Fisica (FIS/01)

Facoltà di Ingegneria e Architettura

Mercoledì 14 settembre 2022

CORSO ZERO

Prof. Lanzalone Gaetano

Argomenti della lezione

Il metodo scientifico. Le grandezze fisiche e la loro misurazione. Grandezze fondamentali e grandezze derivate. Sistema internazionale: multipli e sottomultipli. Conversioni. Notazione scientifica, esponenziale, cifre significative. Errori sperimentali.

Coordinate cartesiane e coordinate sferiche. Angolo piano e angolo solido. Cenni introduttivi su grandezze vettoriali e calcolo vettoriale. Scomposizione di un vettore in componenti attraverso l'uso della trigonometria.

Esempi di leggi fisiche

- La fisica descrive fenomeni naturali stabilendo delle relazioni (matematiche) tra le grandezze fisiche

$$\boxed{E = mc^2}$$

$\mathbf{F} = m\mathbf{a}$	II[a] legge di Newton
$V = RI$	Legge di Ohm
$\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1}$	Rendimento massimo di una macchina termica operante tra le temperature T_1 e T_2 ($T_1 > T_2$)

- Per confrontare i due membri delle relazioni occorre
- misurare le grandezze fisiche

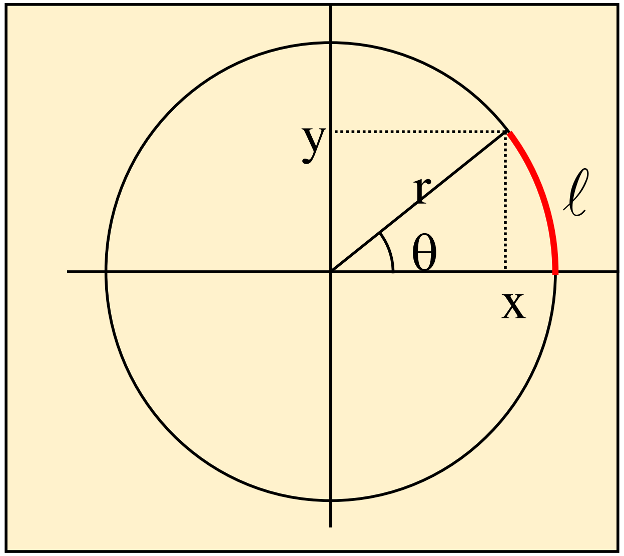
Grandezza derivata: Angolo piano

- L'angolo $\theta = \dfrac{\text{lunghezza dell'arco}}{\text{raggio della circonferenza}} = \dfrac{\ell}{\mathrm{r}}$

- Le dimensioni

$$[\theta] = \frac{\ell}{\mathrm{r}} = [\mathrm{L}][\mathrm{L}]^{-1} = [\mathrm{L}^0]$$

  – L'angolo è un numero puro (radiante)



- L'angolo giro: $= \dfrac{2\pi\,\mathrm{r}}{\mathrm{r}} = 2\pi \quad (\mathrm{rad})$

- Fattore di conversione: $360° : 2\pi = \theta_{\text{gradi}} : \theta_{\text{radianti}}$

$$360° : 2\pi = \theta_{\text{gradi}} : 1\,\mathrm{rad} \qquad \theta_{\text{gradi}} = \frac{360 \cdot 1}{2\pi} = 57.35°$$

Grandezza derivata:
Angolo solido

- L'angolo solido

$$\Omega = \frac{\text{area della calotta}}{\text{raggio della sfera al quadrato}} = \frac{S}{r^2}$$

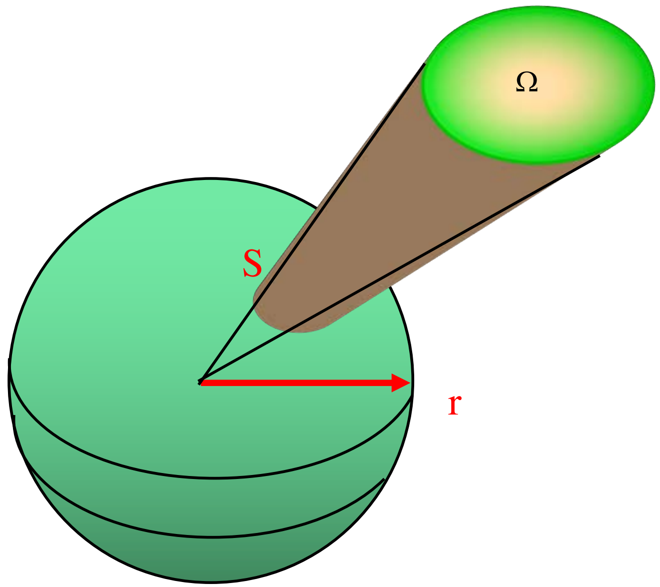
- Le dimensioni
  - È un numero puro (steradiante).

$$\Omega = \frac{S}{r^2} = [L]^2[L]^{-2} = [L^0]$$

- L'angolo solido totale

$$\Omega_{tot} = \frac{\text{area della sfera}}{\text{raggio della sfera al quadrato}} =$$

$$= \frac{4\pi\, r^2}{r^2} = 4\pi \quad (\text{sr,steradianti})$$



Grandezza derivata:
Densità o massa volumica

- Si definisce densità di un corpo il seguente rapporto:

questa è la densità media

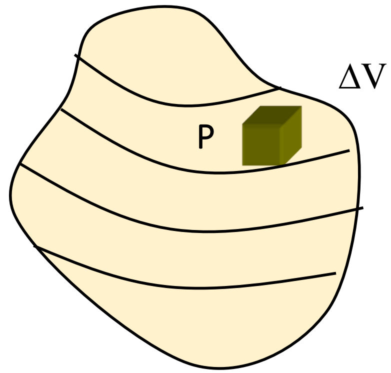
$$\bar{\rho} = \frac{m}{V}$$

- le cui dimensioni sono:

$$[\rho] = [M][L^{-3}]$$

- e si misura in Kg/m^3

$$\rho(P) = \frac{\Delta m}{\Delta V}$$



Denominatore molto piccolo tendente a zero per definire la densità locale, punto per punto.

Tabella di densità

Alcuni valori di massa volumica o densità

Sostanza od oggetto	Massa volumica (kg/m^3)
Spazio interstellare	10^{-20}
Massimo «vuoto» raggiungibile in laboratorio	10^{-17}
Aria: a 20 °C e 1 bar	1.21
a 20 °C e 50 bar	60.5
Polistirolo espanso	$3 \cdot 10^{1}$
Acqua: a 20 °C e 1 bar	$0.998 \cdot 10^{3}$
a 20 °C e 50 bar	$1.000 \cdot 10^{3}$
Acqua del mare: a 20 °C e 1 bar	$1.024 \cdot 10^{3}$
Sangue	$1.060 \cdot 10^{3}$
Ghiaccio	$0.917 \cdot 10^{3}$
Ferro	$7.9 \cdot 10^{3}$
Mercurio	$13.6 \cdot 10^{3}$
Terra: valor medio	$5.5 \cdot 10^{3}$
nucleo	$9.5 \cdot 10^{3}$
crosta	$2.8 \cdot 10^{3}$
Sole: valor medio	$1.4 \cdot 10^{3}$
nucleo	$1.6 \cdot 10^{5}$
Stella nana bianca (nucleo centrale)	10^{10}
Nucleo dell'uranio	$3 \cdot 10^{17}$
Stella di neutroni (nucleo centrale)	10^{18}
Buco nero (1 massa solare)	10^{19}

Grandezze derivate: Densità superficiale e densità lineare

- A volte i corpi si presentano con una delle dimensioni uniforme e molto più piccola delle altre due (un foglio di carta, una lastra di ferro, etc.). In tal caso si parla di densità superficiale:

$$\boxed{\sigma = \rho_s = \frac{m}{S}}$$

- Le dimensioni sono:

$$[\sigma] = [M][L^{-2}]$$

- e si misura, nel SI, kg/m^2.

Se il corpo presenta un aspetto filiforme, si parla di **densità lineare**:

$$\boxed{\lambda = \rho_\ell = \frac{m}{\ell}}$$

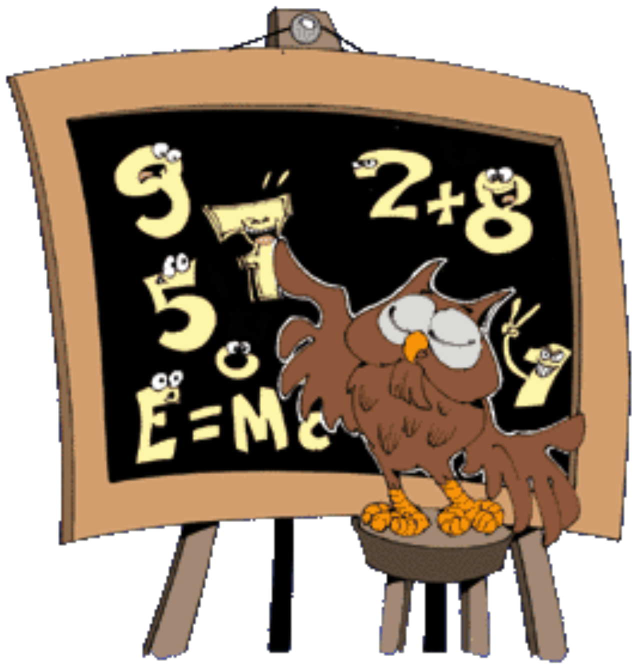
Le dimensioni sono
e si misura in kg/m.

$$[\lambda] = [M][L^{-1}]$$

Elenco di alcune grandezze fisiche derivate

Grandezza	Definizione	Unità di misura		
Area (rett.)	A=base per altezza	metri quadri	m^2	
Volume	V=area di base per altezza	metri cubi	m^3	
Densità	ρ=massa diviso volume occupato	kilogrammi per metro cubo	kg/ m^3	
Velocità	v=(Distanza percorsa)/(tempo impiegato)	metri al secondo	m/s	
Accelerazione	a=(Variazione di velocità)/(tempo impiegato)	metri al secondo quadrato	m/s^2	
Forza	F=massa per accelerazione	newton	N	$kg\ m/s^2$
Pressione	P=(forza normale)/area	pascal	Pa	N/ m^2
Lavoro	Lavoro=forza per spostamento	joule	J	Nm
Energia cinetica	K= 1/2 massa per velocità al quadrato	joule	J	Nm
Potenza	P=(lavoro effettuato)/(tempo impiegato)	watt	W	J/s
Quantità di moto	p=massa per velocità	kilogrammi per metri al secondo	kg m/s	
Momento di una forza	**M=r** x **F** (erre vettor F) prodotto vettoriale tra il vettore posizione e laForza	Nm		

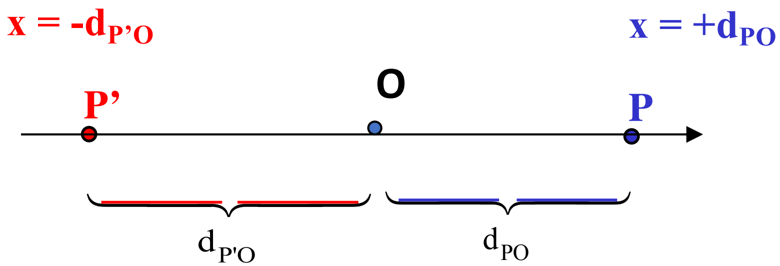
Note …



Sistema di riferimento su una retta

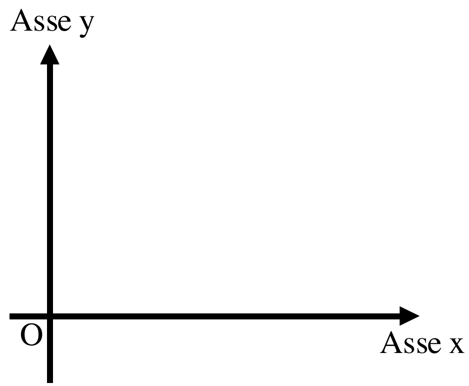
- Per definire un asse di riferimento occorre:
  - fissare l'origine
  - fissare il verso positivo

- La posizione (coordinata) x del punto P sarà
  - La distanza di P dall'origine O se P viene dopo O percorrendo l'asse nel verso fissato ()
  - Meno la distanza di P' dall'origine O se P' viene prima di O percorrendo l'asse nel verso fissato ($x=-d_{P'O}$)



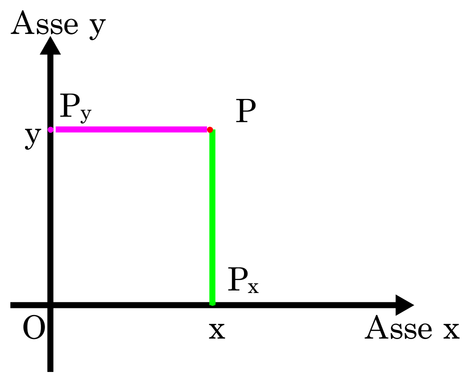
Sistema di riferimento nel piano

- Occorrono due assi cartesiani (ortogonali) (stessa origine)
  - L'asse x deve ruotare di 90° in senso antiorario per sovrapporsi all'asse y



- Il punto P nel piano sarà individuato dalle coordinate x, y, che sono le coordinate dei punti proiezione di P rispettivamente sugli assi x e y

- I punti P_x e P_y , proiezioni di P, si ottengono mandando le perpendicolari da P rispettivamente agli assi x (verde) ed y (violetta).



