

# ***Fisica Generale I Ingegneria Informatica***

***Codice: 011BB 12 CFU***

- Docenti

Titolare: Prof. Maria Agnese Ciocchi

[mariaagnese.ciocchi@pi.infn.it](mailto:mariaagnese.ciocchi@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. Alberto Maria Messineo [alberto.maria.messineo@unipi.it](mailto:alberto.maria.messineo@unipi.it)

Co-docente: Prof. Vincenzo Alba [vincenzo.alba@unipi.it](mailto:vincenzo.alba@unipi.it)

Co-docente: Prof. Francesco Palmonari

solo e-mail da [pinco.pallino@studenti.unipi.it](mailto: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/docenti/viewProgCorso.php?c=51512&language=all>

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

<https://unimap.unipi.it/registri/dettregistriNEW.php?re=3326435::::&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). Per 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:  
[www.pi.infn.it/~ciocci](http://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 da 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%3aYkcGS2ABcZ7aIDWvwq8pq-CfkOlniP0Gy9ggLDnCgQ01%40thread.tacv2/General?groupId=7f3616e6-ebd7-4c9b-9950-0bc2096fea5b&tenantId=c7456b31-a220-47f5-be52-473828670aa1>

- Le lezioni saranno in aula e in streaming (fino a nuove regole)
- 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

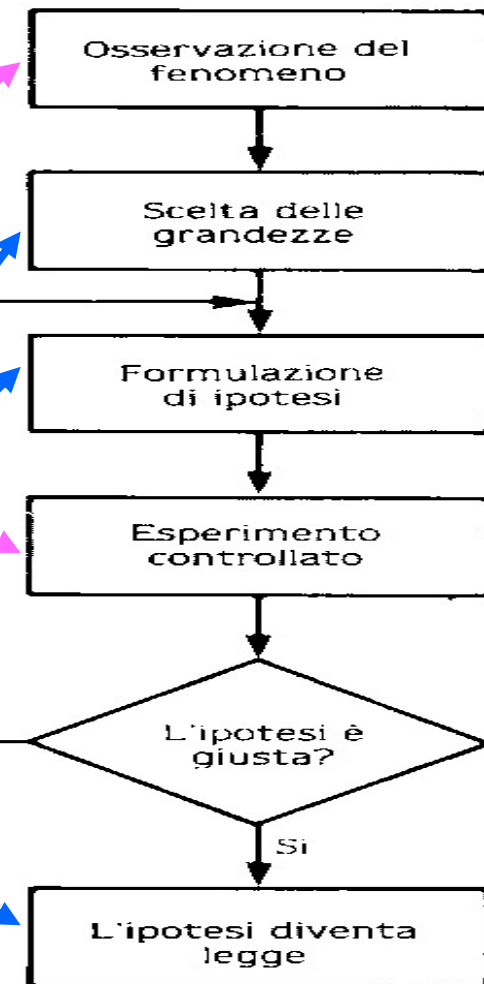


# Il metodo scientifico

## 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 intendere 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*



# 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  $\in \mathbb{R}$

$K \Rightarrow$  costante  $\in \mathbb{R}$

$F \Rightarrow$  variabile dipendente  $\in \mathbb{R}$

### 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

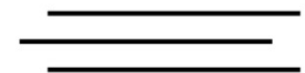
- **Comunicabilità dell'informazione**
  - Unità di Misura - Sistema Internazionale (S.I.)
- **Attendibilità dell'informazione**
  - Cifre significative
- **Coerenza dell'informazione**
  - Calcolo Dimensionale
- **Completezza dell'informazione**
  - Grandezze Scalari e **Vettoriali**
  - **Calcolo vettoriale**



$m=30 \text{ kg}$



$v=?$

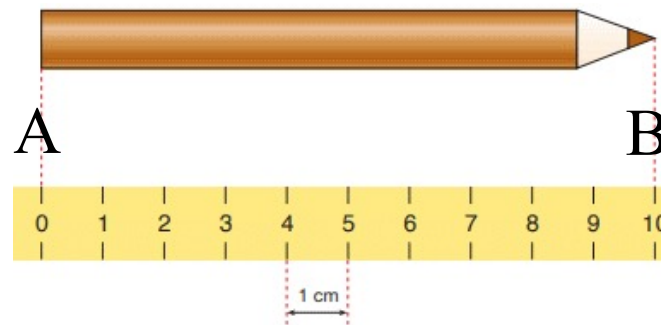


# Grandezze in Fisica

- 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.) <sup>2</sup>	[L] <sup>2</sup>
Volume	(lungh.) <sup>3</sup>	[L] <sup>3</sup>
Velocità	(lungh./tempo)	[L] [t] <sup>-1</sup>
Acceleraz.	(veloc./tempo)	[L] [t] <sup>-2</sup>
Forza	(massa*acc.)	[L] [M] [t] <sup>-2</sup>
Pressione	(forza/sup.)	[L] <sup>-1</sup> [M] [t] <sup>-2</sup>

