

Fisica Generale I Ingegneria Informatica

Codice: 011BB 12 CFU

- Docenti

Titolare: Prof. Maria Agnese Ciocci

mariaagnese.ciocci@pi.infn.it

Orario di ricevimento

Venerdì dalle 17:30 alle 20:00 presso INFN Polo Fibonacci Ed. C Stanza 225

Tel: 050 2214 245/ (su Teams attualmente)

Co-docente: Prof. Michele Virgilio michele.virgilio@unipi.it

si accettano solo e-mail da pinco.pallino@studenti.unipi.it

- Orario Lezioni

- Circa 70 ore di lezione + 50 ore esercitazioni, in streaming + aula

- Orario Primo semestre:

- ***lunedì 9:30-12:30, Martedì 15-18, Giovedì 8:30-10:30, Venerdì 8:30- 10:30***

- Sostegno alla didattica

- ***Ricevimenti: docente titolare, solo in caso di impossibilità del docente: codocente***

- ***entrambi avvertiti previa e-mail.***

Programma

Programma

⇒ Principi della meccanica

- Cinematica
- Principi di Newton e Forze
- Lavoro ed energia meccanica
- Sistemi meccanici e leggi di conservazione

⇒ Principi e.m. nel vuoto

- Elettrostatica
- Correnti elettriche e conduzione in materiali resistivi
- Magnetostatica

• Programma dettagliato pubblicato alla pagina ufficiale dei programmi Unipi

<https://esami.unipi.it/esami2/programma.php?c=55825>

• Il programma effettivamente svolto è indicato a fine corso sulle pagine del Registro

<https://unimap.unipi.it/registri/dettregistriNEW.php?re=7087283:::&ri=031904>

Testi ed Esercizi

- **Testi:** va bene qualunque libro che copra il programma in modo sufficientemente approfondito ("per Scienze e Ingegneria", o "calculus-based" in inglese). Ad esempio:
 - R. Serway, Principi di Fisica (Volume Unico) Edises
 - R. Serway, Fisica per le Scienze e Ingegneria (Vol I e II) Edises
- Si consiglia inoltre l'utilizzo di un testo con esercizi svolti oltre agli esercizi di esame svolti negli anni precedenti che trovate su: www.pi.infn.it/~ciocci

Esami

- **Esami. Scritto e orale “tradizionali”.**

La prova scritta consiste nello svolgimento di esercizi non difficili ma nemmeno banali, che coprono buona parte del programma. La prova orale verte su esercizi e teoria.

- La prova scritta è considerata superata se si consegue un punteggio superiore o uguale a 15/30
- Tre appelli in gennaio- febbraio (sessione invernale), 3 in giugno-luglio (sessione estiva), uno a settembre (sessione autunnale)
- un'esito positivo dello scritto vale solo fino alla sessione successiva
- solo orale a Aprile e Novembre riservati ai fuori corso (con scritto superato nell'appello precedente)
- La valutazione finale di scritto e orale è congiunta (un solo voto).

Esami Regole & Consigli

- Se si sostiene e si consegna una prova Scritta ad un Appello, la prova scritta precedente viene annullata.
- Consigli:
 - Procurarsi il libro di testo quanto prima
 - Studiare regolarmente quanto visto in classe, svolgere gli esercizi relativi
 - Dare un'occhiata agli argomenti della lezione successiva
 - * Cercare di capire i concetti, non di imparare a memoria le formule!
 - * Non presentarsi per provare l'esame, ma per passare l'esame!!

Piattaforma WEB del corso

- Microsoft Teams

https://teams.microsoft.com/l/channel/19%3aUfdLUaz3woItfUT-QK6AJ8yqLx_NL07ePIC84OY6zmc1%40thread.tacv2/General?groupId=5282a7ff-88d2-42ef-b8d3-604204078112&tenantId=c7456b31-a220-47f5-be52-473828670aa1

- Le lezioni saranno in aula
- Una o più lezioni possono essere registrate previa personale e motivata richiesta al docente
- sotto files saranno presenti le slides delle lezioni

A cosa serve la Fisica?

La fisica studia i fenomeni che avvengono nel nostro mondo e ne fornisce una comprensione quantitativa

- La fisica si basa su misure ed osservazioni sperimentali e sulla loro modellizzazione e analisi matematica.
- La misura in fisica ha un ruolo centrale. Richiede una definizione precisa di:
 - Cosa si misura
 - Come lo si misura
 - In che unità lo si misura
- La fisica sviluppa teorie che spiegano i fenomeni sotto studio e permettono di predirne altri non ancora osservati

La Fisica è una scienza sperimentale!

- Essa ***non si basa su speculazioni intellettuali***, come accade per esempio per altre branche del pensiero umano: la filosofia, la teologia, la matematica, etc.
- **La speculazione intellettuale per essere accettata deve superare la prova degli esperimenti!**
- Se due teorie spiegano una stessa classe di fenomeni, è molto facile in Fisica stabilire quale delle due è quella corretta:
 - Se le due teorie non coincidono, ci sarà almeno un fenomeno naturale in cui le previsioni delle due teorie forniranno risultati diversi.
 - Si eseguono degli esperimenti per studiare questo fenomeno: i risultati sperimentali permetteranno di accettare una delle due teorie e di rigettare l'altra
- **La fisica quindi non è una scienza descrittiva, ma quantitativa, basata su misure**

Teoria ed Esperimento

- Sono complementari: il fisico è soddisfatto quando la teoria spiega (meglio ancora, predice) l'esperimento e l'esperimento conferma la teoria
- Quando c'è una discrepanza fra teoria ed esperimento, è necessario modificare la teoria (o capire cosa non va nell'esperimento!)
- La teoria potrebbe essere applicabile solo sotto determinate condizioni, o entro certi limiti.
Esempio: la Meccanica Newtoniana funziona solo per oggetti che viaggiano a velocità piccole rispetto alla velocità della luce
- Si può allora usare la discrepanza per sviluppare una teoria più generale
Esempio: la Meccanica Relativistica funziona anche per oggetti che viaggiano a velocità comparabili con quella della luce

METODO SCIENTIFICO

Obiettivo della fisica: determinazione delle leggi fondamentali della natura tramite il metodo scientifico, combinazione di osservazioni, misurazione, esperimenti e logica.

- Osservazione di un fenomeno [es: un corpo che cade in aria partendo da fermo] \Rightarrow
- Realizzazione di misure [es: lo spazio percorso (x) in funzione del tempo (t) per vari valori della pressione (P) dell'aria] \Rightarrow metodo induttivo
- Determinazione di una legge
(relazione fra le grandezze misurate; **descrizione oggettiva, razionale e quantitativa**) [es: $y=gt^2/2$ con $g=9.8 \text{ m/s}^2$] e del suo campo di applicazione [es: vale solo nel vuoto ($P=0$) o con buona approssimazione se P è piccola ($P \ll 1 \text{ atm}$)]

In aggiunta: **metodo deduttivo** = ricavare alcune leggi col calcolo ed eseguire previsioni, che devono essere verificate sperimentalmente.
 \Rightarrow **Fisica !**

esempio!

mondo = partita a scacchi (*R. P. Feynman*). Siamo spettatori incuriositi. Non conosciamo le regole, ma osservando attentamente siamo capaci di dedurle. Il cavallo si muove a L, l'alfiere in diagonale, ...

