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

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

3° lezione (4 / 10 / 2018)

Dr. Laura VALORE

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

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

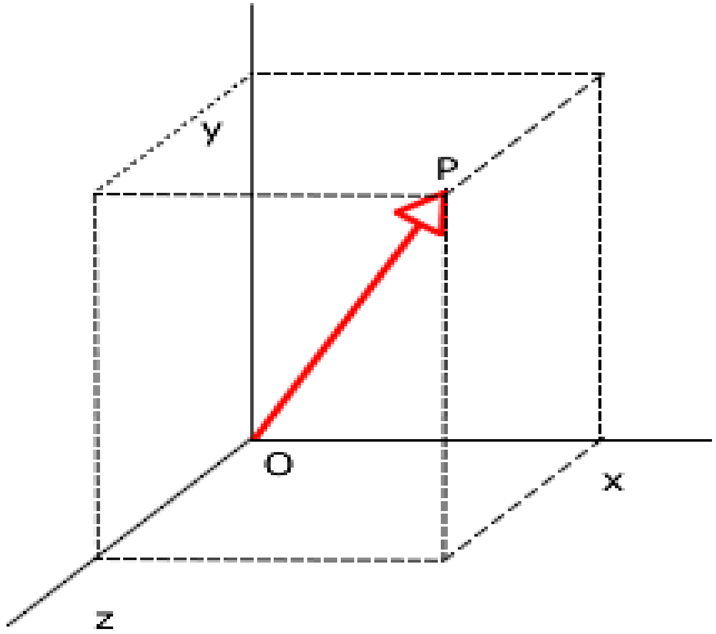
Ricevimento : appuntamento per email – studio presso il Dipartimento di Fisica
(Complesso Universitario di Monte Sant'Angelo, Edificio 6) – stanza 1H09

Oppure Laboratorio (Hangar) 1H11c0

Vettori

- Un vettore è individuato da :
  - intensità (o modulo o valore assoluto)
  - direzione (la linea retta lungo la quale agisce)
  - verso (uno dei due sensi possibili lungo la retta)

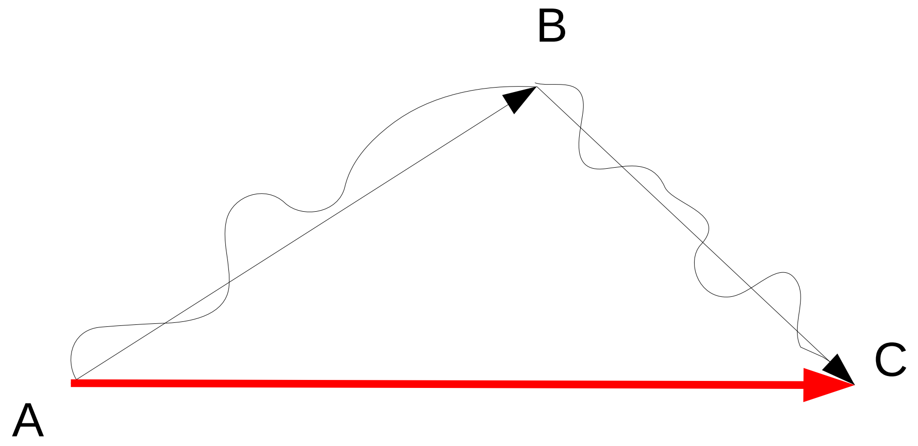
in 3 dimensioni



Somma vettoriale

Consideriamo una particella che si muove prima da A a B e poi da B a C.

L'effetto totale è uno spostamento da A a C

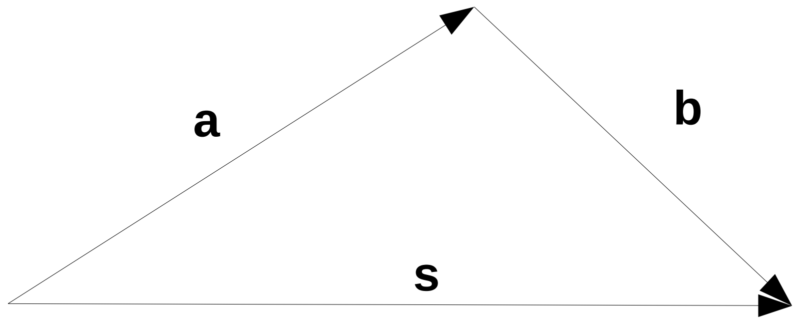


Chiamiamo AC la SOMMA o RISULTANTE dei vettori AB e BC

Procedimento grafico per sommare vettori

si disegna il vettore **a** in una scala appropriata al suo modulo e con la giusta inclinazione, tenendo conto del sistema di riferimento scelto.

si disegna il vettore **b** da sommare ad a nella stessa scala e con la coda coincidente con la punta del vettore **a**



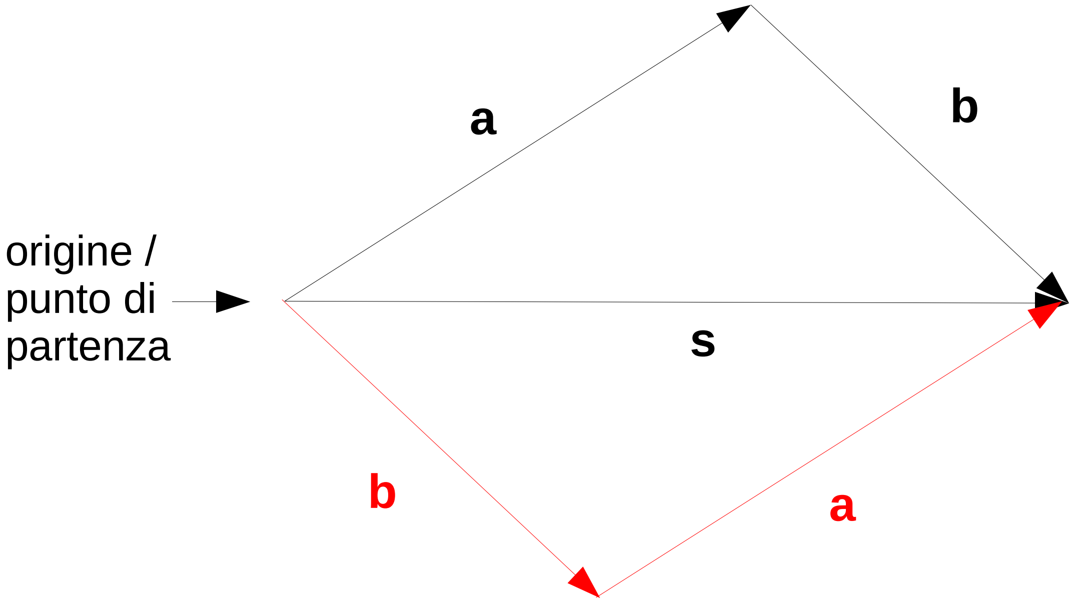
la somma vettoriale s si costruisce tracciando il vettore dalla coda di a alla punta di b

scrivere : AB + BC = AC   o   **a**+**b**=**s**   è la stessa cosa!!

Proprietà della somma di vettori

- proprietà commutativa

a + **b** = **b** + **a**

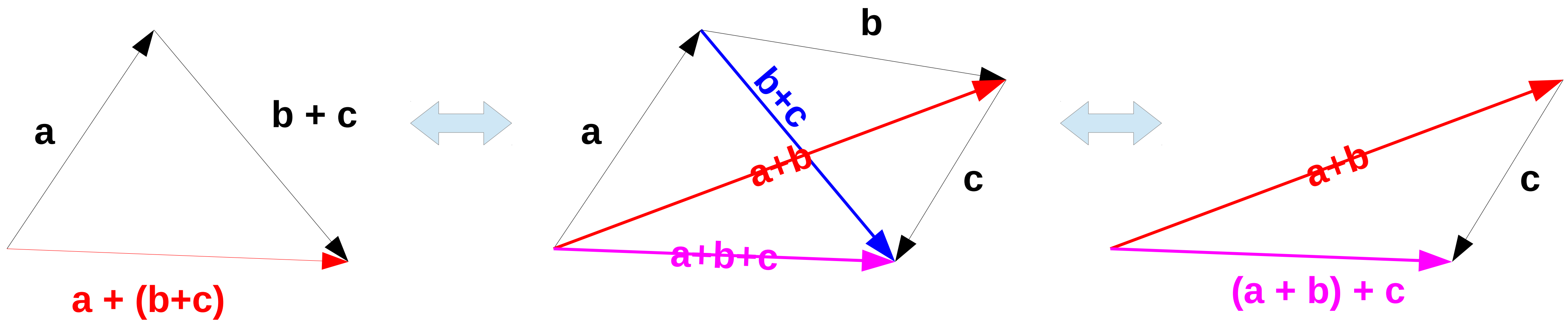


il vettore risultante dalla somma non dipende dall'ordine degli addendi

Proprietà della somma di vettori

- proprietà associativa

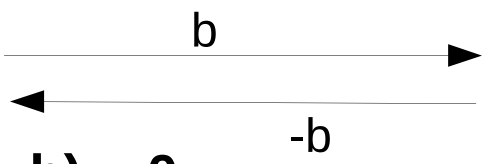
$$(\mathbf{a} + \mathbf{b}) + \mathbf{c} = \mathbf{a} + (\mathbf{b} + \mathbf{c})$$



I tre vettori a,b e c possono essere raggruppati in qualsiasi modo quando vengono sommati

Sottrazione di vettori

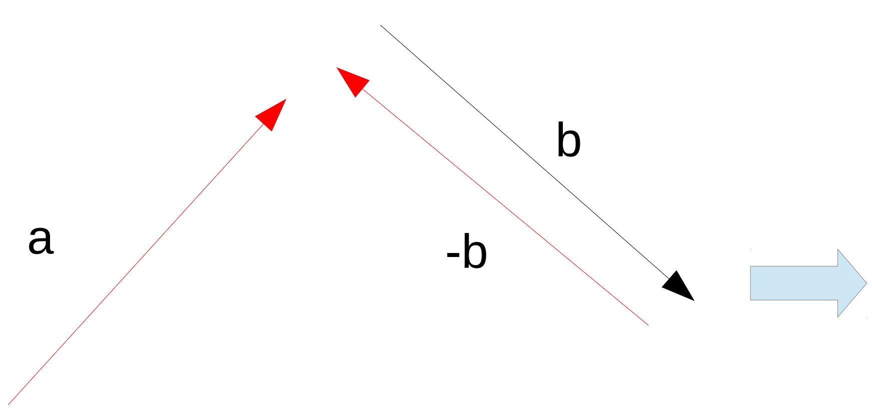
Il vettore -b è un vettore con lo stesso modulo e direzione di b, ma con verso opposto

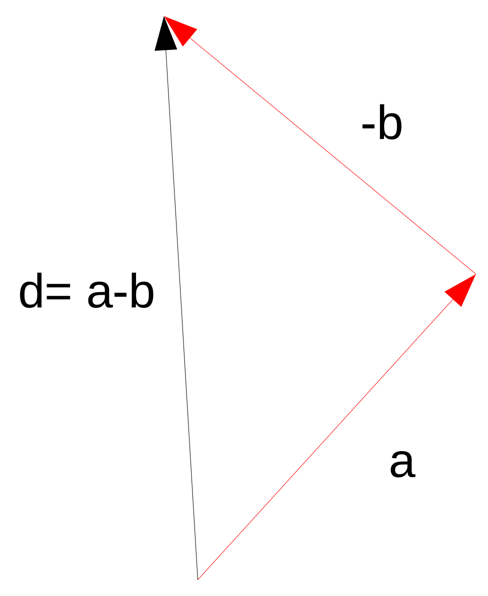


se sommiamo I vettori b e -b → **b + (- b) = 0**

sottrarre un vettore b ad un vettore a significa sommare -b ad a :

d = (a - **b**) = **a** + (-**b**)

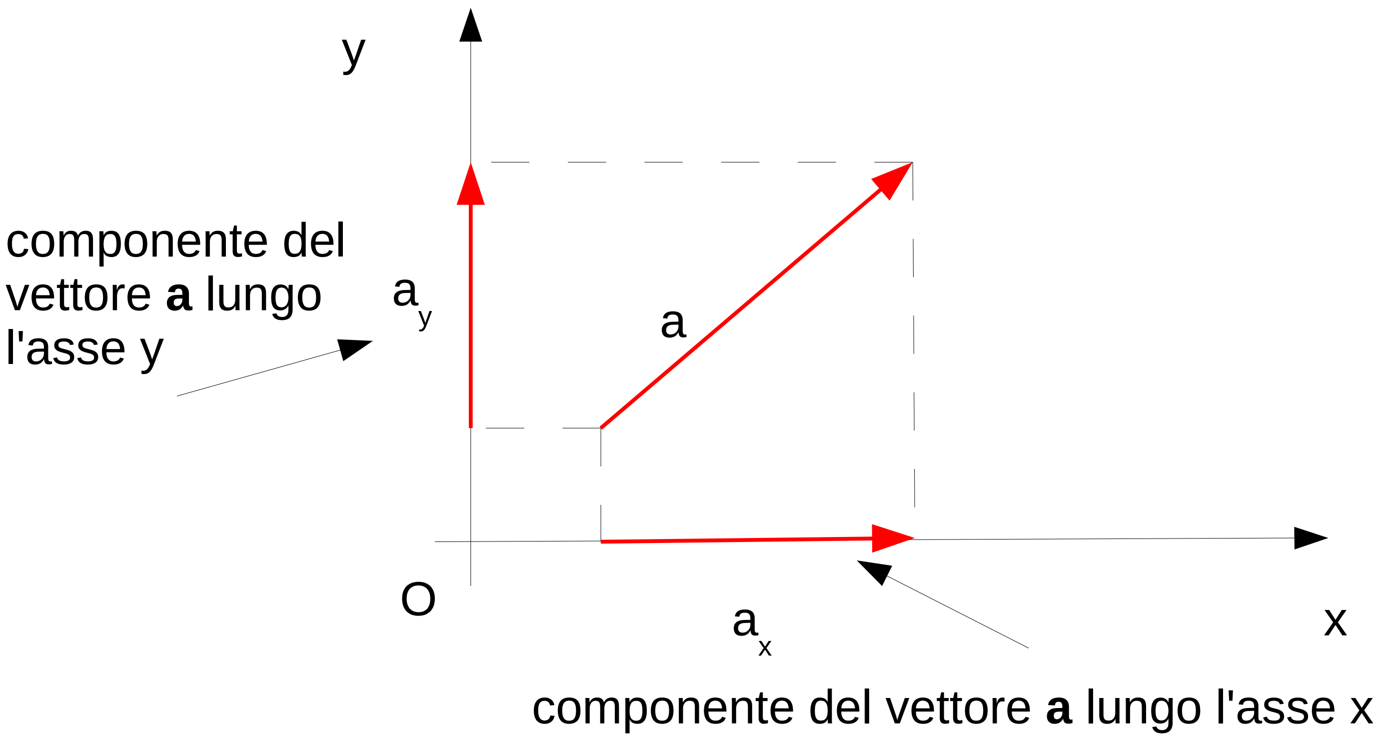




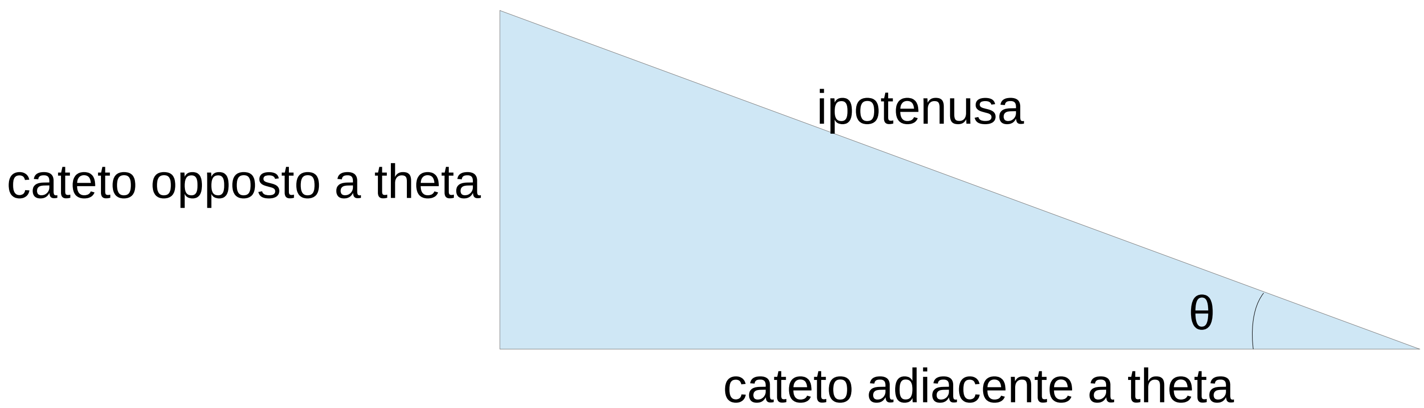
come nelle equazioni dell'algebra comune, se
d = a-b → posso scrivere a=d+b