**Espressione di una grandezza:**  
**numero + unità di misura\***  
rapporto tra misura e campione di riferimento

*In generale:*      numero+ [L]<sup>a</sup>[M]<sup>b</sup>[t]<sup>c</sup>[i]<sup>d</sup>[T]<sup>e</sup> 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 = <math>10^{-3}</math> m</p> <p>1 GW = 1 gigawatt = <math>10^9</math> W</p> <p>1 <math>\mu</math>F = 1 microfarad = <math>10^{-6}</math> F</p> <p>1 ns = 1 nanosecondo = <math>10^{-9}</math> s</p>	<p><b>multipli</b></p> <p><b>sottomultipli</b></p> <p><math>0,001 = 10^{-3}</math></p> <p><math>0,000\,001 = 10^{-6}</math></p> <p><math>0,000\,000\,001 = 10^{-9}</math></p> <p><math>0,000\,000\,000\,001 = 10^{-12}</math></p> <p><math>0,000\,000\,000\,000\,001 = 10^{-15}</math></p> <p><math>0,000\,000\,000\,000\,000\,001 = 10^{-18}</math></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><math>\mu</math></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 ( $10^{-3} \text{ m}^3$ ) di acqua alla temperatura di densità massima ( $4^\circ\text{C}$ ) 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	$1.99 \times 10^{30}$
Terra	$5.98 \times 10^{24}$
Luna	$7.36 \times 10^{22}$
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	$1.67 \times 10^{-27}$
Elettrone	$9.11 \times 10^{-31}$



# 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  $^{86}\text{Kr}$

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

## 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):  $10^{-15} \text{ m}$
  - 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	$1.4 \times 10^{26}$
Distanza dalla Terra della galassia più lontana	$9 \times 10^{25}$
Distanza dalla Terra della galassia più vicina (Andromeda)	$2 \times 10^{22}$
Distanza dal Sole della stella più vicina (Proxima Centauri)	$4 \times 10^{16}$
Un anno-luce	$9.46 \times 10^{15}$
Raggio medio dell'orbita della Terra attorno al Sole	$1.50 \times 10^{11}$
Distanza media Terra-Luna	$3.84 \times 10^8$
Distanza dell'equatore dal Polo Nord	$1.00 \times 10^7$
Raggio medio della Terra	$6.37 \times 10^6$
Quota tipica (dalla superficie) di un satellite che orbita attorno alla Terra	$2 \times 10^5$
Lunghezza di un campo di football	$9.1 \times 10^1$
Lunghezza di una mosca	$5 \times 10^{-3}$
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 Cesium-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 “**significant**” compatibili con l’errore di misura e non con un numero arbitrario di cifre.
  - Un mm, un cm, un dm rappresentano l'errore assoluto,  $\epsilon_A$ , in ciascuno dei tre casi.

Si definisce **errore relativo**,  $\epsilon_r$ , 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 né aumentare né 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)
- $7.5 \times 10^{-3}$  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  $1.5 \times 10^3$  m per 2 cifre significative  
Usate  $1.50 \times 10^3$  m per 3 cifre significative  
Usate  $1.500 \times 10^3$  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

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

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

$$187.3 + 1234.584 = 1421.9$$

$$\begin{array}{r} 187.\underline{3} \quad + \\ 1234.584 \quad = \\ \hline 1421.884 \Rightarrow 1421.\underline{9} \end{array}$$

- **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]



$$1 \text{ anno-luce} = c \cdot 1 \text{ anno}$$

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

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

Età = 20 anni, quanti secondi di vita?

Occorre trasformare anni in secondi. Si moltiplica per fattori unitari

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

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

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



# 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

Es.