Osservazione
Ragionamento
Esperimento

ci fa capire le mosse
collega le mosse tra loro per seguire la partita
per riprodurre il fenomeno e controllare la
validità delle nostre ipotesi

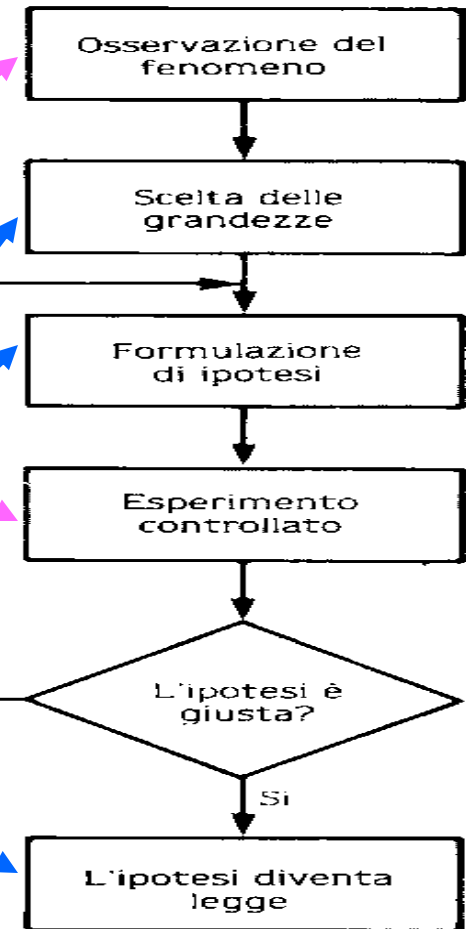
osservazione+ragionamento+esperimento \Rightarrow metodo sperimentale

Il metodo scientifico

Metodo scientifico (sperimentale - galileiano)

- Esperimento **riproducibile** in ogni tempo e in ogni luogo
- Valutazione dell' **errore**

- Elaborazione della **teoria**
- Uso della **matematica**
- Analisi **statistica** dei dati



Matematica linguaggio della Scienza

[Il libro della natura]... non si può intendere se prima non si impara a intender la lingua, e conoscere i caratteri, ne' quali è scritto. Egli è scritto in lingua matematica, e i caratteri son triangoli, cerchi, ed altre figure geometriche, senza i quali mezzi è impossibile intenderne umanamente parola; senza questi è un aggirarsi vanamente per un oscuro laberinto.

Galileo Galilei, Il Saggiatore

Metodo scientifico =
Esperimento
+ Teoria

Elaborazione e verifica
quantitativa di leggi fisiche

Relazioni tra grandezze fisiche

Osservazione e descrizione quantitativa
dei fenomeni naturali

Misura di grandezze fisiche

unità di misura, equivalenze,
notazione scientifica (potenze di 10)

operazioni algebriche, potenze
e loro proprietà, equazioni



La matematica il linguaggio della fisica

FISICA: tentativo di **descrivere** in maniera **quantitativa** la **natura** ed il mondo che abbiamo attorno.

- La descrizione viene fatta per mezzo di relazioni tra oggetti utilizzando le strutture logiche date dalla **matematica**

ATTENZIONE

la fisica **NON** coincide con la matematica

ogni variabile o oggetto che entra in gioco in una equazione della fisica è una entità reale che è possibile **osservare** e **misurare**: una **grandezza fisica**

Matematica

$$F = -Kx$$

$x \Rightarrow$ variabile indipendente $\in R$

$K \Rightarrow$ costante $\in R$

$F \Rightarrow$ variabile dipendente $\in R$

Fisica

$$F = -Kx$$

$x \Rightarrow$ allungamento della molla

$K \Rightarrow$ costante elastica della molla

$F \Rightarrow$ Forza esercitata dalla molla

Fisica: la **forza** esercitata dalla molla è **proporzionale all'allungamento**, il coefficiente di proporzionalità K si dice costante elastica.

Requisiti delle Informazioni fisiche

- **Comunicabilità dell'informazione**

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

- **Attendibilità dell'informazione**

- Cifre significative

- **Coerenza dell'informazione**

- Calcolo Dimensionale

- **Completezza dell'informazione**

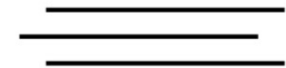
- Grandezze Scalari e **Vettoriali**
- **Calcolo vettoriale**



$m=30 \text{ kg}$



$v=?$

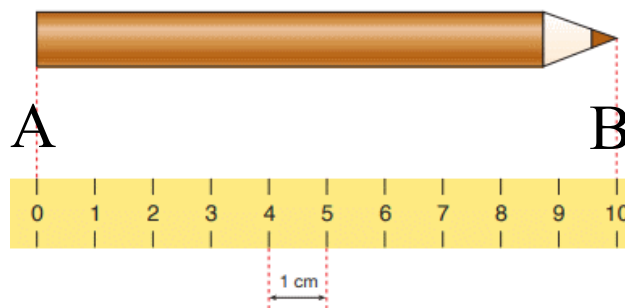


Grandezze in Fisica

- Definizione operativa delle grandezze fisiche
 - Una grandezza ha significato in fisica se per essa è stato definito un metodo di misura ed è stata assegnata una unità di misura o campione.

Data una grandezza fisica, si può scegliere un campione e si possono stabilire dei criteri per confrontare il campione con la grandezza che si vuole misurare.

- Esempio: Misure della lunghezza di un tratto AB : 1 X Campione (lunghezza matita)



- Non è necessario definire un campione per ogni grandezza fisica.
 - Le grandezze fisiche, infatti, sono legate da relazioni, le leggi fisiche; tali relazioni possono essere usate per definire i campioni delle grandezze derivate attraverso le relazioni.
- Esistono quindi grandezze Fondamentali e Derivate.

Grandezze e unità di misura

- La XIV Conferenza Generale dei Pesi e Misure del 1971 ha suggerito di adottare il **Sistema Internazionale (SI)** basato sulle grandezze fondamentali e i rispettivi campioni:
- Le grandezze fondamentali sono :
 - Campioni Accessibili
 - Precise e stabili nel tempo
 - Duplicabili

Grandezze e unità fondamentali del sistema SI		
Grandezza	Unità di misura	Simbolo
Lunghezza	metro	m
Massa	chilogrammo	kg
Tempo	secondo	s
Temperatura	kelvin	K
Intensità di corrente elettrica	ampere	A
Intensità luminosa	candela	cd
Quantità di materia	mole	mol

Grandezze Derivate

*Definibili in termini delle grandezze fondamentali mediante **relazioni analitiche***

Superficie	(lungh.) ²	$[L]^2$
Volume	(lungh.) ³	$[L]^3$
Velocità	(lungh./tempo)	$[L] [t]^{-1}$
Acceleraz.	(veloc./tempo)	$[L] [t]^{-2}$
Forza	(massa*acc.)	$[L] [M] [t]^{-2}$
Pressione	(forza/sup.)	$[L]^{-1} [M] [t]^{-2}$

Espressione di una grandezza:

numero + unità di misura*

rapporto tra misura e campione di riferimento

In generale: numero+ $[L]^a [M]^b [t]^c [i]^d [T]^e$ es. 4.2 m/s

*** Grandezze adimensionali:** sono definite da un rapporto tra grandezze omogenee e non hanno associata una unità di misura

Multipli e sottomultipli

Formazione dei multipli e dei sottomultipli delle unità SI.

