Università degli Studi di Milano

Facoltà di Medicina e Chirurgia

Corso di laurea

Tecniche Audiometriche – Tecniche Audioprotesiche

Corso di Fisica A.A. 2022-2023

Docente: Marie Claire Cantone

marie.cantone@unimi.it

CdL Tecniche Audiometriche – Tecniche Audioprotesiche

Corso integrato – Fisica e Statistica
A.A. 2021/2022

Fisica, Lezioni: 20 ore

1) Ruolo della misura in Fisica, Sistema internazionale di unità di misura-Grandezze fondamentale e derivate, grandezze scalari e vettoriali

2) Richiami sui vettori: somma, scomposizione, prodotto scalare e vettoriale

3) Cinetica: : grandezze, moto rettilineo uniforme e uniformante accelerato, esempi ed esercizi

4) Dinamica: principi, forza gravitazionale, lavoro di una forza, energia e conservazione

5) Energia cinetica, forze conservative, energia potenziale, conservazione della energia meccanica

Lezioni di Fisica

5) Moto circolare uniforme, moto curvilineo non uniforme, moto armonico

6) Statica corpo rigido, momento di una forza e coppie di forze, stabilità ed equilibrio, le leve 1, 2, 3 tipo

7) Esempi ed esercizi di statica e dinamica

8) Fenomeni ondulatori. Forse elastiche, moti oscillatori, oscillazioni smorzate e risonanza

9) Onde longitudinali e trasversali, equazione onda. Teorema di Fourier. Interferenza e onde stazionarie.

10) Onde sonore, risposta del sistema uditivo e livello di sensazione sonora e risposta del sistema uditivo. Esempi ed esercizi

1. INTRODUZIONE

LEGGI DELLA FISICA E RUOLO DELLA MISURA

- **Le leggi della Fisica sono MODELLI MATEMATICI che riproducono l'ordine di base trovato in Natura e sono costruiti per andare a prevedere i comportamenti in Natura.**

Principio in Fisica: un modello che è sperimentalmente verificato in un esteso intervallo di condizioni.

Teoria in Fisica: un modello che è stato sperimentalmente verificato in un certo intervallo di condizioni.

Ipotesi in Fisica: un modello non ancora verificato o verificato solo in particolari condizioni.

- **La Fisica interagisce con il mondo reale mediante il processo di misura, ovvero cerca di spiegare gli eventi, che osserviamo nel mondo attorno a noi, attraverso una descrizione matematica a partire dall' osservazione sperimentale degli stessi.**

- **La misura è la procedura che permette di associare un numero alla quantità oggetto dell'osservazione ovvero alla grandezza fisica.**

Il Sistema Internazionale di Unità di Misura (S.I.)

Introdotto nel 1960 dalla XI Conferenza Generale dei Pesi e Misure.

Inserito in Direttive della Comunità Europea fin dal 1971 ed è stato legalmente adottato in Italia nel 1982.

S.I. definisce due tipi di grandezze:

- **Grandezze fondamentali:**
  l'unità di misura è definita in modo indipendente.
- **Grandezze derivate:**
  l'unità di misura è definita tramite le relazioni analitiche che le collegano alle grandezze fondamentali

Grandezze fondamentali

Grandezza	Unità di misura	Simbolo
intervallo di tempo	secondo	s
lunghezza	metro	m
massa	chilogrammo	kg
temperatura	kelvin	K
quantità di sostanza	mole	mol
intensità di corrente	ampere	A
intensità luminosa	candela	cd

Grandezze derivate

Ad esempio, in meccanica → velocità, accelerazione, forza…

Grandezza	Unità	Simbolo	Conversione
Frequenza	hertz	Hz	$1\ Hz = 1\ s^{-1}$
Forza	newton	N	$1\ N = 1\ kg\ m\ s^{-2}$
Pressione	pascal	Pa	$1\ Pa = 1\ N\ m^{-2}$
Lavoro, energia	joule	J	$1\ J = 1\ N\ m$
Potenza	watt	W	$1\ W = 1\ J\ s^{-1}$

Unità di misura legate ad un nome proprio di persona

Grandezze scalari e vettoriali

Grandezze scalari

Grandezze che sono caratterizzate attraverso un numero che indica l'ammontare della grandezza considerata (il rapporto fra la grandezza e la sua unità di misura)

Esempi: un intervallo di tempo di 3 s, una massa di 45 kg, una frequenza di 105.5 MHz, una pressione di 1 atm . . .

Grandezze scalari e vettoriali

Grandezze vettoriali

Grandezze che sono caratterizzate attraverso :

- **un numero che indica l'ammontare della grandezza (detto modulo o intensità)**
- **una direzione**
- **un verso**

Esempi: lo spostamento, la velocità, la forza



Sistema c.g.s. di unità di misura

- centimetro (cm)
- grammo (g)
- secondo (s)

Il S.I. si basa sul sistema MKS metro (m), chilogrammo (kg), secondo (s).

$1\ m = 10^{2}\ cm$

$1\ m^2 = 10^{4}\ cm^{2}$

$1\ m^3 = 10^{6}\ cm^{3}$

$1\ kg = 10^{3}\ g$

$1\ cm = 10^{-2}\ m$

$1\ cm^{2} = 10^{-4}\ m^{2}$

$1\ cm^{3} = 10^{-6}\ m^{3}$

$1\ g = 10^{-3}\ kg$



Sistema pratico

alcuni esempi

Grandezza	Unità	Simbolo	Conversione
Volume	litro	l	1 l = 10^{-3} m^3
Massa	tonnellata	t	1 t = 10^3 kg
Tempo	minuto	min	1 min = 60 s
Tempo	ora	h	1 h = 3600 s
Energia	elettronvolt	eV	1 eV = 1.6 x 10^{-19} J
Pressione	millimetro di mercurio	mm Hg	1 mm Hg = 133 Pa

Prefissi Moltiplicativi per multipli e sottomultipli delle unità di misura

Fattore	Prefisso	Simbolo	Fattore	Prefisso	Simbolo
10^{24}	yotta-	Y-	10^{-24}	yocto-	y-
10^{21}	zetta-	Z-	10^{-21}	zepto-	z-
10^{18}	exa-	E-	10^{-18}	atto-	a-
10^{15}	peta-	P-	10^{-15}	femto-	f-
10^{12}	tera-	T-	10^{-12}	pico-	p-
10^{9}	giga-	G-	10^{-9}	nano-	n-
10^{6}	mega-	M-	10^{-6}	micro-	μ-
10^{3}	chilo-	k-	10^{-3}	milli-	m-
10^{2}	etto-	h-	10^{-2}	centi-	c-
10	deca-	da-	10^{-1}	deci-	d-

Prefissi Moltiplicativi per multipli e sottomultipli delle unità di misura

Fattore	Prefisso	Simbolo	Fattore	Prefisso	Simbolo
10^{24}	yotta-	Y-	10^{-24}	yocto-	y-
10^{21}	zetta-	Z-	10^{-21}	zepto-	z-
10^{18}	exa-	E-	10^{-18}	atto-	a-
10^{15}	peta-	P-	10^{-15}	femto-	f- m
10^{12}	tera-	T-	10^{-12}	pico-	p- C
10^{9}	giga-	G- Hz	10^{-9}	nano-	n-
10^{6}	mega-	M- m	10^{-6}	micro-	μ- g
10^{3}	chilo-	k- m	10^{-3}	milli-	m- m
10^{2}	etto-	h- l	10^{-2}	centi-	c- l
10	deca-	da-	10^{-1}	deci-	d-

Usare le potenze di 10 nelle conversioni

1 cm = 0.01 m

1 dm = 10^{-1} m

1 μm = 10^{-6} m

Usare le potenze di 10 nelle conversioni

1 cm = 0.01 m ➡ **uso potenze del 10** **? m**

1 dm = 10^{-1} m

1 μm = 10^{-6} m

Usare le potenze di 10 nelle conversioni

1 cm = 0.01 m ➡ uso potenze del 10 ➡ ? m

1 dm = 10^{-1} m

1 dm^3 = ? m^3

1 μm = 10^{-6} m

1 nm = ? m

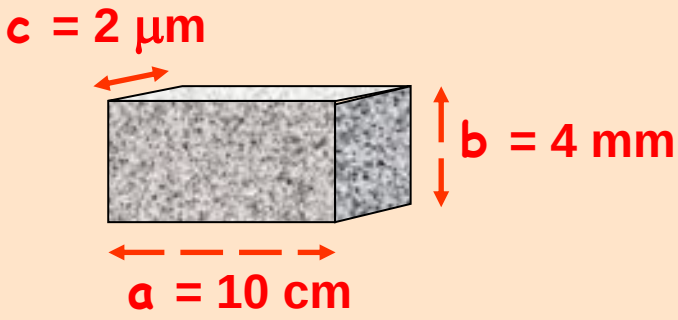
Usare le potenze di 10 nelle conversioni

$1\ cm = 0.01\ m \rightarrow 10^{-2}\ m$

$1\ dm = 10^{-1}\ m$ $\qquad$ $1\ dm^3 = 10^{-3}\ m^3$

$1\ \mu m = 10^{-6}\ m$ $\qquad$ $1\ nm = 10^{-9}\ m$

$V = ?$

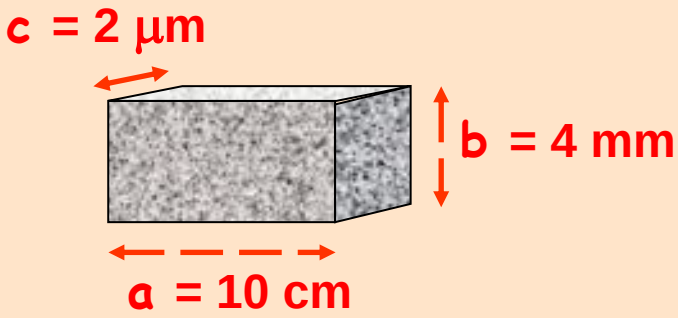


Usare le potenze di 10 nelle conversioni

$1\ cm = 0.01\ m \rightarrow 10^{-2}\ m$

$1\ dm = 10^{-1}\ m$ $\qquad$ $1\ dm^3 = 10^{-3}\ m^3$

$1\ \mu m = 10^{-6}\ m$ $\qquad$ $1\ nm = 10^{-9}\ m$



$V = ?$

$a = 10\ cm = \ldots\ldots\ m$

$b = 4\ mm = \ldots\ldots\ m$

$c = 2\ \mu m = \ldots\ldots\ m$

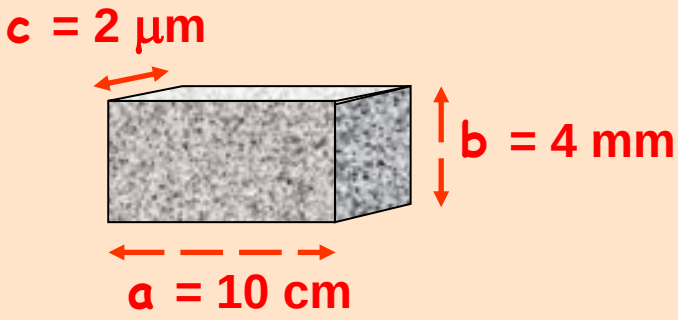
$V = a \times b \times c = \ldots\ldots\ m^3$

