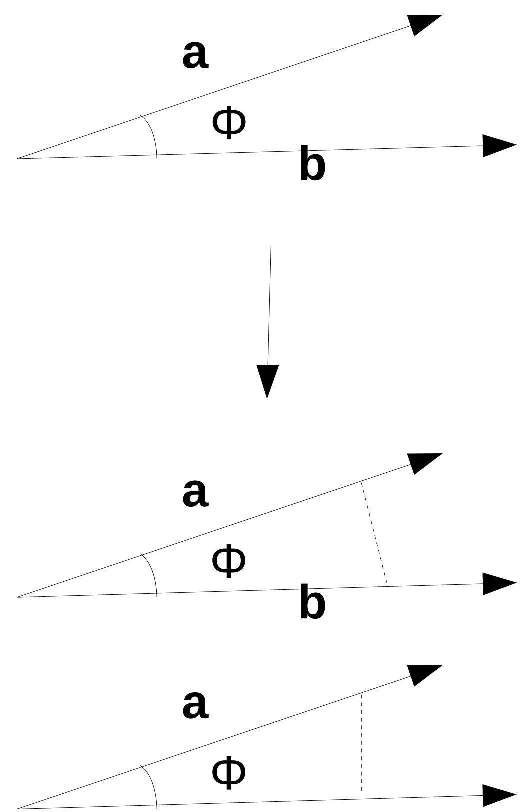
Tutti i termini a destra dell'equazione sono scalari : il prodotto scalare restituisce quindi uno scalare

Si puo' interpretare come il prodotto del modulo di un vettore per la componente scalare del secondo vettore lungo la direzione del primo

Prodotto scalare di due vettori

$$\mathbf{a} \cdot \mathbf{b} = ab\cos\Phi$$

il prodotto scalare di due vettori **a** e **b** è uguale al modulo dei due vettori moltiplicato per il coseno dell'angolo tra i due vettori



ciascun vettore ha componente lungo la direzione dell'altro vettore

la componente di **b** lungo la direzione di **a** è bcosΦ

la componente di **a** lungo la direzione di **b** è acosΦ

Prodotto scalare di due vettori

$$\mathbf{a} \bullet \mathbf{b} = ab \cos\Phi$$

Se Φ = 0° (o 180°), cosΦ = 1 (o -1) ed il prodotto scalare è uguale al prodotto dei due moduli ed assume il valore massimo possibile (in modulo). In questo caso, i due vettori hanno la stessa direzione e versi concordi (nel primo caso) o discordi (nel secondo).

Se l'angolo tra i due vettori è 90° o 270°, il prodotto scalare è zero (nessuno dei due vettori ha componente lungo la direzione dell'altro)

Proprietà commutativa : $\mathbf{a} \bullet \mathbf{b} = \mathbf{b} \bullet \mathbf{a}$

Inoltre : $\mathbf{a} \bullet \mathbf{b} = (a_x\,\mathbf{i} + a_y\,\mathbf{j} + a_z\,\mathbf{k}) \bullet (b_x\,\mathbf{i} + b_y\,\mathbf{j} + b_z\,\mathbf{k})$

da cui : $\mathbf{a} \bullet \mathbf{b} = a_x b_x + a_y b_y + a_z b_z$

Verifica

- I vettori C e D hanno moduli pari a 3 unità e 4 unità. Che angolo formano questi vettori se :

1. C • D = 0
2. C • D = 12 unità
3. C • D = -12 unità

Verifica

- I vettori C e D hanno moduli pari a 3 unità e 4 unità. Che angolo formano questi vettori se :

1. C • D = 0 → 90°
2. C • D = 12 unità → 0° (vettori paralleli e concordi)
3. C • D = -12 unità → 180° (vettori paralleli e discordi)

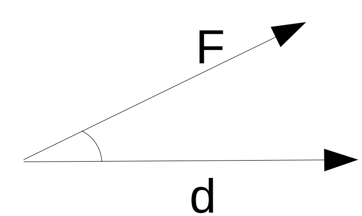
Lavoro come prodotto scalare

- $F_x = F\cos\Phi$, dove Φ è l'angolo tra la direzione di **F** e della direzione dello spostamento **d**

$$L = F_x d = Fd\cos\Phi = \mathbf{F} \bullet \mathbf{d}$$

E' valida se la forza è costante in direzione e verso e se il corpo è puntiforme (puo' essere anche un corpo esteso ma tutti i suoi punti devono muoversi insieme)

- Il lavoro puo' essere positivo o negativo :
  - lavoro è positivo quando la componente della forza nella direzione dello spostamento è concorde con il verso dello spostamento (ovvero quando l'angolo è minore di 90°)
  - negativo quando è discorde (angolo tra 90° e 180°)



Unità di misura del lavoro

- Unità di misura del lavoro : uguale all'energia cinetica

  $1\ J = 1\ kg\ m^2/s^2 = 1\ N \bullet m$

  $L = Fd\cos\Phi$ = forza per spostamento → N•m

Lavoro totale svolto da piu' forze :

- se due o piu' forze agiscono simultaneamente su un corpo puntiforme, il lavoro totale compiuto sul corpo è la somma dei lavori svolti da ciascuna forza.

Teorema dell'energia cinetica

L'energia cinetica finale di una particella è uguale all'energia cinetica iniziale piu' il lavoro totale svolto sulla particella.

$$\Delta K = K_f - K_i = L$$

E' valida qualsiasi sia il segno del lavoro : in caso di lavoro positivo, l'energia cinetica finale aumenta. In caso di lavoro negativo, l'energia cinetica finale diminuisce.

Problema svolto 5.2

Conoscendo l'accelerazione, e note le forze F1 ed F2, trovare la forza F3 e definirne direzione, verso e modulo

- m = 2,0 kg
- a = 3,0 m/s^2
- F1 = 10 N, F2 = 20 N