Scomposizione di un vettore

- La componente di un vettore è la sua proiezione su un asse



Funzioni trigonometriche



cateto opposto a theta = ipotenusa * senθ

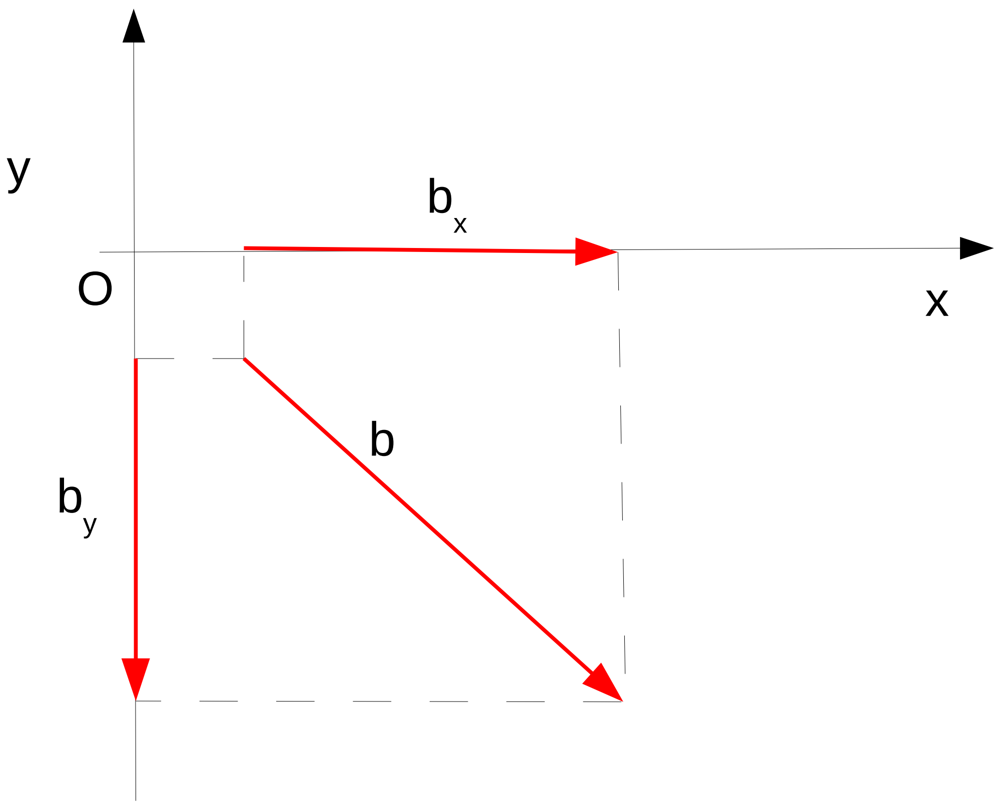
cateto adiacente a theta = ipotenusa * cosθ

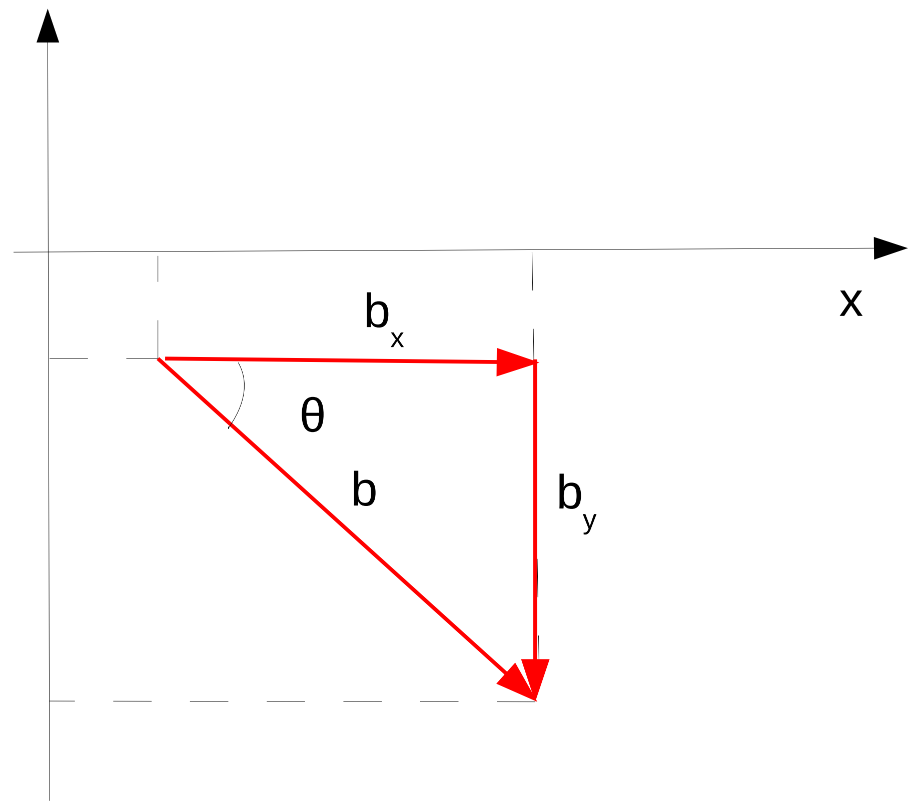
tan θ = cateto opposto a theta / cateto adiacente a theta

Componenti del vettore

il vettore e le sue componenti in x ed y formano un triangolo rettangolo

theta (θ) è l'angolo formato dal vettore con la semiretta positiva dell'asse x





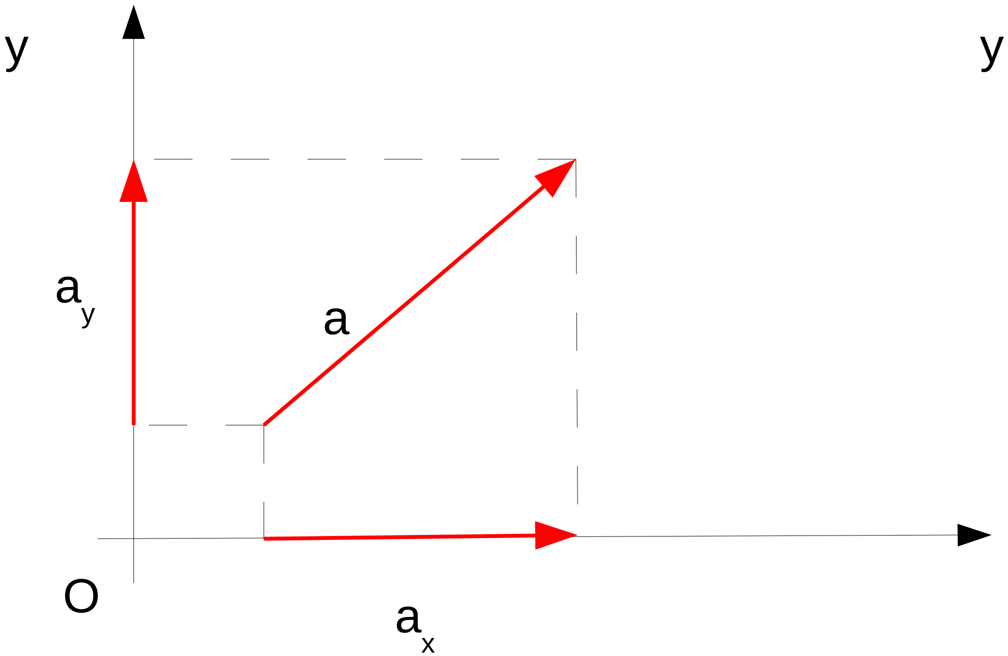
$b_x = b \cdot \cos\theta$
$b_y = b \cdot \operatorname{sen}\theta$

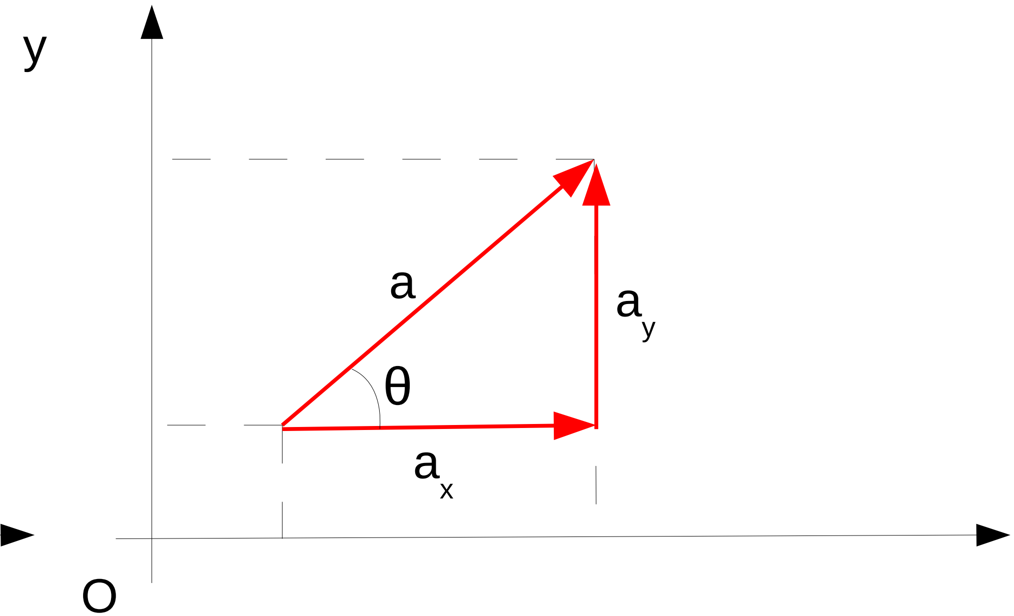
Componenti del vettore

Un vettore **a** è completamente individuato dalle sue componenti
a (modulo del vettore) e θ (direzione del vettore rispetto all'asse x).

Alternativamente, possiamo individuare il vettore a una volta noti a_x ed a_y

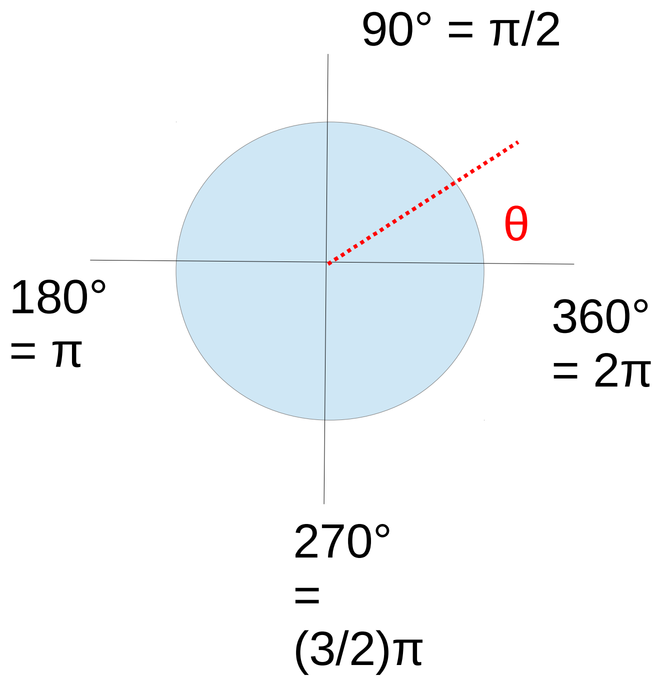
$$a = \sqrt{a_x^{\,2} + a_y^{\,2}} \qquad \tan\theta = a_y/a_x$$



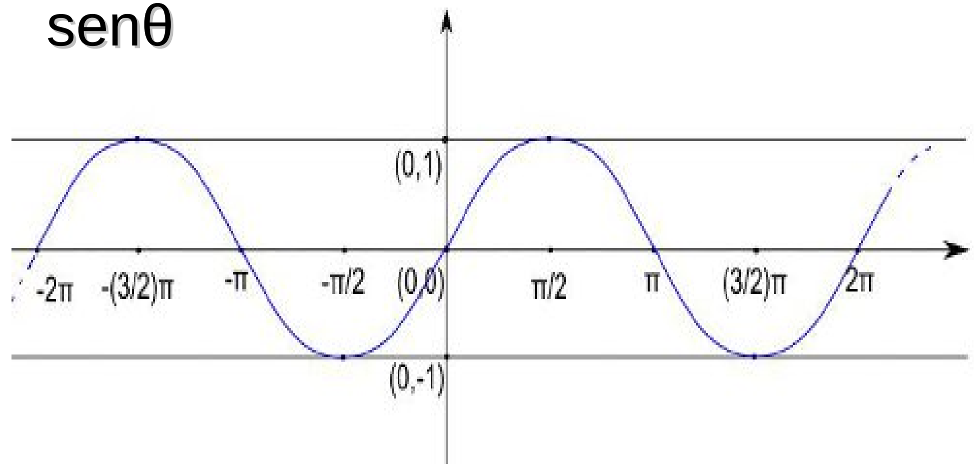


$$\boxed{\begin{aligned} ax &= a \bullet \cos\theta \\ ay &= a \bullet \mathrm{sen}\theta \end{aligned}}$$