Usare le potenze di 10 nelle conversioni

$1\ cm = 0.01\ m \rightarrow 10^{-2}\ m$

$1\ dm = 10^{-1}\ m$ $\qquad$ $1\ dm^3 = 10^{-3}\ m^3$

$1\ \mu m = 10^{-6}\ m$ $\qquad$ $1\ nm = 10^{-9}\ m$



$V = ?$

$a = 10\ cm = 10^{-1}\ m$

$b = 4\ mm = 4 \cdot 10^{-3}\ m$

$c = 2\ \mu m = 2 \cdot 10^{-6}\ m$

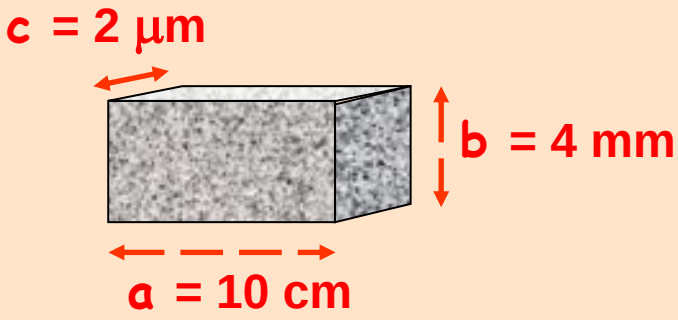
$V = a \times b \times c = \ldots\ldots\ m^3$

Usare le potenze di 10 nelle conversioni

$1\ cm = 0.01\ m \rightarrow 10^{-2}\ m$

$1\ dm = 10^{-1}\ m$ $\qquad$ $1\ dm^3 = 10^{-3}\ m^3$

$1\ \mu m = 10^{-6}\ m$ $\qquad$ $1\ nm = 10^{-9}\ m$



$V = ?$

$a = 10\ cm = 10^{-1}\ m$

$b = 4\ mm = 4 \cdot 10^{-3}\ m$

$c = 2\ \mu m = 2 \cdot 10^{-6}\ m$

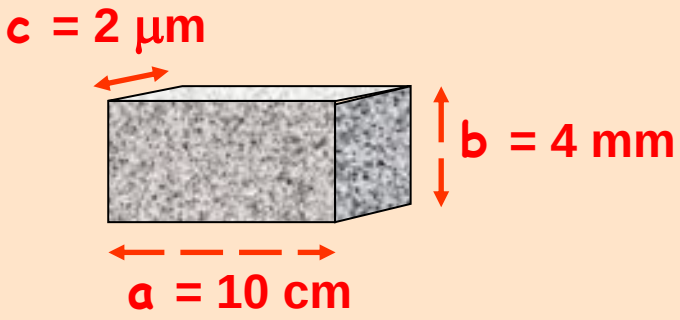
$V = a \times b \times c = 8 \cdot 10^{-10}\ m^3$

Usare le potenze di 10 nelle conversioni

$1\ cm = 0.01\ m \rightarrow 10^{-2}\ m$

$1\ dm = 10^{-1}\ m$ $\qquad 1\ dm^3 = 10^{-3}\ m^3$

$1\ \mu m = 10^{-6}\ m$ $\qquad 1\ nm = 10^{-9}\ m$



$V = ?$ in centimetri cubi

a = 10 cm = …… cm

b = 4 mm = ……cm

c = 2 μm = …… cm

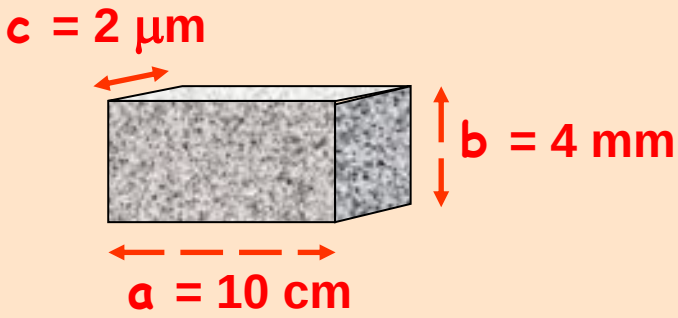
$V = a \times b \times c =$ . . . . . cm^3

Usare le potenze di 10 nelle conversioni

$1\ cm = 0.01\ m \rightarrow 10^{-2}\ m$

$1\ dm = 10^{-1}\ m$ $\qquad 1\ dm^3 = 10^{-3}\ m^3$

$1\ \mu m = 10^{-6}\ m$ $\qquad 1\ nm = 10^{-9}\ m$



$V = ?$

$a = 10\ cm = 10\ cm$

$b = 4\ mm = 4 \cdot 10^{-1}\ cm$

$c = 2\ \mu m = 2 \cdot 10^{-4}\ cm$

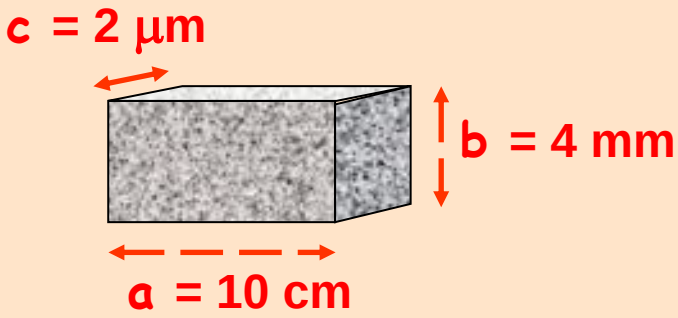
$V = a \times b \times c = 8 \cdot 10^{-4}\ cm^3$

Usare le potenze di 10 nelle conversioni

$1\ cm = 0.01\ m \rightarrow 10^{-2}\ m$

$1\ dm = 10^{-1}\ m$ $\qquad 1\ dm^3 = 10^{-3}\ m^3$

$1\ \mu m = 10^{-6}\ m$ $\qquad 1\ nm = 10^{-9}\ m$



$V = ?$

a = 10 cm = …… mm

b = 4 mm = …… mm

c = 2 μm = …… mm

$V = a \times b \times c =$ . . . . . mm^3

Usare le potenze di 10 nelle conversioni

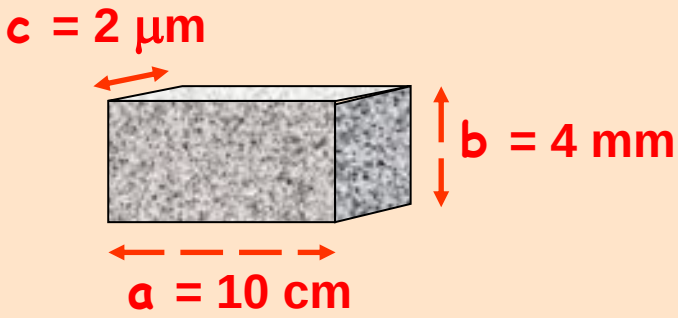
$1\ cm = 0.01\ m \rightarrow 10^{-2}\ m$

$1\ dm = 10^{-1}\ m$

$1\ \mu m = 10^{-6}\ m$

$1\ dm^3 = ?\ m^3$

$1\ nm = 10^{-9}\ m$



$V = ?$

$a = 10\ cm = 10^{-1}\ m$

$b = 4\ mm = 4 \cdot 10^{-3}\ m$

$c = 2\ \mu m = 2 \cdot 10^{-6}\ m$

$V = a \times b \times c = 8 \cdot 10^{-10}\ m^3$

$10\ cm$

$4 \cdot 10^{-1}\ cm$

$2 \cdot 10^{-4}\ cm$

$8 \cdot 10^{-4}\ cm^3$

$10^2\ mm$

$4\ mm$

$2 \cdot 10^{-3}\ mm$

$8 \cdot 10^{-1}\ mm^3$

Ad esempio densità ρ

grandezza derivata

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

grandezza fondamentale

grandezza derivata

Unità di misura di ρ è derivata dalle unità di misura di m e di V

Nel S.I. ρ si misura in kg m^{-3}

ρ_{H_2O} = 1 g/cm^3

ρ_{H_2O} = ... kg/m^3

ρ_{H_2O} = ? kg/l

Ad esempio densità ρ

grandezza derivata

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

grandezza fondamentale

grandezza derivata

Unità di misura di ρ è derivata dalle unità di misura di m e di V

Nel S.I. ρ si misura in kg m^{-3}

ρ_{H_2O} = 1 g/cm^3

ρ_{H_2O} = 1000 kg/m^3

ρ_{H_2O} = ? kg/l

$$1\ \frac{g}{cm^3} = \frac{10^{-3}\,kg}{10^{-6}\,m^3} = 10^3\ \frac{kg}{m^3}$$

Es. densità alluminio = 2.7 g/cm^3 = 2700 kg/ m^3

Ad esempio densità ρ

grandezza derivata

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

grandezza fondamentale

grandezza derivata

Unità di misura di ρ è derivata dalle unità di misura di m e di V

Nel S.I. ρ si misura in kg m^{-3}

$$\rho_{H_2O} = 1 \ g/cm^3$$

$$\rho_{H_2O} = 1000 \ kg/m^3$$

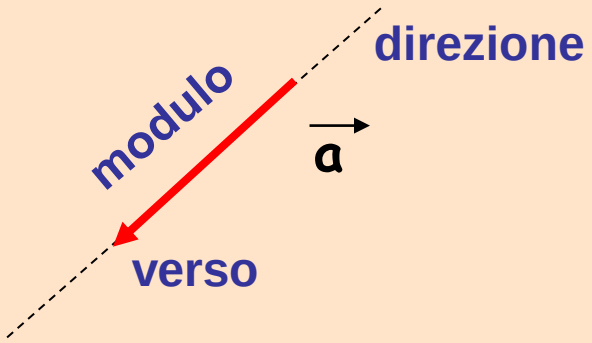
$$\rho_{H_2O} = 1 \ kg/l$$

$$1\ \frac{g}{cm^3} = \frac{10^{-3}\,kg}{10^{-6}\,m^3} = 10^3\ \frac{kg}{m^3}$$

Es. densità alluminio = 2.7 g/cm³ = 2700 kg/ m³

RICHIAMI SUI VETTORI

VETTORE



$\vec{a}$ { modulo **a**, direzione, verso

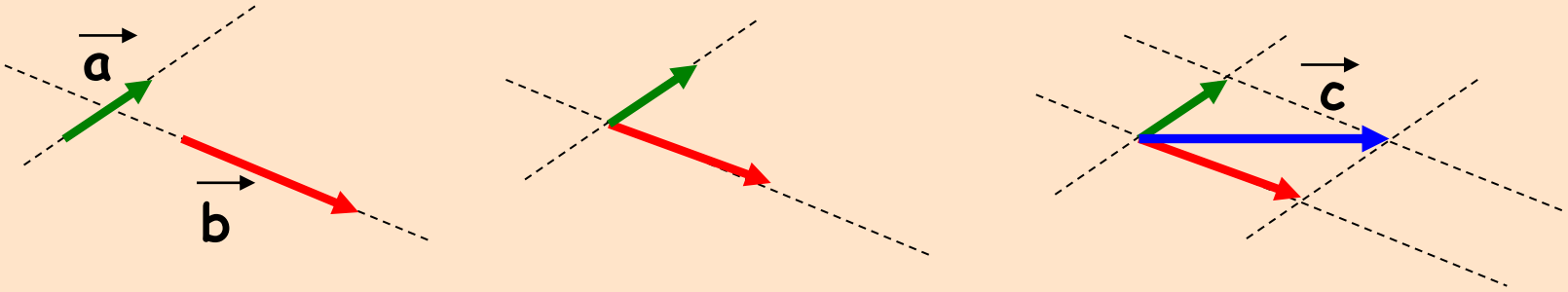
a è il modulo del vettore $\vec{a}$

un vettore è indicato con la lettera che lo rappresenta, in modi diversi:

- **in grassetto** (**v**)
- **sottolineata** ($\underline{v}$)
- **con sopra una freccetta** ($\vec{v}$)

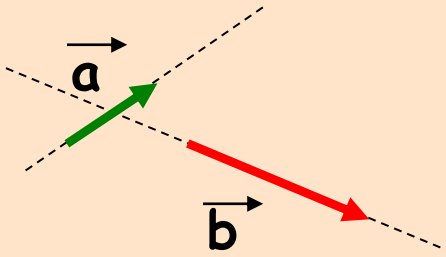
SOMMA DI VETTORI

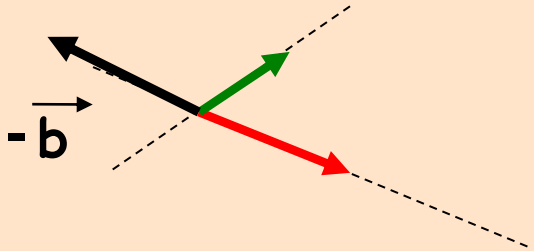
regola del parallelogrammo

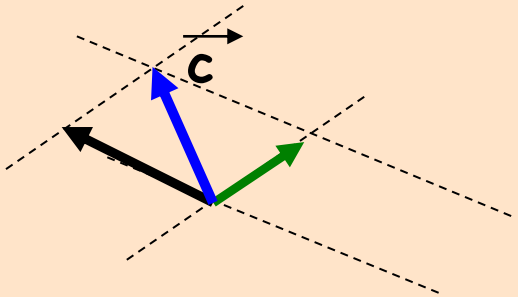


$$\vec{a} + \vec{b} = \vec{c}$$

DIFFERENZA DI VETTORI





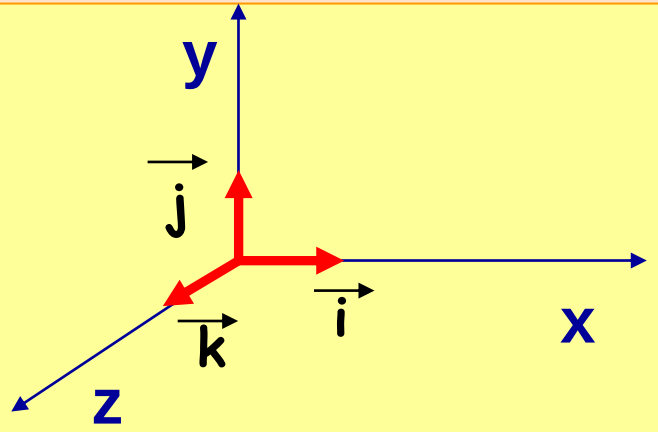


$$\vec{a} - \vec{b} = \vec{a} + (-\vec{b}) = \vec{c}$$

VERSORE

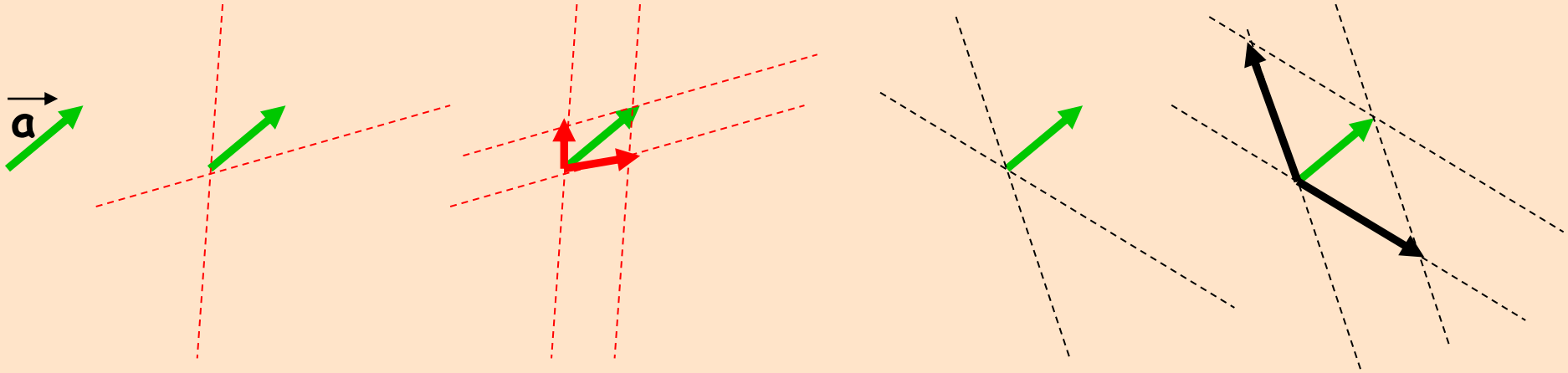
$$\vec{n} = \frac{\vec{a}}{a}$$

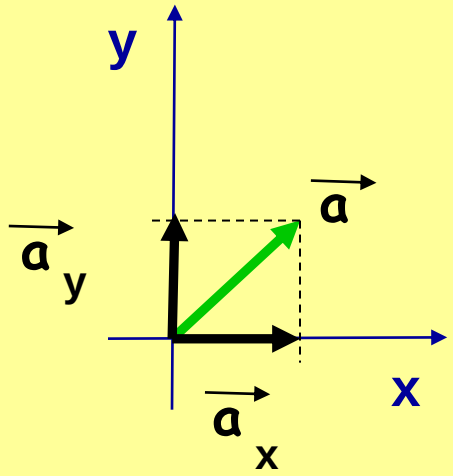
- modulo 1
- direzione di $\vec{a}$
- verso $\vec{a}$



Ad esempio i versori per gli assi

SCOMPOSIZIONE DI UN VETTORE



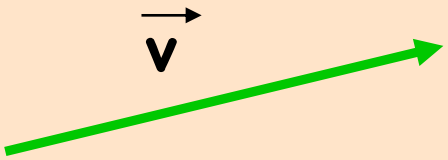


$\vec{a}_x$ e $\vec{a}_y$ sono i vettori componenti ortogonali di $\vec{a}$

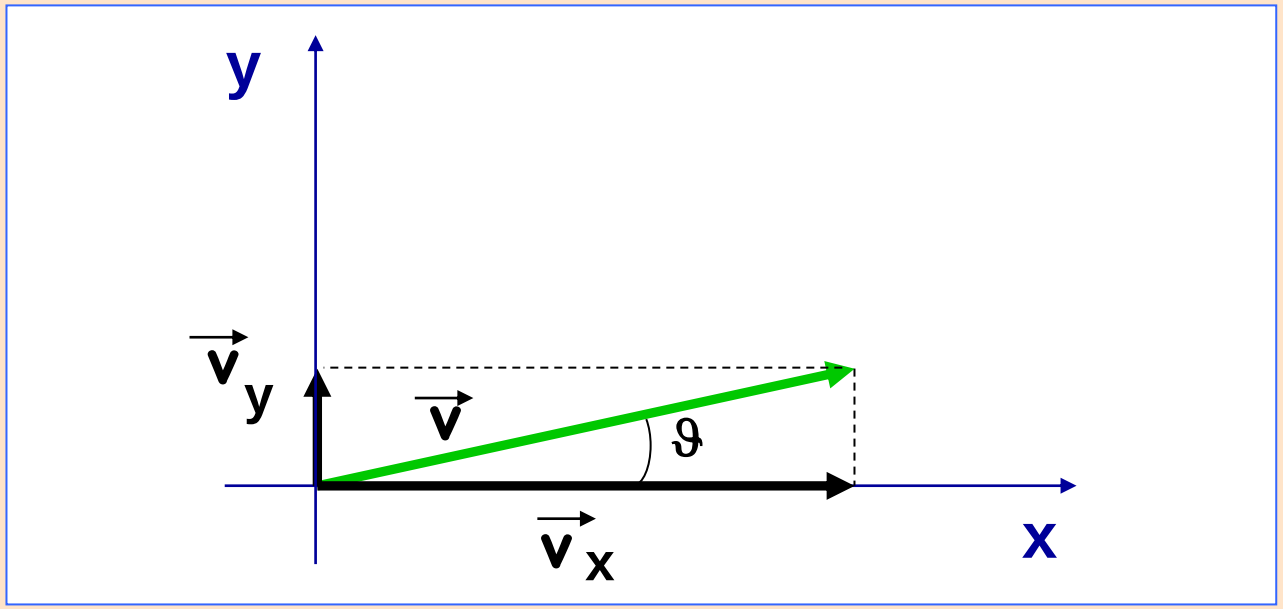
a_x e a_y sono le componenti ortogonali di $\vec{a}$