Sistema di riferimento nello spazio

- Nello spazio occorrono tre assi orientati, x,y,z, ortogonali tra di loro.
  - Si usano terne destrorse, cioè con l'asse x disposto secondo il pollice, l'asse y secondo l'indice, e quello z secondo il medio della mano destra.

- Si manda da P la parallela all'asse z fino ad incontrare il piano xy: si determina così il punto P_{xy} proiezione di P sul piano xy.
- Si congiunge con un segmento l'origine O con il punto P_{xy}. Il segmento OP_{xy} è perpendicolare all'asse z.
- La proiezione di P sull'asse z, P_z, si determina mandando da P un segmento parallelo al segmento OP_{xy}.
- La proiezione P_x di P sull'asse x si determina mandando da P_{xy} la parallela all'asse y fino ad intersecare l'asse x
- La proiezione P_y di P sull'asse y si determina mandando da P_{xy} la parallela all'asse x fino ad intersecare l'asse y.

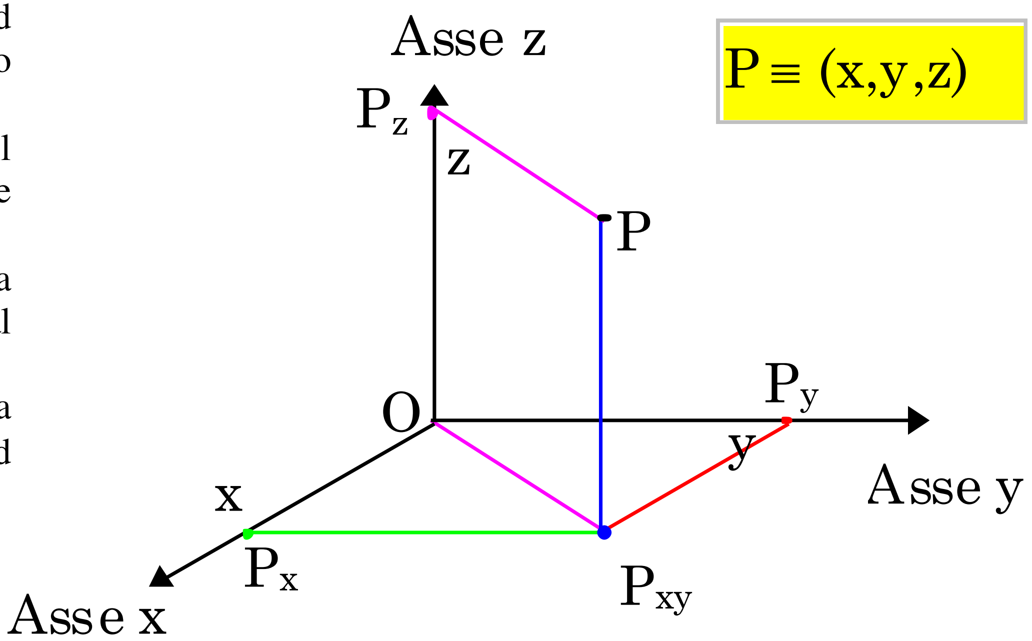
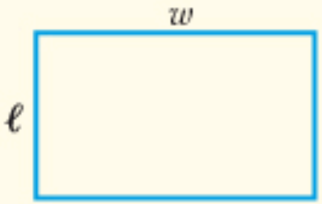
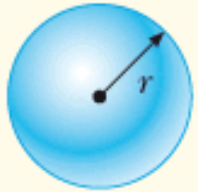
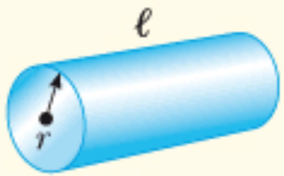
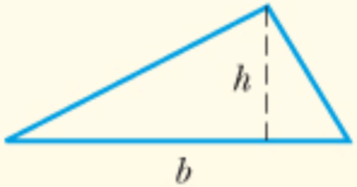
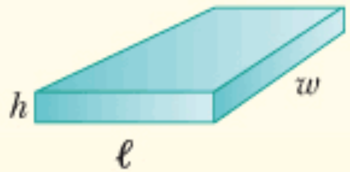


TABELLA 1.4 Utili informazioni di geometria

FORMA	AREA O PERIMETRO	FORMA	AREA O VOLUME
 rettangolo	area $= \ell w$ perimetro $= 2\ell + 2w$	 sfera	superficie $= 4\pi r^2$ volume $= \dfrac{4\pi r^3}{3}$
 cerchio	area $= \pi r^2$ circonferenza $= 2\pi r$	 cilindro	superficie laterale $=$ $= 2\pi r\ell$ volume $= \pi r^2\ell$
 triangolo	area $= \frac{1}{2}bh$	 parallelepipedo	superficie $=$ $= 2(\ell h + \ell w + hw)$ volume $= \ell wh$

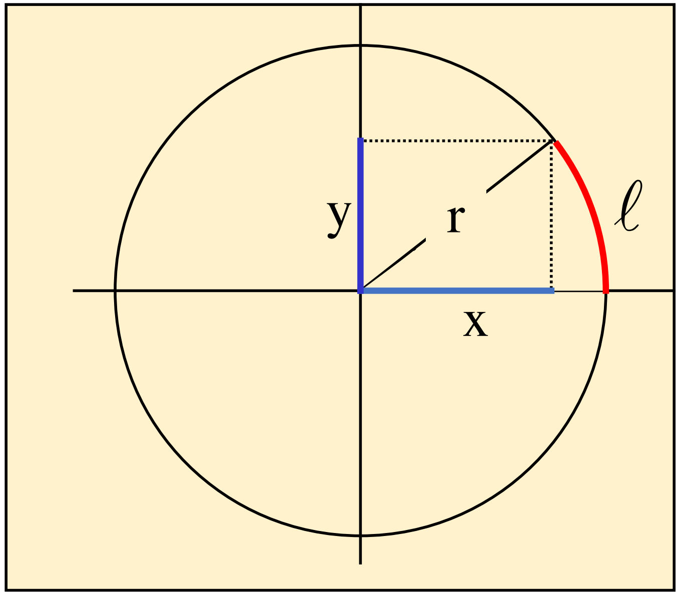
Richiami di trigonometria

$$\theta = \frac{\ell}{r}$$

$$\operatorname{sen}\theta = \frac{y}{r}$$

$$\cos\theta = \frac{x}{r}$$

$$\tan\theta = \frac{y}{x} = \frac{\operatorname{sen}\theta}{\cos\theta}$$



Gli argomenti delle funzioni seno, coseno e tangente sono numeri senza dimensioni. Anche il valore della funzione è un numero adimensionale.

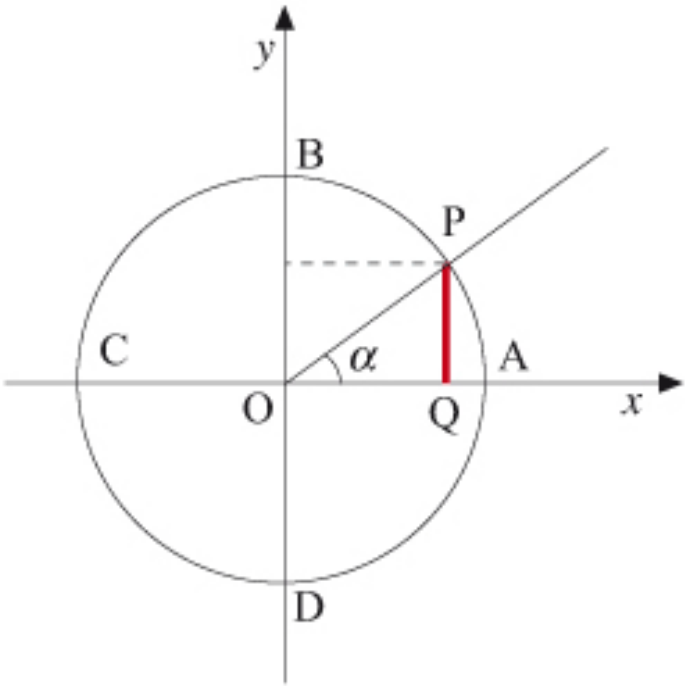


Figura 1.17

Cerchio trigonometrico per la definizione di seno e di coseno dell'angolo α.

