

CdL Professioni Sanitarie
A.A. 2012/2013

Unità 2

- Sistemi di Riferimento Inerziali e I Principio della Meccanica
 - Sistema di riferimento
 - Principio d'inerzia e sistemi di riferimento inerziali
 - Principio di relatività del moto di Galileo
 - I Principio della Meccanica
- Forze e III Principio della Meccanica
 - Componenti di una forza e somma vettoriale (richiami di trigonometria e calcolo vettoriale)

- Descrizione di alcuni importanti tipi di forze: gravità, contatto, attrito
- Proprietà delle forze
- III Principio della Meccanica
- Applicazione: trazione cervicale
- Applicazione: calcolo della forza di superficie sull'articolazione anca-femore

*Le figure contenute in questi appunti sono state create dall'autore o scaricate in rete dall'Enciclopedia libera *Wikipedia* (<http://wikipedia.org>). In alcuni casi gli originali sono stati opportunamente modificati per adattarli al contesto.

CdL Professioni Sanitarie
A.A. 2012/2013

Sistema di riferimento

Il moto o lo stato di quiete di un corpo è sempre riferito ad un prefissato osservatore e sistema di riferimento (ad es. una persona seduta in un aereo è in moto/ferma rispetto ad una che si trova a terra/sull'aereo).

Un sistema di riferimento (SdR) è definito da:

- un osservatore (O)
- un sistema di assi cartesiani ortogonali solidale con O
→ posizione (*coordinate cartesiane*) di un punto P
- un orologio solidale con O
→ istante in cui un corpo si trova in una determinata posizione P

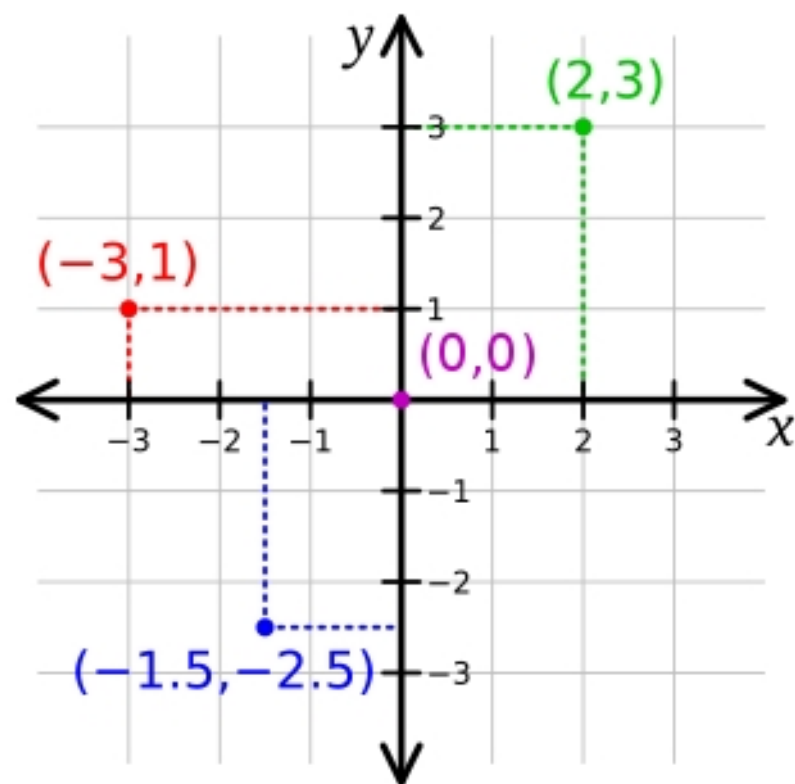


Figura 1 – Diagramma cartesiano ortogonale. Quelle tra parentesi sono le coordinate cartesiane (x_0, y_0) del punto P. Esiste una corrispondenza biunivoca tra i punti del piano e le coordinate cartesiane.

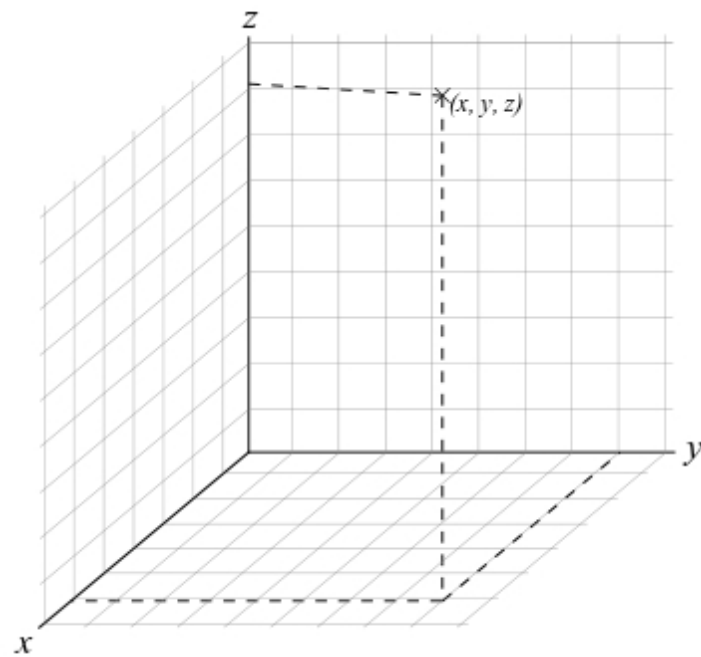


Figura 2 – Diagramma cartesiano ortogonale nello spazio.