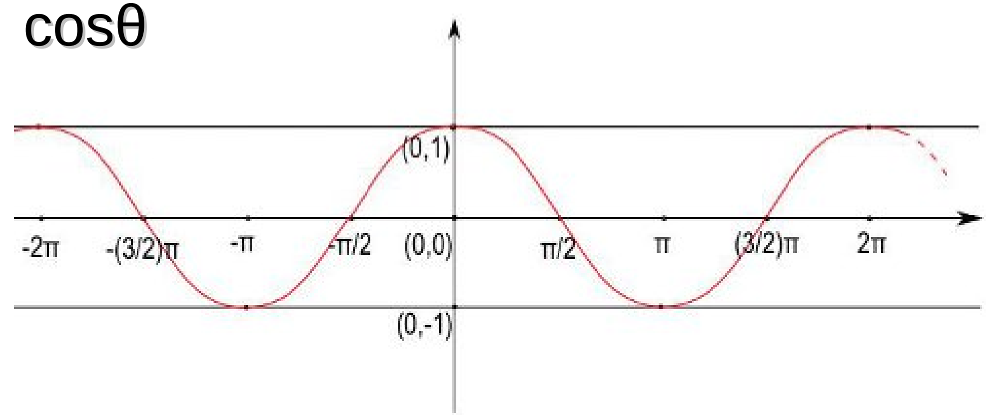
Funzioni seno / coseno



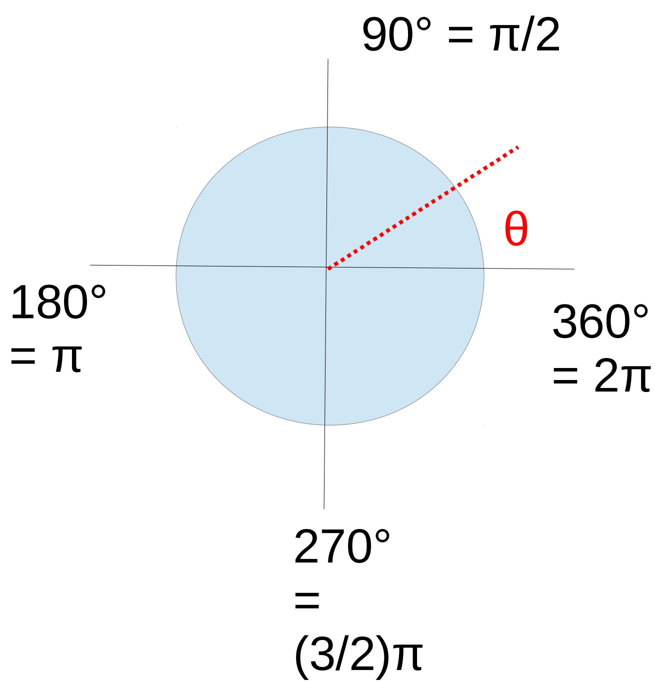
senθ



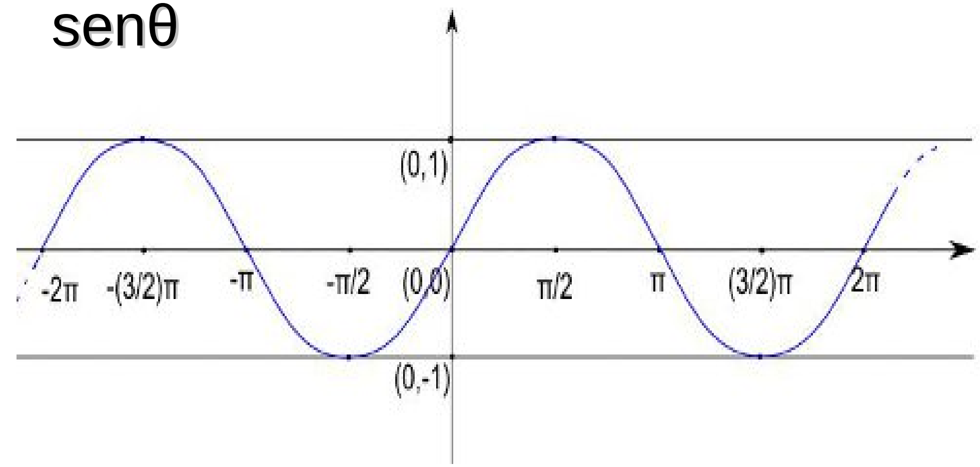
cosθ



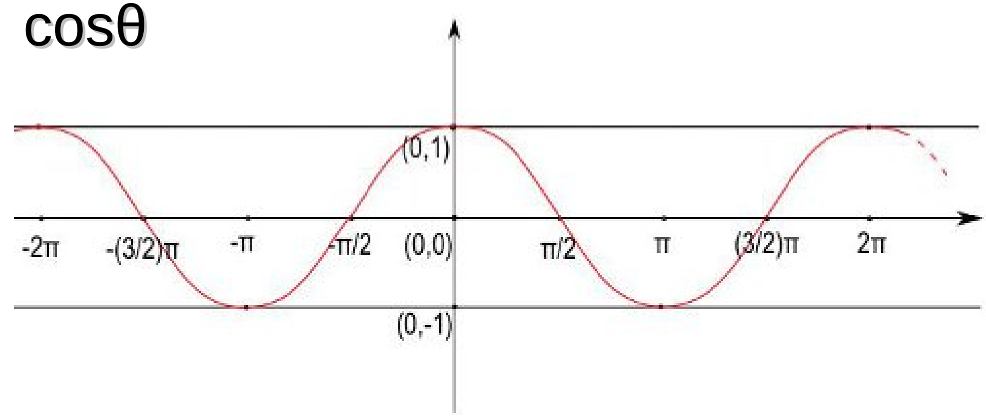
Funzioni seno / coseno



senθ



cosθ



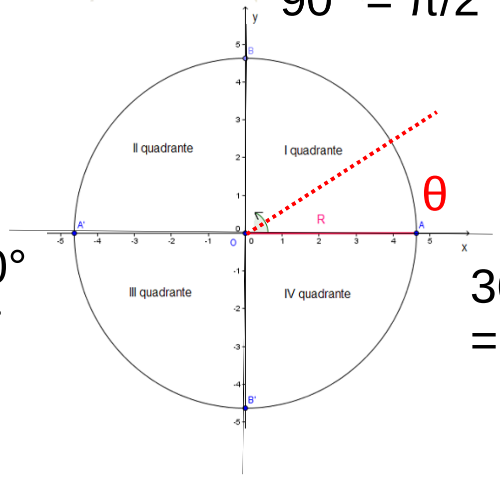
la funzione seno è :

positiva quando l'angolo è compreso
tra 0 e 180°

negativa tra 180° e 360° (o tra 0° e -180°)

Funzioni seno / coseno

90° = π/2

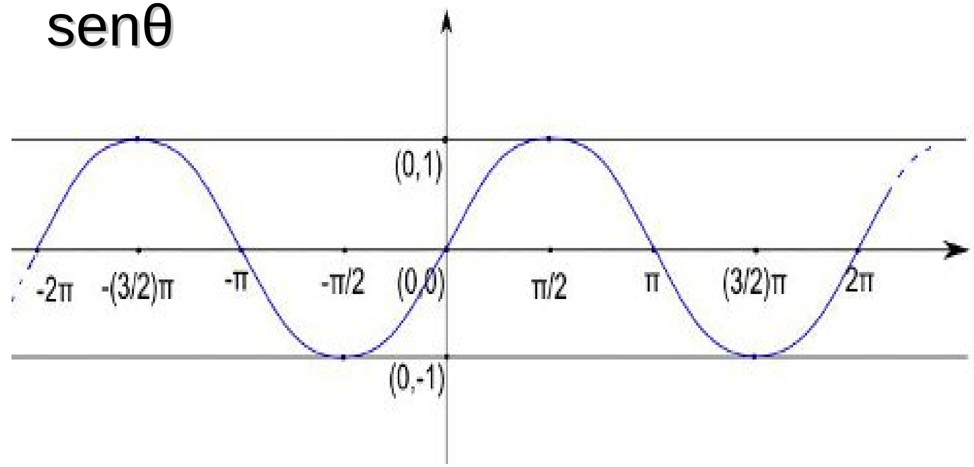


180° = π

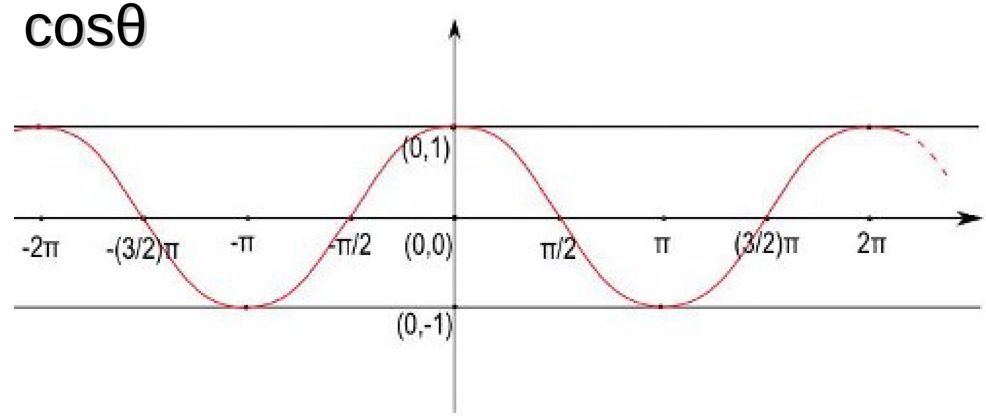
360° = 2π

270° = (3/2)π

senθ



cosθ



la funzione coseno è :

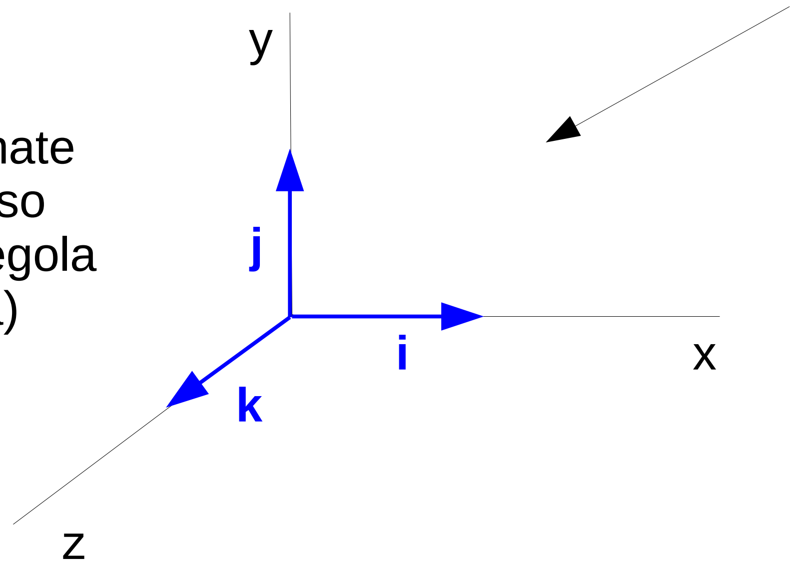
positiva quando l'angolo è compreso tra 0° e 90° e tra 270° e 360°

negativa tra 90° e 270°

Vettori unitari

- Versore : vettore unitario che ha come unico scopo quello di indicare una direzione
- modulo = 1
- non ha dimensioni

sistema di coordinate ortogonali destrorso (o che segue la regola della mano destra)



in un sistema di coordinate ortogonali x,y,z per convenzione si usano i simboli **i,j,k** per indicare i versori dei tre assi :

- **i** per l'asse x
- **j** per l'asse y
- **k** per l'asse z

Regola della mano destra

un sistema di coordinate ortogonali è destrorso se un osservatore si trova in O con la testa lungo la direzione di w vede che per sovrapporre il vettore u al vettore v la rotazione deve avvenire in senso antiorario

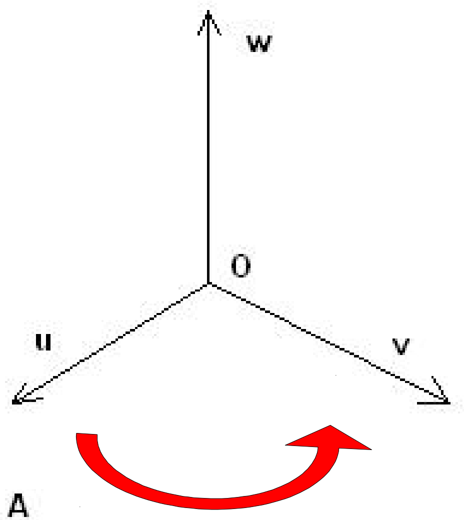


Fig. A

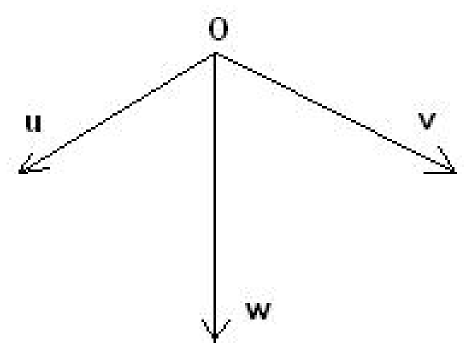
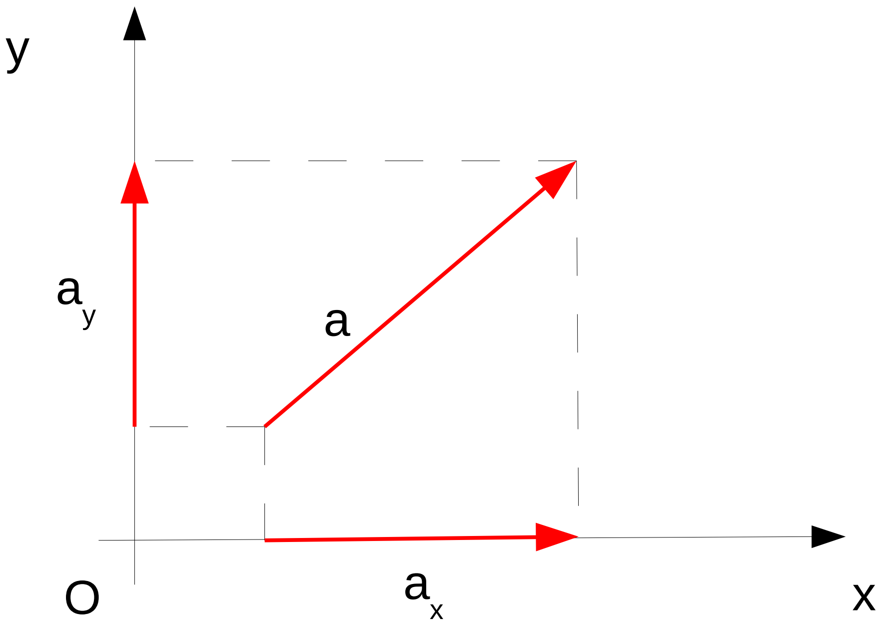
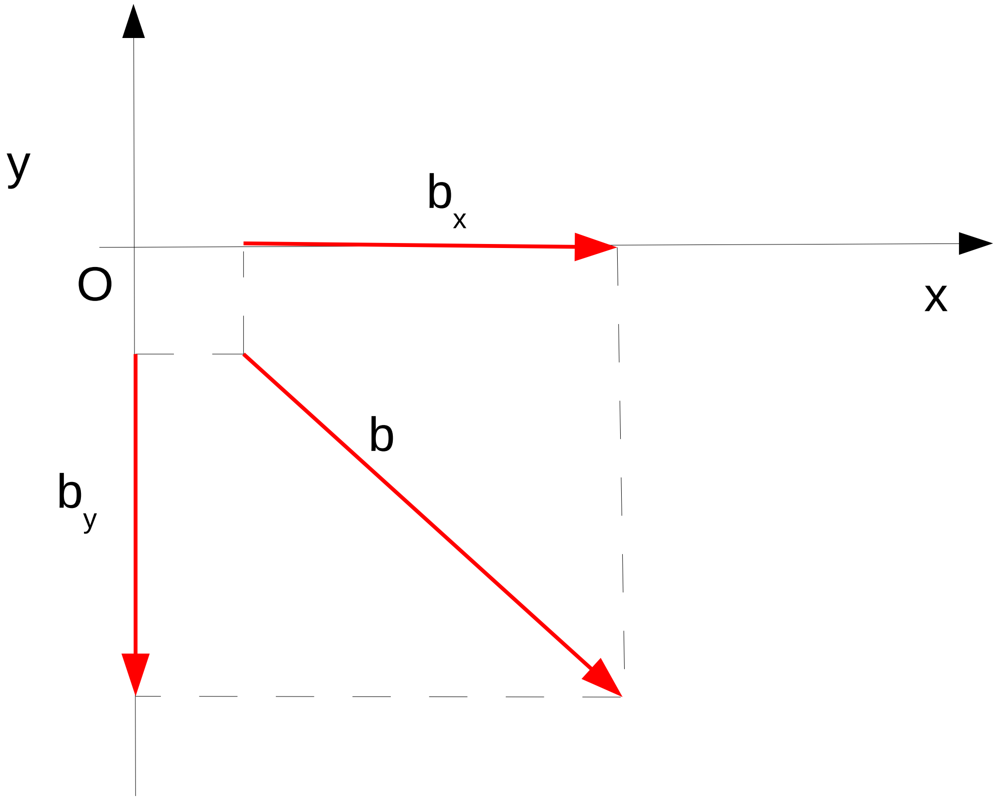