	fattore di moltiplicazione	prefisso	simbolo
<p>Alcuni prefissi, anteposti ai simboli delle unità SI, permettono di esprimere i multipli e i sottomultipli secondo quanto riportato nella tabella qui a fianco.</p>	$1\,000\,000\,000\,000\,000\,000 = 10^{18}$	exa	E
	$1\,000\,000\,000\,000\,000 = 10^{15}$	peta	P
	$1\,000\,000\,000\,000 = 10^{12}$	tera	T
	$1\,000\,000\,000 = 10^9$	<u>giga</u>	<u>G</u>
	$1\,000\,000 = 10^6$	<u>mega</u>	<u>M</u>
	$1\,000 = 10^3$	<u>kilo</u>	<u>k</u>
	$100 = 10^2$	etto	h
	$10 = 10^1$	deca	da
	$0,1 = 10^{-1}$	deci	d
	$0,01 = 10^{-2}$	centi	c
<p>Esempi:</p> <p>1 mm = 1 millimetro = 10^{-3} m</p> <p>1 GW = 1 gigawatt = 10^9 W</p> <p>1 μF = 1 microfarad = 10^{-6} F</p> <p>1 ns = 1 nanosecondo = 10^{-9} s</p>	<p>multipli</p> <p>sottomultipli</p> <p>$0,001 = 10^{-3}$</p> <p>$0,000\,001 = 10^{-6}$</p> <p>$0,000\,000\,001 = 10^{-9}$</p> <p>$0,000\,000\,000\,001 = 10^{-12}$</p> <p>$0,000\,000\,000\,000\,001 = 10^{-15}$</p> <p>$0,000\,000\,000\,000\,000\,001 = 10^{-18}$</p>	<p><u>milli</u></p> <p><u>micro</u></p> <p><u>nano</u></p> <p>pico</p> <p>femto</p> <p>atto</p>	<p><u>m</u></p> <p><u>μ</u></p> <p><u>n</u></p> <p>p</p> <p>f</p> <p>a</p>

Massa: chilogrammo (kg)

- Storicamente definito come la massa di un campione in platino e iridio, conservato a Parigi, uguale alla massa di un litro (10^{-3} m^3) di acqua alla temperatura di densità massima (4°C) e pressione atmosferica
- Bisogna fare delle copie la precisione è $\sim 10^{-8}$ kg... troppo poco
- Dal 2019, definito tramite la costante di Planck h e la velocità della luce c .
- NB: massa e peso non sono la stessa cosa!!!
- In fisica entrano in gioco circa **83** ordini di grandezza
- $m_{\text{elettrone}} \sim 9 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$, $m_{\text{universo}} \sim 10^{53} \text{ kg}$

Tabella 1.2

Valori approssimati delle masse di alcuni corpi

	Massa (kg)
Universo oggi osservabile	$\sim 10^{52}$
Via Lattea, la nostra galassia	$\sim 10^{42}$
Sole	1.99×10^{30}
Terra	5.98×10^{24}
Luna	7.36×10^{22}
Squalo	$\sim 10^3$
Uomo	$\sim 10^2$
Rana	$\sim 10^{-1}$
Zanzara	$\sim 10^{-5}$
Batterio	$\sim 1 \times 10^{-15}$
Atomo di idrogeno	1.67×10^{-27}
Elettrone	9.11×10^{-31}

Lunghezza: metro (m)

Per misurare una lunghezza è necessario un **metro campione**:

1799: **metro** è la 10^{-7} parte della distanza tra il Polo Nord e l'Equatore

→ 1960: **metro campione** è una sbarra di Platino Iridio a Parigi

- Ma .. Parigi è lontana dai laboratori del mondo

- Ma .. la sbarra di Parigi non è proprio $1/10^7$ la distanza Polo Nord Equatore (è sbagliata dello 0.023%)

→ 1960-1970: $1 \text{ m} = 1\,650\,763.73$ volte la lunghezza d'onda della luce rosso-arancione emessa dal ^{86}Kr

→ **Oggi: il m è la distanza percorsa dalla luce in un tempo t^* pari a $1/299792458$ s. ($1\text{m}=ct^*$)**

Limiti sperimentali:

- ▶ Direttamente è possibile misurare lunghezze fino a 10 nm
- ▶ In fisica entrano in gioco circa **40** ordini di grandezza
 - Dimensione di un nucleo (Idrogeno/Protone): 10^{-15} m
 - Distanza tra la Terra e la Quasar più lontana: $1.4 \cdot 10^{26} \text{ m}$

Tabella 1.1 Valori approssimati di alcune lunghezze

	Lunghezza (m)
Distanza dalla Terra del quasar più distante che si conosca	1.4×10^{26}
Distanza dalla Terra della galassia più lontana	9×10^{25}
Distanza dalla Terra della galassia più vicina (Andromeda)	2×10^{22}
Distanza dal Sole della stella più vicina (Proxima Centauri)	4×10^{16}
Un anno-luce	9.46×10^{15}
Raggio medio dell'orbita della Terra attorno al Sole	1.50×10^{11}
Distanza media Terra-Luna	3.84×10^8
Distanza dell'equatore dal Polo Nord	1.00×10^7
Raggio medio della Terra	6.37×10^6
Quota tipica (dalla superficie) di un satellite che orbita attorno alla Terra	2×10^5
Lunghezza di un campo di football	9.1×10^1
Lunghezza di una mosca	5×10^{-3}
Dimensione minima di un granello di polvere	$\sim 10^{-4}$
Dimensione tipica di una cellula di un organismo vivente	$\sim 10^{-5}$
Diametro dell'atomo di idrogeno	$\sim 10^{-10}$
Diametro del nucleo dell'atomo	$\sim 10^{-14}$
Diametro del protone	$\sim 10^{-15}$

Tempo: secondo (s)

Si misura un intervallo di tempo

- È necessario un orologio, cioè un oggetto che conta qualcosa, p.e. le oscillazioni di un fenomeno periodico
- Storicamente definito come $1/86400$ del giorno solare medio
- Ora definito come tempo necessario alla luce di una specifica riga di un atomo di Cesio-133 per effettuare 9192631770 oscillazioni (durata di un oscillazione T_s , $1s = T_s \times 9192631770$)

Limiti sperimentali:

- Direttamente è possibile misurare intervalli di tempo fino a 10 ps
- In fisica entrano in gioco circa **60** ordini di grandezza

Intervalli di Tempo

INTERVALLO DI TEMPO	SECONDI
Tempo calcolato per la vita di un protone	$1 \cdot 10^{39}$
età dell'Universo	$5 \cdot 10^{17}$
Età della piramide di Cheope	$1 \cdot 10^{11}$
Durata media della vita umana	$2 \cdot 10^9$
Durata di un giorno	$9 \cdot 10^4$
Intervallo fra due battiti cardiaci umani	$8 \cdot 10^{-1}$
Vita media del muone	$2 \cdot 10^{-6}$
Il più breve impulso luminoso prodotto e misurato in laboratorio (1989)	$6 \cdot 10^{-15}$
Vita media della particella più instabile	$1 \cdot 10^{-23}$
Il tempo di Planck (ossia il più breve tempo trascorso dal Big Bang oltre il quale si possono applicare le leggi della fisica come noi le conosciamo)	$1 \cdot 10^{-43}$

Analisi Dimensionale

- Tecnica per verificare la correttezza di un'equazione o per aiuto nella derivazione di un'equazione.
- La dimensione ha un significato preciso: indica la natura fisica di una quantità
- Le dimensioni sono indicate con parentesi quadre:
Lunghezza – [L], Massa – [M], Tempo – [T]
- Le dimensioni sono trattate come quantità algebriche: si possono moltiplicare e dividere, **ma si possono sommare e sottrarre solo se uguali**
- Entrambi i lati di un'equazione devono avere le stesse dimensioni
- Limitazione: nessuna informazione sui fattori numerici

Esempio di Analisi Dimensionale

- Scriviamo le dimensioni dei due lati dell'equazione:

$$x = \frac{1}{2}at^2 \quad \Rightarrow \quad [L] = \frac{[L]}{[T]^2} \cdot [T]^2$$

(le costanti numeriche non hanno dimensione)

- I fattori $[T]^2$ si cancellano, la dimensione è $[L]$ da entrambe i lati
- L'equazione è *dimensionalmente corretta*
- Equazioni dimensionalmente non corrette *sono sicuramente sbagliate*

Conversione delle Unità

- Le unità possono essere trattate come quantità algebriche
- Includere *sempre* le unità per ogni quantità, portarsele dietro per tutto il calcolo!
- Quando le unità non sono consistenti, può essere necessario convertire ad unità appropriate. In pratica: moltiplicare il valore originale per un rapporto (*fattore di conversione*) che vale 1
- Esempio: $10\text{m/s} = ?? \text{ km/h}$

$$10\text{m/s} \left(\frac{1\text{km}}{1000\text{m}} \right) \left(\frac{3600\text{s}}{1\text{h}} \right) = 36\text{km/h}$$

Misura di una grandezza fisica

- Per misurare la distanza tra due punti A e B basta disporre lo strumento di misura, in questo caso un metro graduato, sul segmento AB, facendo coincidere un estremo del segmento con l'inizio del metro graduato e poi leggere la posizione di B sul metro graduato.