Sistemi di riferimento *inerziali*

Esistono alcuni sistemi di riferimento privilegiati rispetto ad altri. Sono quelli in cui vale il **Principio d'inerzia**:

affinché un corpo rimanga in quiete è necessario che la somma di tutte le forze ad esso applicate sia zero.*

- Esempio: un osservatore fermo sulla Terra rappresenta con buona approssimazione un sistema inerziale.
- Esempio: un'auto in curva (o in frenata) non è invece un sistema inerziale (la forza centrifuga è una forza apparente).

Un sistema di riferimento in moto rettilineo e con velocità costante rispetto ad un sistema di riferimento inerziale (SdRI), è esso stesso inerziale.

*Una **forza** è un qualcosa che agisce su di un corpo in modo da modificarne il suo stato di moto o da deformarlo.

Galileo Galilei fu il primo ad enunciarlo (Galileo Galilei, Dialogo sopra i due massimi sistemi tolemaico e copernicano):

*“Rinserratevi con qualche amico nella maggior stanza che sia sotto coverta di alcun gran naviglio, e qui fatevi d’aver mosche, farfalle e simili animaletti volanti: siavi anco un gran vaso d’acqua, e dentrovi de’ pescetti; suspendasi anco in alto qualche secchiello, che a goccia a goccia vada versando dell’acqua in un altro vaso di angusta bocca che sia posto a basso; e, **stando ferma la nave**, osservate diligentemente come quelli animaletti volanti con pari velocità vanno verso tutte le parti della stanza. I pesci si vedranno andar notando indifferentemente per tutti i versi, le stille cadenti entreranno tutte nel vaso sottoposto ... Osservate che avrete diligentemente tutte queste cose, benché niun dubbio ci sia mentre il vascello sta fermo non debbano succeder così: **fate muovere la nave con quanta si voglia velocità, ché (pur di moto uniforme e non fluttuante in qua e in là) voi non riconoscerete una minima mutazione in tutti li nominati effetti; né da alcuno di quelli potrete comprendere se la nave cammina, o pure sta ferma**”.*

Principio di relatività del moto:

qualsiasi sistema di riferimento in moto rettilineo e con velocità costante rispetto ad un sistema inerziale, è esso stesso un sistema di riferimento inerziale.

Esempio: un aeroplano in moto rettilineo e con velocità costante rispetto alla Terra è un sistema di riferimento inerziale.

Consideriamo ora un corpo fermo nel SdRI A (per esempio un libro appoggiato sul sedile di un aereo). Il corpo è in quiete e quindi, per il Principio d'inerzia, la somma delle forze è nulla in tale SdR. In un altro SdRI T (ad esempio un osservatore a terra) in moto rettilineo e con velocità costante rispetto al SdRI A, il corpo è esso stesso in moto rettilineo con velocità costante. Nessuna forza agisce sul libro neppure nel SdR T (perché esso è inerziale), quindi il corpo si muove di moto rettilineo e con velocità costante senza che alcuna forza agisca su di esso.

Conseguenza del Principio d'inerzia e del Principio di relatività del moto è quindi il **I Principio della Meccanica:**

affinchè un corpo rimanga in quiete o si muova di moto rettilineo uniforme rispetto ad un sistema di riferimento inerziale, è necessario che la somma di tutte le forze ad esso applicate sia zero.

CdL Professioni Sanitarie
A.A. 2012/2013

Forze

La forza è una grandezza fisica misurabile. Si possono definire:

- un procedimento operativo di misura
- una UdM: **Newton (N)**

È una grandezza *derivata*: $1\text{ N} = 1\text{ kg m/s}^2$.

Le forze sono **grandezze vettoriali**:

- una forza è caratterizzata dalla un'intensità (modulo), da una direzione e da un verso, che sono la direzione e il verso in cui un corpo sotto l'azione di tale forza tenderebbe a muoversi (simbolo $\vec{F}$)

- se due (o più) forze agiscono contemporaneamente su di un corpo, il loro effetto è quello della somma vettoriale (risultante) delle singole forze (regola del parallelogramma)

$$\vec{S} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$$

NB: se due forze hanno direzione diversa, l'intensità della risultante S **non** è uguale alla somma delle intensità di F_1 e F_2 . Ossia, in generale:

$$S \neq F_1 + F_2$$

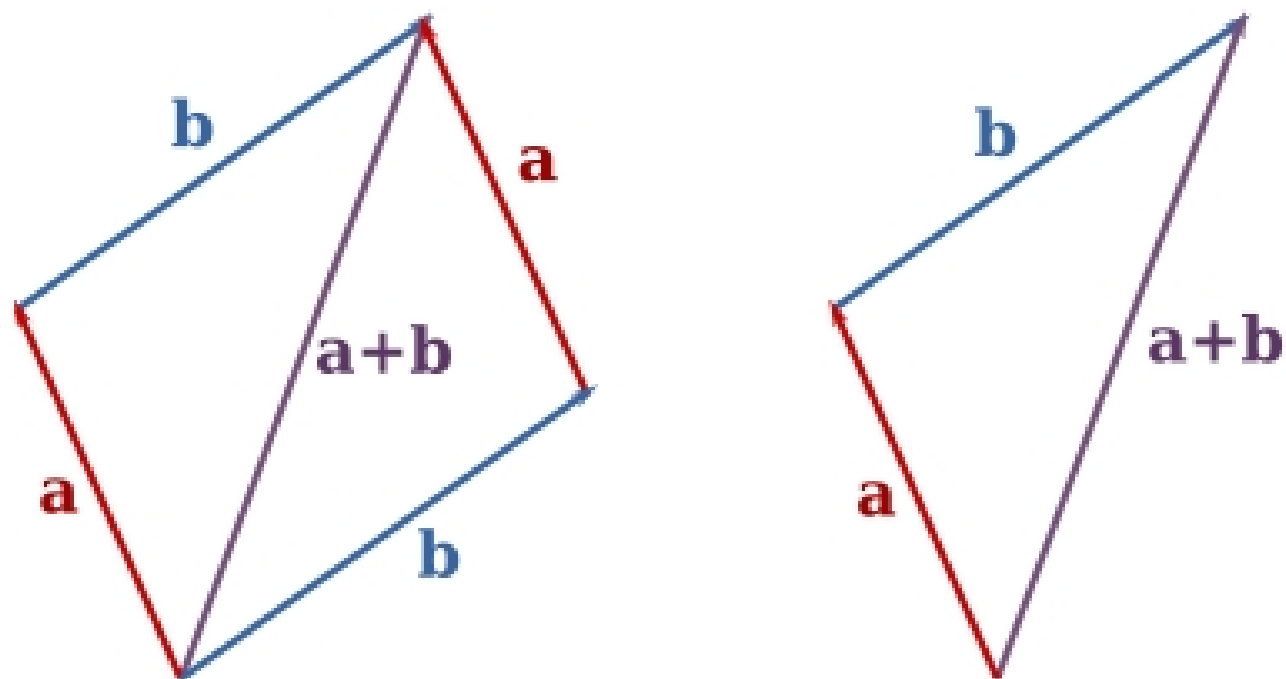


Figura 3 – Somma di due vettori $\vec{a}$ e $\vec{b}$ con la regola del parallelogrammo.

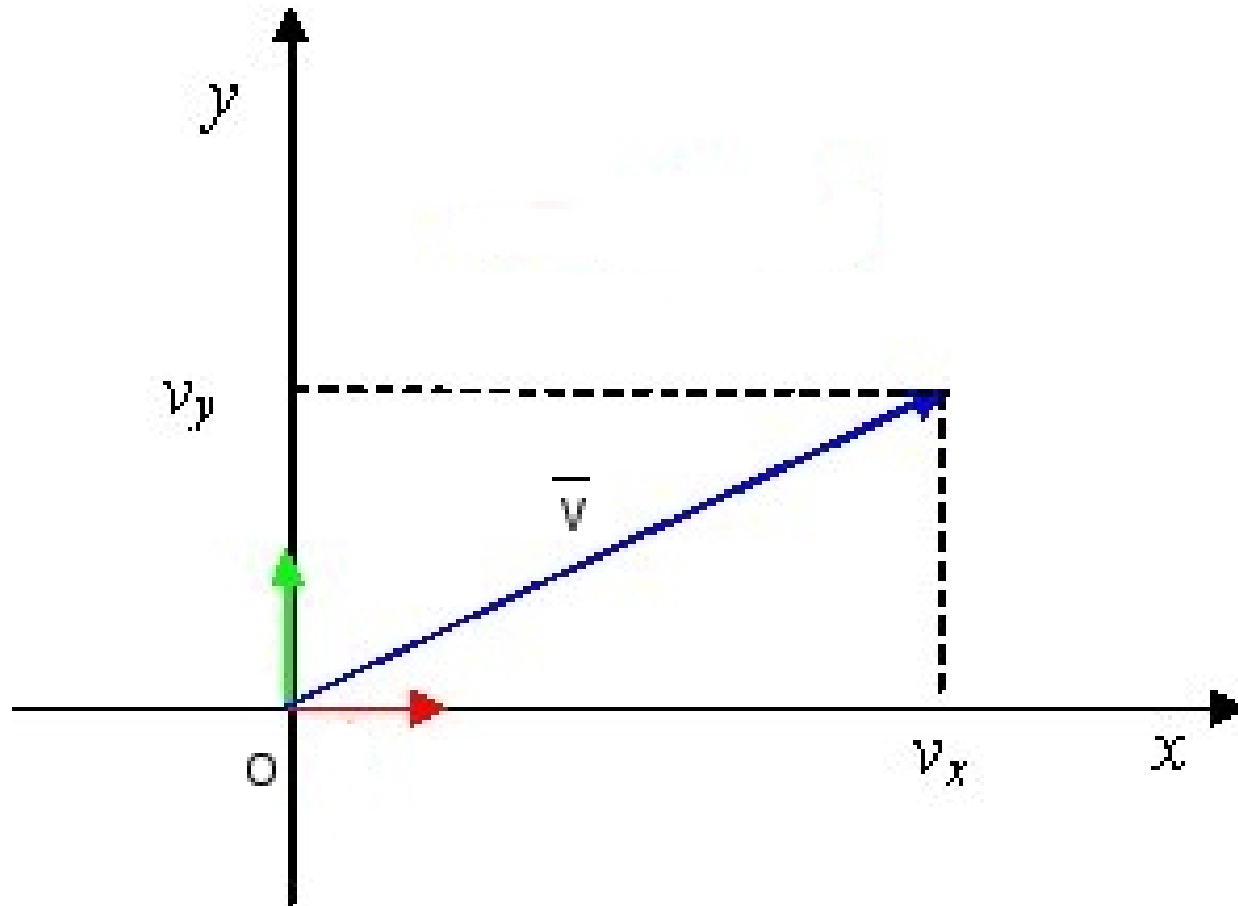


Figura 4 – Componenti cartesiane v_x e v_y di un vettore lungo gli assi.

Figura 5 – Somma di due vettori ($\vec{C} = \vec{A} + \vec{B}$) espressa utilizzando le loro componenti cartesiane.