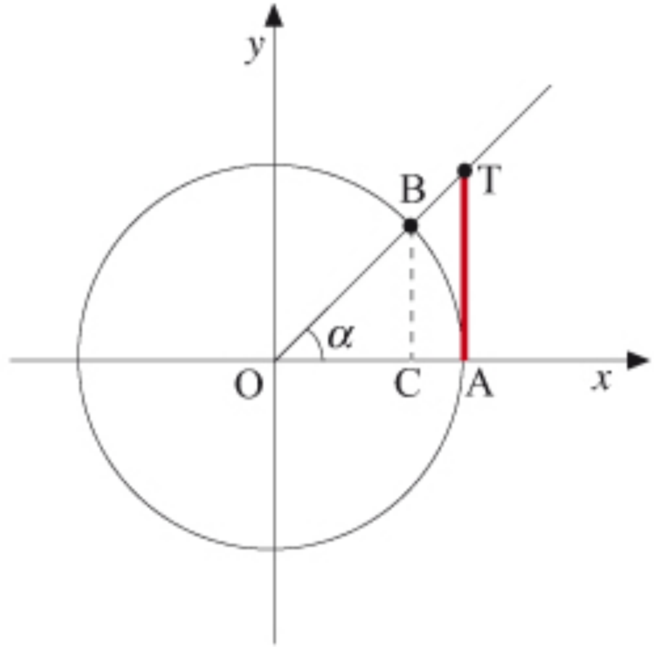


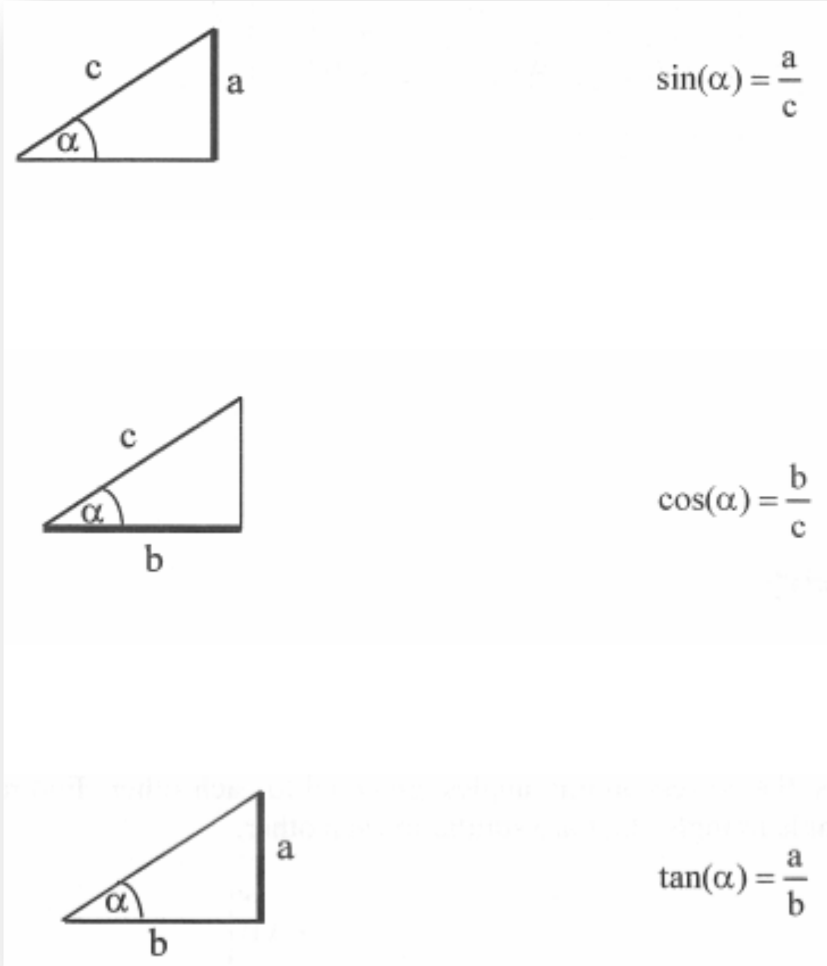
Figura 1.19

Cerchio trigonometrico per la definizione della tangente dell'angolo α.

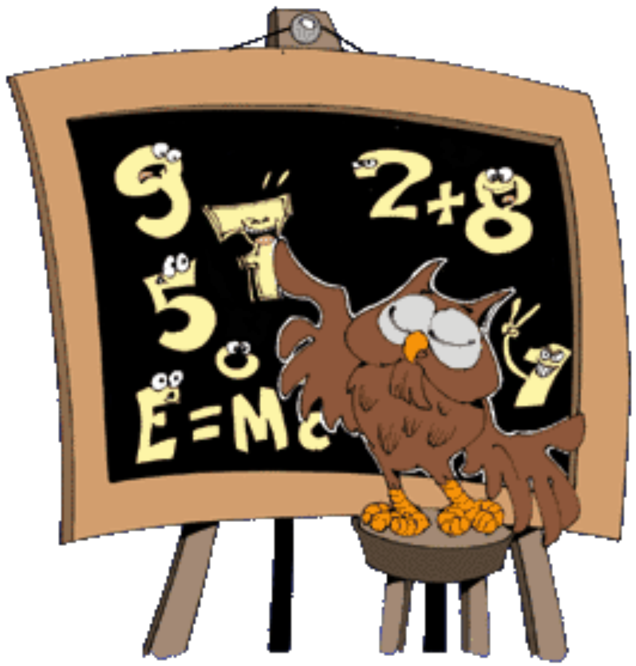
TABELLA 1.5 Valore del seno, del coseno e della tangente per alcuni angoli

GRADI	RADIANTI	SENO	COSENO	TANGENTE
$0°$	0	$\text{sen } 0° = 0$	$\cos 0° = 1$	$\text{tg } 0° = 0$
$30°$	$\pi/6$	$\text{sen } 30° = \frac{1}{2}$	$\cos 30° = \frac{\sqrt{3}}{2}$	$\text{tg } 0° = \frac{1}{\sqrt{3}}$
$45°$	$\pi/4$	$\text{sen } 45° = \frac{1}{\sqrt{2}} = \frac{\sqrt{2}}{2}$	$\cos 45° = \frac{1}{\sqrt{2}} = \frac{\sqrt{2}}{2}$	$\text{tg } 45° = 1$
$60°$	$\pi/3$	$\text{sen } 60° = \frac{\sqrt{3}}{2}$	$\cos 60° = \frac{1}{2}$	$\text{tg } 60° = \sqrt{3}$
$90°$	$\pi/2$	$\text{sen } 90° = 1$	$\cos 90° = 0$	$\text{tg } 90° = \infty$

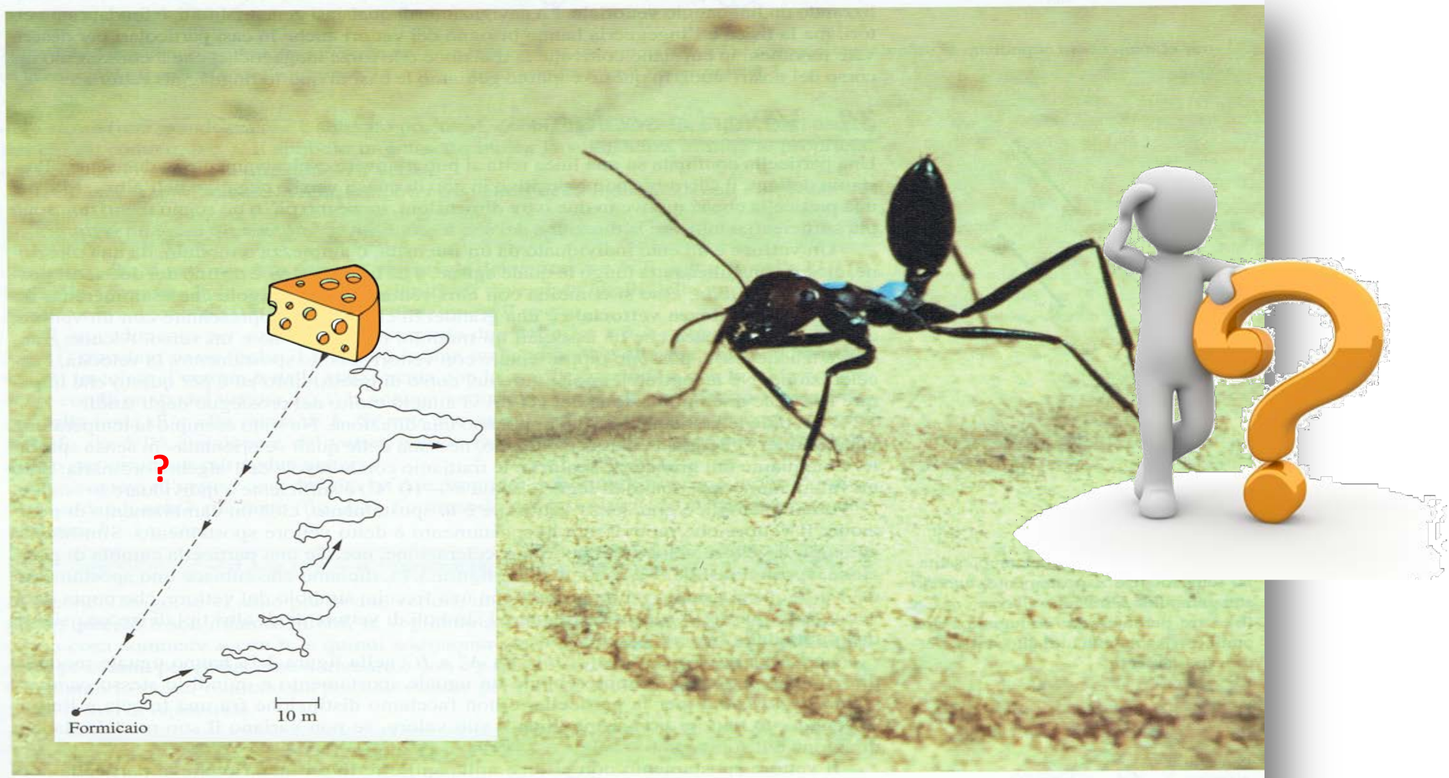
Triangolo rettangolo



Fine



VETTORI



La formica del deserto Cataglyphis fortis *vive nelle pianure del Sahara. Quando è in cerca di cibo si muove in un percorso di ricerca casuale come quello disegnato nella figura. Può percorrere anche 500 m di itinerario contorto su un terreno piatto di sabbia anonima, priva di riferimenti. Ebbene, quando decide di tornare a casa, non fa altro che puntare dritta al formicaio.*

Come fa la formica a conoscere la strada del ritorno in un deserto ove non esistono riferimenti che le facciano da guida?

Grandezze Fisiche

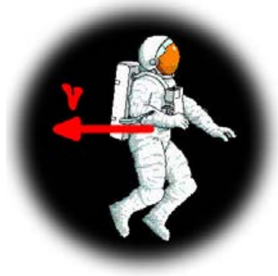
scalari

- **Massa**
- **Tempo**
- **Temperatura**
- **Pressione**
- **Posizione lungo un asse (linea)**
- **Volume**
- **Lavoro**
- **Energia**

vettoriali

- **Posizione nel piano**
- **Posizione nello spazio**
- **Velocità**
- **Accelerazione**
- **Forza**
- **Quantità di moto**
- **Impulso**
- **Momento della quantità di moto**

Grandezze scalari e vettoriali

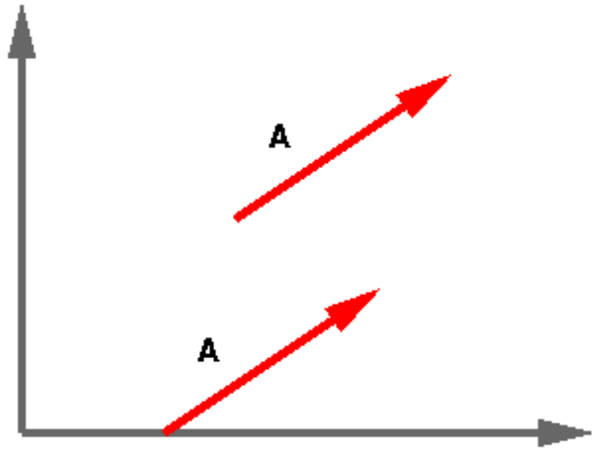


- Al contrario delle grandezze scalari per le quali è sufficiente un semplice numero (e relativa unità di misura) per rappresentarle in maniera completa,
- per le grandezze vettoriali oltre al numero (e alla relativa unità di misura), che rappresenta il modulo (l’intensità) della grandezza, è necessario specificare anche la direzione ed il verso.

I vettori

- Quando si ha a che fare con un problema in fisica conviene sempre fare un disegno, uno schizzo.
- Un vettore si rappresenta con una freccia per indicare la direzione ed il verso del vettore. La lunghezza della freccia rappresenta invece il modulo del vettore.