Per distanze di qualche metro, il metro graduato è suddiviso in decimetri, centimetri e poi in millimetri.

Per cui se tra A e B ci sono 2 m, più 1 dm, più 5 cm, più 2 mm, diremo che la distanza tra A e B è 2.152 m e scriveremo: **AB = 2.152 m**

Rappresentare il risultato della misura con il numero 2.152 ha un suo preciso significato.

– ***Ogni misura, infatti, è una informazione affetta da errore.***

- Scrivere quindi che la distanza tra A e B è 2.152 m significa attribuire alla misura un errore **dell'ordine di 1 mm**, così come scrivere 2.15 m significa attribuire alla misura un errore **dell'ordine di 1 cm**, mentre scrivere 2.1524 significa attribuire un errore **dell'ordine di 0.1 mm**.

Misura di una grandezza fisica(2)

- La grandezza misurata allora si esprime in maniera coerente e corretta come

$$AB = 2.152 \text{ m}$$

A cui si associa un errore pari a 0.001 m
altrimenti detto:

$$AB = (2.152 \pm 0.001) \text{ m}$$

- il risultato quindi con un numero di cifre “**significative**” compatibili con l’errore di misura e non con un numero arbitrario di cifre.
 - Un mm, un cm, un dm rappresentano l'errore assoluto, ϵ_A , in ciascuno dei tre casi.

Si definisce **errore relativo**, ϵ_r , il rapporto tra l'errore assoluto e la misura:

$$\epsilon_r = \epsilon_A / AB$$

misura	errore Assoluto	errore Relativo
2.15 m	0.01 m	0.5%
2.152 m	0.001 m	0.05%
2.1524 m	0.0001 m	0.005%

Precisione e Cifre Significative

Un numero (una misura) è una informazione ! È necessario conoscere la **precisione** e l'**accuratezza** dell'informazione.

La **precisione** di una misura è contenuta nel **numero di cifre significative** fornite o, se presente, nell'**errore** di misura.

Una **manipolazione numerica** non può nè aumentare nè diminuire la precisione di una informazione !

esempio:

⇒ 187.3	4 cifre significative
⇒ 10.0000	6 cifre significative
⇒ 10.0101	6 cifre significative
⇒ 1	1 cifra significativa
⇒ 1234.584	7 cifre significative
⇒ 0.00001	1 cifra significativa

Cifre Significative

- 0.0075 m ha 2 cifre significative (gli zeri precedenti servono solo a posizionare il punto decimale)
- 7.5×10^{-3} m ha 2 cifre significative (si può scrivere più chiaramente in notazione scientifica)
- 10.0 m ha 3 cifre significative (il punto decimale qui dà informazioni sull'affidabilità della misura)
- 1500 m è ambiguo:
Usate 1.5×10^3 m per 2 cifre significative
Usate 1.50×10^3 m per 3 cifre significative
Usate 1.500×10^3 m (o anche 1500.) per 4 cifre significative

Operazioni con cifre significative

- Se si moltiplica o si divide, il numero di cifre significative nel risultato finale è lo stesso del numero di cifre significative nella quantità che ne ha il numero minore
 - Esempio: $25.57 \text{ m} \times 2.45 \text{ m} = 62.6 \text{ m}^2$ (calcolatrice 62,6465)
 - Il valore 2.45 m limita il vostro risultato a 3 cifre significative
- Se si somma o si sottrae, il numero di posti decimali nel risultato è uguale al numero più piccolo di posti decimali di ciascun termine
 - Esempio: $135 \text{ cm} + 3.25 \text{ cm} = 138 \text{ cm}$ (calcolatrice 138,25)
 - Il valore 135 cm limita il vostro risultato al decimale delle unità

Arrotondamento

- L'ultima cifra a destra che teniamo è incrementata di 1 se la cifra seguente è 5 o maggiore di 5
- L'ultima cifra a destra che teniamo rimane com'è se la cifra seguente è minore di 5
- Conviene arrotondare soltanto il risultato finale e non i passaggi intermedi per evitare accumulazione di errori

ESEMPI

Una **operazione numerica** non può nè aumentare nè diminuire la precisione di una informazione !

Regola della approssimazione numerica **esempi:**

esempio torta

$850 : 6 = 142 \text{ g}$ calcolatrice 141.6666666
calcolatrice 1518,435

altri esempi

$$123.450 * 12.3 = 1.52 * 10^3$$

$$123.450 * 12.30 = 1.518 * 10^3$$

$$187.3 + 1234.584 = 1421.9$$

$$\begin{array}{r} 187.\underline{3} \quad + \\ 1234.\underline{584} \quad = \\ \hline 1421.884 \Rightarrow 1421.\underline{9} \end{array}$$

- **moltiplicando** o **dividendo** due numeri il risultato non può avere più cifre significative del fattore **meno** preciso
- **addizioni** e **sottrazioni**: l'ultima cifra significativa del risultato occupa la *stessa posizione decimale* relativa all'ultima cifra significativa degli addendi
[\Rightarrow nella somma non è importante il numero delle cifre significative ma la **posizione decimale** di queste]

1 anno-luce = c * 1 anno

$$1 \text{ anno} = 365 \text{ giorni} \frac{24h}{1 \text{ giorno}} \frac{60 \text{ min}}{1h} \frac{60 \text{ sec}}{1m} = 3.15 \cdot 10^7 \text{ sec} \approx \pi 10^7 \text{ sec}$$

$$L = 3.0 \cdot 10^8 \frac{m}{\text{sec}} \pi 10^7 \text{ sec} = 9.45 \cdot 10^{15} m \approx 9.5 \cdot 10^{12} Km$$

Età = 20 anni, quanti secondi di vita?

Occorre trasformare anni in secondi. Si moltiplica per fattori unitari

$$20 \text{ anni} \cdot 365 \frac{\text{giorni}}{\text{anno}} \cdot 24 \frac{\text{ore}}{\text{giorno}} \cdot 60 \frac{\text{min}}{\text{ora}} \cdot 60 \frac{\text{sec}}{\text{min}} =$$

$$2 \cdot 10^1 \cdot 3.65 \cdot 10^2 \cdot 2.4 \cdot 10^1 \cdot 6 \cdot 10^1 \cdot 6 \cdot 10^1 =$$

$$2 \cdot 3.65 \cdot 2.4 \cdot 6 \cdot 6 \cdot 10^6 = 6.3 \cdot 10^8 s$$

Esempi

Convertire una velocità espressa in miglia orarie in metri al secondo:

$$1 \text{ miglia} = 1.609 \text{ Km} = 1.609 \text{ Km} \frac{1000 \text{ m}}{1 \text{ km}} = 1609 \text{ m}$$

$$1 \text{ ora} = 60 \times 60 \text{ s} = 3600 \text{ s}$$

così ad esempio:

$$60 \frac{\text{miglia}}{\text{ora}} = \frac{60 \times 1609 \text{ m}}{3600 \text{ s}} = 26.8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

invece, volendo convertire da miglia orarie a Km orari

$$60 \frac{\text{miglia}}{\text{ora}} = 60 \times 1.609 \frac{\text{km}}{\text{ora}} = 96.54 \frac{\text{km}}{\text{ora}}$$

Conversione di unità di misura

... ogni giorno, nella vita quotidiana, usiamo le proporzioni...