Figura da: <http://www.ac.wvu.edu/~vawter/PhysicsNet/Topics/Vectors/VectorAddition.html>

Somma vettoriale

Per sommare due vettori $\vec{A}$ e $\vec{B}$ si possono semplicemente sommare le relative componenti e poi calcolare l'intensità del vettore somma C utilizzando il teorema di Pitagora:

$$\begin{aligned}C_x &= A_x + B_x & C_y &= A_y + B_y \\C &= \sqrt{C_x^2 + C_y^2}\end{aligned}$$

Ma come si calcolano le componenti di un vettore?

Richiami di trigonometria

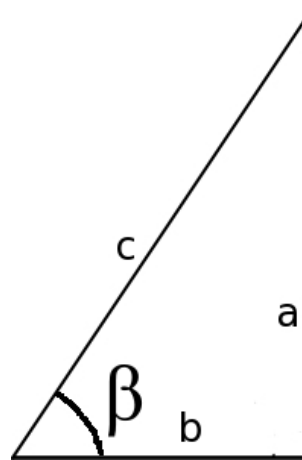


Figura 6 – Triangolo rettangolo di cateti a e b e ipotenusa c .

Definizione di seno, coseno e tangente (funzioni goniometriche): possono venire definite a partire dai rapporti tra a , b e c .

$$\sin \beta = \text{lato opposto/ipotenusa} = a/c$$

$$\cos \beta = \text{lato adiacente/ipotenusa} = b/c$$

$$\tan \beta = \text{lato opposto/lato adiacente} = a/b$$

Valori delle funzioni trigonometriche per alcuni angoli particolari

<i>angolo</i>	sin	cos	tan
0	0	1	0
30	0.5	0.866	0.577
45	0.707	0.707	1
60	0.866	0.5	1.732
90	1	0	∞
120	0.866	-0.5	-1.732
135	0.707	-0.707	-1
150	0.5	-0.866	-0.577
180	0	-1	0
$\sin(-\alpha) = -\sin \alpha$		$\cos(-\alpha) = \cos \alpha$	

Esercizio: dato un triangolo rettangolo con ipotenusa $c = 10\text{ cm}$ e angolo $\beta = 30^\circ$, calcolare la lunghezza dei due cateti a e b .

$$\sin \beta = a/c$$

$$\cos \beta = b/c$$

$$a = c \sin \beta = (10\text{ cm}) \sin 30^\circ = (10\text{ cm}) \cdot 0.5 = 5\text{ cm}$$

$$b = c \cos \beta = (10\text{ cm}) \cos 30^\circ = (10\text{ cm}) \cdot 0.866 = 8.66\text{ cm}$$

Esercizio: dato un triangolo rettangolo con ipotenusa $c = 100\text{ cm}$ e angolo $\beta = 60^\circ$, calcolare la lunghezza dei due cateti a e b .

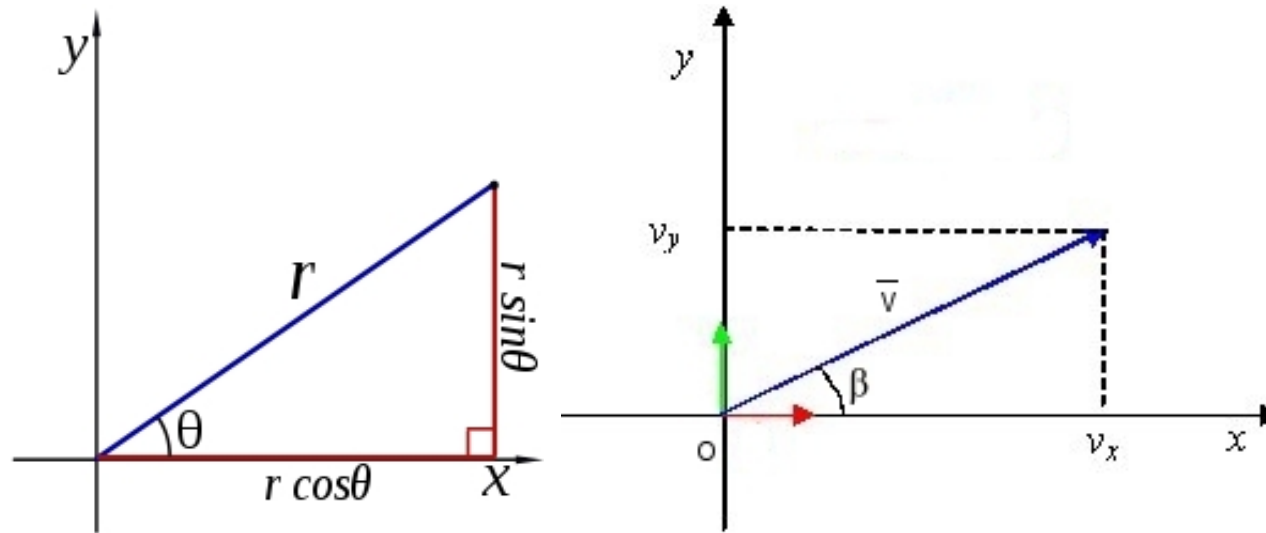
$$\sin \beta = a/c$$

$$\cos \beta = b/c$$

$$a = c \sin \beta = (100\text{ cm}) \sin 60^\circ = (100\text{ cm}) \cdot 0.866 = 86.6\text{ cm}$$

$$b = c \cos \beta = (100\text{ cm}) \cos 60^\circ = (100\text{ cm}) \cdot 0.5 = 50\text{ cm}$$

Componenti cartesiane di un vettore espresse in termini di funzioni trigonometriche



$$b = r \cos \theta$$

$$a = r \sin \theta$$

$$v_x = v \cos \beta$$

$$v_y = v \sin \beta$$

NB: l'angolo θ (β) va misurato a partire dall'asse x , positivo se in verso antiorario, negativo se in verso orario. Quindi, se il vettore giace sull'asse x , $\theta = 0$. Se giace sull'asse y , $\theta = 90^\circ$.