Fig. B

il sistema così fatto si dice che segue la "regola della mano destra" : se con la mano destra puntiamo con il pollice verso l'alto (asse w) e usiamo indice e medio per indicare rispettivamente u e v, vediamo che per sovrapporre u a v il dito indice deve ruotare in senso antiorario. Se usassimo la mano sinistra la rotazione avverrebbe in senso orario.

Come usare i versori per descrivere un vettore





$\mathbf{a} = a_x\mathbf{i} + a_y\mathbf{j}$

- $a_x\mathbf{i}$ ed $a_y\mathbf{j}$ sono le componenti vettoriali
- a_x ed a_y sono le componenti scalari

$\mathbf{b} = b_x\mathbf{i} + b_y\mathbf{j}$

- $b_x\mathbf{i}$ ed $b_y\mathbf{j}$ sono le componenti vettoriali
- b_x ed b_y sono le componenti scalari

Somma di vettori : uso delle componenti

$$\mathbf{r} = \mathbf{a} + \mathbf{b}$$

ogni componente di **r** deve essere uguale alla corrispondente componente di (**a** + **b)**, ovvero

$$r_x = a_x + b_x$$
$$r_y = a_y + b_y$$

quindi per calcolare **r** come somma di **a** e **b** vanno calcolate le componenti di **a** e **b** lungo ciascun asse e poi vanno ricombinate per calcolare **r**.

$$r = \sqrt{r_x^{\,2} + r_y^{\,2}} \qquad \theta = \mathrm{arctg}\,(r_y / r_x)$$

Sottrazione di vettori : uso delle componenti

$$\mathbf{d} = \mathbf{a} - \mathbf{b} = \mathbf{a} + (-\mathbf{b})$$

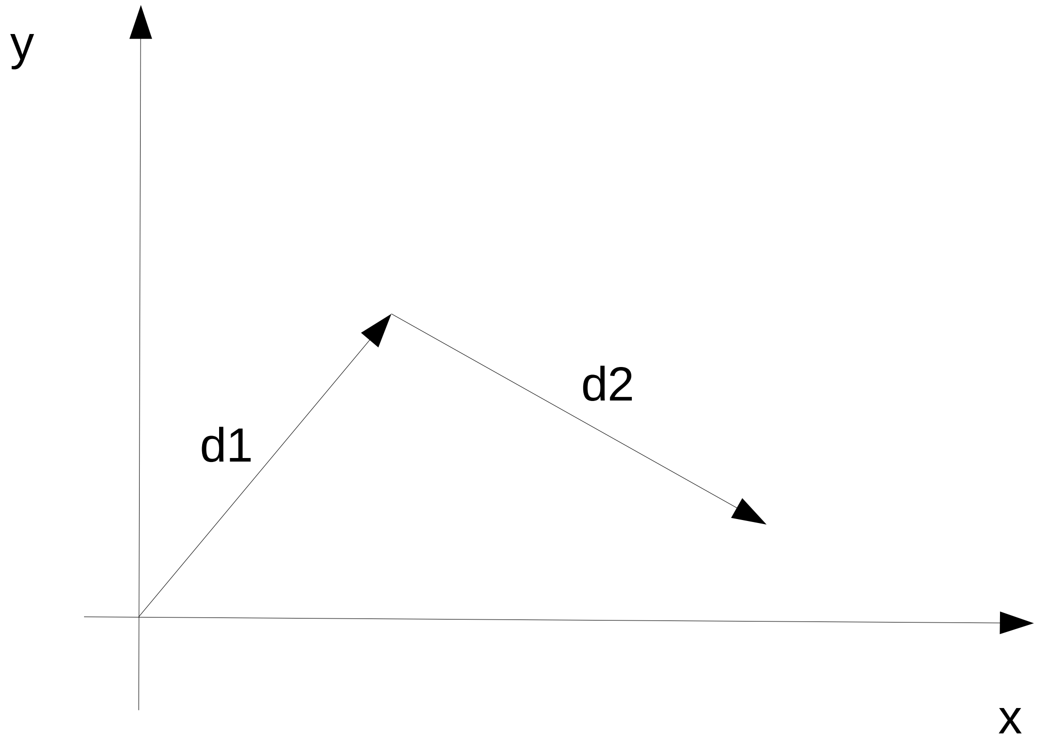
ogni componente di **d** deve essere uguale alla corrispondente componente di (**a** - **b)**, ovvero

$$d_x = a_x - b_x$$
$$d_y = a_y - b_y$$

con $\mathbf{d} = d_x\mathbf{i} + d_y\mathbf{j}$

Verifica

1. Che segno hanno le componenti x ed y di **d**1?
2. Che segno hanno le componenti x ed y di **d**2?
3. Che segno hanno le componenti x ed y del vettore risultante $\mathbf{d}_{net} = \mathbf{d}1 + \mathbf{d}2$?

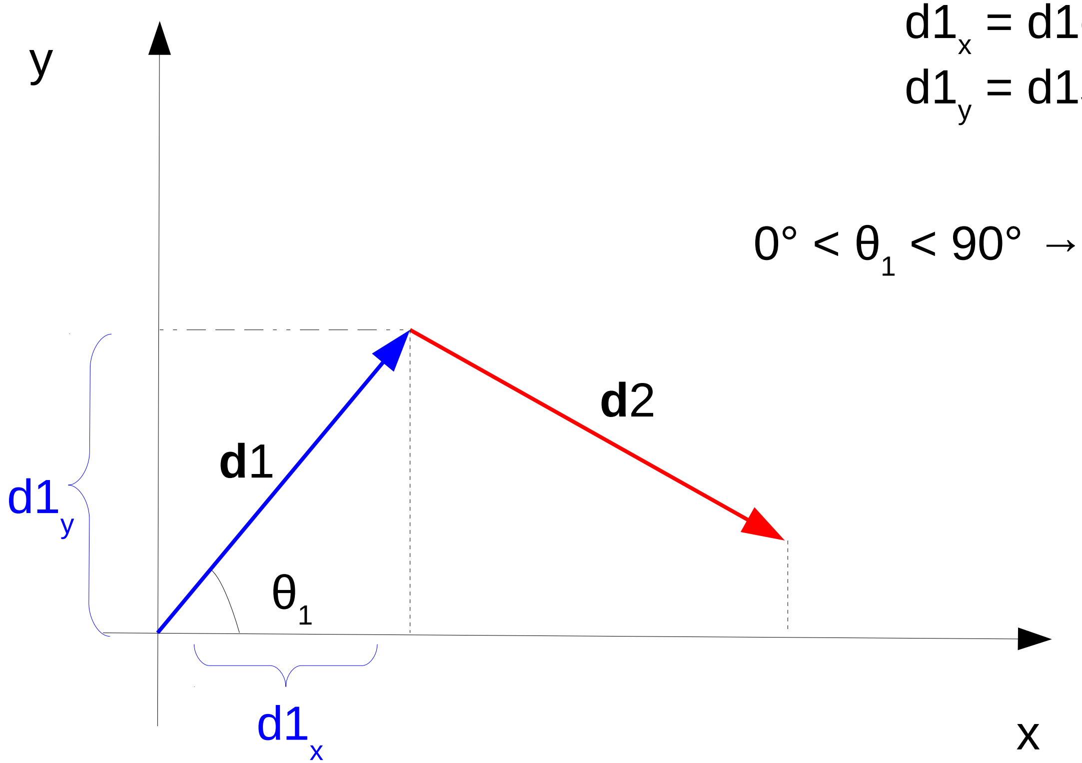


Verifica

1. Che segno hanno le componenti x ed y di **d**1? (+, +)
2. Che segno hanno le componenti x ed y di **d**2?
3. Che segno hanno le componenti x ed y del vettore risultante $\mathbf{d}_{net} = \mathbf{d}1 + \mathbf{d}2$?

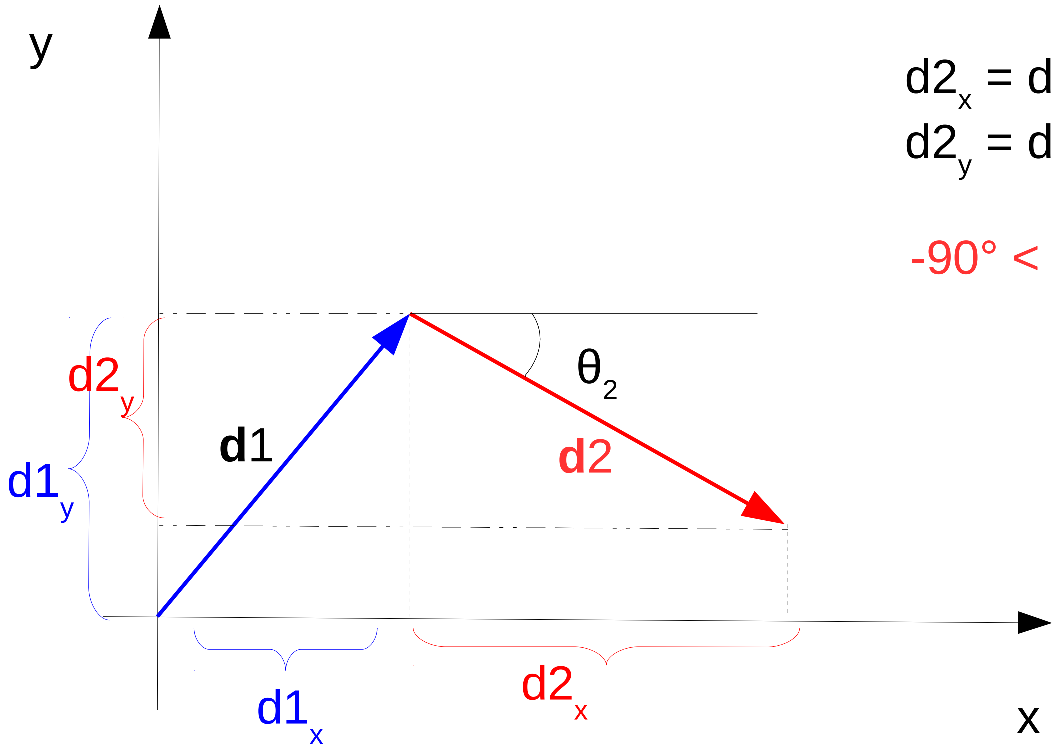
$d1_x = d1\cos\theta_1$
$d1_y = d1\,\mathrm{sen}\,\theta_1$

$0° < \theta_1 < 90° \rightarrow \sin\theta_1 > 0, \cos\theta_1 > 0$
1° quadrante



Verifica

1. Che segno hanno le componenti x ed y di **d**1? (+,+)
2. Che segno hanno le componenti x ed y di **d**2? (+, -)
3. Che segno hanno le componenti x ed y del vettore risultante $\mathbf{d}_{net} = \mathbf{d}1 + \mathbf{d}2$?