Fattore di conversione = rapporto tra due unità di misura

Velocità

km/h \rightarrow m/s

$$1 \text{ km/h} = 1000 \text{ m} / 3600 \text{ s} = 0.28 \text{ m/s}$$

$$n \text{ km/h} = n * 0.28 \text{ m/s}$$

m/s \rightarrow km/h

$$1 \text{ m/s} = 0.001 \text{ km} / (1/3600) \text{ h} = 3.6 \text{ km/h}$$

$$n \text{ m/s} = n * 3.6 \text{ km/h}$$

Velocità di un atleta dei 100 m:
di un'automobile:
della luce:

$$10 \text{ m/s} = 10 * 3.6 \text{ km/h} = 36 \text{ km/h}$$

$$120 \text{ km/h} = 120 * 0.28 \text{ m/s} = 33.6 \text{ m/s}$$

$$300000 \text{ km/s} = 3 * 10^8 \text{ m/s} = 3 * 10^8 * 3.6 \text{ km/h} = 1.08 * 10^9 \text{ km/h}$$

Es.

Notazione scientifica

Nei calcoli scientifici si usa scrivere i numeri grandi e piccoli come
una cifra (da 1 a 9),
seguita eventualmente da punto decimale e cifre successive,
per la relativa potenza di dieci

$$500 = 5 \cdot 10^2$$

$$3578 = 3.578 \cdot 10^3$$

$$10000 = 10^4$$

$$0.05 = 5 \cdot 10^{-2}$$

$$0.003578 = 3.578 \cdot 10^{-3}$$

$$0.0001 = 10^{-4}$$

Es.

Vantaggio: le potenze di 10 sono potenze!

Le proprietà delle potenze permettono di **eseguire velocemente** operazioni complicate, con risultati non lontani dal risultato vero.



$$2897 \cdot 71544$$

$$= 207262968 = 2.070 \cdot 10^8 \text{ (esatto)}$$

$$= (2.897 \cdot 10^3) \cdot (7.1544 \cdot 10^4)$$

$$= 2.897 \cdot 7.1544 \cdot (10^3 \cdot 10^4)$$

$$\cong (3 \cdot 10^3) \cdot (7 \cdot 10^4) = 3 \cdot 7 \cdot 10^7 = 21 \cdot 10^7 = 210000000 = 2.1 \cdot 10^8 \text{ (appross.)}$$

Es.

Lunghezze, superfici, volumi

Retta - $[L]^1$

$l \text{ (m)}$

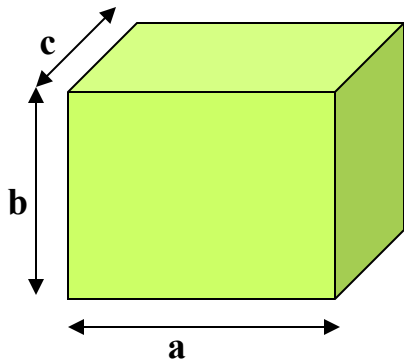
Piano - $[L]^2$

$S \text{ (m}^2\text{)}$

Spazio - $[L]^3$

$V \text{ (m}^3\text{)}$

*L'area della superficie di un corpo si misura sempre in m^2 , cm^2 , ...
Il volume (o capacità) di un corpo si misura sempre in m^3 , cm^3 , ...*

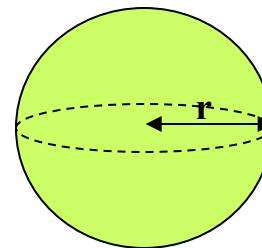


PARALLELEPIPEDO

$$S_{ab} = a \cdot b$$

$$S_{\text{parall}} = 2(ab + bc + ca)$$

$$V = a \cdot b \cdot c$$

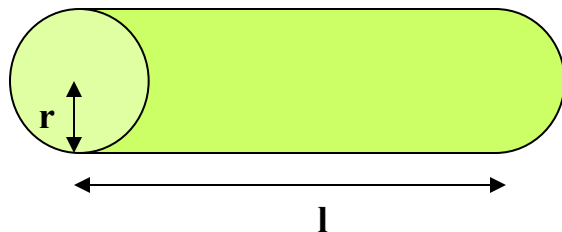


SFERA

$$S_{\text{cerchio}} = \pi \cdot r^2$$

$$S_{\text{sfera}} = 4\pi \cdot r^2$$

$$V = (4/3) \cdot \pi \cdot r^3$$



CILINDRO

$$S_{\text{cerchio}} = \pi \cdot r^2$$

$$S = 2\pi \cdot r \cdot l + 2\pi \cdot r^2$$

$$V = \pi \cdot r^2 \cdot l$$

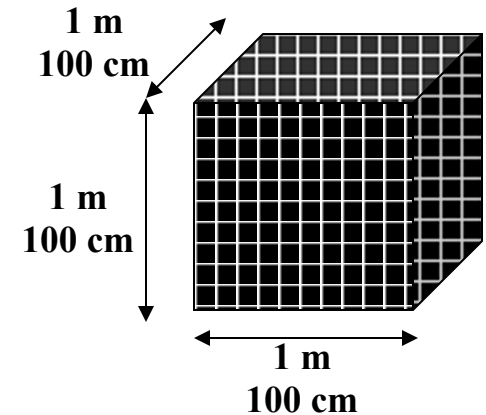
Misure di superfici e volumi



Attenzione alle conversioni tra unità di misura!

Meglio un passaggio in più...

$1 \text{ m}^2(\text{m}^3)$ significa “un metro al quadrato(cubo)”
e non “uno al quadrato(cubo)” metri
è una misura di area(volume)
e quindi ha sempre dimensione $L^2(L^3)$



Quindi:

$$1 \text{ m}^2 = (1 \text{ m})^2 = (10^2 \text{ cm})^2 = 10^4 \text{ cm}^2 = 10000 \text{ cm}^2$$

$$1 \text{ m}^3 = (1 \text{ m})^3 = (10^2 \text{ cm})^3 = 10^6 \text{ cm}^3 = 1000000 \text{ cm}^3$$

$$1 \text{ cm}^2 = (1 \text{ cm})^2 = (10^{-2} \text{ m})^2 = 10^{-4} \text{ m}^2 = 0.0001 \text{ m}^2$$

$$1 \text{ cm}^3 = (1 \text{ cm})^3 = (10^{-2} \text{ m})^3 = 10^{-6} \text{ m}^3 = 0.000001 \text{ m}^3$$

$$1 \text{ l} = 1 \text{ dm}^3 = (1 \text{ dm})^3 = (10^{-1} \text{ m})^3 = 10^{-3} \text{ m}^3 \\ = (10^1 \text{ cm})^3 = 10^3 \text{ cm}^3$$



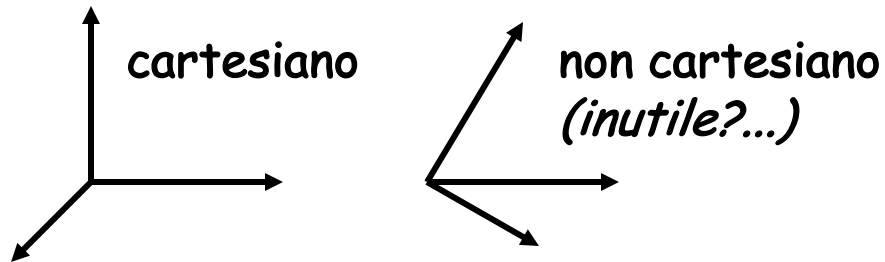
Se 1 litro d' acqua ha massa di 1 kg,
1 m^3 d' acqua ha massa di 1000 kg!!!

Es.

Sistemi di riferimento

Criterio generale: **semplicità** (= minor complicazione possibile!)

Sistemi **cartesiani**: assi x, y, z tra loro **perpendicolari**



Quale sistema di riferimento usare?