$$\vec{a} = \vec{a}_x + \vec{a}_y$$

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



$$\vec{v} = \vec{v}_x + \vec{v}_y$$

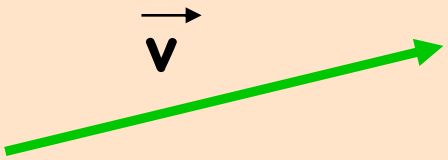


$$v_x = v \cos \vartheta$$

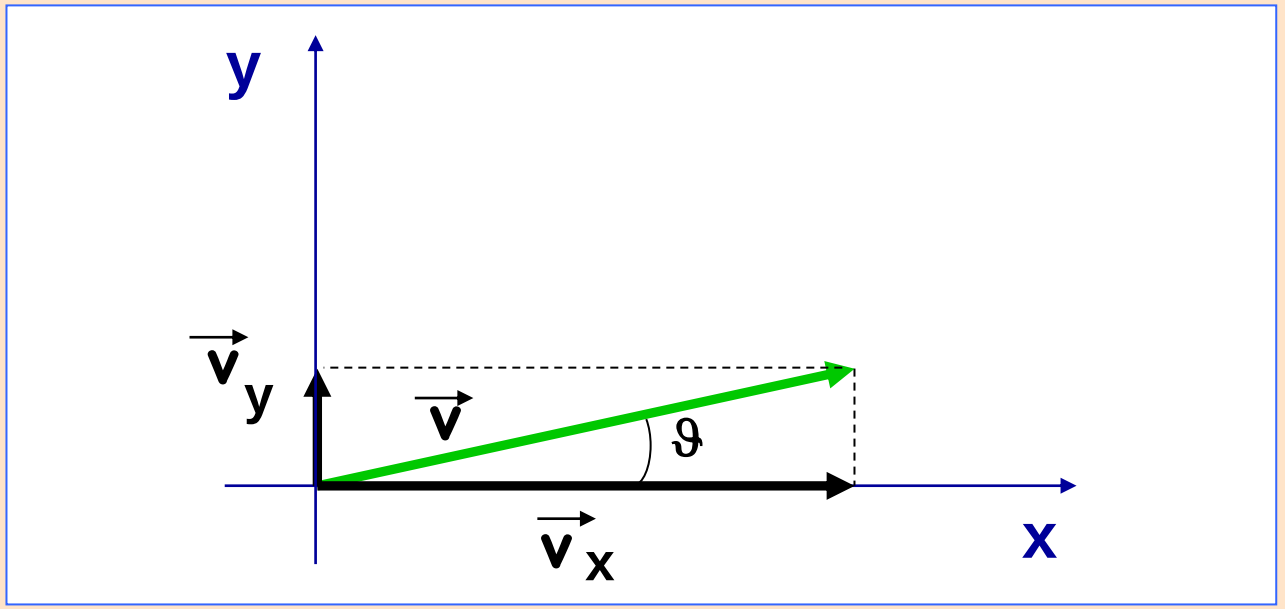
$$v_y = v \operatorname{sen} \vartheta$$

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$$

$$\operatorname{tang} \vartheta = \frac{v_y}{v_x}$$



$$\vec{v} = \vec{v}_x + \vec{v}_y$$



$$v_x = v \cos \vartheta$$

$$v_y = v \operatorname{sen} \vartheta$$

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$$

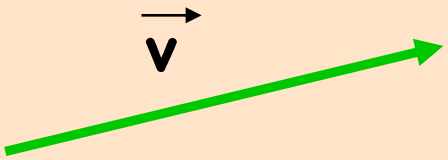
$$\operatorname{tang} \vartheta = \frac{v_y}{v_x}$$