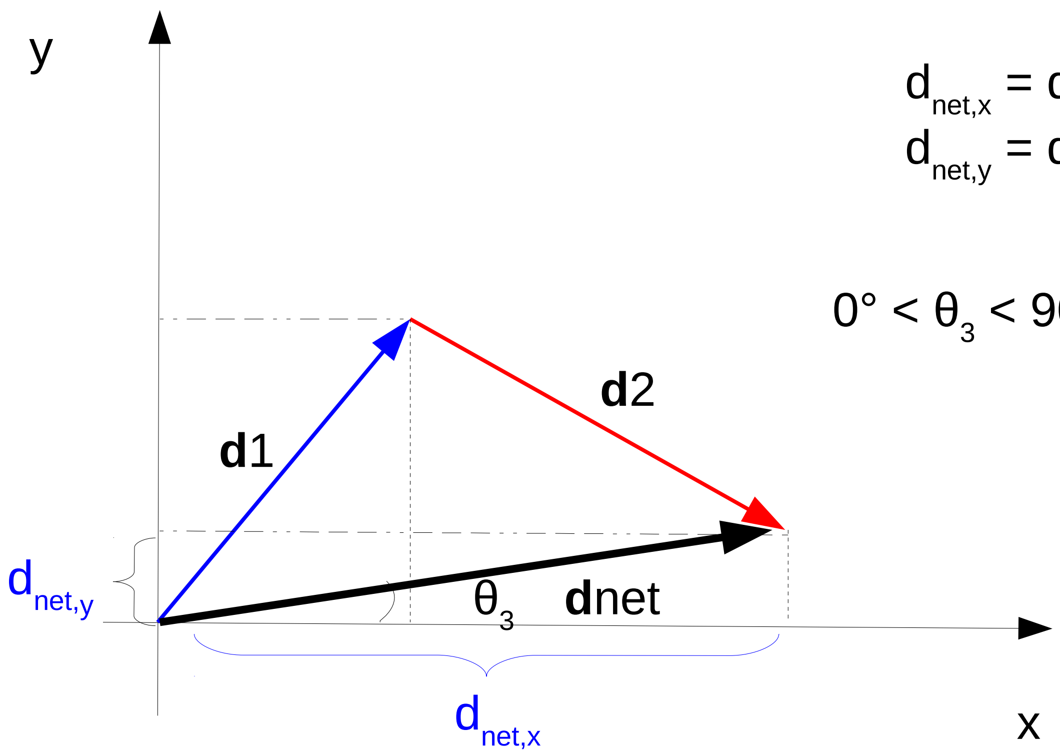
$d2_x = d2\cos\theta_2$
$d2_y = d2\mathrm{sen}\theta_2$

$-90° < \theta_2 < 0° \rightarrow \sin\theta_2 < 0, \cos\theta_2 > 0$

4° quadrante

Verifica

1. Che segno hanno le componenti x ed y di **d**1? (+,+)
2. Che segno hanno le componenti x ed y di **d**2? (+, -)
3. Che segno hanno le componenti x ed y del vettore risultante **d**$_{net}$ = **d**1 + **d**2? (+,+)



$d_{net,x} = d_{net}\cos\theta_3$

$d_{net,y} = d_{net}\mathrm{sen}\theta_3$

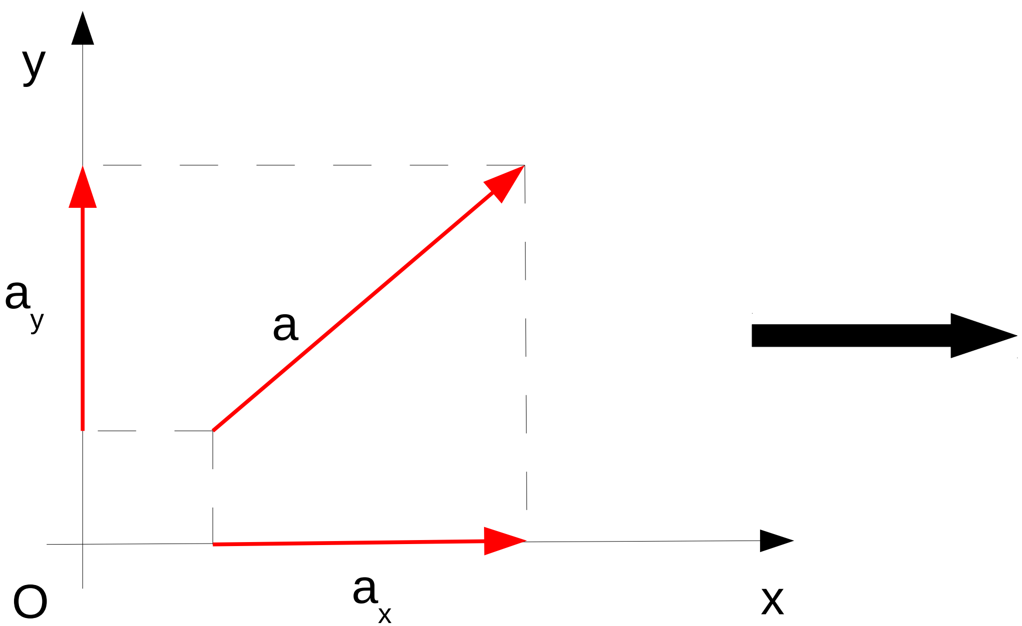
$0° < \theta_3 < 90° \rightarrow \sin\theta_3 > 0, \cos\theta_3 > 0$

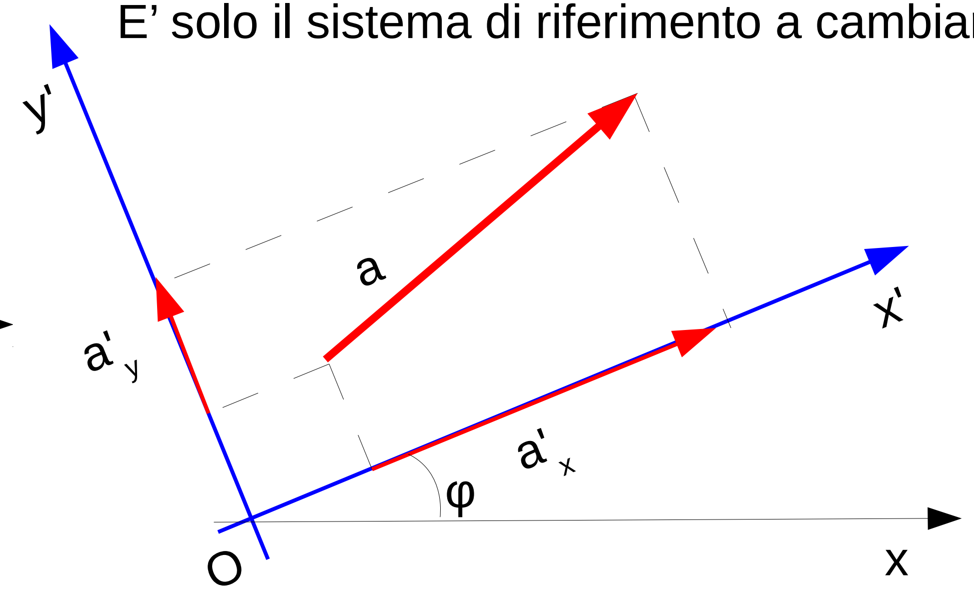
1° quadrante

Sistema di assi ruotato

preso il sistema di coordinate xy, ruotiamolo di un angolo φ : otteniamo il nuovo sistema di coordinate x'y', nel quale il vettore **a** avrà componenti a'_x ed a'_y

Il vettore **a** è sempre lo stesso!
E' solo il sistema di riferimento a cambiare



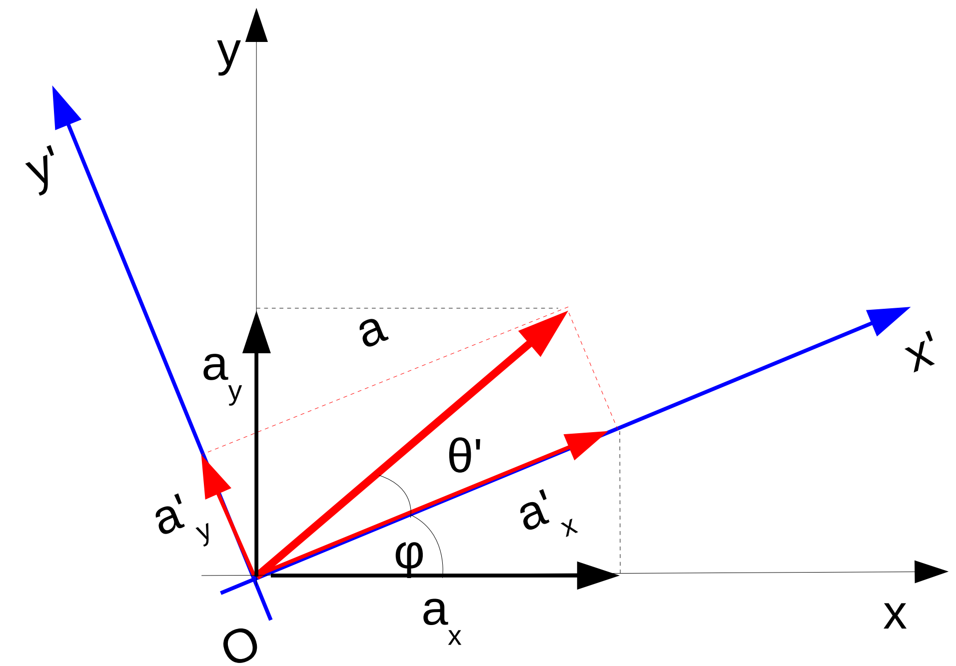


ciascuna coppia di componenti è valida nel suo sistema di coordinate.
Non ce n'è una “giusta” ed una “sbagliata”, possiamo scegliere di ruotare il sistema di coordinate dell'angolo che vogliamo e le componenti saranno calcolate nel nuovo sistema di riferimento.

$$a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2} = \sqrt{a'^2_x + a'^2_y}$$

Sistema di assi ruotato

il sistema di assi x'y' è ruotato rispetto al sistema xy di un angolo φ



le componenti di **a** sono espresse ciascuna nel suo sistema di riferimento

$$\mathbf{a} = \sqrt{a_x^2 + a_y^2} = \sqrt{a'^2_x + a'^2_y}$$

$$\theta = \theta' + \varphi$$

l'angolo θ formato da **a** rispetto al semiasse positivo dell'asse x puo' essere espresso come somma dell'angolo θ' (formato dal vettore a con il semiasse positivo dell'asse x') e la rotazione φ di un sistema di coordinate rispetto all'altro

Problema svolto 3.4

- Somma di vettori espressi nella notazione con i versori

- **a** = (4.2 m)**i** – (1.5 m)**j**
- **b** = (-1.6 m)**i** + (2.9 m)**j**
- **c** = (-3.7 m)**j**

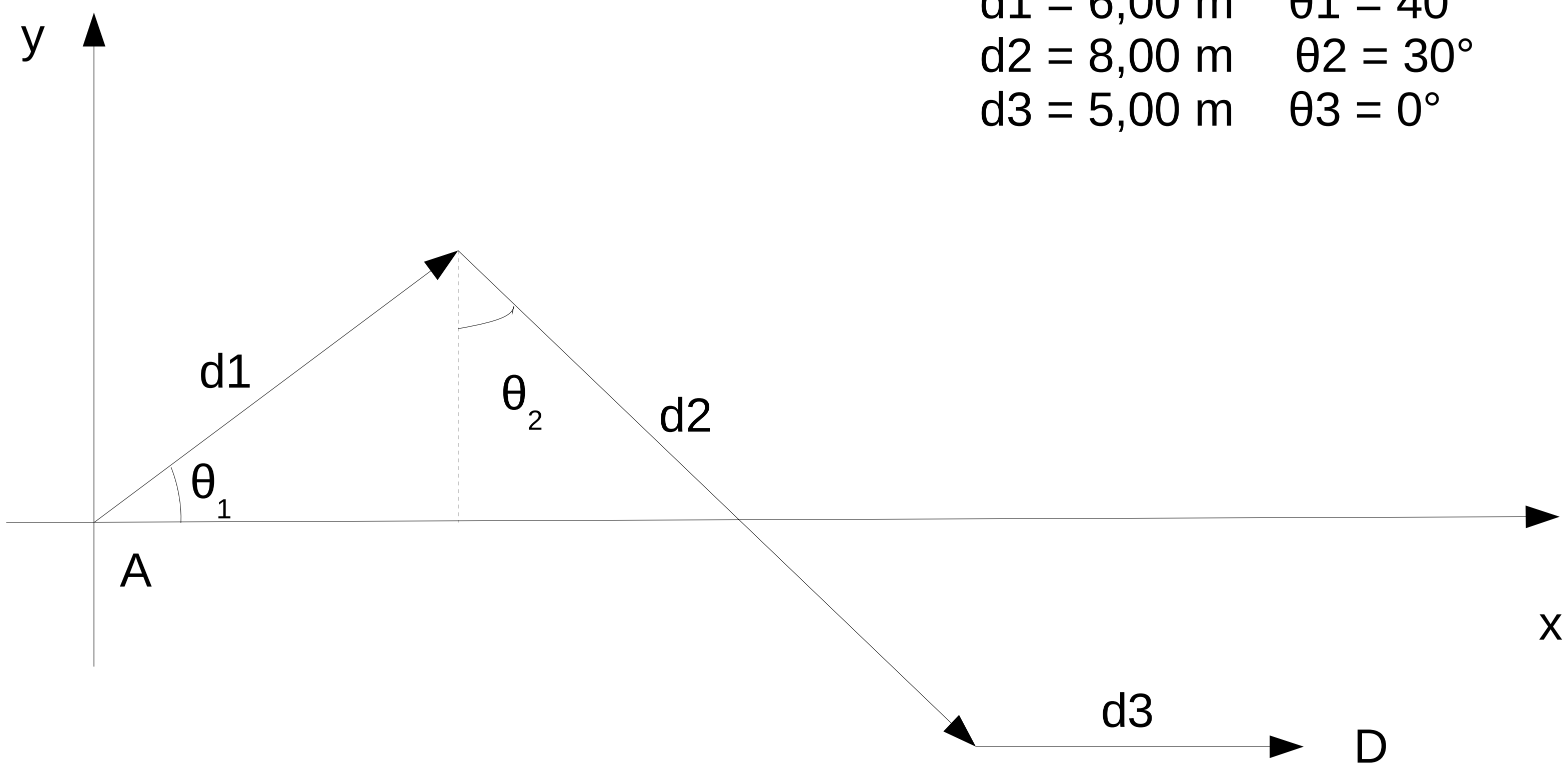
trovare il vettore **r = a + b** + **c** ed esprimerlo :

- con la notazione usando i versori
- con la notazione usando il modulo e l'angolo
- disegnare I vettori **a,b,c** ed **r** sul piano x,y

Problema svolto 3.3

- Nel grafico sono riportati gli spostamenti effettuati per andare a A a D in un piano bidimensionale.
- Quali sono il modulo, la direzione ed il verso dello spostamento risultante complessivo $\mathbf{d}_{\mathbf{net}}$?

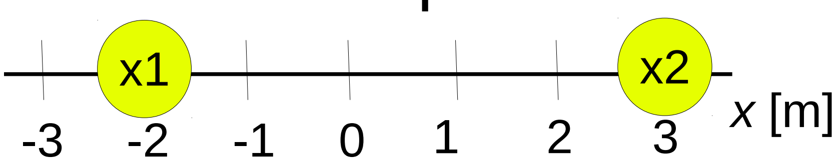
$d1 = 6{,}00$ m $\theta 1 = 40°$
$d2 = 8{,}00$ m $\theta 2 = 30°$
$d3 = 5{,}00$ m $\theta 3 = 0°$

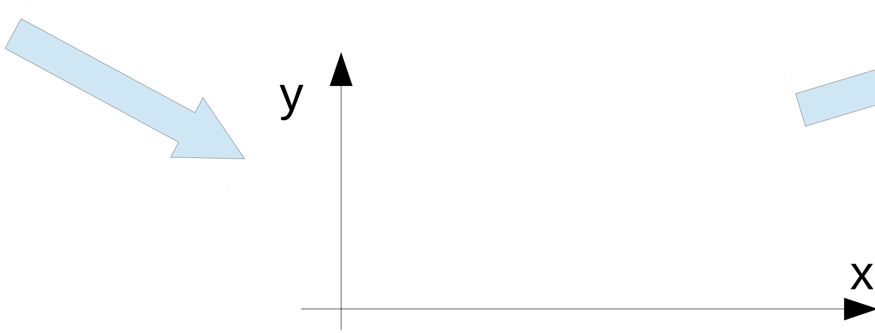


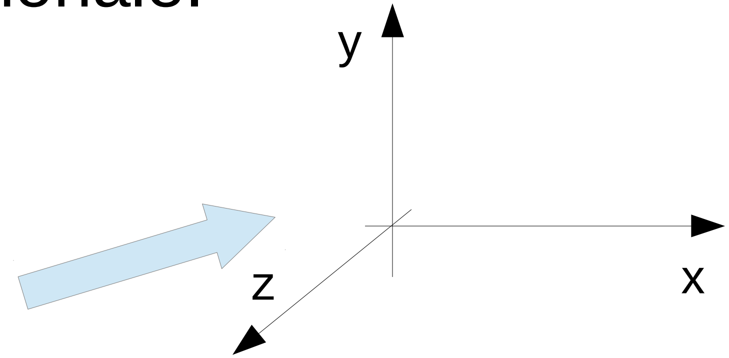
dal moto unidimensionale al moto in due e tre dimensioni

- In natura la maggior parte dei corpi non si muovono lungo una linea, ma su un piano (spazio bidimensionale) o nello spazio (spazio tridimensionale).