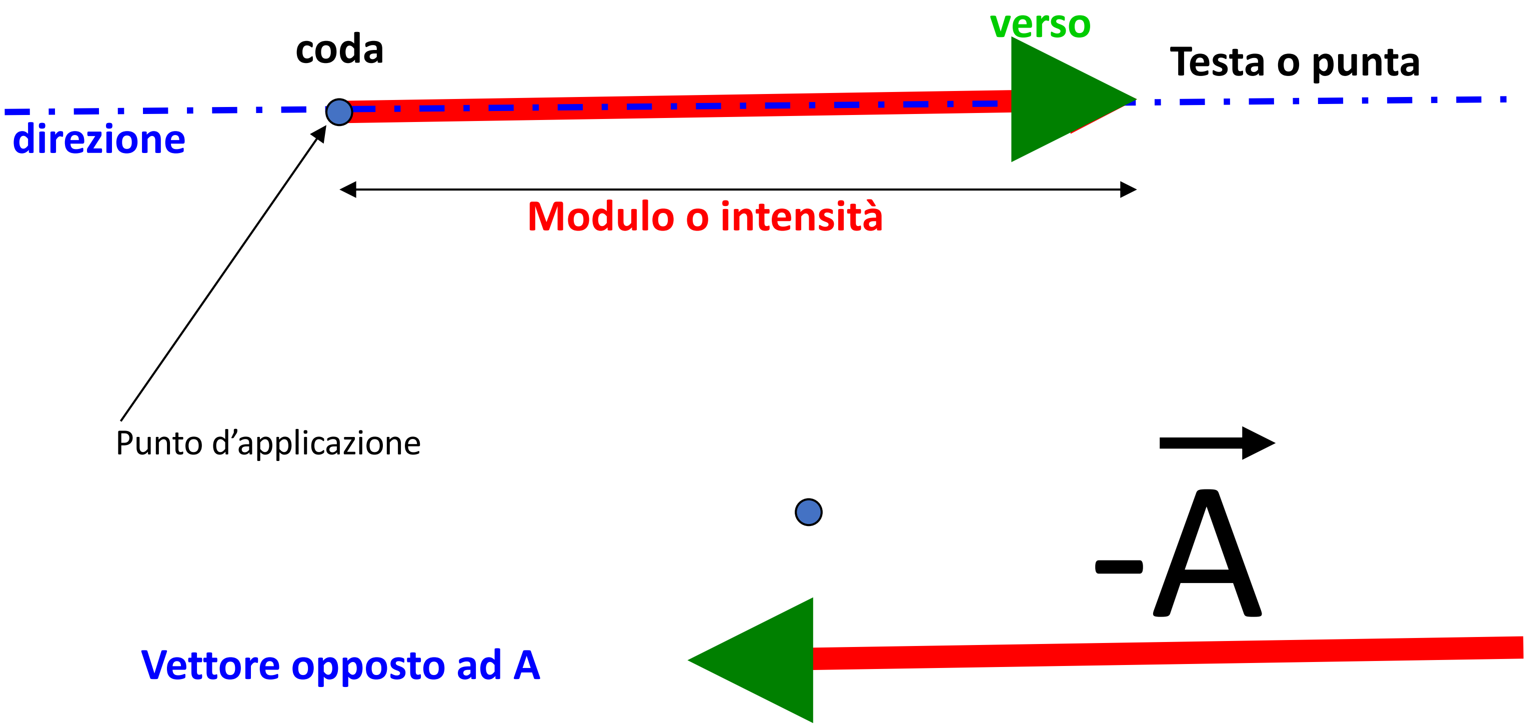
- Vettori paralleli (stesso verso e stessa direzione) e con lo stesso modulo **sono uguali.**



Caratteristiche di un vettore

$\vec{A}$

SIMBOLOGIA:
- La freccia indica che è un vettore (in qualche libro si usano lettere in grassetto senza freccia)
- Senza freccia indica il MODULO del Vettore



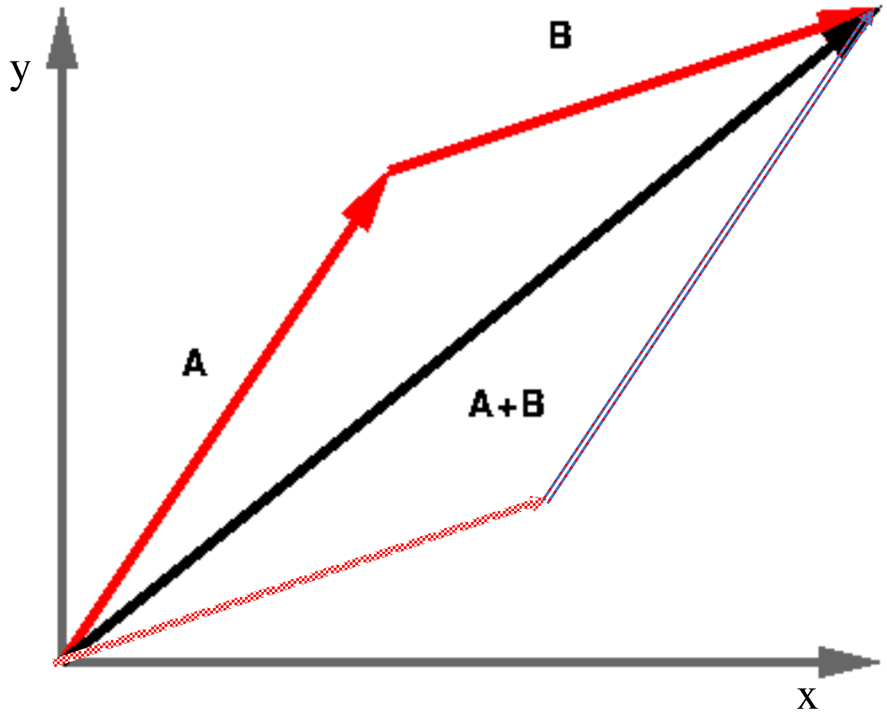
Somma grafica di due vettori

Regola testa-coda

- Si riporta il primo vettore

- A partire dalla fine del primo vettore si riporta il secondo.

- Il vettore somma si ottiene congiungendo il punto iniziale del primo vettore con quello finale del secondo vettore

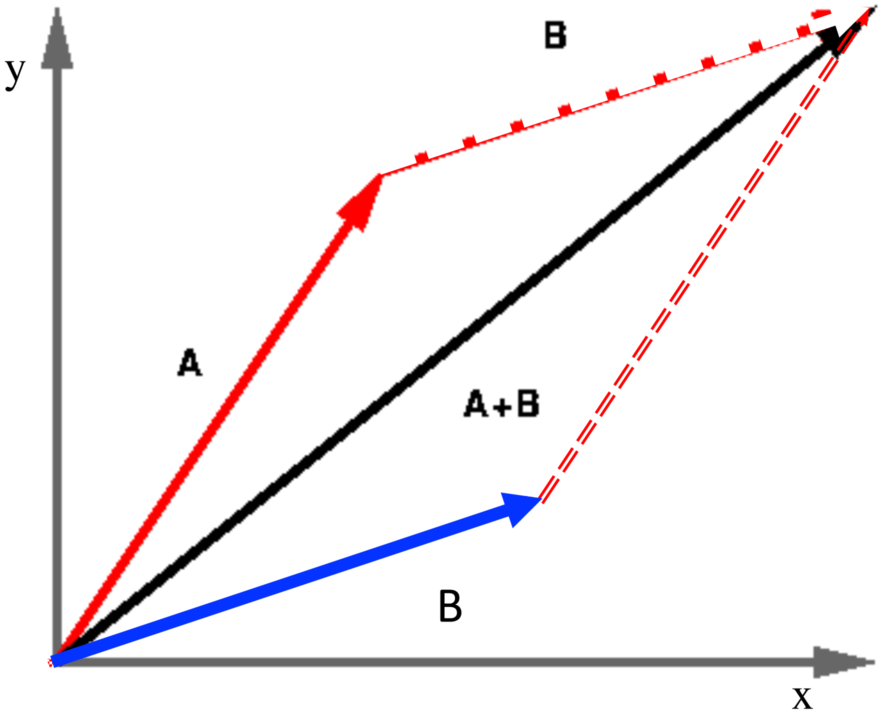


La somma è commutativa, posso invertire il ruolo del primo vettore con il secondo

Somma grafica di due vettori

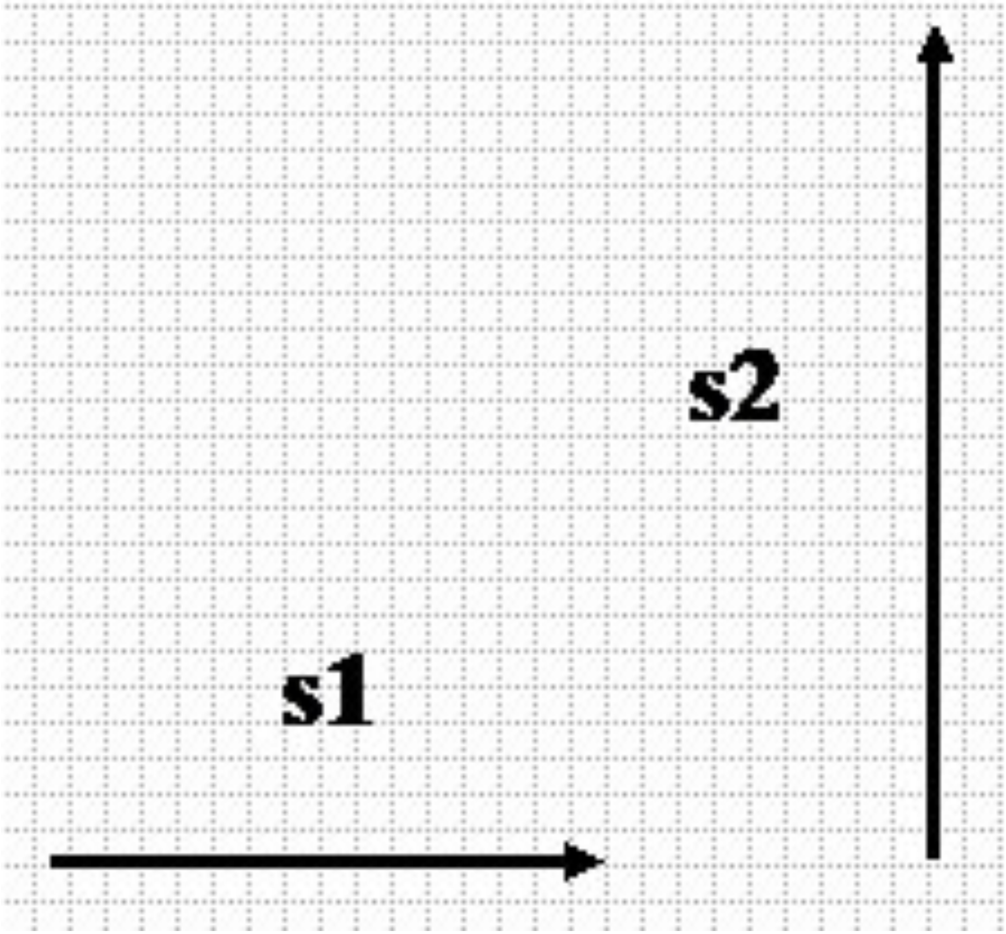
Regola del Parallelogramma

- Si riporta il primo vettore
- A partire dalla coda del primo vettore si riporta la coda del secondo.
- Il vettore somma si ottiene congiungendo il punto iniziale del primo vettore con quello finale del secondo vettore