Esempio

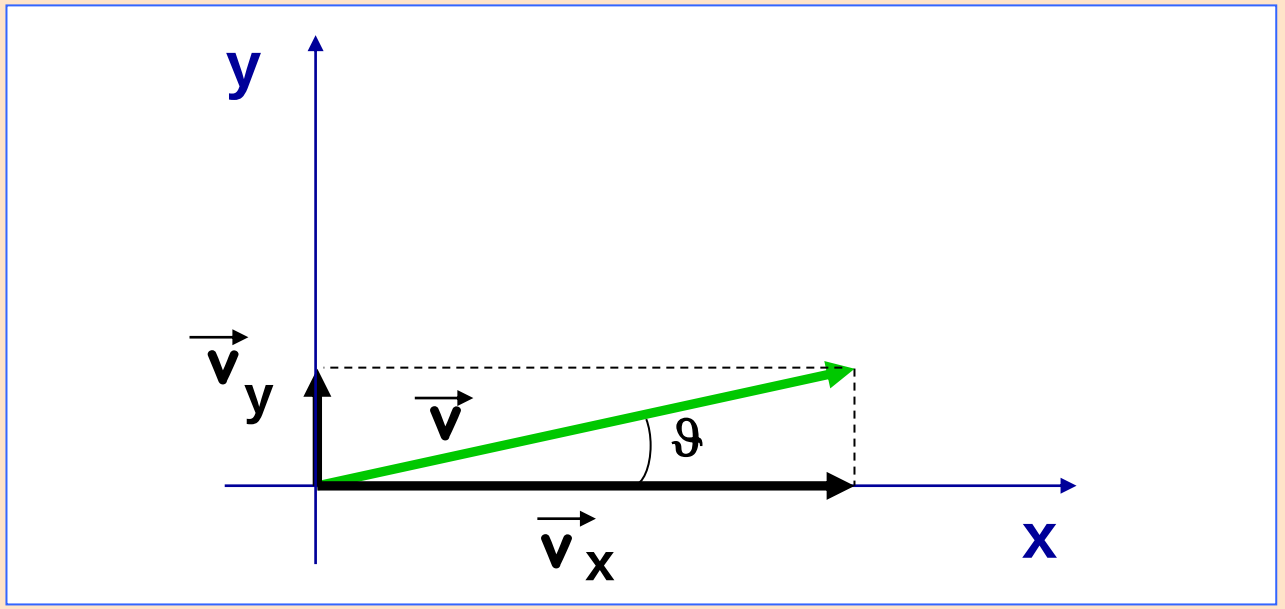
$v = 10, \vartheta = 30°$

$v_x = 10 \cos 30° = 8.66$

$v_y = 10 \operatorname{sen} 30° = 5$



$$\vec{v} = \vec{v}_x + \vec{v}_y$$



$$v_x = v \cos \vartheta$$

$$v_y = v \operatorname{sen} \vartheta$$

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$$

$$\operatorname{tang} \vartheta = \frac{v_y}{v_x}$$

Esempio

$v = 10, \vartheta = 30°$

$v_x = 10 \cos 30° = 8.66$

$v_y = 10 \operatorname{sen} 30° = 5$

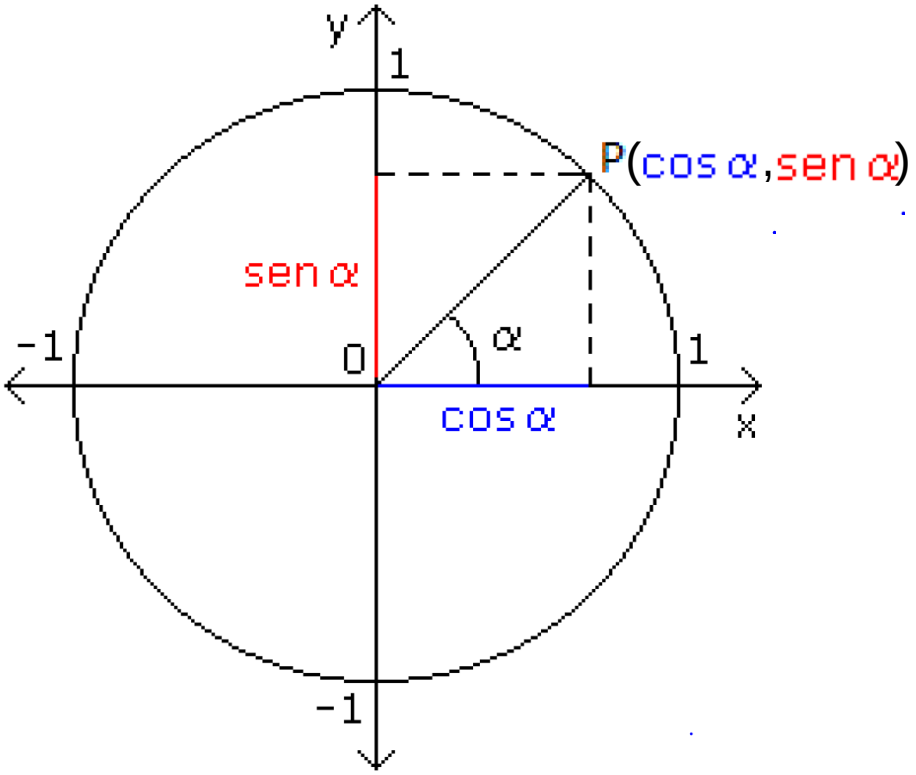
Esempio

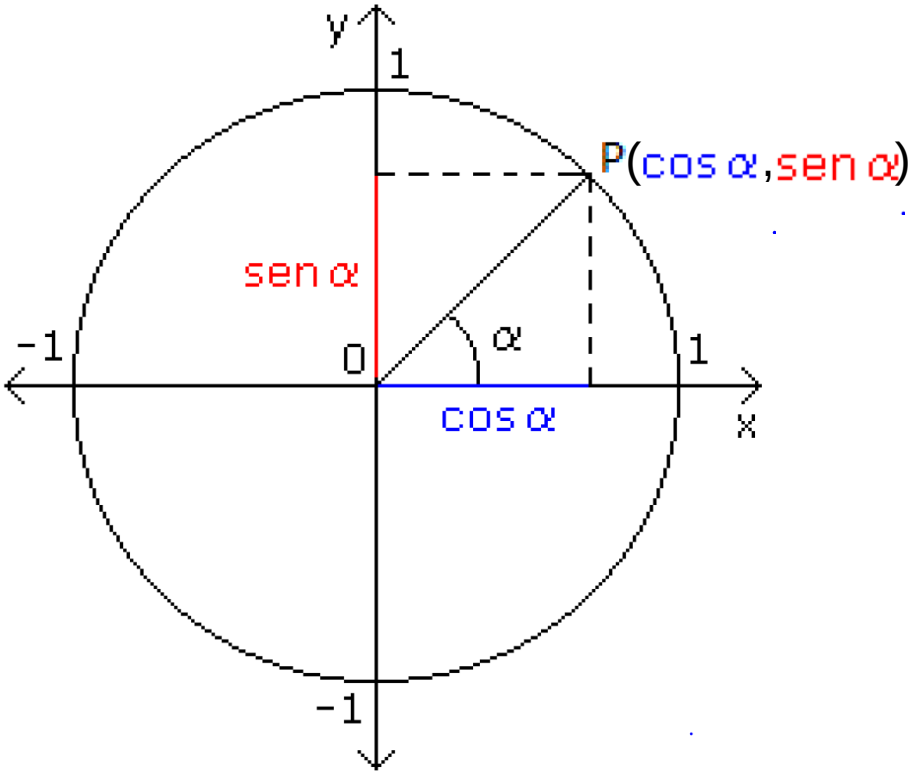
$v_x = 4 \qquad v_y = 3$

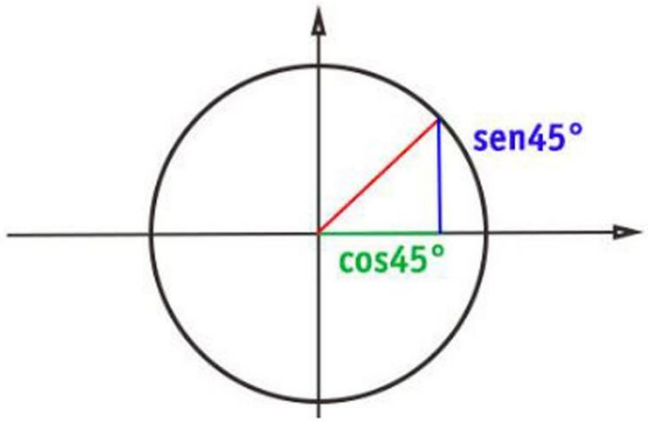
$v = \sqrt{16 + 9} = 5$

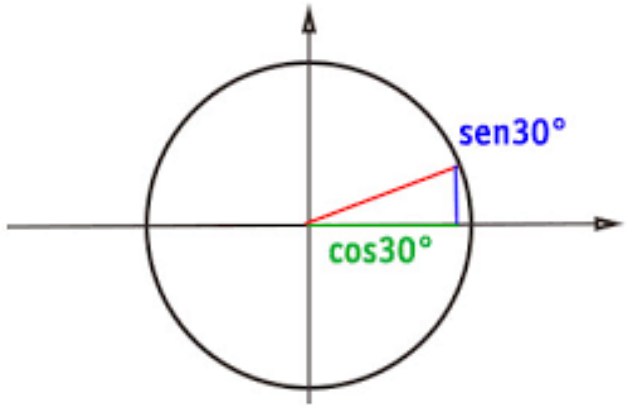
$\operatorname{tang} \vartheta = 3/4$

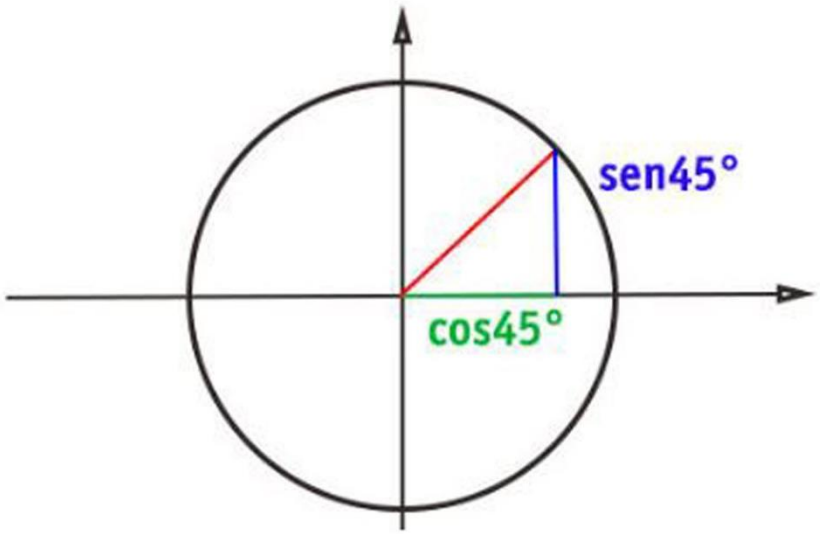
$\vartheta = 36.87°$

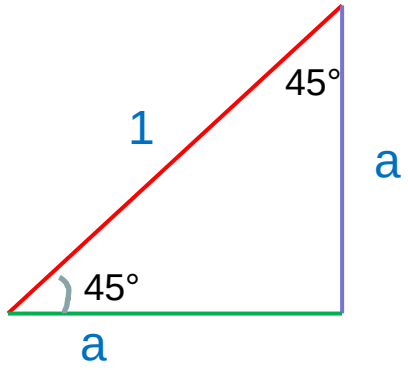

y
1
P(cos α,sen α)
sen α
-1
0
α
1
cos α
x
-1

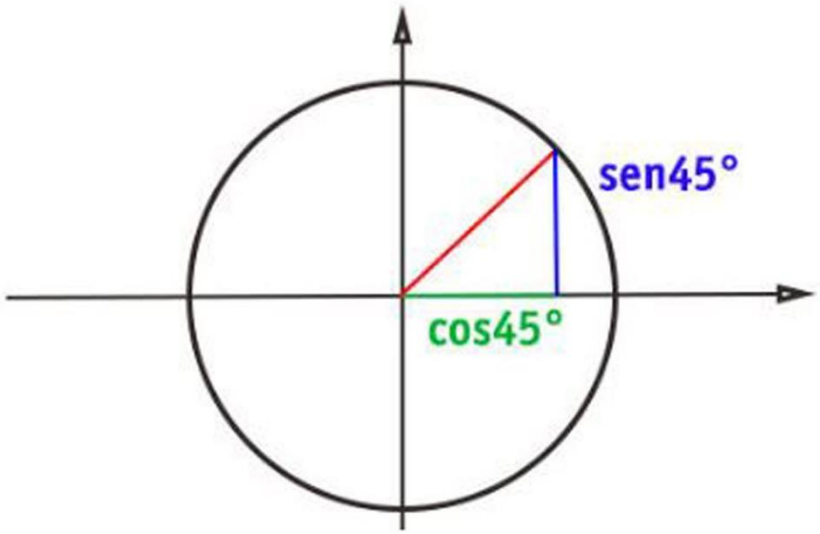

y
1
P(cos α,sen α)
sen α
-1
0
α
1
cos α
x
-1

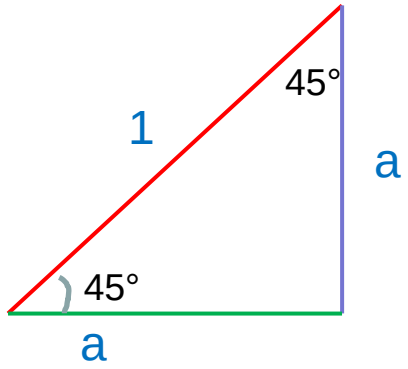

sen45°
cos45°


sen30°
cos30°

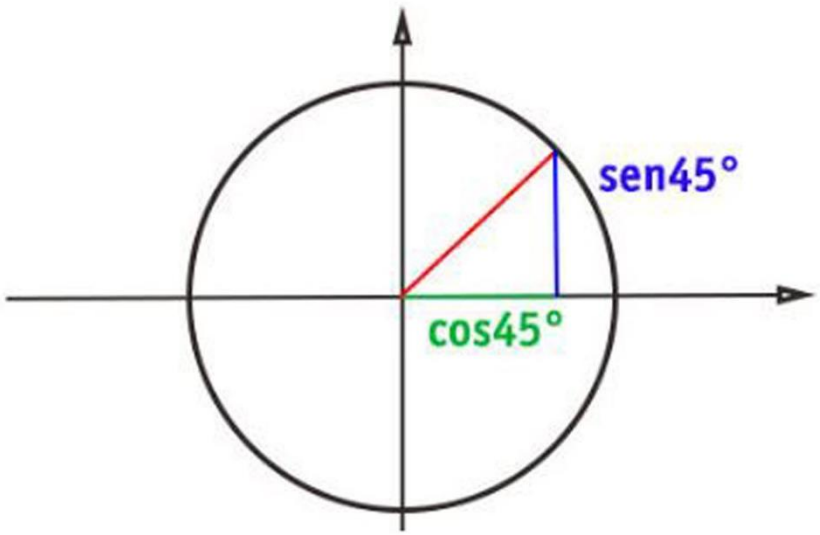

sen45°
cos45°

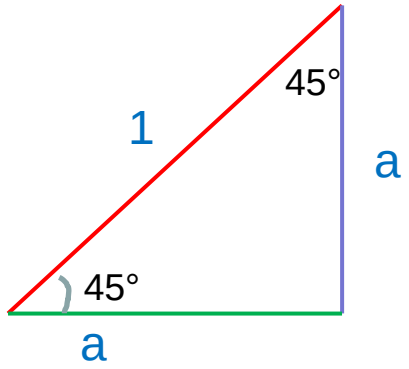

45°
1
a
45°
a





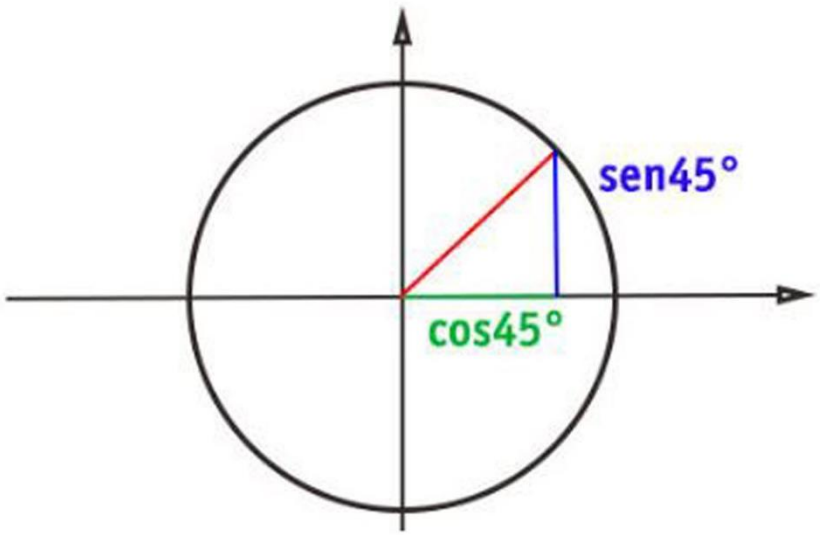
$a^2 + a^2 = 1$ $\quad 2\,a^2 = 1$ $\quad a^2 = \frac{1}{2}$

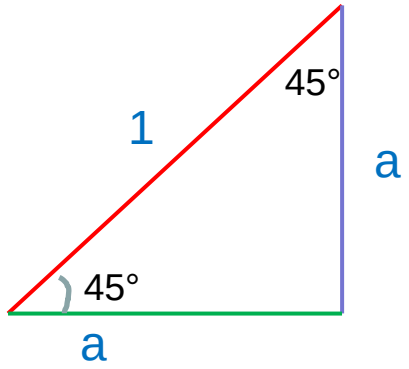




$a^2 + a^2 = 1$ $\quad 2a^2 = 1$ $\quad a^2 = \frac{1}{2}$

$a = \frac{1}{\sqrt{2}}$ $\quad a = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{2}}$ $\quad \Rightarrow \quad a = \frac{\sqrt{2}}{2}$