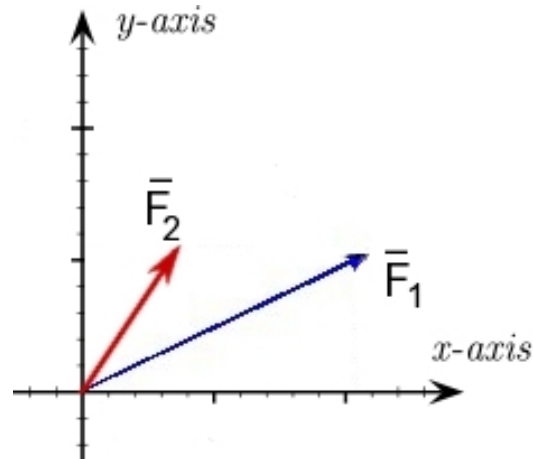
Calcolo della somma vettoriale con le funzioni trigonometriche: riepilogo

$$\begin{aligned} F_{1x} &= F_1 \cos \alpha_1 & F_{1y} &= F_1 \sin \alpha_1 \\ F_{2x} &= F_2 \cos \alpha_2 & F_{2y} &= F_2 \sin \alpha_2 \end{aligned} \quad (1)$$

$$S_x = F_{1x} + F_{2x} \quad S_y = F_{1y} + F_{2y} \quad (2)$$

$$S = \sqrt{S_x^2 + S_y^2} \quad \tan \theta = \frac{S_y}{S_x} \quad (3)$$

Esercizio: Due muscoli esercitano delle forze di intensità $F_1 = 200$ N e $F_2 = 100$ N, applicate nello stesso punto. Assumendo che F_1 formi un angolo di 30 gradi e F_2 un angolo di 60 gradi con l'asse x , rappresentare graficamente le forze e calcolarne le componenti rispetto agli assi. Calcolare infine le componenti e l'intensità della somma vettoriale.



$$F_1 = 200 \text{ N}, \alpha_1 = 30^\circ$$

$$F_2 = 100 \text{ N}, \alpha_2 = 60^\circ$$

$$F_{1x} = F_1 \cos \alpha_1 = (200 \text{ N}) \cos 30^\circ = (200 \text{ N}) \cdot 0.866 = 173.2 \text{ N}$$

$$F_{1y} = F_1 \sin \alpha_1 = (200 \text{ N}) \sin 30^\circ = (200 \text{ N}) \cdot 0.5 = 100 \text{ N}$$

$$F_{2x} = F_2 \cos \alpha_2 = (100 \text{ N}) \cos 60^\circ = (100 \text{ N}) \cdot 0.5 = 50 \text{ N}$$

$$F_{2y} = F_2 \sin \alpha_2 = (100 \text{ N}) \sin 60^\circ = (100 \text{ N}) \cdot 0.866 = 86.6 \text{ N}$$

$$S_x = F_{1x} + F_{2x} = 173.2 \text{ N} + 50 \text{ N} = 223.2 \text{ N}$$

$$S_y = F_{1y} + F_{2y} = 100 \text{ N} + 86.6 \text{ N} = 186.6 \text{ N}$$

$$S = \sqrt{S_x^2 + S_y^2} = \sqrt{223.2^2 + 186.6^2} \text{ N} = 290.9 \text{ N}$$

Esercizio: Due forze applicate allo stesso punto, di intensità $F_1 = 14$ N e $F_2 = 6$ N, hanno la stessa direzione ma verso opposto. Quanto vale l'intensità della somma vettoriale?

Scelgo gli assi cartesiani in modo che entrambi le forze siano dirette lungo l'asse x e che $\vec{F}_1$ abbia verso positivo.

$$F_1 = 14 \text{ N}, \alpha_1 = 0^\circ$$

$$F_2 = 6 \text{ N}, \alpha_2 = 180^\circ$$

$$F_{1x} = F_1 \cos \alpha_1 = (14 \text{ N}) \cos 0^\circ = (14 \text{ N}) \cdot 1 = 14 \text{ N}$$

$$F_{1y} = F_1 \sin \alpha_1 = (14 \text{ N}) \sin 0^\circ = (14 \text{ N}) \cdot 0 = 0 \text{ N}$$

$$F_{2x} = F_2 \cos \alpha_2 = (6 \text{ N}) \cos 180^\circ = (6 \text{ N}) \cdot (-1) = -6 \text{ N}$$

$$F_{2y} = F_2 \sin \alpha_2 = (6 \text{ N}) \sin 180^\circ = (6 \text{ N}) \cdot 0 = 0 \text{ N}$$

$$S_x = F_{1x} + F_{2x} = 14 \text{ N} - 6 \text{ N} = 8 \text{ N}$$

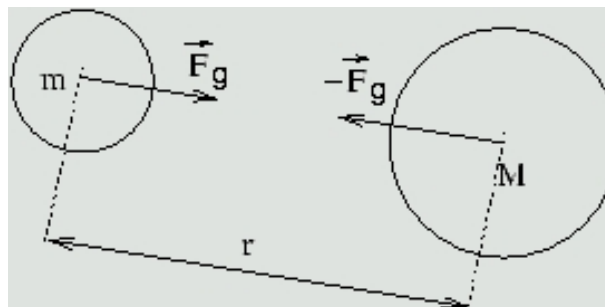
$$S_y = F_{1y} + F_{2y} = 0 \text{ N} + 0 \text{ N} = 0 \text{ N}$$

$$S = \sqrt{S_x^2 + S_y^2} = \sqrt{8^2 + 0^2} \text{ N} = 8 \text{ N}$$

CdL Professioni Sanitarie
A.A. 2012/2013

Alcuni tipi di forze

- **Forza di gravità:** forza F_g con cui la Terra, in virtù della propria massa attrae tutti gli altri corpi. L'intensità di F_g è data dalla *Legge di Gravitazione Universale*, formulata per la prima volta da Newton e verificata grazie alla dimostrazione delle Leggi di Keplero che descrivono il moto dei pianeti intorno al Sole:



$$F_g = \frac{GMm}{r^2}$$

M massa della Terra, m massa di un altro corpo

r distanza tra i loro centri

$$G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}.$$

L'intensità è pressochè la stessa in ogni punto della superficie terrestre. È diretta verso il centro della Terra e *definisce la direzione verticale*.