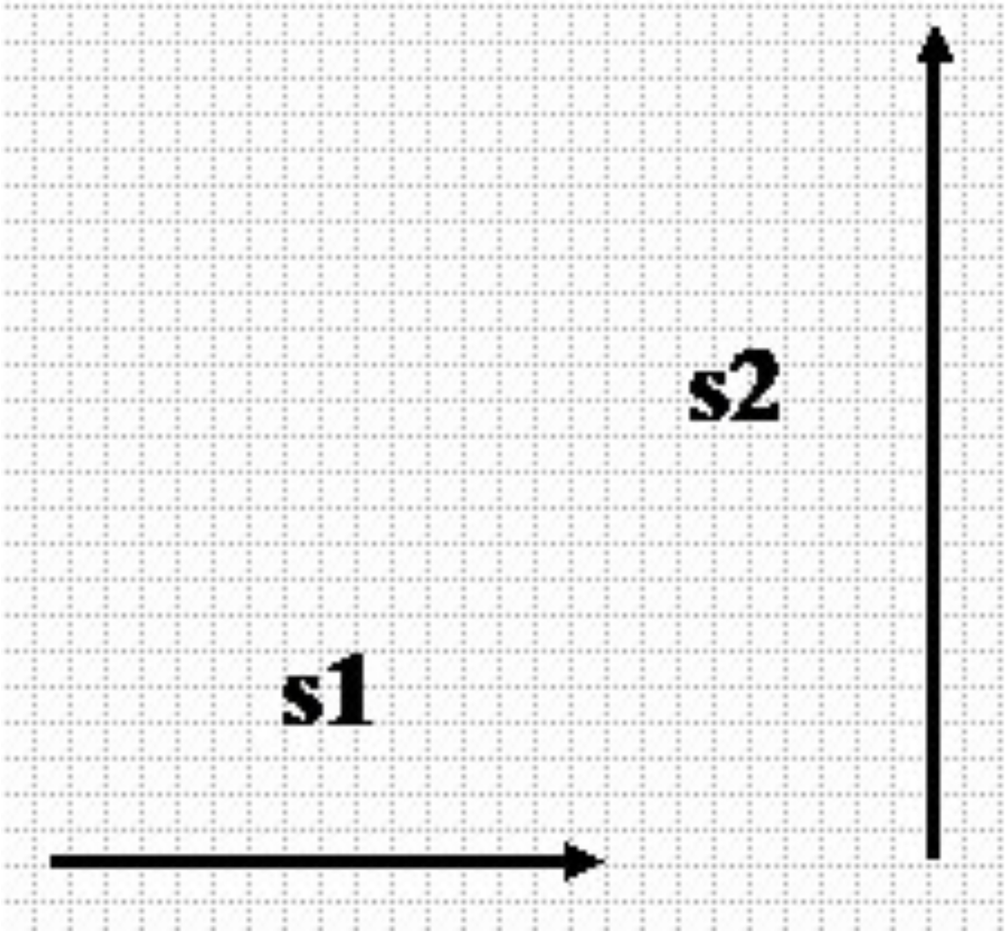


La somma è commutativa, posso invertire il ruolo del primo vettore con il secondo

Esempio : somma di 2 vettori
Parallelogramma



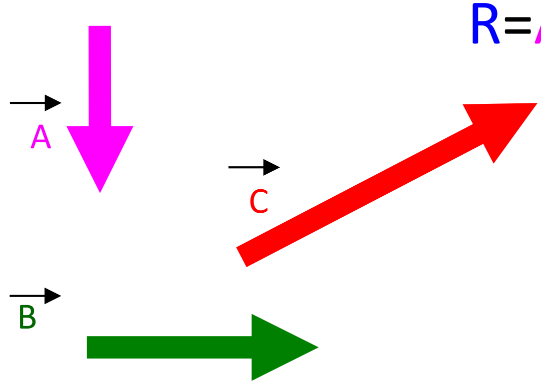
Esempio : somma di 2 vettori
testa-coda

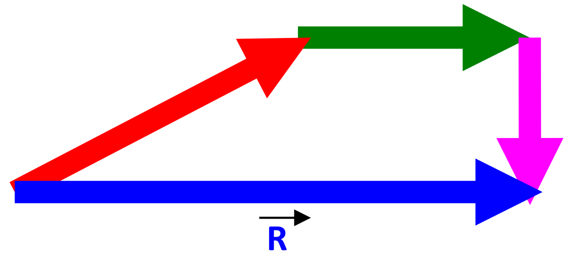


Somma grafica di più vettori

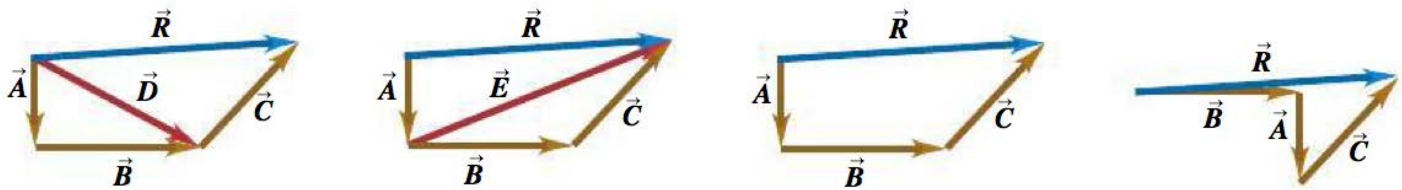
Somma di almeno due vettori : Testa- Coda. (NO Parallelogramma)

$$\vec{R}=\vec{A}+\vec{B}+\vec{C}$$

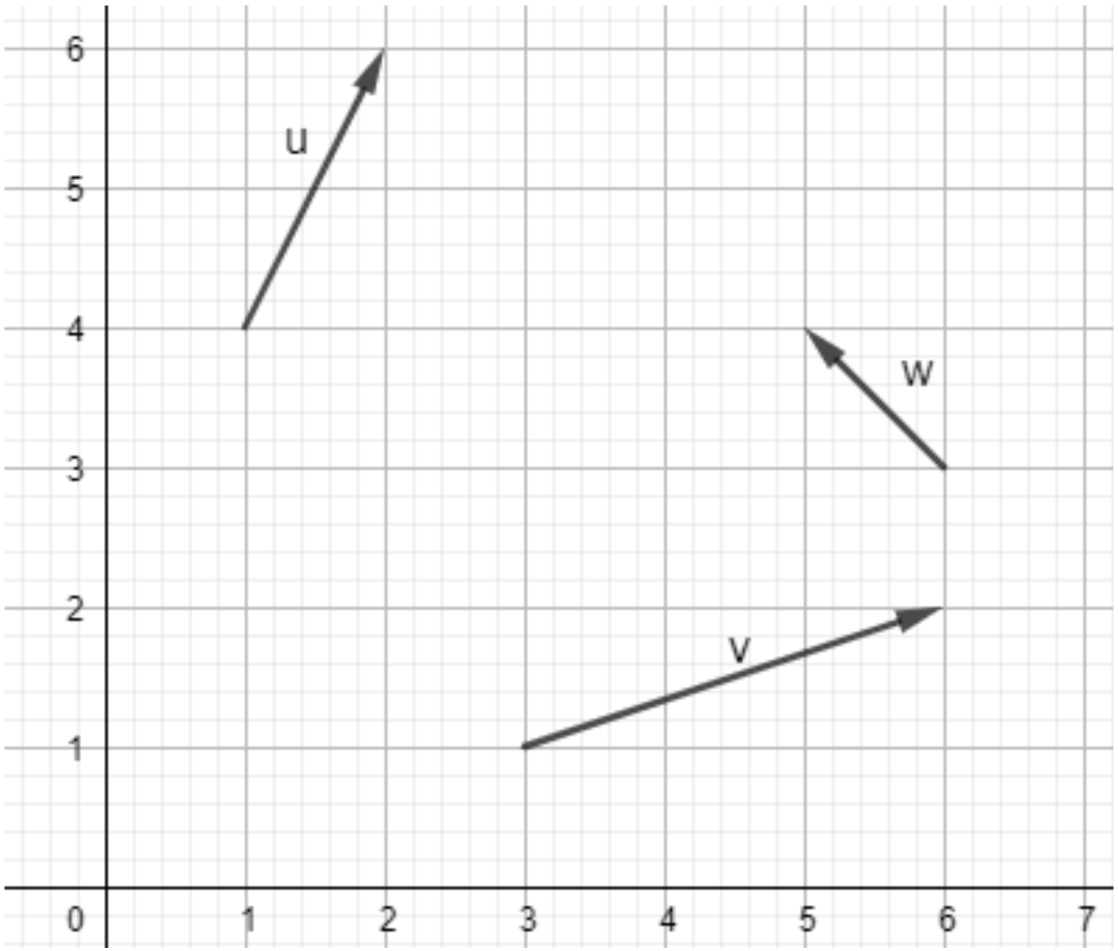




Altre combinazioni possibili :