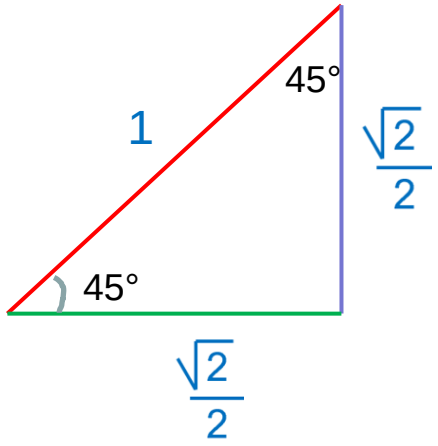


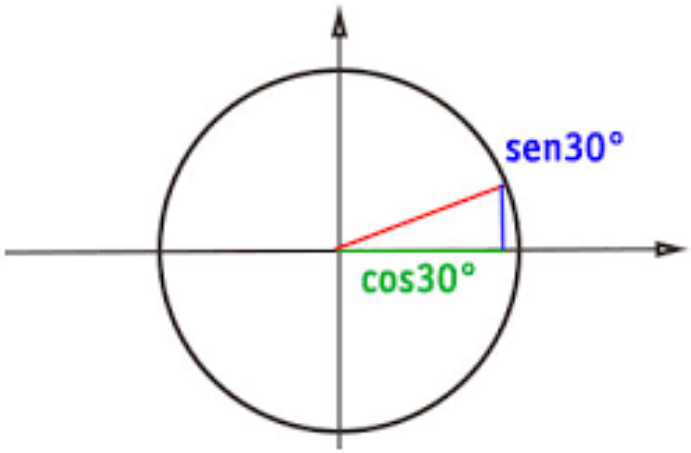


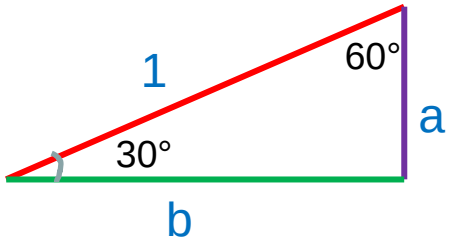
$a^2 + a^2 = 1 \qquad 2a^2 = 1 \qquad a^2 = \frac{1}{2}$

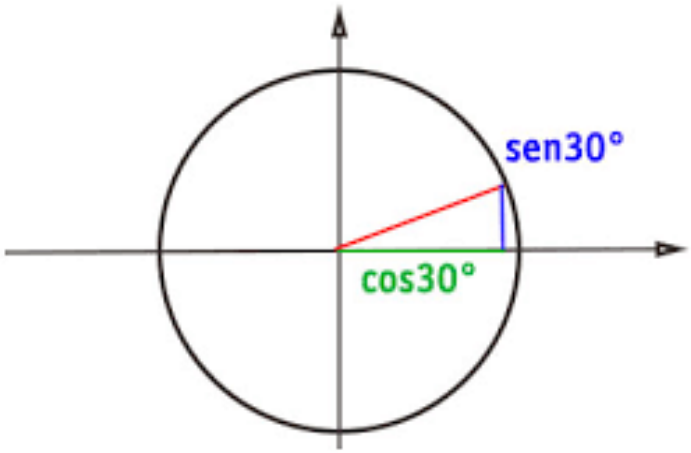
$a = \frac{1}{\sqrt{2}} \qquad a = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{2}} \Rightarrow a = \frac{\sqrt{2}}{2}$

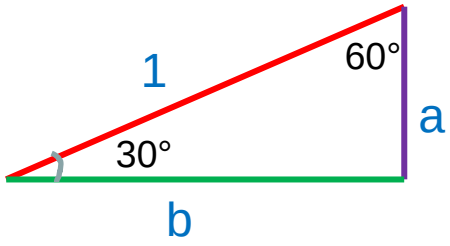
$\text{sen } 45° = \cos 45° = \frac{\sqrt{2}}{2}$



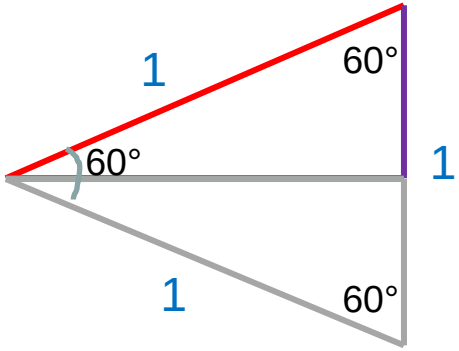

sen30°
cos30°

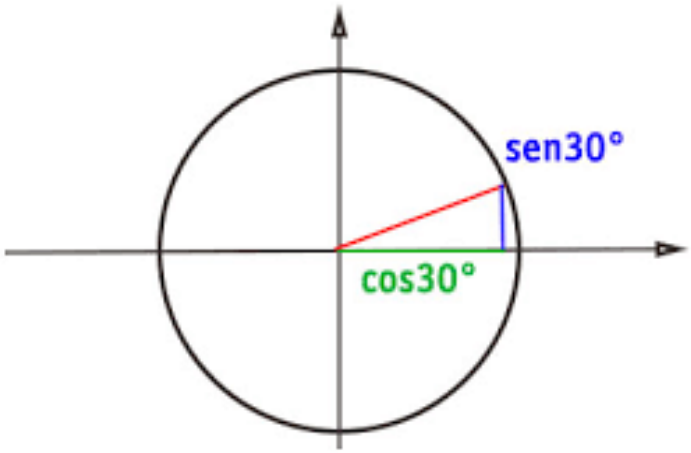

1
60°
a
30°
b

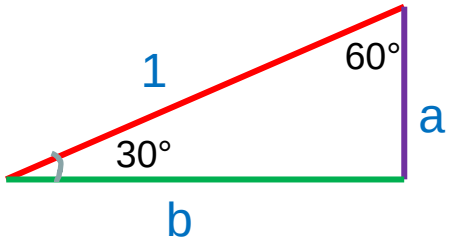


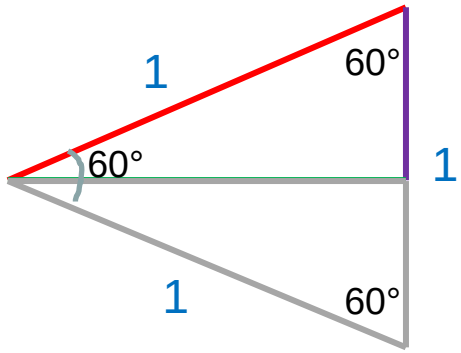


$$a = \frac{1}{2}$$









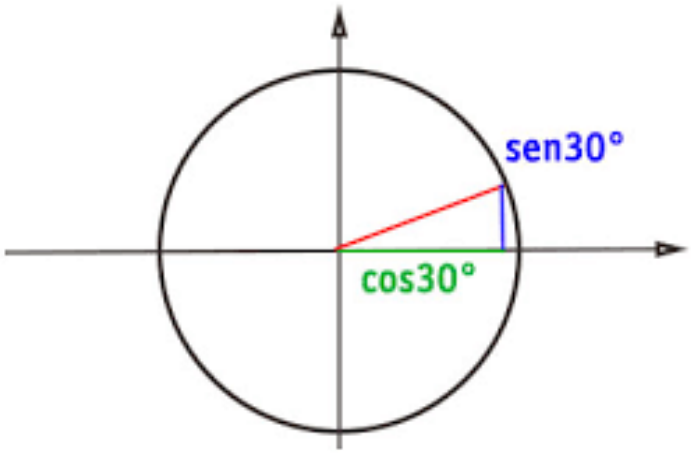
$$a = \frac{1}{2}$$

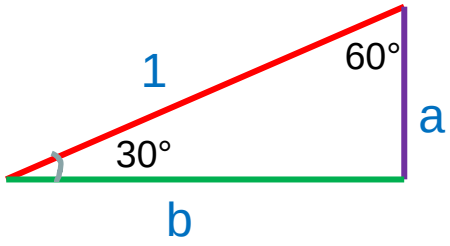
$$a^2 + b^2 = 1$$

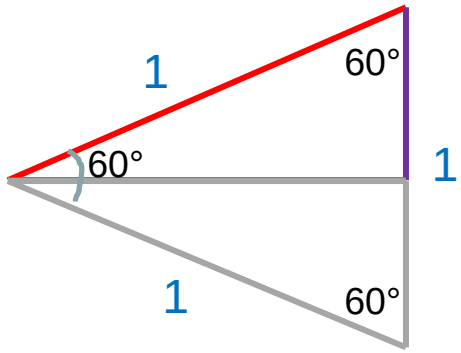
$$b^2 = 1 - a^2$$

$$b^2 = 1 - \frac{1}{4}$$

$$b^2 = \frac{3}{4} \Rightarrow b = \frac{\sqrt{3}}{2}$$







$$a = \frac{1}{2}$$

$$a^2 + b^2 = 1$$

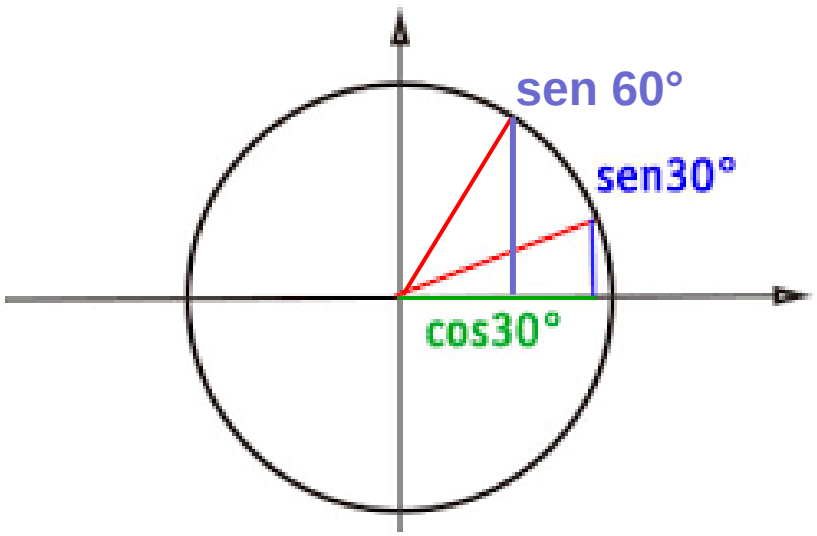
$$b^2 = 1 - a^2$$

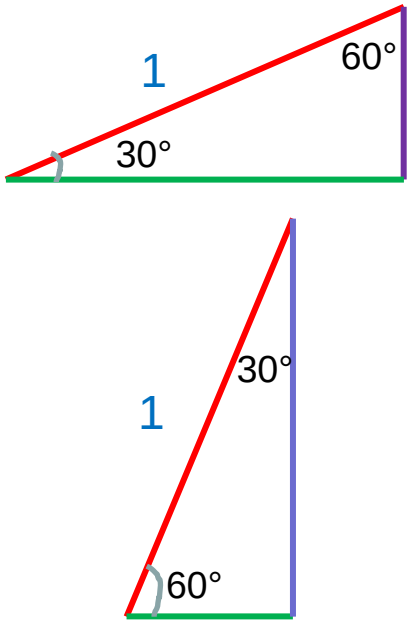
$$b^2 = 1 - \frac{1}{4}$$

$$b^2 = \frac{3}{4} \Rightarrow b = \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$\text{sen } 30° = \frac{1}{2}$$