- E' possibile estendere i concetti introdotti per il moto unidimensionale a quello bi- o tridimensionale ridefinendo in forma <u>vettoriale</u> le grandezze cinematiche già introdotte per il moto unidimensionale.





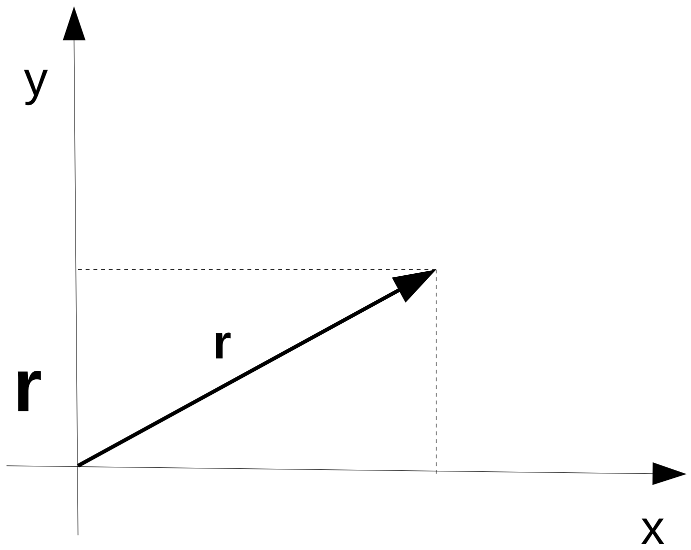


Moto in due dimensioni
vettore posizione

Per localizzare una particella o corpo puntiforme nello spazio in 2 dimensioni (nel piano) usiamo i vettori.

- Il vettore posizione **r** è puo' essere scritto nelle sue componenti x ed y usando la notazione con i versori

$$\mathbf{r} = x\mathbf{i} + y\mathbf{j}$$



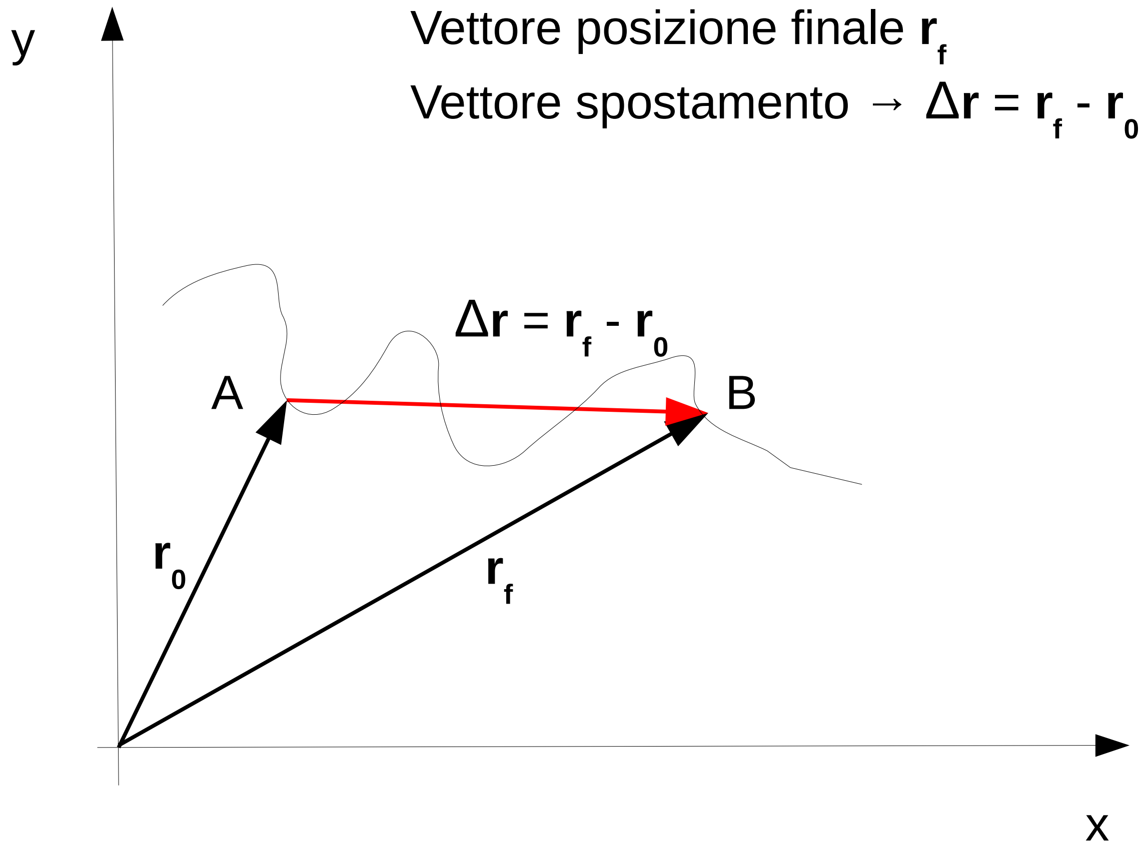
- x**i**, y**j** sono le componenti vettoriali di **r**
- x,y sono le componenti scalari

Moto in due dimensioni
vettore spostamento

Vettore posizione iniziale $\mathbf{r}_0$

Vettore posizione finale $\mathbf{r}_f$

Vettore spostamento → $\Delta\mathbf{r} = \mathbf{r}_f - \mathbf{r}_0$



$\mathbf{r}_0 = x_0\mathbf{i} + y_0\mathbf{j}$

$\mathbf{r}_f = x_f\mathbf{i} + y_f\mathbf{j}$

$$\Delta\mathbf{r} = \mathbf{r}_f - \mathbf{r}_0 = (x_f - x_0)\,\mathbf{i} + (y_f - y_0)\,\mathbf{j}$$

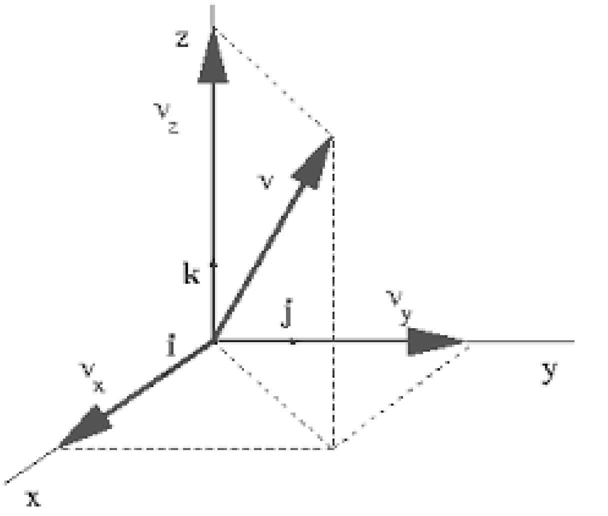
Moto in tre dimensioni
vettore posizione

Per localizzare una particella o corpo puntiforme nello spazio in tre dimensioni, aggiungiamo la terza componente

- Il vettore posizione **r** è puo' essere scritto nelle sue componenti x,y e z usando la notazione con i versori

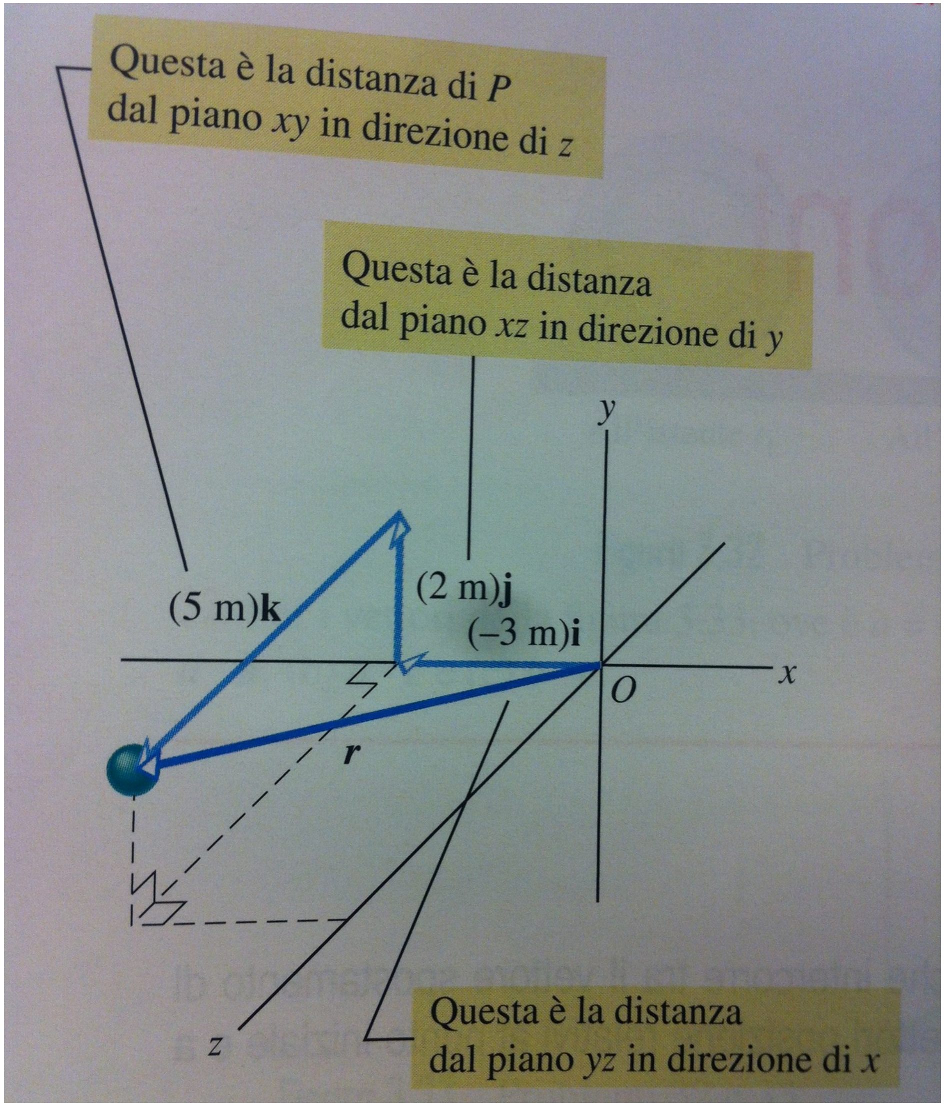
$$\mathbf{r} = x\mathbf{i} + y\mathbf{j} + z\mathbf{k}$$

- x**i**, y**j** e z**k** sono le componenti vettoriali di **r**
- x,y,z sono le componenti scalari



Esempio

$\mathbf{r} = (-3\text{ m})\mathbf{i} + (2\text{ m})\mathbf{j} + (5\text{ m})\mathbf{k}$



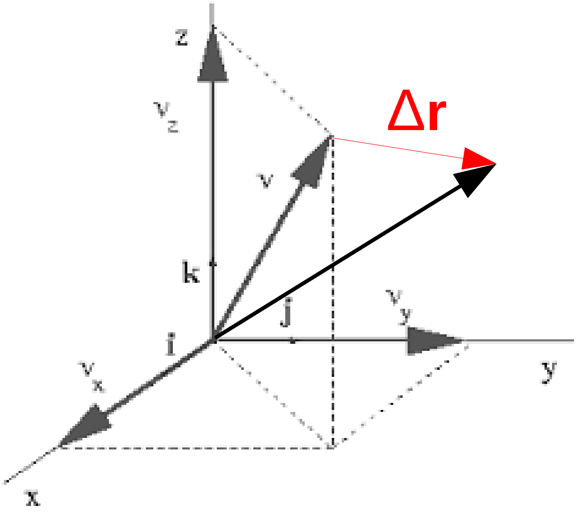
il vettore r è il vettore somma dei suoi vettori componenti

Moto in tre dimensioni
vettore spostamento

$\mathbf{r} = x\mathbf{i} + y\mathbf{j} + z\mathbf{k}$ → vettore posizione in 3 dimensioni

$\mathbf{r}_0 = x_0\mathbf{i} + y_0\mathbf{j} + z_0\mathbf{k}$

$\mathbf{r}_f = x_f\mathbf{i} + y_f\mathbf{j} + z_f\mathbf{k}$



$$\Delta\mathbf{r} = \mathbf{r}_\mathbf{f} - \mathbf{r}_\mathbf{0} = (x_f - x_0)\,\mathbf{i} + (\,y_f - y_0)\,\mathbf{j} + (\,z_f - z_0)\,\mathbf{k}$$

$$\Delta\mathbf{r} = (\Delta x)\,\mathbf{i} + (\Delta y)\,\mathbf{j} + (\,\Delta z)\,\mathbf{k}$$

Velocità vettoriale media
in due e tre dimensioni

in una dimensione :

La velocità vettoriale media è il rapporto tra lo spostamento Δx che si verifica in un certo intervallo di tempo Δt e l'intervallo stesso

$$\bar{v} = \Delta x/\Delta t = (x2 - x1) / (t2 - t1)$$

in due/tre dimensioni :

La velocità vettoriale media è il rapporto tra il vettore spostamento Δ**r** che si verifica in un certo intervallo di tempo Δt e l'intervallo stesso

$$\bar{\mathbf{v}} = \Delta \mathbf{r}/\Delta t = \text{vettore spostamento / intervallo di tempo}$$

↓

Δt è una grandezza scalare → la direzione di **v** e quella del vettore spostamento Δ**r** sono uguali

Velocità vettoriale media
in due e tre dimensioni

possiamo scrivere v in funzione delle sue componenti vettoriali

$$\mathbf{v} = \Delta\mathbf{r}/\Delta t = \frac{\Delta x\mathbf{i} + \Delta y\mathbf{j} + \Delta z\mathbf{k}}{\Delta t} = (\Delta x/\Delta t)\mathbf{i} + (\Delta y/\Delta t)\mathbf{j} + (\Delta z/\Delta t)$$