Conferisce ai corpi il proprio peso. Il peso di un corpo avente una massa di 1 kg è di circa 10 N.

- **Forza di contatto (o normale)**: un libro appoggiato su di un tavolo è chiaramente in quiete. Eppure su di esso agisce la forza di gravità. Per il I Principio ci deve essere un'altra forza $\vec{F}_c$ (forza di contatto) che agisce e che annulla la forza di gravità $\vec{F}_g$:

$$\vec{F}_g + \vec{F}_c = 0$$

$$\vec{F}_c = -\vec{F}_g$$

$$F_c = F_g$$

La forza di contatto è **sempre perpendicolare alla superficie di contatto** (forza di superficie) ed è dovuta a piccole deformazioni elastiche di tale superficie. Le due forze $\vec{F}_g$ e $\vec{F}_c$ agiscono sullo stesso corpo.

Cromer, Fisica per Medicina, Farmacia e Biologia: figura 2.10

- **Forza di attrito:** ha origine nei punti di contatto tra due corpi (forza di superficie), è **sempre parallela alla superficie di contatto** e si oppone al moto. Se $\vec{F}$ è una forza applicata ad un corpo in moto su di un tavolo parallelamente alla sua superficie, la forza $\vec{F}_{a,d}$ generata dall'attrito ha intensità

$$F_{a,d} = \mu_k F_c$$

dove μ_k è definito coefficiente di attrito dinamico.

Per un corpo inizialmente fermo, esiste una forza massima oltre la quale l'attrito non riesce più ad equilibrare la forza applicata $\vec{F}$:

$$F_{a,max} = \mu_s F_c$$

μ_s viene detto coefficiente di attrito statico. μ_k e μ_s dipendono dalla natura delle superfici a contatto.

La somma della forza di contatto e di attrito è la forza totale di superficie agente su di un corpo.

- **Forza muscolare:** è generata dalle fibre le cui cellule si contraggono quando vengono stimulate da impulsi provenienti dai nervi. La contrazione del muscolo produce due paia di forze su due ossa (collegate da una articolazione) nei punti in cui sono attaccati i tendini.

Massima forza esercitabile da un muscolo: 28–35 N/cm².

Esercizio: su un corpo agisce una spinta pari a 18 N diretta lungo l'asse y di un sistema di assi cartesiani ortogonali. La spinta viene controbilanciata da un supporto che trattiene il corpo, che rimane fermo. Calcolare le componenti e l'intensità della forza che trattiene il corpo.

$$F_1 = 18 \text{ N}, \alpha_1 = 90^\circ$$

$$F_{1x} = F_1 \cos \alpha_1 = (18 \text{ N}) \cos 90^\circ = (18 \text{ N}) \cdot 0 = 0 \text{ N}$$

$$F_{1y} = F_1 \sin \alpha_1 = (18 \text{ N}) \sin 90^\circ = (18 \text{ N}) \cdot 1 = 18 \text{ N}$$

$$\text{I Principio: } \vec{F}_1 + \vec{F}_2 = 0 \rightarrow \vec{F}_2 = -\vec{F}_1$$

$$F_{2x} = -F_{1x} = 0 \text{ N}$$

$$F_{2y} = -F_{1y} = -18 \text{ N}$$

$$F_2 = \sqrt{F_{2x}^2 + F_{2y}^2} = \sqrt{0^2 + (-18)^2} \text{ N} = 18 \text{ N}$$

Quindi $\vec{F}_2 = -\vec{F}_1$, ma $F_2 = F_1$.

Esercizio: ad uno sciatore del peso di 550 N occorre una spinta di 30 N per incominciare a muoversi su un piano orizzontale coperto di neve. Qual è la spinta necessaria per far muovere uno sciatore di 900 N (esercizio 10, capitolo 2, Cromer)?

$$F_{c,1} = P_1 = 550 \text{ N} \qquad (F_{a,max})_1 = 30 \text{ N}$$

$$F_{c,2} = P_2 = 900 \text{ N} \qquad (F_{a,max})_2 = ?$$

$$(F_{a,max})_1 = \mu_s F_{c,1} \rightarrow \mu_s = (F_{a,max})_1 / F_{c,1} = 30 \text{ N} / 550 \text{ N} = 0.054$$

$$(F_{a,max})_2 = \mu_s F_{c,2} = 0.054 \cdot 900 \text{ N} = 48.6 \text{ N}$$

I Principio della Meccanica

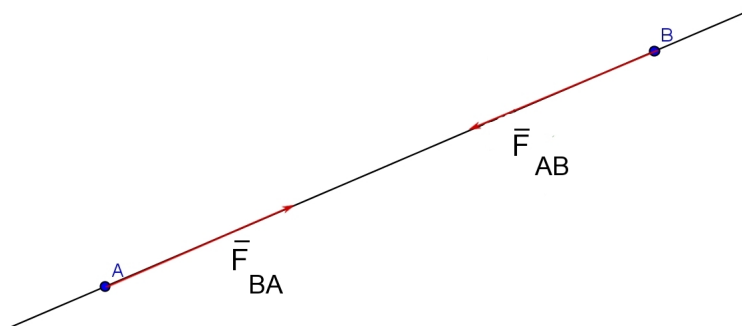
Affinchè un corpo rimanga in quiete o si muova di moto rettilineo uniforme rispetto ad un sistema di riferimento inerziale, è necessario che la somma di tutte le forze ad esso applicate sia zero.