$$\cos 30° = \frac{\sqrt{3}}{2}$$



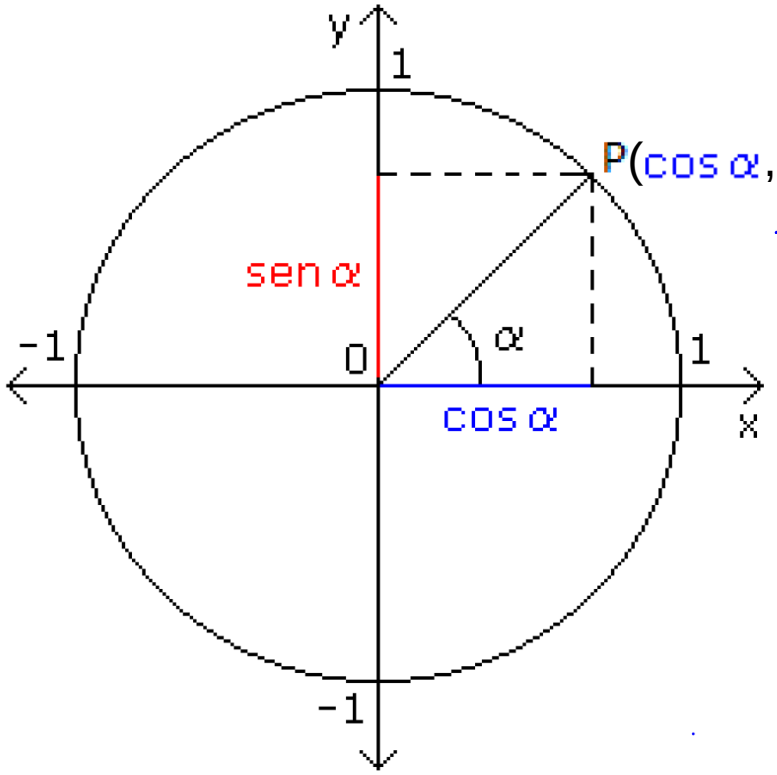


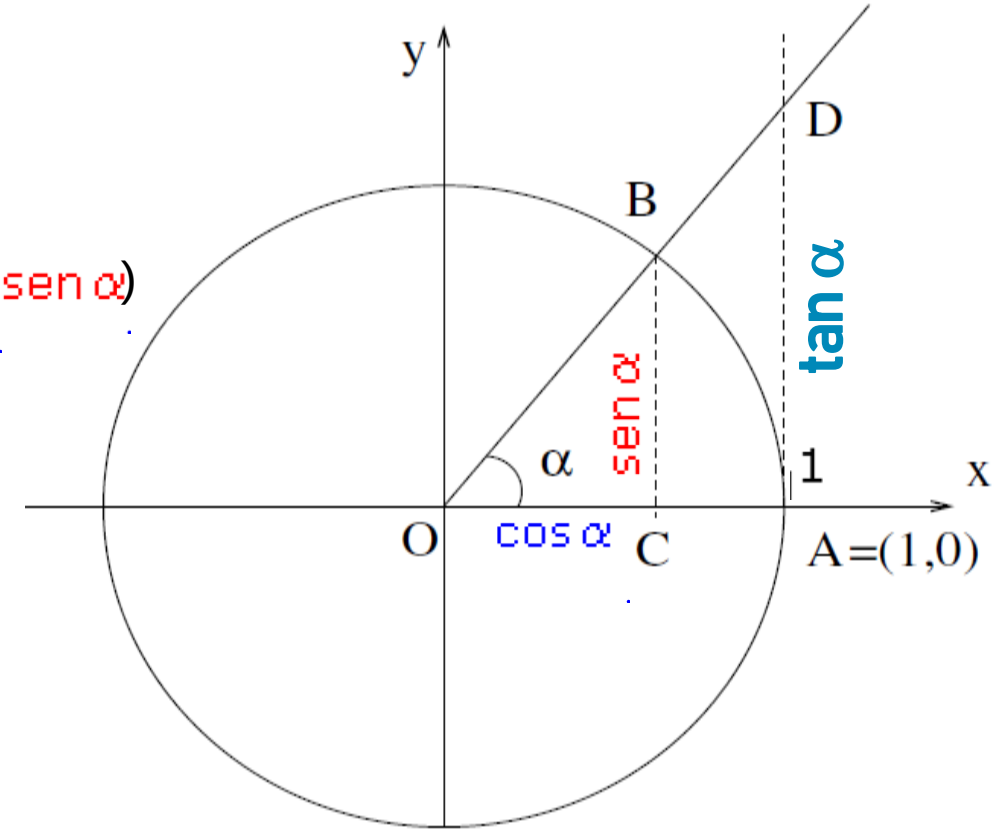
$\text{sen } 30° = \frac{1}{2}$

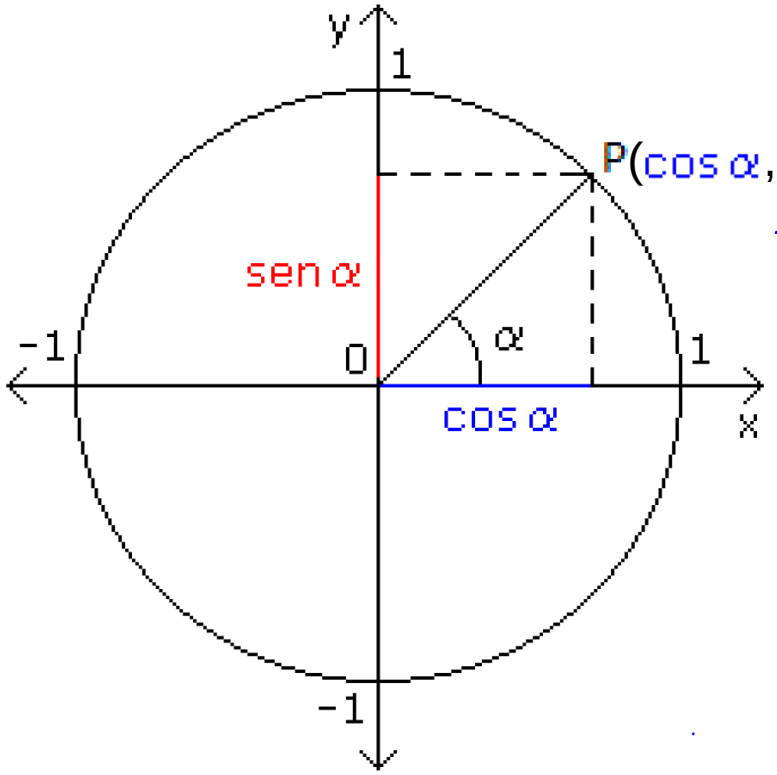
$\cos 30° = \frac{\sqrt{3}}{2}$

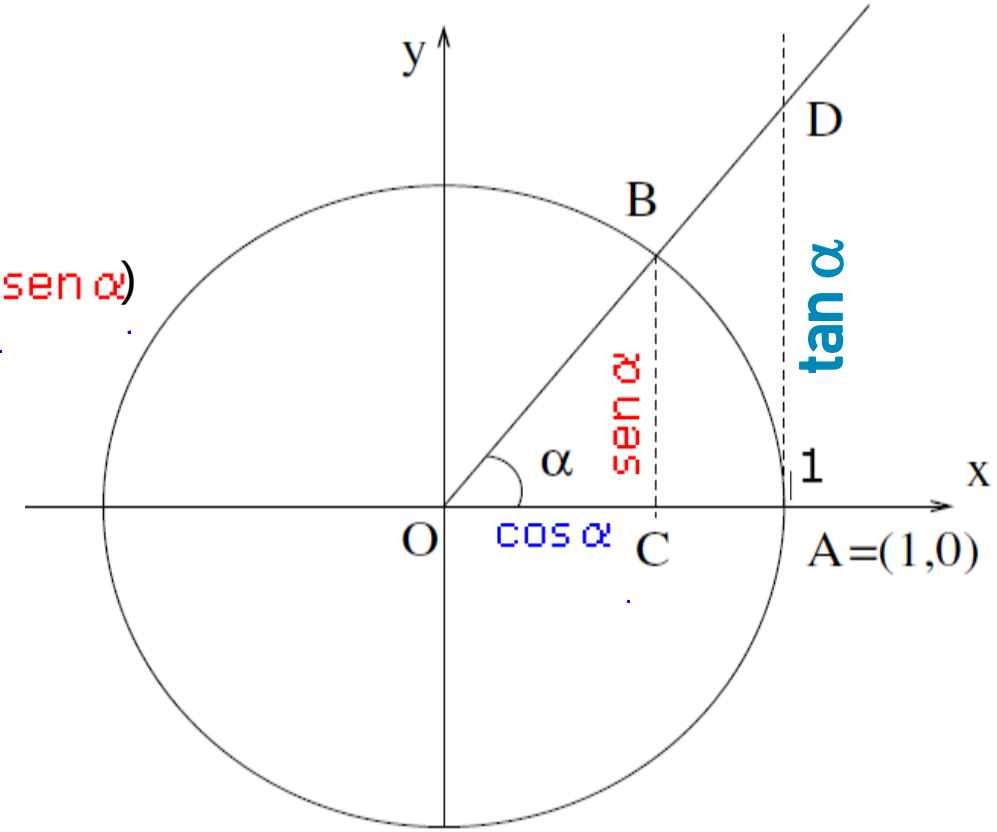
$\text{sen } 60° = \frac{\sqrt{3}}{2}$

$\cos 60° = \frac{1}{2}$

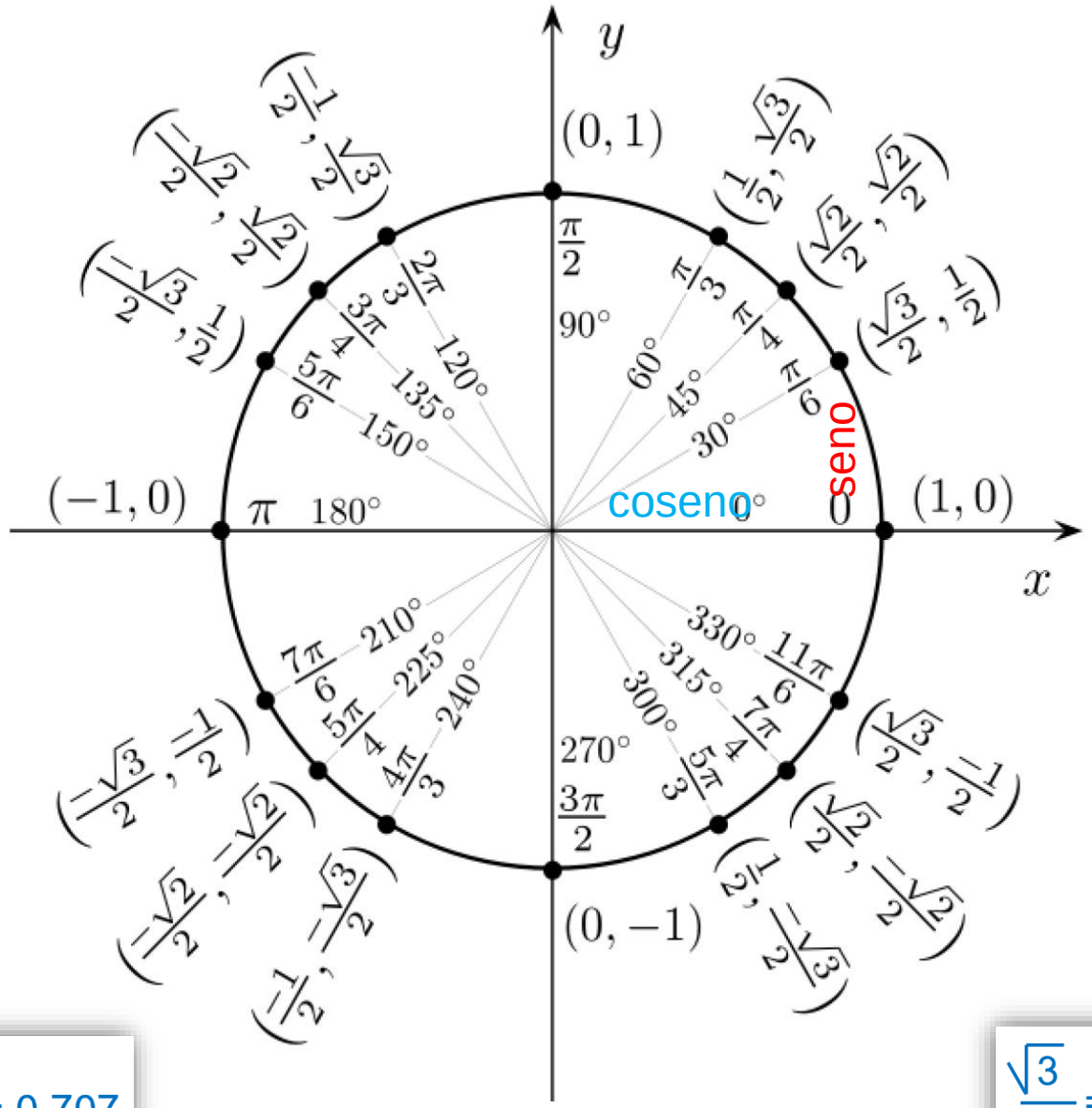

y
1
P(cos α,sen α)
sen α
-1
0
α
1
cos α
x
-1


y
D
B
tan α
sen α
α
1
x
O
cos α
C
A=(1,0)





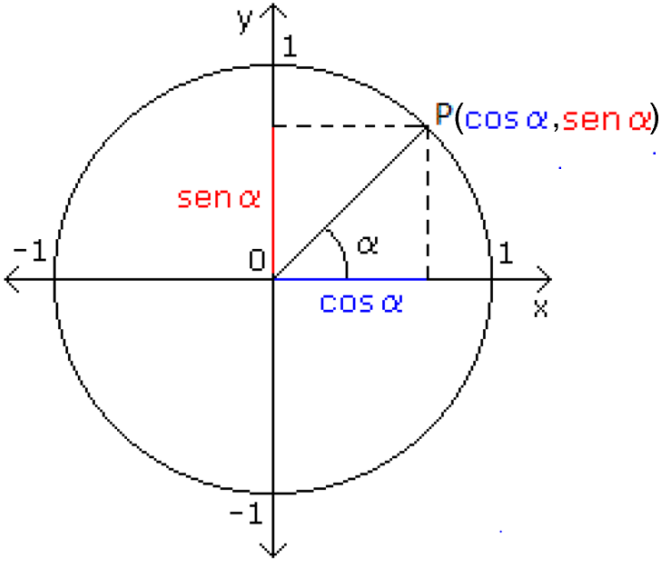
$$\tan\alpha = \frac{\operatorname{sen}\alpha}{\cos\alpha} = \frac{CB}{OC} = \frac{AD}{OA} = AD$$



$\frac{\sqrt{2}}{2} = \frac{1.414}{2} = 0.707$

$\frac{\sqrt{3}}{2} = \frac{1.732}{2} = 0.866$

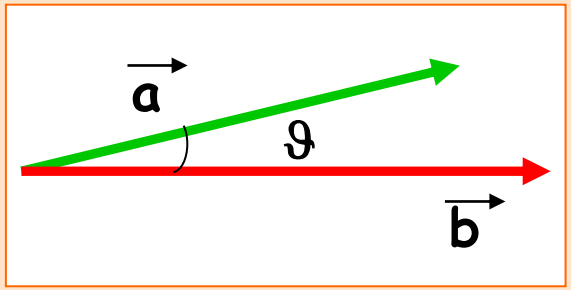
$\alpha =$	0°	30°	45°	60°	90°	180°	270°	360°
sen α								
cos α								

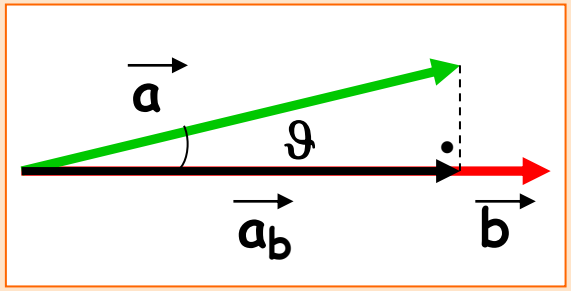


$\alpha =$	0°	30°	45°	60°	90°	180°	270°	360°
sen α								
cos α								

$\alpha =$	0°	30°	45°	60°	90°	180°	270°	360°
sen α	0	$\frac{1}{2}$	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	1	0	-1	0
cos α	1	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	$\frac{1}{2}$	0	-1	0	1

PRODOTTO SCALARE





$\vec{a}_b$ è il vettore componente di $\vec{a}$ lungo la direzione di $\vec{b}$

$$\vec{a} \cdot \vec{b} = a_b\, b = a\, b \cos \vartheta$$

PRODOTTO SCALARE

$$\vec{a} \cdot \vec{b} = a_b\, b = a\, b \cos \vartheta$$

Esempio $a = 10,\ b = 12,\ \vartheta = 45°$

$\vec{a} \cdot \vec{b} = a\ b \cos 45° = 120 \times 0.7 = 84$

Per $\vartheta = 0°$

$\cos 0° = 1$

$\vec{a} \cdot \vec{b} = a\ b$

Per $\vartheta = 90°$

$\cos 90° = 0$

$\vec{a} \cdot \vec{b} = 0$

Per $\vartheta = 180°$

$\cos 180° = -1$