Dipende dalle caratteristiche **geometriche** e di **simmetria** del problema.

Es.
automobile, bicicletta
peso che cade
scatola cubica
fascio raggi X
...

coord. cartesiane

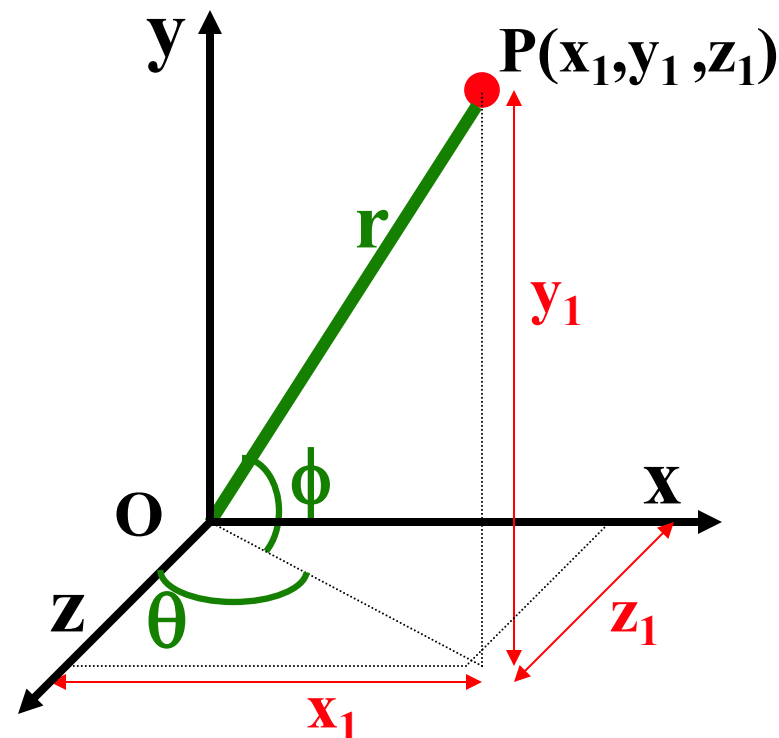
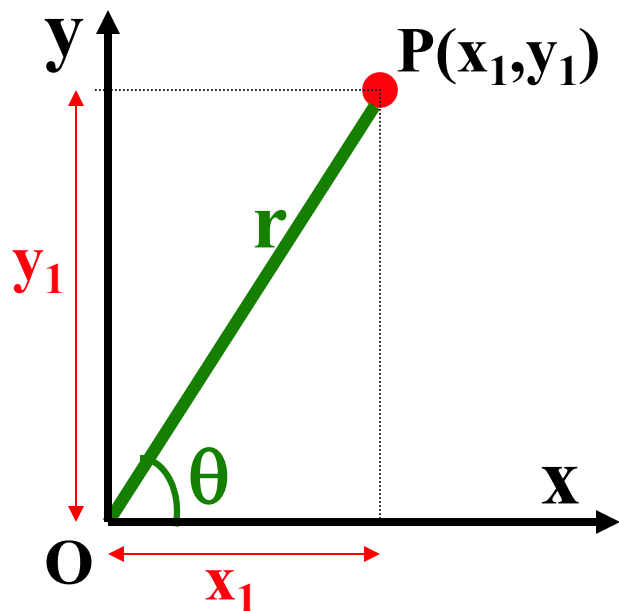
ruota, palla
giostra
Terra, Sole, pianeti
onde elettromagnetiche
atomi, cellule
...

coord. sferiche

tubi, impianti idraulici
condotti elettrici
vasi sanguigni
bottiglie, bombole
siringhe, fiale, flebo

coord. cilindriche

Sistemi di riferimento a 2 e 3 dimensioni



Ogni punto è univocamente determinato da:

in 2 dim \rightarrow 2 coordinate

$P(x,y)$ o $P(r,\theta)$

in 3 dim \rightarrow 3 coordinate

$P(x,y,z)$ o $P(r,\theta,\phi)$

Trigonometria piana

- Angoli

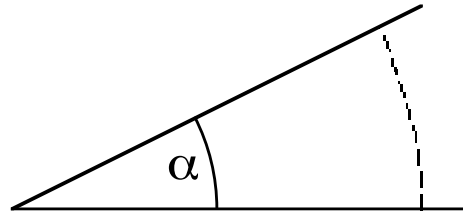


Figura 5: Definizione di angolo

Funzioni di angoli. L'angolo è la misura dell'apertura tra due rette che si intersecano. La misura di un angolo è il rapporto tra l'arco da lui sotteso ed il raggio dell'arco.

$$\alpha = \frac{\text{arco}}{\text{raggio}} \text{ (indipendente dalla dimensioni del cerchio)}$$

L'angolo non ha dimensioni, è un rapporto tra lunghezze.

Unità di angolo; quando l'arco è lungo quanto il raggio.

$$\alpha = \frac{\text{arco}}{\text{raggio}} = 1 \text{ radiante (dal latino radius = raggio)} = 1 \text{ rad}$$

$$10^{-3} \text{ rad} = 1 \text{ mrad} \quad 10^{-6} \text{ rad} = 1 \mu\text{rad}$$

- Quanti radianti ci sono in un arco completo?

$$\frac{2\pi r}{r} = 2\pi \text{ radianti}$$

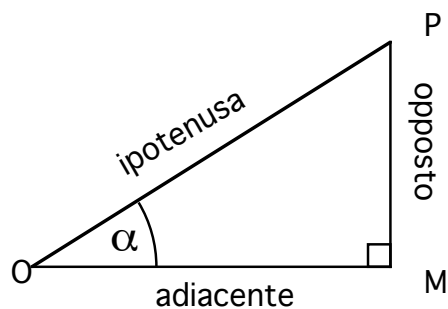
- A quanti gradi corrisponde un radiante?

$$\text{Angolo giro} = 360^\circ = 2\pi \text{ radianti}$$

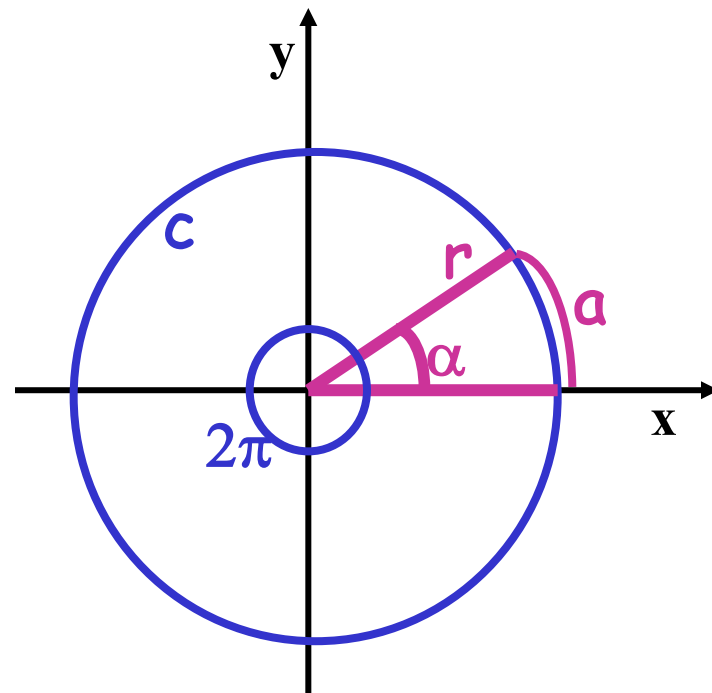
$$1 \text{ rad} : x^\circ = 2\pi \text{ rad} : 360^\circ$$