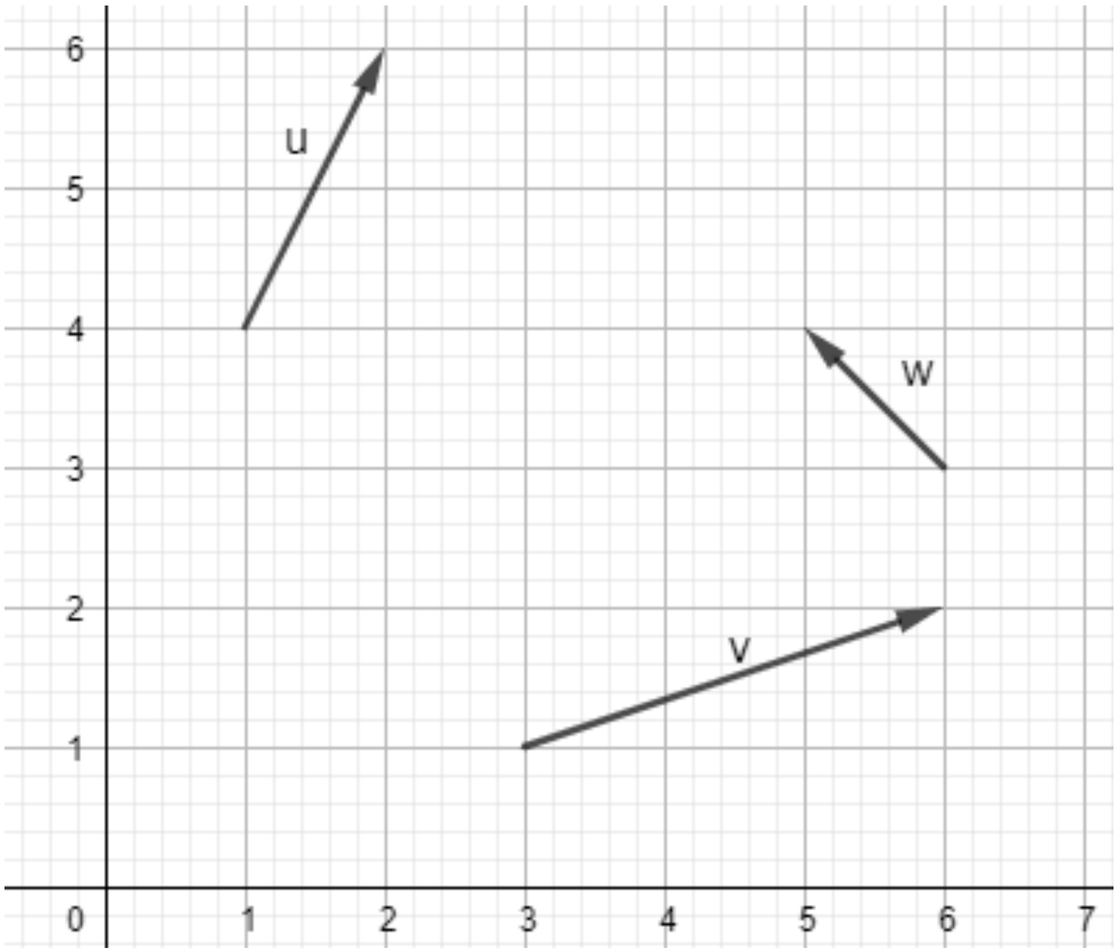


Esempio : somma di 3 vettori



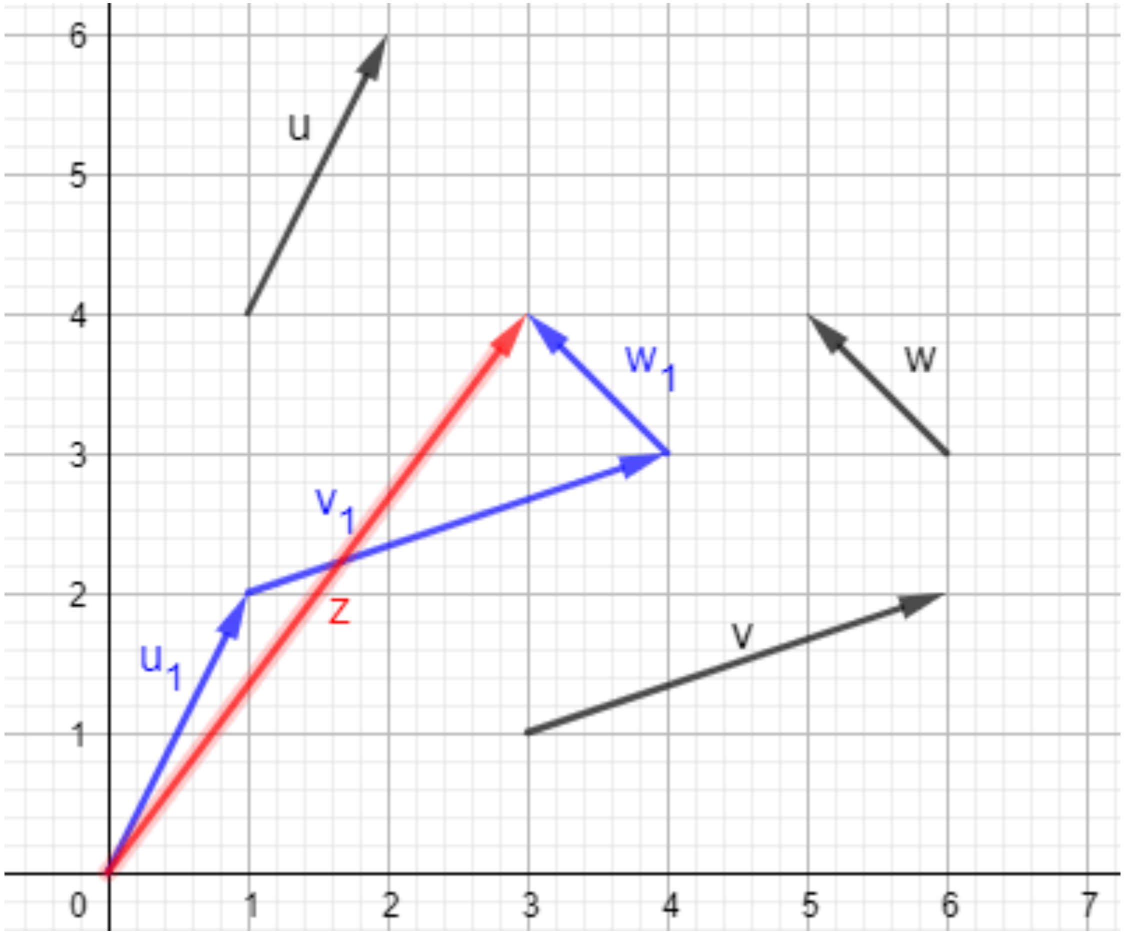
I combinazione

Esempio : somma di 3 vettori



II combinazione
Tra le 6 possibili

Esempio : somma di 3 vettori (una soluzione)

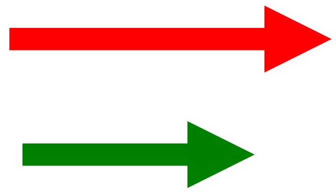


Somma grafica di due vettori paralleli

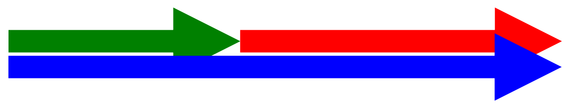
Problema : come procedere se i vettori sono paralleli o antiparalleli?Non possiamo applicare la regola del parallelogramma !

$\vec{A}$

$\vec{B}$



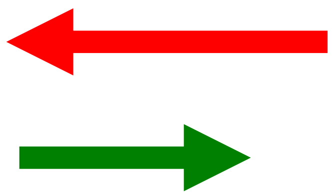
$\vec{C}=\vec{B}+\vec{A}$



Differenza grafica di due vettori paralleli

$-\vec{A}$

$\vec{B}$



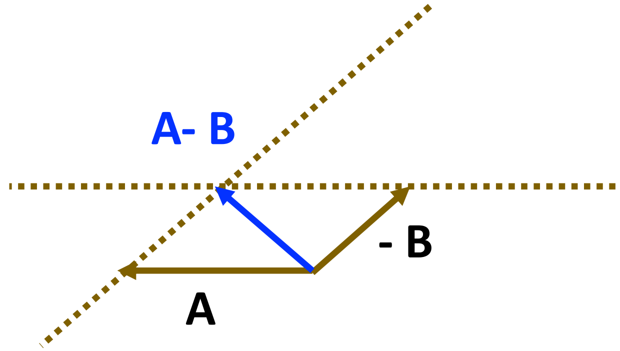
$\vec{C}=\vec{B}-\vec{A}$

Congiunge la coda del primo (minuendo), con la testa del secondo vettore (sottraendo).

Differenza grafica di due vettori

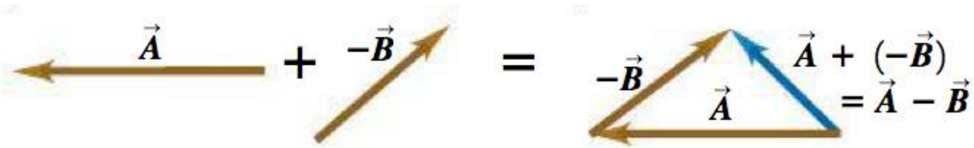
Si riporta il primo vettore

- Si inverte il verso del secondo vettore



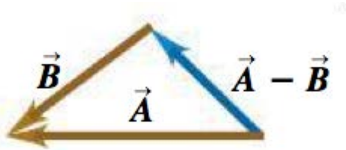
- **Si segue la regola del parallelogramma vista prima**

- **Si segue la regola testa-coda vista prima**



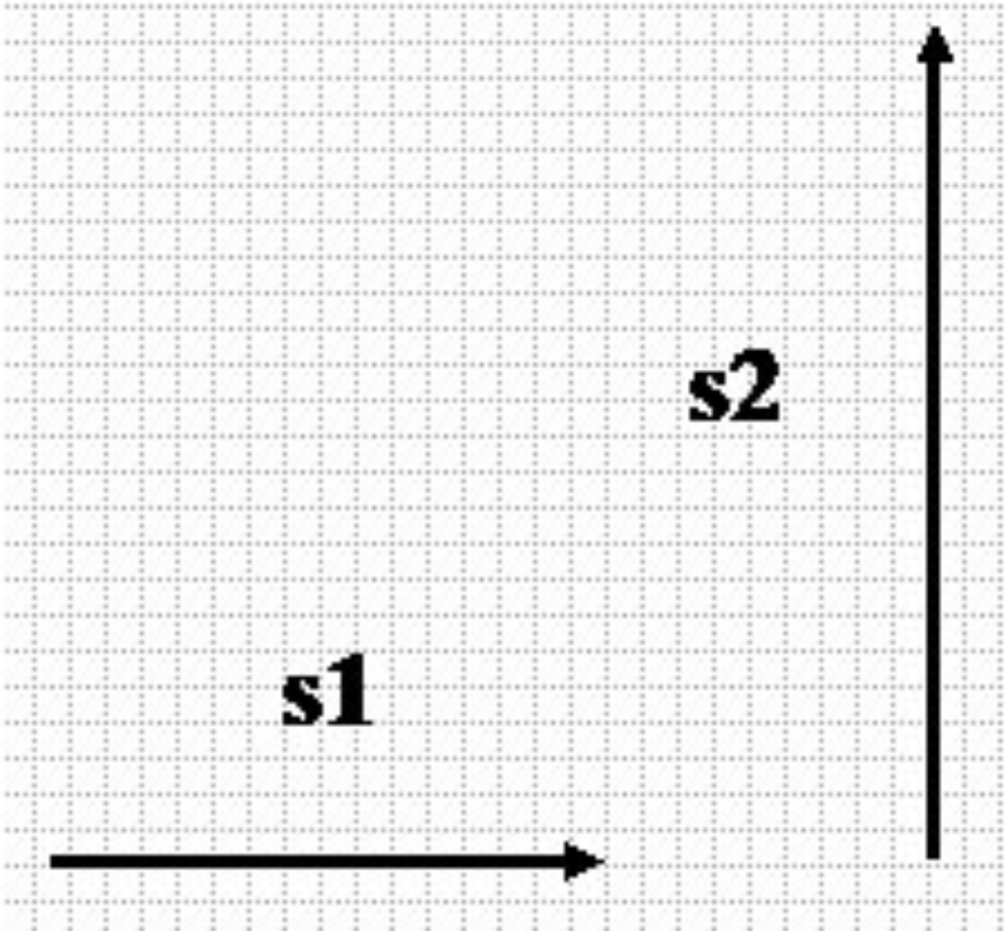
Oppure :

- Dopo aver posizionato i due vettori testa-testa, Il vettore differenza si ottiene congiungendo la coda del primo con quella del secondo vettore.