Corpo in quiete o in moto rettilineo uniforme $\rightarrow \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots = 0$

III Principio della Meccanica

Ogni volta che un corpo A esercita una forza $\vec{F}_{AB}$ su di un corpo B, il corpo B contemporaneamente esercita sul corpo A una forza

$$\vec{F}_{BA} = -\vec{F}_{AB}$$



Le due forze hanno la stessa intensità $F_{BA} = F_{AB}$ e direzione, ma $\vec{F}_{BA}$ ha verso opposto a $\vec{F}_{AB}$. Le forze agiscono sempre in coppie (*azione e reazione*). **Le due forze agiscono su corpi diversi.**

Cromer, Fisica per Medicina, Farmacia e Biologia: figura 2.11

Applicazione: trazione cervicale (Applicazione ripetuta del I e III Principio)

Cromer, Fisica per Medicina, Farmacia e Biologia: figura 2.23

Calcoliamo la tensione T esercitata sulle vertebre cervicali di un paziente da un dispositivo di trazione (apparecchio che consiste di una cinghia sotto il mento collegata ad una corda che passa sopra una puleggia e che è attaccata all'altra estremità ad un corpo sospeso di peso $F_g = 55 \text{ N}$).

Una corda trasmette inalterata (in intensità) la forza applicata (tensione), ma ne modifica la direzione ed il punto di applicazione. Per cui è come se la forza F_g fosse *applicata direttamente alla testa* in direzione orizzontale: $F_a = F_g = 55 \text{ N}$.

Cromer, Fisica per Medicina, Farmacia e Biologia: figura 2.24

Testa in equilibrio $\rightarrow$ forza (di contatto) applicata dal collo sulla testa: $\vec{F}_c + \vec{F}_a = 0$ (I Principio) $\rightarrow \vec{F}_c = -\vec{F}_a \rightarrow F_c = F_a = 55 \text{ N}$.

Reazione a tale forza che la testa esercita sul collo: $\vec{R}_c = -\vec{F}_c$ (III Principio) $\rightarrow R_c = F_c = 55 \text{ N}$.

Collo in equilibrio $\rightarrow$ forza esercitata sul collo dal resto della colonna vertebrale $\vec{F}_{c2} + \vec{R}_c = 0$ (I Principio) $\rightarrow \vec{F}_{c2} = -\vec{R}_c \rightarrow F_{c2} = R_c = 55 \text{ N}$.

Si noti che nella figura originale del Cromer (figura 2.24) la seconda forza di contatto $\vec{F}_{c2}$ è indicata anch'essa con $\vec{F}_c$.

Applicazione: forza di superficie sull'articolazione anca-femore

Cromer, Fisica per Medicina, Farmacia e Biologia: figura 2.52.

NB: nella figura i versi di tutte le forze vanno invertiti.

$$F_1 = 100 \text{ N}, \alpha_1 = 90^\circ, F_2 = 400 \text{ N}, \alpha_2 = 60^\circ, F_3 = 200 \text{ N}, \alpha_3 = 45^\circ$$

Somma vettoriale per determinare la forza muscolare totale:

$$F_{1x} = F_1 \cos \alpha_1 = (100 \text{ N}) \cos 90^\circ = (100 \text{ N}) \cdot 0 = 0$$

$$F_{1y} = F_1 \sin \alpha_1 = (100 \text{ N}) \sin 90^\circ = (100 \text{ N}) \cdot 1 = 100 \text{ N}$$

$$F_{2x} = F_2 \cos \alpha_2 = (400 \text{ N}) \cos 60^\circ = (400 \text{ N}) \cdot 0.5 = 200 \text{ N}$$

$$F_{2y} = F_2 \sin \alpha_2 = (400 \text{ N}) \sin 60^\circ = (400 \text{ N}) \cdot 0.866 = 346 \text{ N}$$

$$F_{3x} = F_3 \cos \alpha_3 = (200 \text{ N}) \cos 45^\circ = (200 \text{ N}) \cdot 0.707 = 141 \text{ N}$$

$$F_{3y} = F_3 \sin \alpha_3 = (200 \text{ N}) \sin 45^\circ = (200 \text{ N}) \cdot 0.707 = 141 \text{ N}$$

$$S_x = F_{1x} + F_{2x} + F_{3x} = 0 + 200 \text{ N} + 141 \text{ N} = 341 \text{ N}$$

$$S_y = F_{1y} + F_{2y} + F_{3y} = 100 \text{ N} + 346 \text{ N} + 141 \text{ N} = 587 \text{ N}$$

$$S = \sqrt{S_x^2 + S_y^2} = \sqrt{341^2 + 587^2} \text{ N} = 679 \text{ N}$$
$$\tan \theta = S_y/S_x = 1.72 \rightarrow \theta \simeq 60^\circ$$

Se la persona è ferma, per il I Principio: $\vec{F}_s + \vec{S} = 0$, dove F_s è la forza di superficie che agisce sull'articolazione anca-femore.