$$x^\circ = 360^\circ / 2\pi \approx 57.296^\circ$$

• Funzioni trigonometriche



Funzioni seno coseno e tangente



Definizione delle funzioni trigonometriche

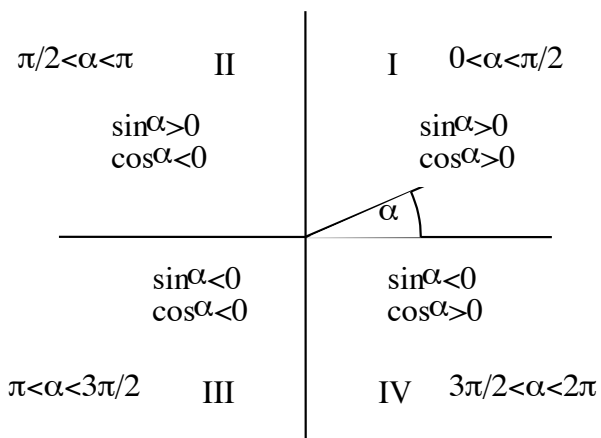
$$\sin \alpha = \frac{\text{opposto}}{\text{ipotenusa}} = \frac{MP}{OP}$$

$$\cos \alpha = \frac{\text{adiacente}}{\text{ipotenusa}} = \frac{OM}{OP}$$

$$\tan \alpha = \frac{\text{opposto}}{\text{adiacente}} = \frac{MP}{OM}$$

Dal teorema di Pitagora

$$\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha = 1$$



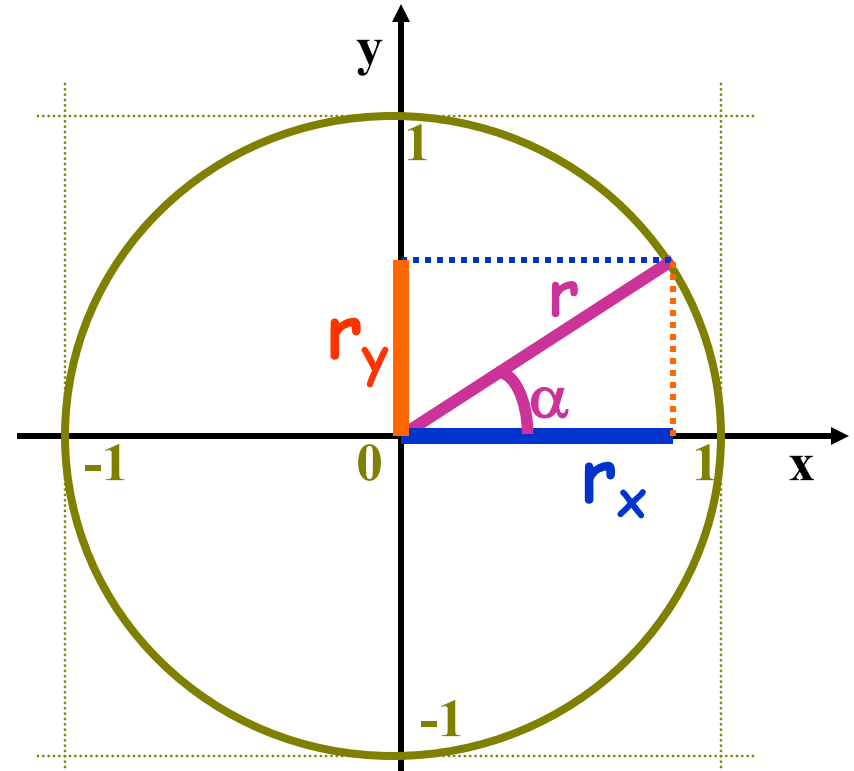
Seno e coseno

Circonferenza centrata nell'origine
con raggio $r=1$

(Se $r \neq 1$, tutto vale ugualmente
"normalizzando" a $r=1$)

Teorema di Pitagora:

$$r_x^2 + r_y^2 = r^2$$



$$\text{sen}(\alpha) = r_y$$

→ ordinata

$$\text{cos}(\alpha) = r_x$$

→ ascissa

Seno e coseno sono due numeri compresi tra -1 e 1,
funzioni di un angolo, tali per cui vale la proprietà fondamentale

$$\text{sen}^2(\alpha) + \text{cos}^2(\alpha) = 1$$

Altra funzione:
 $\text{tg}(\alpha) = \text{sen}(\alpha) / \text{cos}(\alpha)$

Alcuni angoli interessanti

0° 30° 45° 60° 90°

0 $\frac{\pi}{6}$ $\frac{\pi}{4}$ $\frac{\pi}{3}$ $\frac{\pi}{2}$ rad

$$\alpha = 0^\circ \quad \sin\alpha = 0 \quad \cos\alpha = 1 \quad \tan\alpha = 0$$

$$\alpha = 30^\circ \quad \sin\alpha = \frac{1}{2} \quad \cos\alpha = \frac{\sqrt{3}}{2} \quad \tan\alpha = \frac{1}{\sqrt{3}}$$

$$\alpha = 45^\circ \quad \sin\alpha = \frac{1}{\sqrt{2}} \quad \cos\alpha = \frac{1}{\sqrt{2}} \quad \tan\alpha = 1$$

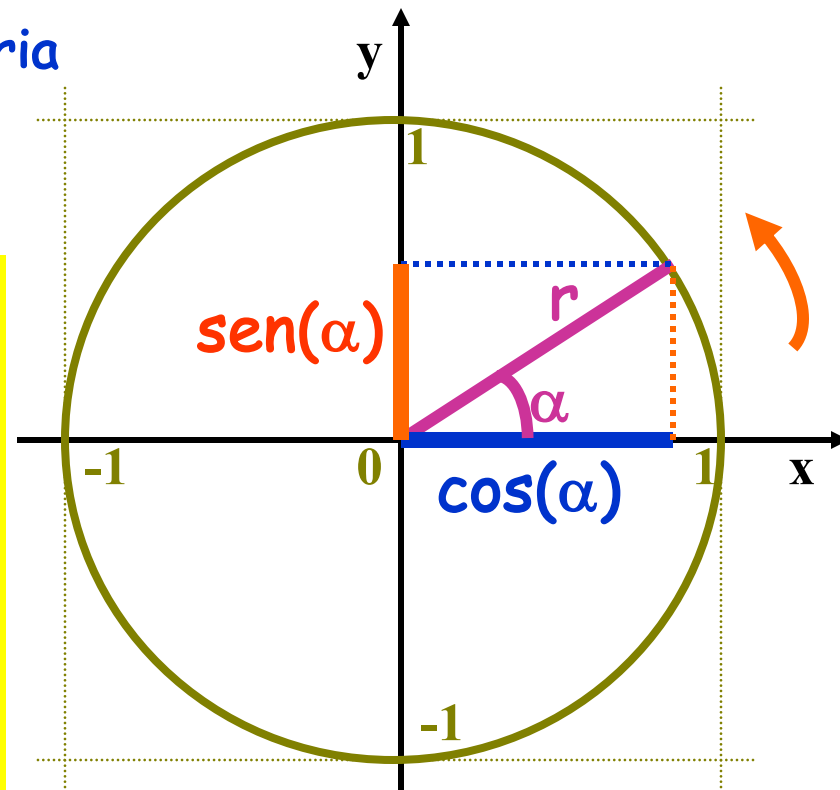
$$\alpha = 60^\circ \quad \sin\alpha = \frac{\sqrt{3}}{2} \quad \cos\alpha = \frac{1}{2} \quad \tan\alpha = \sqrt{3}$$

$$\alpha = 90^\circ \quad \sin\alpha = 1 \quad \cos\alpha = 0 \quad \tan\alpha = \infty$$

Valori notevoli di seno e coseno

Muovendosi sulla circonferenza unitaria
in senso **antiorario**
partendo dal semiasse **x positivo**:

α	α°	$\text{sen}(\alpha)$	$\text{cos}(\alpha)$
0	0°	0	1
$\pi/2$	90°	1	0
π	180°	0	-1
$3\pi/2$	270°	-1	0
2π	360°	0	1



Quanto valgono il seno e il coseno dell'angolo di 45° ($= \pi/4$)?