$\vec{a} \cdot \vec{b} = -\ a\ b$

PRODOTTO SCALARE

$$\vec{a} \cdot \vec{b} = a_b\, b = a\, b \cos \vartheta$$

Esempio $a = 10,\ b = 12,\ \vartheta = 45°$

$\vec{a} \cdot \vec{b} = a\ b\ \cos\ 45° = 120 \times 0.7 = 84$

Esempio $a = 5,\ b = 7,\ \vartheta = 30°$

$\vec{a} \cdot \vec{b} = a\ b\ \cos\ 30° =$

PRODOTTO SCALARE

$$\vec{a} \cdot \vec{b} = a_b\, b = a\, b \cos \vartheta$$

Esempio $a = 10,\ b = 12,\ \vartheta = 45°$

$\vec{a} \cdot \vec{b} = a\ b \cos 45° = 120 \times 0.7 = 84$

Esempio $a = 5,\ b = 7,\ \vartheta = 30°$

$\vec{a} \cdot \vec{b} = a\ b \cos 30° = 35 \times 0.86 = 30.1$

Esempio $a = 3,\ b = 8,\ \vartheta = 60°$

$\vec{a} \cdot \vec{b} = a\ b \cos 60° = 24 \times 0.5 = 12$

Per $\vartheta = 0°$

$\vec{a} \cdot \vec{b} = a\ b$

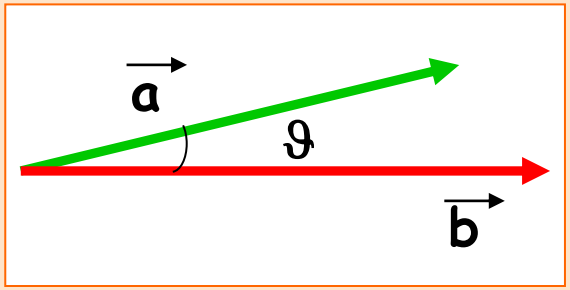
Per $\vartheta = 90°$

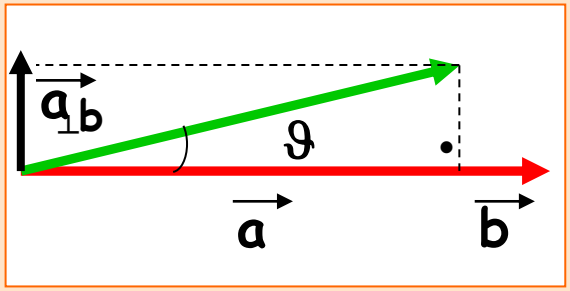
$\vec{a} \cdot \vec{b} = 0$

Per $\vartheta = 180°$

$\vec{a} \cdot \vec{b} = -\ a\ b$

PRODOTTO VETTORIALE





$\vec{a}_{\perp b}$ è il vettore componente di $\vec{a}$ perpendicolare alla direzione di $\vec{b}$

$$\vec{a} \times \vec{b} = \vec{c}$$

$\vec{c}$

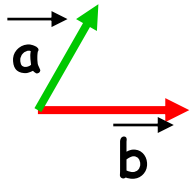
- modulo $c = a\ b\ \sin\vartheta$
- direzione $\perp \vec{a}, \vec{b}$
- verso : avvitamento (sovrapponendo a su b)

PRODOTTO VETTORIALE

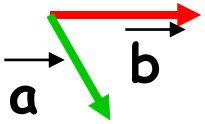
$$\vec{a} \times \vec{b} = \vec{c}$$

$\vec{c}$

- modulo $c = a\ b\ \text{sen}\ \vartheta$
- direzione $\perp \vec{a}, \vec{b}$
- verso : avvitamento (sovrapponendo a su b)



$\vec{c}$ ha verso entrante ⊗



$\vec{c}$ ha verso uscente ⊙

verso entrante ⊗ **rotazione senso orario**

verso uscente ⊙ **rotazione senso antiorario**