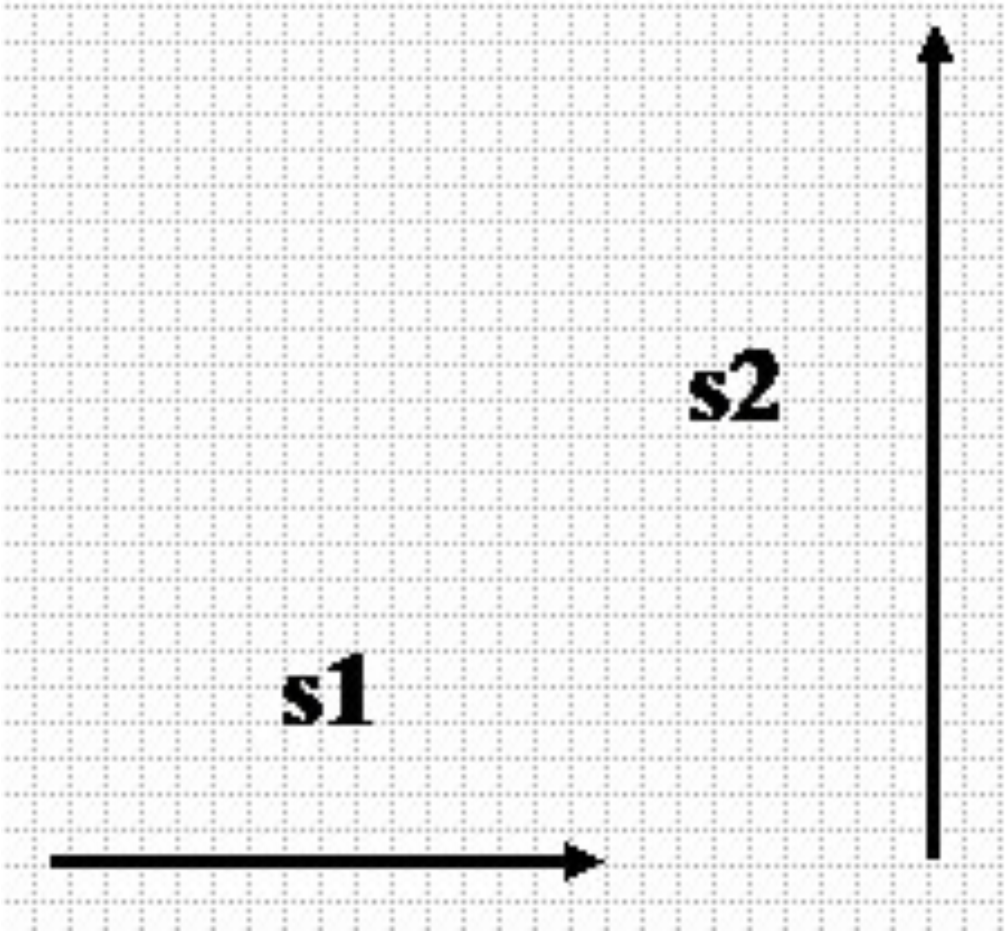
La differenza non è commutativa

Esempio : differenza tra 2 vettori s2-s1



parallelogramma

Esempio : differenza tra 2 vettori s2-s1

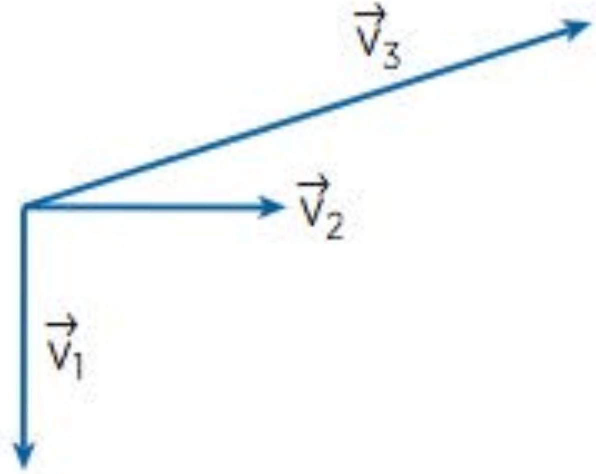


testa-coda

Lavorate Voi

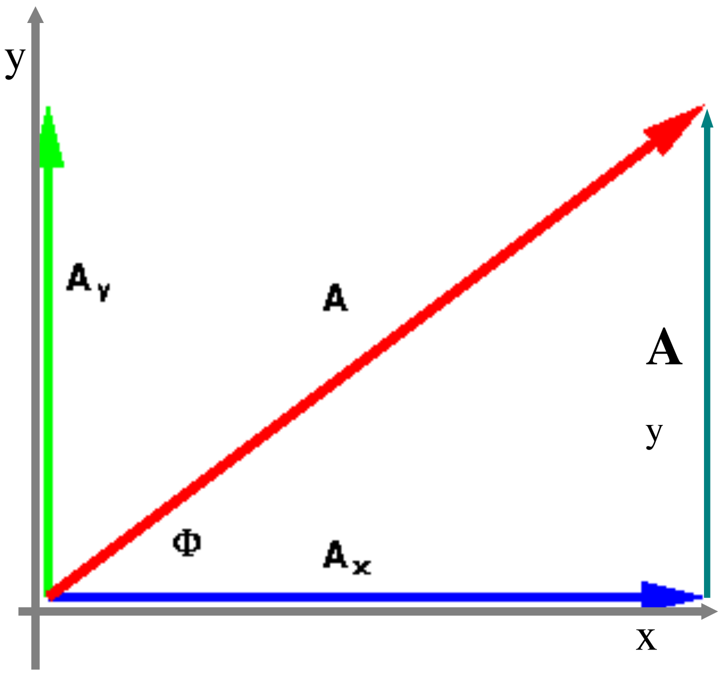
Dati i vettori $\vec{v}_1$, $\vec{v}_2$ e $\vec{v}_3$ in figura, disegna:

- il vettore somma $\vec{v}_1 + \vec{v}_2 + \vec{v}_3$;
- il vettore $-\vec{v}_3$;
- il vettore differenza $\vec{v}_2 - \vec{v}_1$;



I componenti (Vettori) di un vettore

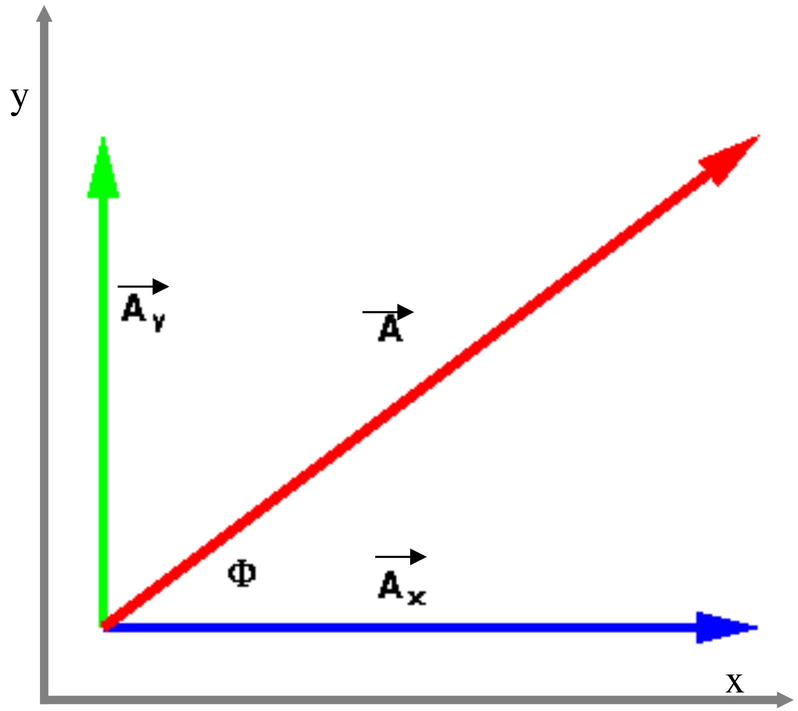
- Dalla regola di somma del parallelogrammo: Qualunque vettore $\vec{A}$ può essere pensato come somma di due vettori $\vec{A}_x$ e $\vec{A}_y$, il primo parallelo all'asse x, il secondo all'asse y
- **$\vec{A}_x$ e $\vec{A}_y$ sono i vettori componenti di $\vec{A}$.**



N.B. Nello spazio i vettori componenti sono tre: $\vec{\mathbf{A}}_x$, $\vec{\mathbf{A}}_y$ e $\vec{\mathbf{A}}_z$

Le Componenti cartesiane

- A_x = + (più) il modulo del vettore componete $\vec{A}_x$ se $\vec{A}_x$ è concorde con l'asse x
- A_x = - (meno) il modulo di $\vec{A}_x$ se il verso di $\vec{A}_x$ è opposto all'asse x
- Analogo discorso per A_y .



$$A_x = A\cos\Phi$$

$$A_y = A\,\mathrm{sen}\,\Phi$$

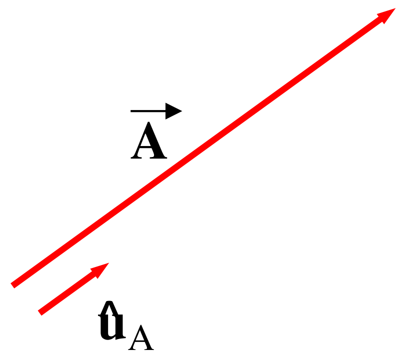
Dove A= modulo di $\vec{\mathbf{A}}$

$$A = |\vec{\mathbf{A}}| = \sqrt{A_x^2 + A_y^2}$$

-
- Φ angolo tra $\vec{\mathbf{A}}$ e l'asse x

$$\tan\Phi = \frac{A_y}{A_x}; \qquad \Phi = \mathrm{arctg}\frac{A_y}{A_x}$$

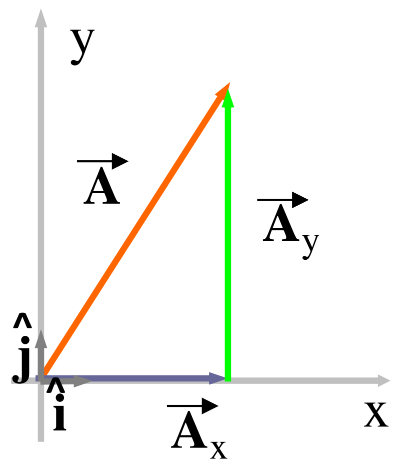
Versori



- Sono vettori di modulo unitario
  - I versori non hanno dimensioni
- Se $\hat{\mathbf{u}}_A$ è il versore del vettore $\vec{\mathbf{A}}$**,** allora $\vec{\mathbf{A}} = A\hat{\mathbf{u}}_A$

- I versori degli assi x,y,e z si chiamano rispettivamente: $\hat{i}$, $\hat{j}$ (e $\hat{k}$), oppure $\hat{u}_x$, $\hat{u}_y$ e $\hat{u}_z$
.
  - **Nel caso del vettore $\vec{A}$**
  - $\vec{A}_x = A_x\hat{\mathbf{i}}$
  - $\vec{A}_y = A_y\hat{\mathbf{j}}$
  - $\vec{A} = \vec{A}_x + \vec{A}_y = A_x\hat{i} + A_y\hat{j}$

$$\boxed{\vec{A} = A_x\,\hat{i} + A_y\,\hat{j}}$$



Somma di vettori (anche più di due) usando le componenti

Componente X

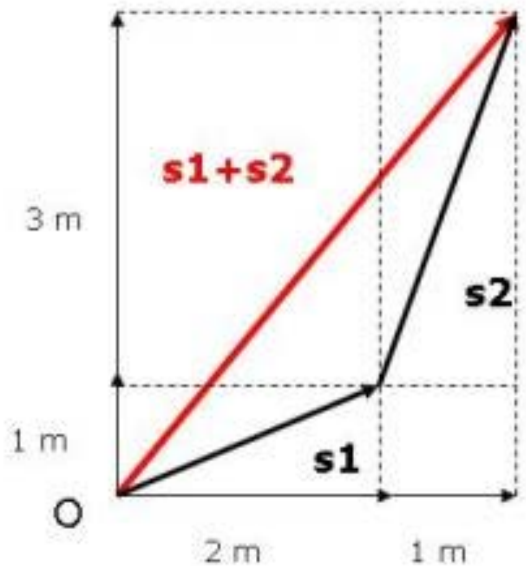
$$\left(\vec{\mathbf{A}}+\vec{\mathbf{B}}\right)_x = A_x + B_x$$

Componente Y

$$\left(\vec{\mathbf{A}}+\vec{\mathbf{B}}\right)_y = A_y + B_y$$

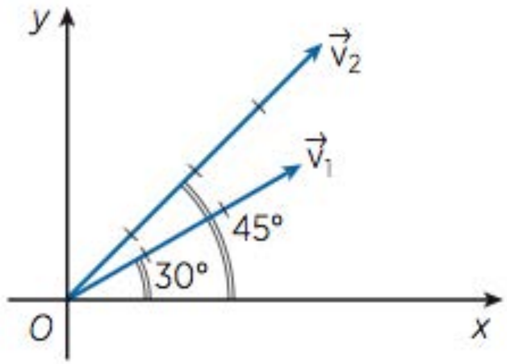
$$\vec{\mathbf{A}}+\vec{\mathbf{B}} = A_x \hat{i} + A_y \hat{j} + B_x \hat{i} + B_y \hat{j}$$

$$\boxed{\vec{\mathbf{A}}+\vec{\mathbf{B}} = \left(A_x + B_x\right)\hat{i} + \left(A_y + B_y\right)\hat{j}}$$



Esercizio

Considera i vettori $\vec{v}_1$ e $\vec{v}_2$ in figura, di modulo rispettivamente $|\vec{v}_1| = 3$ unità e $|\vec{v}_2| = 4$ unità.



- Disegna le componenti cartesiane dei vettori e trovane il valore numerico.
- Disegna il vettore somma $\vec{v}_1 + \vec{v}_2$ e trova il valore delle sue componenti cartesiane.
- Quanto vale il modulo di $\vec{v}_1 + \vec{v}_2$?