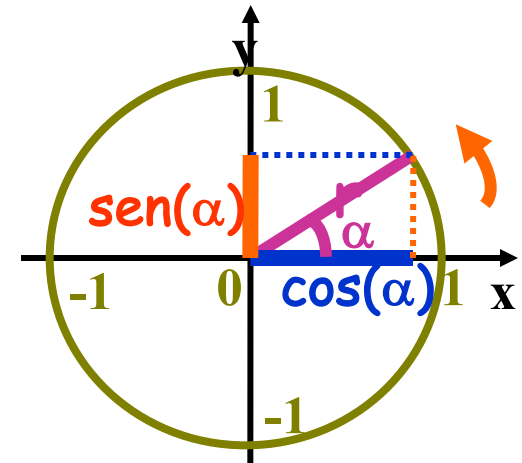
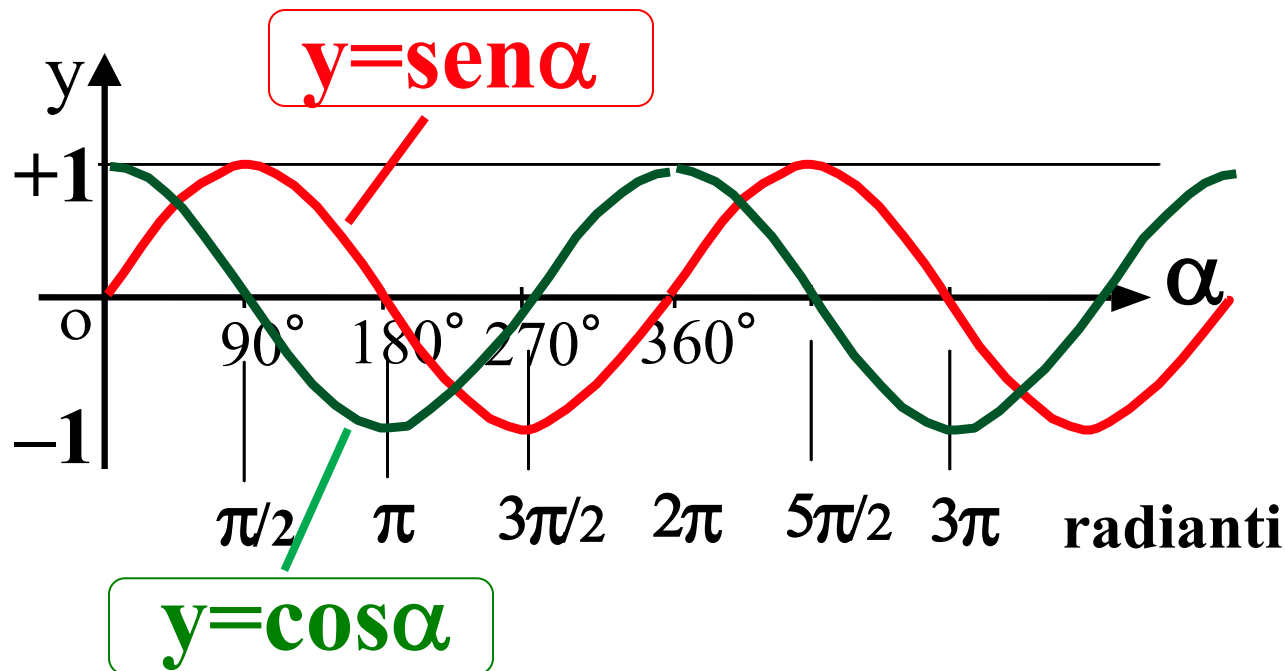
Sono evidentemente uguali: $\text{sen}(\pi/4) = \text{cos}(\pi/4)$, per cui:

$$\text{sen}^2(\pi/4) + \text{cos}^2(\pi/4) = 1 \rightarrow 2 \text{sen}^2(\pi/4) = 1$$

$$\rightarrow \text{sen}^2(\pi/4) = 1/2 \rightarrow \text{sen}(\pi/4) = 1/\sqrt{2}$$

Es.

Funzioni trigonometriche



$$y = \text{sen } x$$

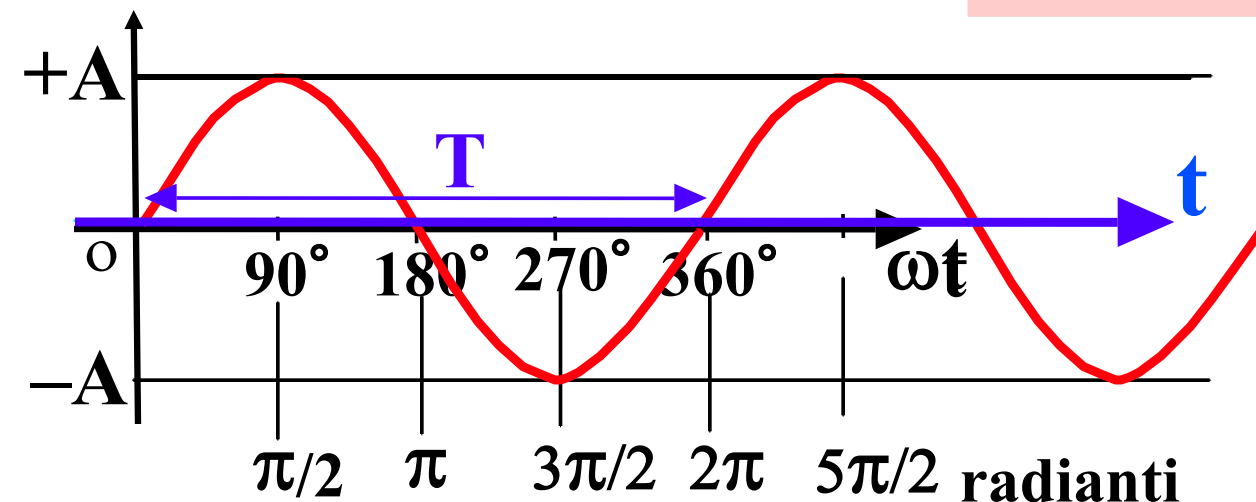
$$y = \text{cos } x$$

- periodiche di periodo 2π
- definite per ogni valore di x
- limitate tra -1 e 1

Periodo e frequenza

Quando un fenomeno si ripete periodicamente nel tempo:

$$y = A \sin(\omega t) \quad \alpha$$



ω = pulsazione

T = periodo

$$\omega(t+T) - \omega t = 2\pi \longrightarrow \omega T = 2\pi \longrightarrow \omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi \nu$$

$$\frac{1}{T} = \nu = \text{frequenza}$$

Informazioni utili sui triangoli

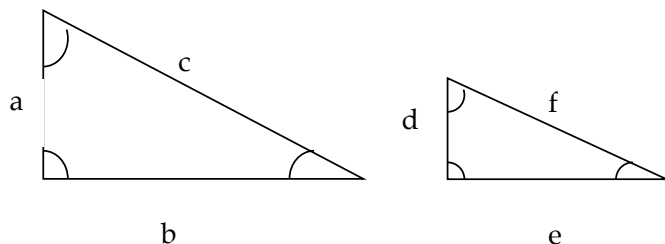
Triangoli congruenti

Due triangoli si dicono congruenti se tutti lati e gli angoli di uno sono uguali ai corrispondenti angoli e lati dell'altro cioè sono esattamente sovrapponibili.



Triangoli simili

Due triangoli sono simili se hanno tutti gli angoli in corrispondenza uguali. In questo caso i rapporti tra i lati corrispondenti sono tutti uguali.



$$\frac{a}{d} = \frac{b}{e} = \frac{c}{f}$$

Due triangoli congruenti sono anche simili.