ESEMPIO :
se una particella compie uno spostamento di (12 m)**i** + (3 m)**j** in 2 s,
la velocità vettoriale media in tale intervallo è :

$$\mathbf{v} = (12\ \mathrm{m})\mathbf{i} + (3\ \mathrm{m})\mathbf{j}\ /\ 2\ \mathrm{s} = (6\ \mathrm{m/s})\mathbf{i} + (1.5\ \mathrm{m/s})\mathbf{j}$$

componente della velocità lungo l'asse x

componente della velocità lungo l'asse y

$$\mathbf{v} = v_x\mathbf{i} + v_y\mathbf{j}$$

Velocità vettoriale istantanea
in due e tre dimensioni

<u>in una dimensione :</u>

La velocità vettoriale istantanea si ottiene restringendo a zero l'intervallo di tempo

$$v = \lim_{\Delta t \to 0} \Delta x/\Delta t = dx/dt$$

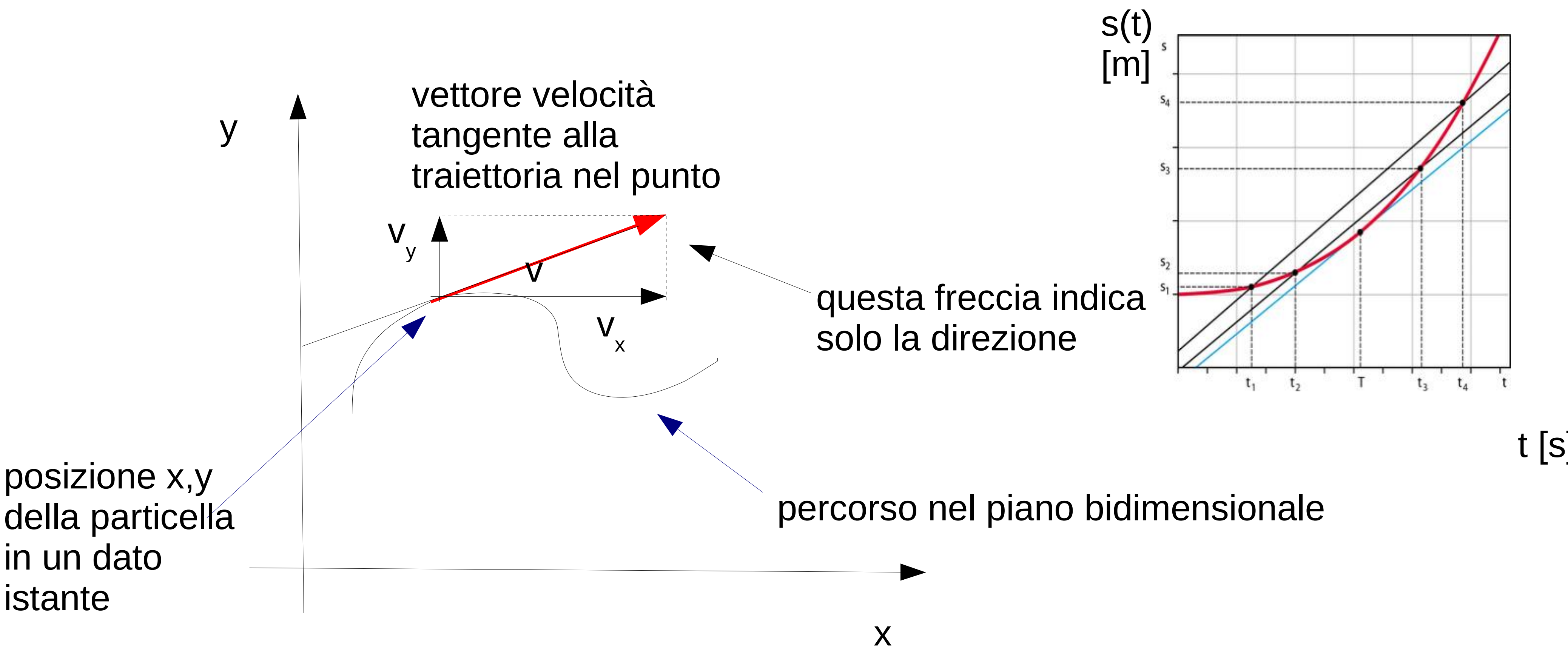
<u>in due/tre dimensioni :</u>

La velocità vettoriale istantanea è

$$\mathbf{v} = \lim_{\Delta t \to 0} \Delta \mathbf{r}/\Delta t = d\mathbf{r}/dt$$

↓

la direzione della velocità istantanea è la direzione della retta tangente alla curva che rappresenta il percorso della particella restringendo l'intervallo di tempo a zero, si individua un punto di coordinate x,y nel piano bidimensionale e la retta tangente alla curva che descrive il percorso della particella è la velocità istantanea in quel punto



in 2 dimensioni : $\mathbf{v} = dr/dt = v_x\mathbf{i} + v_y\mathbf{j} = (dx/dt)\mathbf{i} + (dy/dt)\mathbf{j}$

in 3 dimensioni : $\mathbf{v} = d\mathbf{r}/dt = v_x\mathbf{i} + v_y\mathbf{j} + v_z\mathbf{k} = (dx/dt)\mathbf{i} + (dy/dt)\mathbf{j} + (dz/dt)\mathbf{k}$

Accelerazione media ed istantanea

se la velocità vettoriale media è $\mathbf{v} = \Delta\mathbf{r}/\Delta t$

e quella istantanea è $\mathbf{v} = d\mathbf{r}/dt$

l'accelerazione vettoriale media sarà :

$\mathbf{a} = \Delta\mathbf{v}/\Delta t$ = variazione di velocità / intervallo di tempo

e quella istantanea sarà : $a = d\mathbf{v}/dt$

nella notazione con i versori :

$$\mathbf{a} = a_x\mathbf{i} + a_y\mathbf{j} + a_z\mathbf{k}$$

$$\mathbf{a} = d/dt(v_x\mathbf{i} + v_y\mathbf{j} + v_z\mathbf{k})$$

Accelerazione media ed istantanea

se la velocità vettoriale media è $\mathbf{v} = \Delta\mathbf{r}/\Delta t$

e quella istantanea è $\mathbf{v} = d\mathbf{r}/dt$

l'accelerazione vettoriale media sarà :

$\mathbf{a} = \Delta\mathbf{v}/\Delta t$ = variazione di velocità / intervallo di tempo

e quella istantanea sarà : $a = d\mathbf{v}/dt$

nella notazione con i versori :

$$\mathbf{a} = a_x\mathbf{i} + a_y\mathbf{j} + a_z\mathbf{k}$$

$$\mathbf{a} = d/dt(v_x\mathbf{i} + v_y\mathbf{j} + v_z\mathbf{k})$$

Verifica 2

- un disco da hockey si muove sul piano xy seguendo :

a) $x(t) = -3t^2 + 4t - 2$ $\quad$ $y(t) = 6t^2 - 4t$

b) $x(t) = -3t^3 - 4t$ $\quad$ $y(t) = -5t^2 + 6$

c) $\mathbf{r(t)} = (2t^2)\mathbf{i} - (4t + 3)\mathbf{j}$

d) $\mathbf{r(t)} = (4t^3 - 2t)\mathbf{i} + 3\mathbf{j}$

determinare :

1. se le componenti a_x ed a_y dell'accelerazione sono costanti
2. se **a** è costante

Verifica 2

- un disco da hockey si muove sul piano xy seguendo :

(a) $x(t) = -3t^2 + 4t - 2$ $y(t) = 6t^2 - 4t$ $a_x = -6\ m/s^2$ $a_y = 12\ m/s^2$

(b) $x(t) = -3t^3 - 4t$ $y(t) = -5t^2 + 6$ $a_x = (-18t)\ m/s^2$ $a_y = 12\ m/s^2$

(c) $\mathbf{r(t)} = 2t^2\mathbf{i} - (4t + 3)\mathbf{j}$ $a_x = 4\ m/s^2$ $a_y = 0\ m/s^2$

(d) $\mathbf{r(t)} = (4t^3 - 2t)\mathbf{i} + 3\mathbf{j}$ $a_x = (24t)\ m/s^2$ $a_y = 0\ m/s^2$

determinare :

1. se le componenti a_x ed a_y dell'accelerazione sono costanti
2. se **a** è costante

(a) e (c) : a è costante solo se entrambe le componenti lo sono

Moto dei proiettili

Una particella si dice che segue il “moto del proiettile” quando si muove su un piano bidimensionale, sottoposta all'accelerazione di gravità e con velocità iniziale $\mathbf{v}_0 = v_{0x}\mathbf{i} + v_{0y}\mathbf{j}$

Ad esempio, il moto di una palla da tennis lanciata con una certa velocità iniziale ed in caduta libera segue il moto di un proiettile.

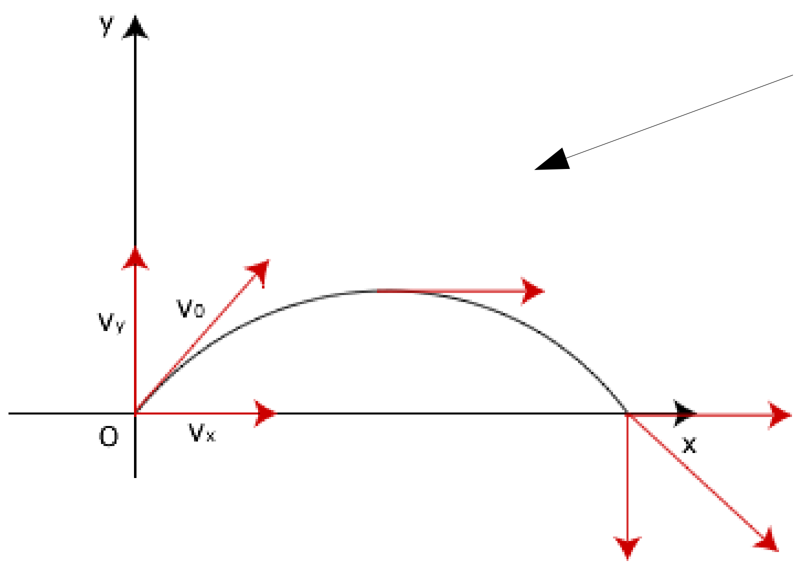
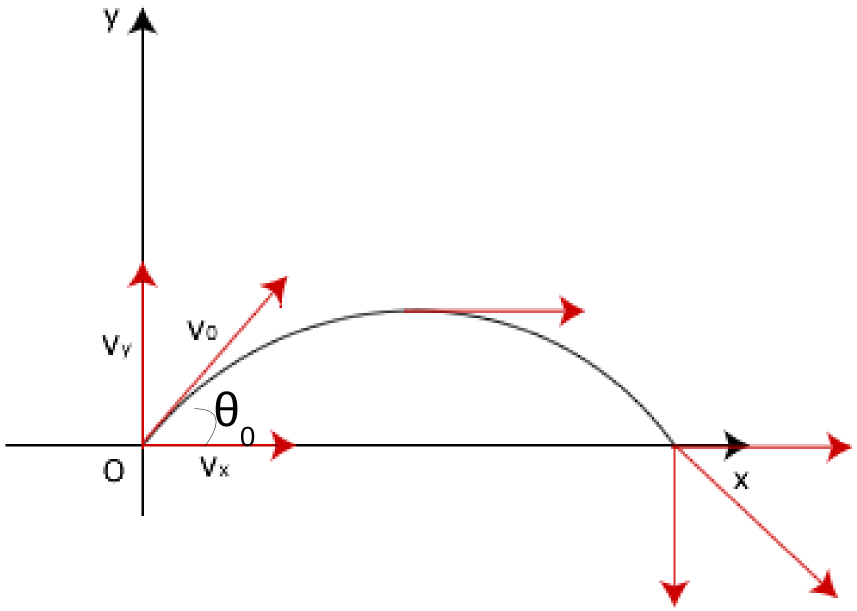


grafico della traiettoria nel piano xy del moto del proiettile

Analizziamo il moto dei proiettili velocità

Ipotizziamo che la resistenza dell'aria non abbia effetto.

La particella ha velocità iniziale $\mathbf{v}_0 = v_{0x}\mathbf{i} + v_{0y}\mathbf{j}$

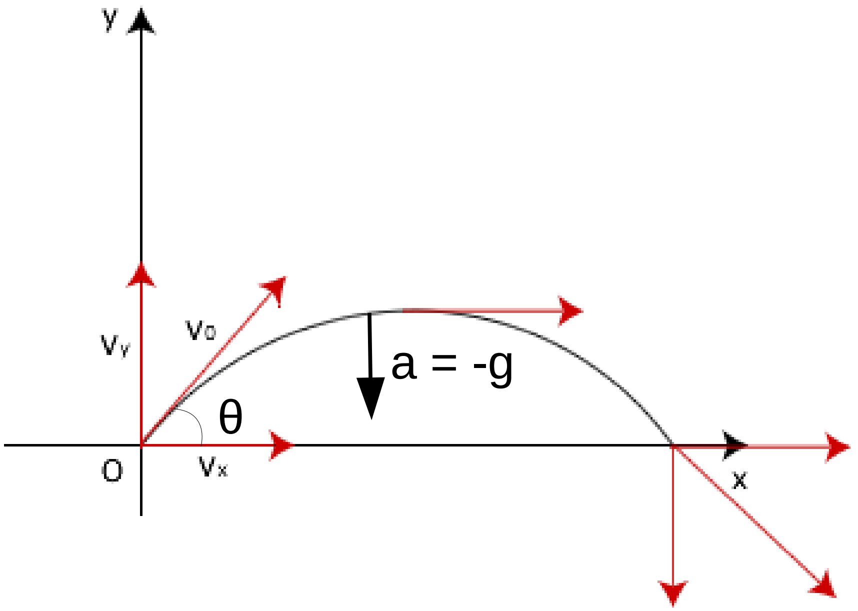


Conoscendo l'angolo θ_0 che la velocità v_0 forma con il semiasse positivo delle x, possiamo scrivere le sue componenti :

$v_{0x} = v_0 \cos\theta_0$ $\qquad\qquad$ $v_{0y} = v_0 \mathrm{sen}\theta_0$

Analizziamo il moto dei proiettili
accelerazione

La particella è sottoposta ad accelerazione di gravità, che quindi è costante ed è sempre rivolta verso il basso : $a = -g = -9.8\ m/s^2$

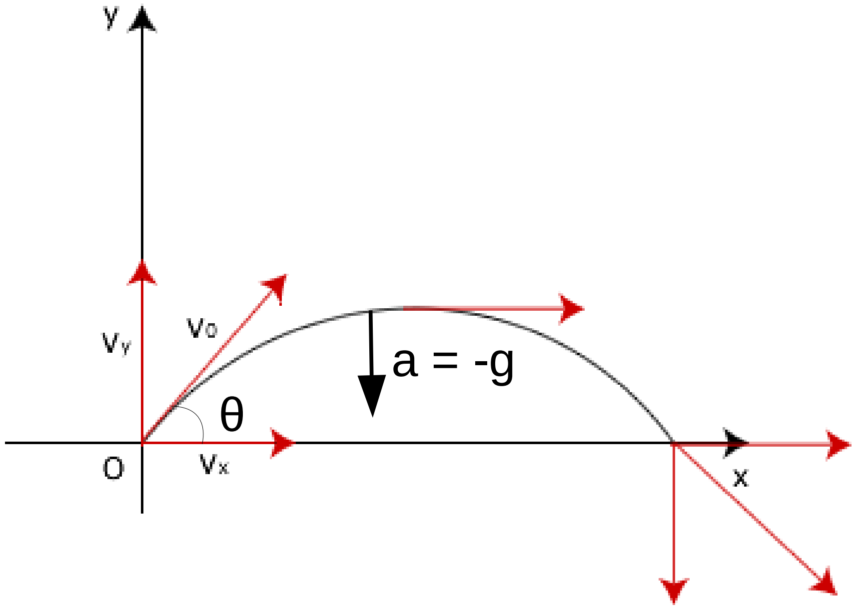


il vettore posizione **r** ed il vettore velocità **v** durante il moto cambiano continuamente mentre il vettore **a** è sempre lo stesso in tutti i punti ed ha solo componente verticale. La componente orizzontale dell'accelerazione è nulla