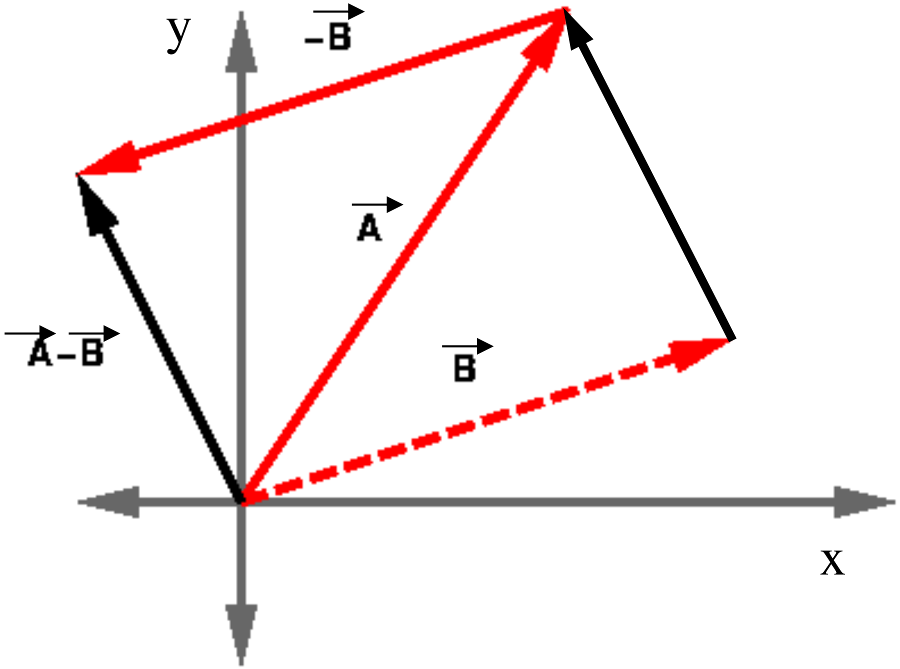
[(5,4; 4,3); 6,9]

Differenza tra due Vettori

$$\vec{\mathbf{A}} - \vec{\mathbf{B}} = \vec{\mathbf{A}} + \left(-\vec{\mathbf{B}}\right)$$

$$\left(\vec{\mathbf{A}} - \vec{\mathbf{B}}\right)_x = A_x - B_x$$

$$\left(\vec{\mathbf{A}} - \vec{\mathbf{B}}\right)_y = A_y - B_y$$



$$\boxed{\vec{\mathbf{A}} - \vec{\mathbf{B}} = A_x \hat{i} + A_y \hat{j} - B_x \hat{i} - B_y \hat{j} = \left(A_x - B_x\right)\hat{i} + \left(A_y - B_y\right)\hat{j}}$$

Esercizio

Sono dati i due vettori

$$\boldsymbol{a} = (4{,}0 \text{ m})\mathbf{i} - (3{,}0 \text{ m})\mathbf{j} + (1{,}0 \text{ m})\mathbf{k} \quad \text{e}$$

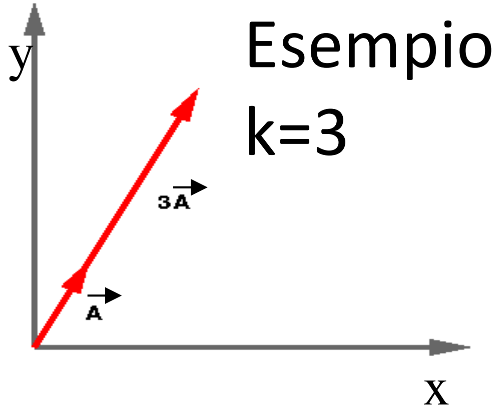
$$\boldsymbol{b} = (-1{,}0 \text{ m})\mathbf{i} + (1{,}0 \text{ m})\mathbf{j} + (4{,}0 \text{ m})\mathbf{k}\,.$$

Si trovi nella notazione con i versori (a) $\boldsymbol{a} + \boldsymbol{b}$, (b) $\boldsymbol{a} - \boldsymbol{b}$ e (c) un vettore $\boldsymbol{c}$ tale che $\boldsymbol{a} - \boldsymbol{b} + \boldsymbol{c} = 0$.

R. (a) $(3{,}0 \text{ m})\mathbf{i} - (2{,}0 \text{ m})\mathbf{j} + (5{,}0 \text{ m})\mathbf{k}$; (b) $(5{,}0 \text{ m})\mathbf{i} - (4{,}0 \text{ m})\mathbf{j} - (3{,}0 \text{ m})\mathbf{k}$; (c) $(-5{,}0 \text{ m})\mathbf{i} + (4{,}0 \text{ m})\mathbf{j} + (3{,}0 \text{ m})\mathbf{k}$

Prodotto di un vettore per uno scalare

$$\left|k\vec{\mathbf{A}}\right| = k\left|\vec{\mathbf{A}}\right|$$



Esempio

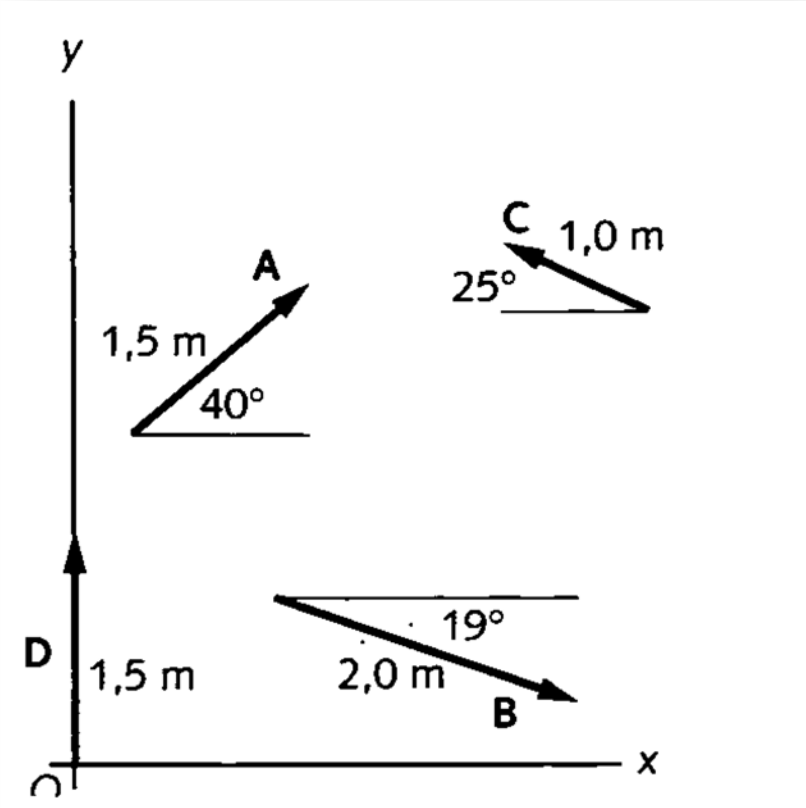
k=3

$$\left(k\vec{\mathbf{A}}\right)_x = k\left(A_x\right)$$

$$\left(k\vec{\mathbf{A}}\right)_y = k\left(A_y\right)$$

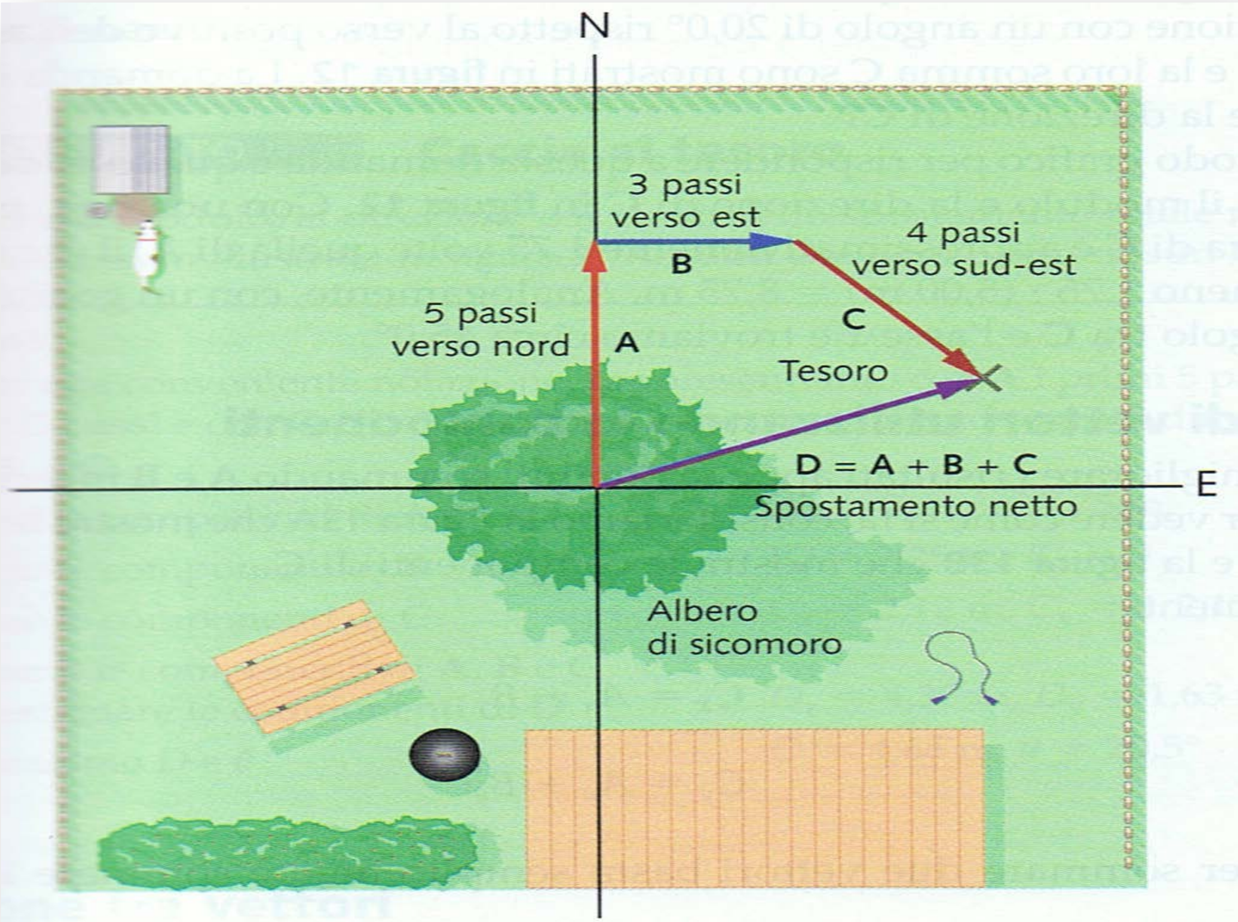
$$\boxed{k\vec{\mathbf{A}} = kA_x\,\hat{i} + kA_y\,\hat{j}}$$

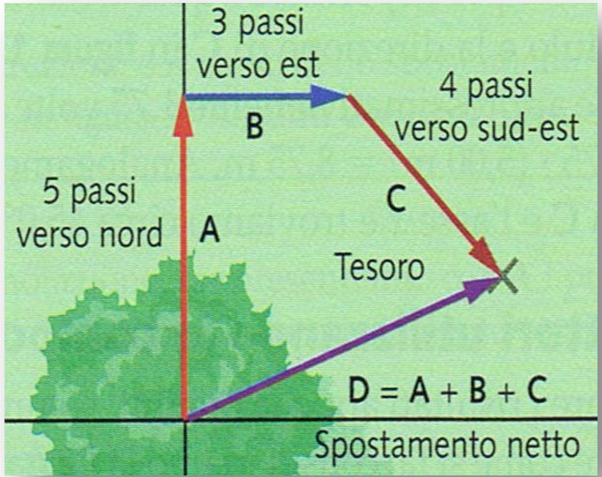
Esprimi i vettori in figura attraverso i versori degli assi x e y.



Caccia al tesoro

Determinare il vettore $\vec{D}$. [passo=75cm]





Vettore A: A_x=0m A_y=3.75m

Vettore B: B_x=2.25m B_y=0m

Vettore C: C_x=4*0.75*cos45° C_y=-2.12m

=2.12m

D_x=4.37m D_y=1.63m

Modulo

$$D = \sqrt{D_x^2 + D_y^2} = 4.66m$$

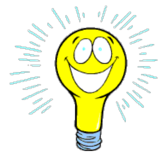
Direzione

$$\arctan\left(\frac{D_y}{D_x}\right) = 20.5°$$

Soluzione al dilemma

Somma vettoriale

Sembra dunque che le formiche del deserto siano capaci di misurare gli spostamenti e farne una somma vettoriale. La lunghezza di ogni passo fornisce l'intensità del vettore spostamento e l'angolo sotto cui è visto il Sole ne individua la direzione: cambiando il verso della somma vettoriale degli spostamenti dell'andata, ecco che le formiche riescono a ricostruire un percorso per il ritorno che sia il più breve possibile.



Lo spostamento totale è pari alla somma degli spostamenti dei singoli passi. Sembra proprio che le formiche del deserto riescano a eseguire questo calcolo per tornare al formicaio seguendo il percorso più breve.