$$\vec{F}_s = -\vec{S} \rightarrow F_s = S = 679 \text{ N}$$

CdL Professioni Sanitarie
A.A. 2012/2013

Esercizi riassuntivi

(1) La figura mostra un apparato di trazione. La fune esercita due forze distinte sul piede e l'intensità di ciascuna di queste forze è pari al peso applicato. Trovare le componenti e l'intensità della forza totale che il dispositivo esercita sul piede. Suggerimento: la tensione della fune è la stessa ovunque (Cromer, Fisica per Medicina, Farmacia e Biologia: problema 27, pag. 37; figura 2.55).

$$F_1 = 10 \text{ N}, \alpha_1 = -30^\circ$$

$$F_2 = 10 \text{ N}, \alpha_2 = 60^\circ$$

$$F_{1x} = F_1 \cos \alpha_1 = (10 \text{ N}) \cos(-30^\circ) = (10 \text{ N}) \cdot 0.866 = 8.66 \text{ N}$$

$$F_{1y} = F_1 \sin \alpha_1 = (10 \text{ N}) \sin(-30^\circ) = -(10 \text{ N}) \cdot 0.5 = -5 \text{ N}$$

$$F_{2x} = F_1 \cos \alpha_1 = (10 \text{ N}) \cos 60^\circ = (10 \text{ N}) \cdot 0.5 = 5 \text{ N}$$

$$F_{2y} = F_1 \sin \alpha_1 = (10 \text{ N}) \sin 60^\circ = (10 \text{ N}) \cdot 0.866 = 8.66 \text{ N}$$

$$S_x = F_{1x} + F_{2x} = 8.66 \text{ N} + 5 \text{ N} = 13.66 \text{ N}$$

$$S_y = F_{1y} + F_{2y} = -5 \text{ N} + 8.66 \text{ N} = 3.66 \text{ N}$$

$$S = \sqrt{S_x^2 + S_y^2} = \sqrt{13.66^2 + 3.66^2} \text{ N} = 14.1 \text{ N}$$

(2) Calcolare l'intensità della forza di gravità che agisce sulla Terra a causa dell'attrazione gravitazionale della Luna. La massa della Terra e della Luna sono, rispettivamente, $M_T = 6 \times 10^{24} \text{ kg}$ e $M_L = 7.3 \times 10^{22} \text{ kg}$, mentre la distanza media tra i loro centri è $r = 3.5 \times 10^5 \text{ km}$.

$$F_g = GM_T M_L / r^2 = (6.67 \times 10^{-11}) \cdot (6 \times 10^{24}) \cdot (7.3 \times 10^{22}) / (3.5 \times 10^8)^2 \text{ N}$$

$$F_g = 23.8 \times 10^{19} \text{ N} = 2.38 \times 10^{20} \text{ N}$$

(3) Calcolare la forza di superficie F_s che agisce sull'articolazione dell'omero a braccio disteso. Il peso del braccio è $F_g = 35 \text{ N}$ e la forza che esercita il muscolo deltoide è $F_m = 300 \text{ N}$. L'angolo che tale forza forma con la direzione dell'omero è 30° (figura 2.37, Cromer).

Cromer, Fisica per Medicina, Farmacia e Biologia: figura 2.37.

Consideriamo un sistema di assi cartesiani ortogonali orientato con l'asse x lungo il braccio (verso destra) e l'asse y perpendicolarmente (verso l'alto).

$$F_g = 35 \text{ N}, \alpha_g = -90^\circ$$
$$F_m = 300 \text{ N}, \alpha_m = 150^\circ$$

$$F_{gx} = F_g \cos \alpha_g = F_g \cos(-90^\circ) = 0 \text{ N}$$
$$F_{gy} = F_g \sin \alpha_g = F_g \sin(-90^\circ) = -35 \text{ N}$$

$$F_{mx} = F_m \cos \theta_m = (300 \text{ N}) \cos 150^\circ = -260 \text{ N}$$
$$F_{my} = F_m \sin \theta_m = 300 \text{ N} \sin 150^\circ = 150 \text{ N}$$

$$S_x = F_{gx} + F_{mx} = -260 \text{ N}$$
$$S_y = F_{gy} + F_{my} = -35 \text{ N} + 150 \text{ N} = 115 \text{ N}$$

$$S = \sqrt{S_x^2 + S_y^2} = \sqrt{(-260)^2 + 115^2} \text{ N} = 284 \text{ N}$$

$$\text{I Principio: } \vec{F}_g + \vec{F}_m + \vec{F}_s = 0 \rightarrow \vec{F}_s = -(\vec{F}_g + \vec{F}_m)$$

$$\vec{S} = \vec{F}_g + \vec{F}_m$$

$$\vec{F}_s = -\vec{S} \rightarrow F_s = S = 284 \text{ N e stessa direzione ma verso opposto a } \vec{S}$$

(4) Una corda è legata ad una estremità ad un trattore e all'altra estremità alla base di un albero. Quando viene messa in trazione, esercita una forza di $F = 1000 \text{ N}$ sull'albero. L'angolo formato dalla direzione della forza con la recinzione del terreno in cui si trova l'albero è 30° . Calcolare le componenti della reazione alla forza F che l'albero esercita sul trattore prendendo come riferimento un sistema di assi cartesiani con l'asse x lungo la recinzione e l'origine nella posizione dell'albero.

$$F = 1000 \text{ N}, \alpha = 30^\circ$$

$$F_x = F \cos \alpha = (1000 \text{ N}) \cdot 0.866 = 866 \text{ N}$$

$$F_y = F \sin \alpha = (1000 \text{ N}) \cdot 0.5 = 500 \text{ N}$$

$$\vec{R} = -\vec{F}$$

$$R_x = -F_x = -866 \text{ N}$$

$$R_y = -F_y = -500 \text{ N}$$