Il moto dei proiettili

Nel moto del proiettile il moto orizzontale ed il moto verticale sono indipendenti l'uno dall'altro

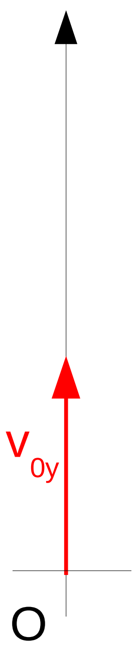
Li trattiamo separatamente, nessuno dei due influenza l'altro

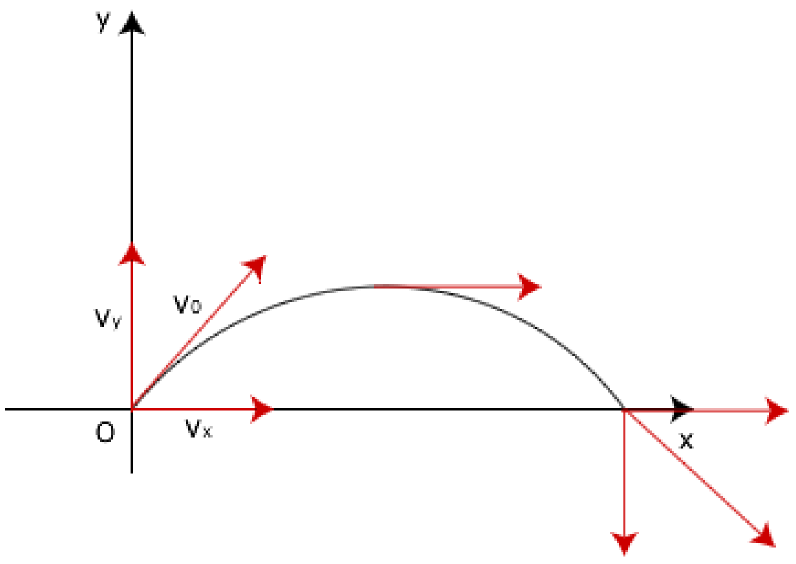


il moto dei proiettili è la combinazione di un moto verticale ad accelerazione costante ed un moto orizzontale a velocità costante

Istante iniziale del moto (t_0)

moto verticale + moto orizzontale → moto del proiettile



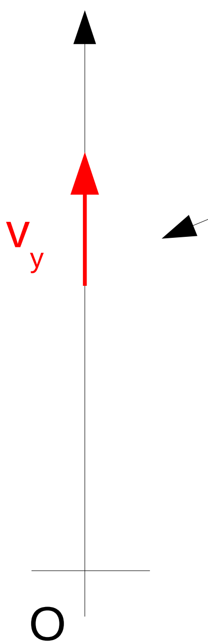


All'istante iniziale, l'oggetto ha velocità iniziale v_0 con componente sia orizzontale che verticale diverse da zero

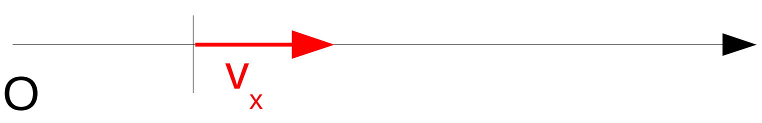
Istante t1

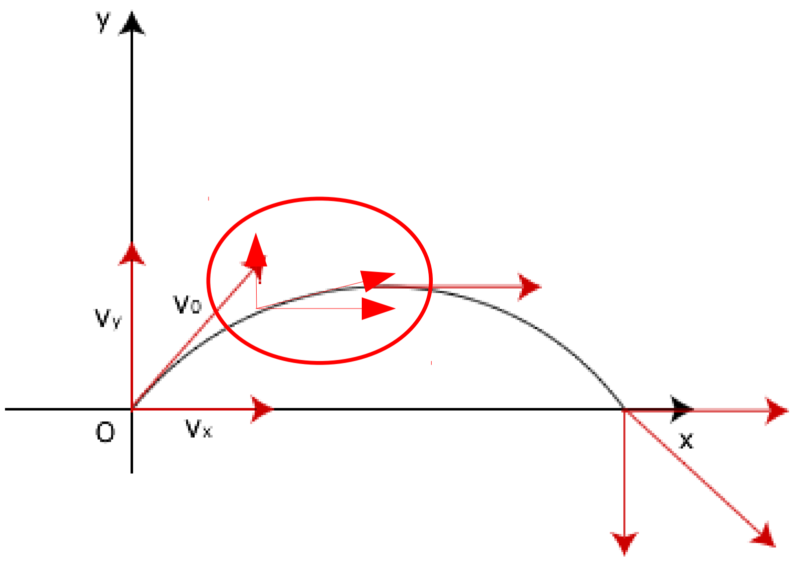
moto verticale + moto orizzontale → moto del proiettile

la velocità verticale diminuisce per effetto di a = -g



la velocità orizzontale resta costante



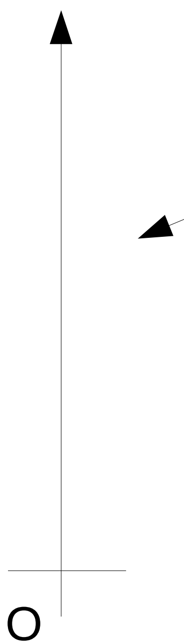


Istante successivo (prima del culmine della traiettoria) : la componente verticale della velocità diminuisce, mentre quella orizzontale resta costante

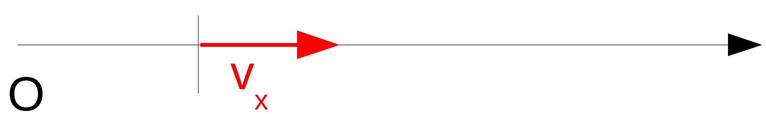
Istante t3 – culmine della traiettoria

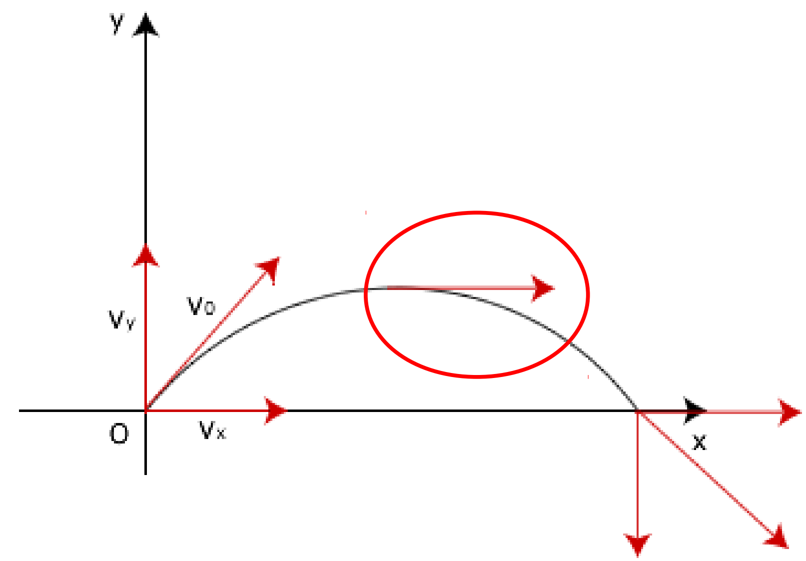
moto verticale + moto orizzontale → moto del proiettile

la velocità verticale si azzera : $v_y = 0$



la velocità orizzontale resta costante

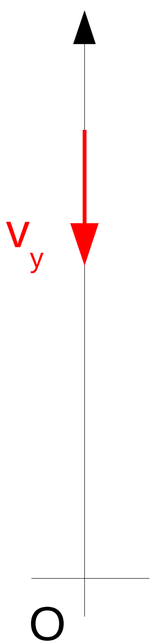




Culmine della traiettoria : la componente verticale della velocità si azzera, quella orizzontale è sempre costante.

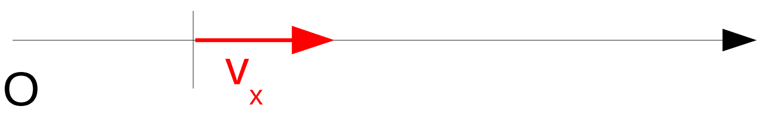
Istante t4 – fase di discesa

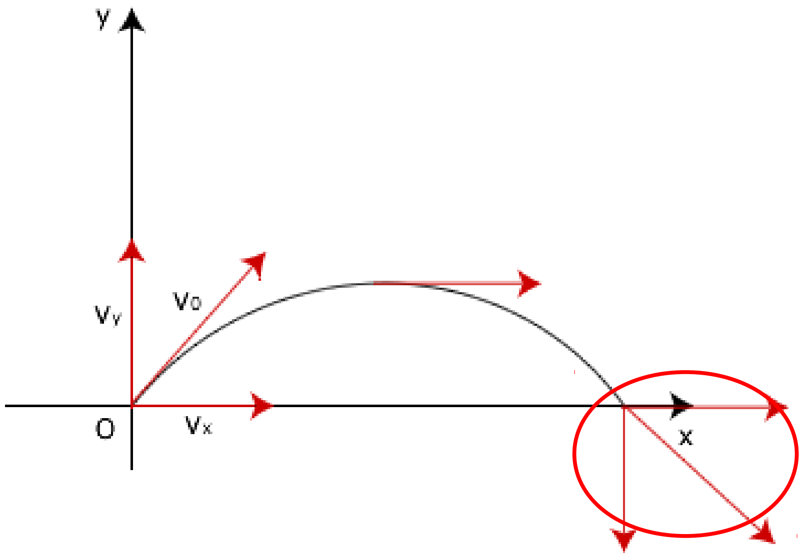
moto verticale + moto orizzontale → moto del proiettile



la velocità verticale
cambia verso ed inizia ad
aumentare

la velocità orizzontale
resta costante





Fase di discesa : la componente verticale della velocità cambia verso (verso negativo dell'asse y) ed inizia ad aumentare (questa volta ha lo stesso verso di a = -g), quella orizzontale è sempre costante.

Moto orizzontale

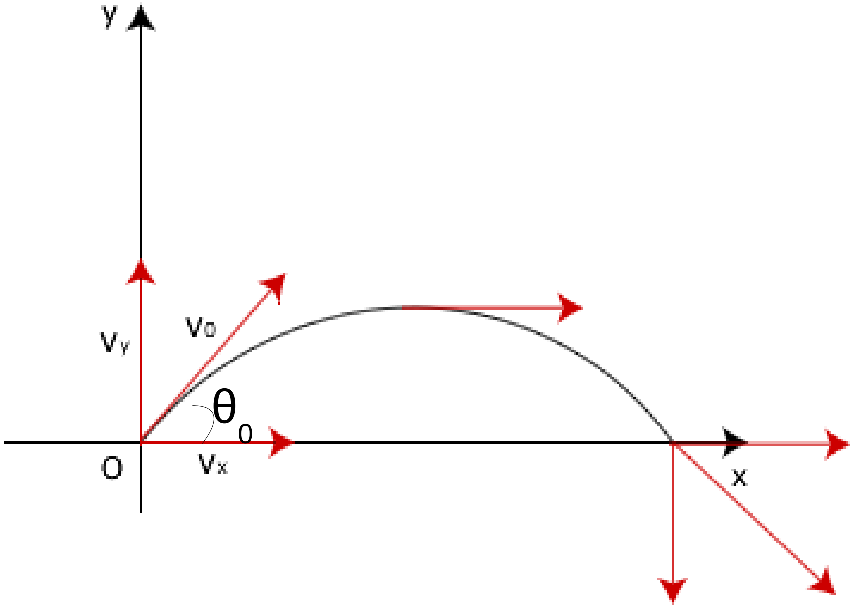
- L'accelerazione in direzione orizzontale è nulla, la velocità è costante e quindi valgono le leggi del moto rettilineo uniforme :

  – v_x = costante = $v_{0x} = v_0\cos\theta_0$

  $\rightarrow\ v_x = v_0\cos\theta_0$

  – $x(t) = x_0 + v_x t$

  $\rightarrow\ x(t) - x0 = (v_0\cos\theta_0)t$



Moto verticale

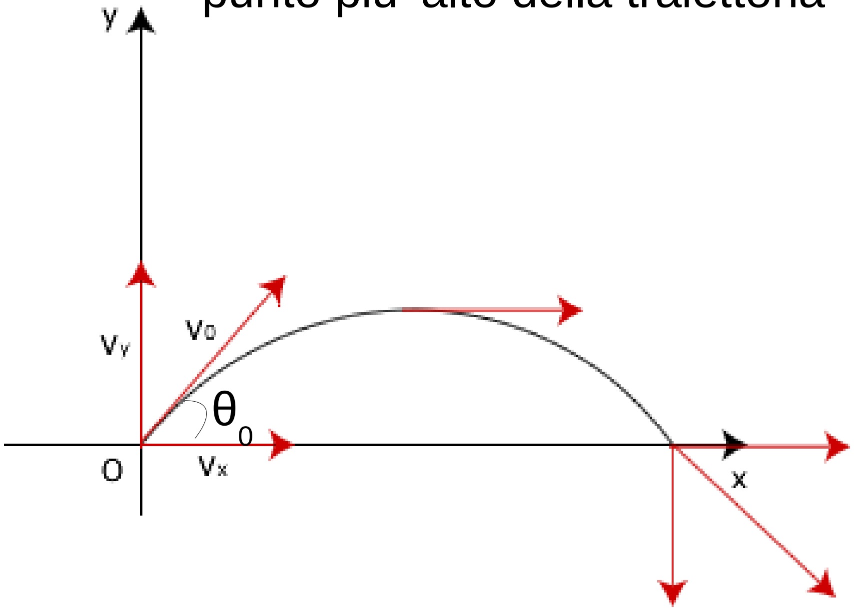
- L'accelerazione in direzione verticale è a = -g : quindi lungo l'asse y valgono le leggi del moto rettilineo uniformemente accelerato, in particolare quelle del moto in caduta libera :

è lo stesso moto che segue una palla lanciata verso l'alto : la sua v è inizialmente diretta verso l'alto, si annulla nel punto piu' alto della traiettoria

a_y = costante = -g

- $v_y(t) = v_{0y} - gt = (v_0 sen\theta_0) - gt$
- $y(t) = y_0 + v_{0y}t - ½ gt^2$

  $\rightarrow y(t) - y_0 = (v_0 sen\theta_0)t - 1/2gt^2$



Esercizio 4.5

- Nello sci nautico acrobatico, un atleta viene proiettato in alto mediante uno scivolo per atterrare poi in acqua. Il sistema di coordinate in figura è centrato nel punto di stacco.
  - $D = 20{,}0$ m
  - $t = 2{,}50$ s
  - $\theta = 40{,}0°$

  trovare i moduli delle velocità allo stacco ed all'ammaraggio