## 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:

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

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

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



# 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 -  $[L]^1$

$l \text{ (m)}$

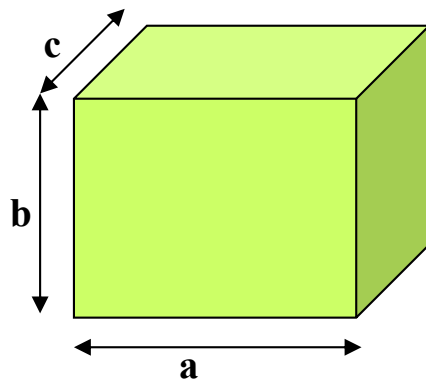
Piano -  $[L]^2$

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

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  $m^3$ ,  $cm^3$ ,...*

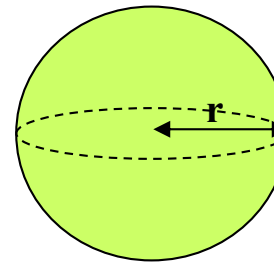


**PARALLELEPIPEDO**

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

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

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

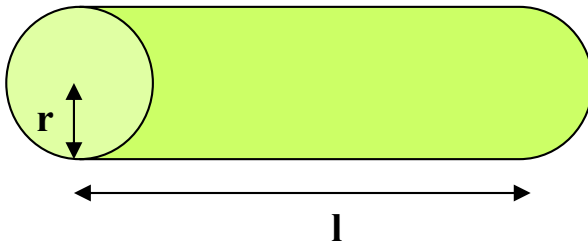


**SFERA**

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

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

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



**CILINDRO**

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

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

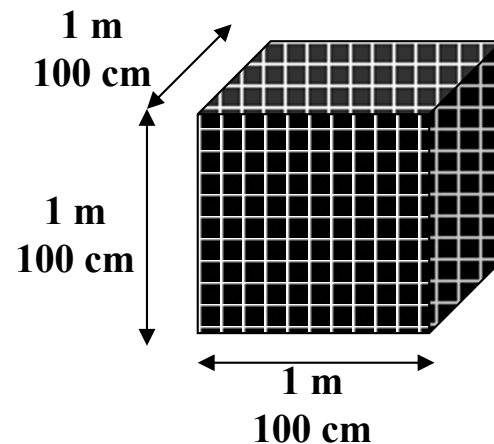
$$V = \pi \cdot r^2 \cdot l$$

# 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<sup>3</sup> d' acqua ha massa di 1000 kg!!!

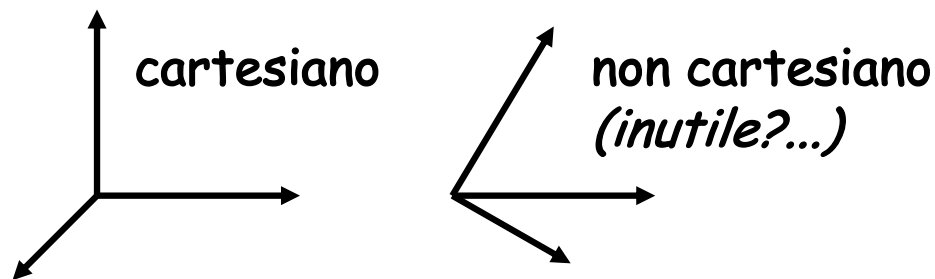
*Es.*



# 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*

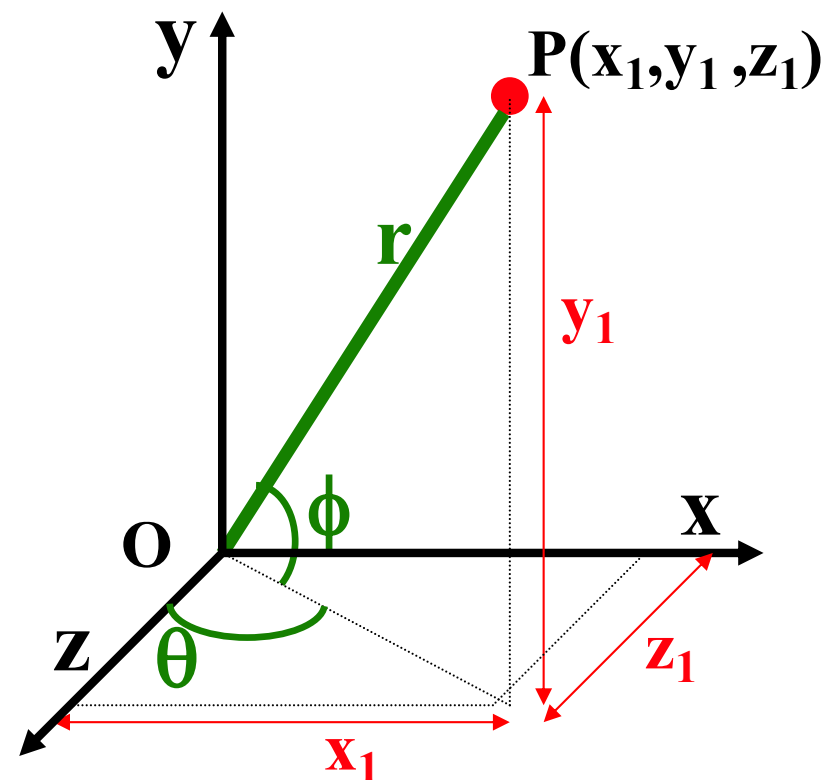
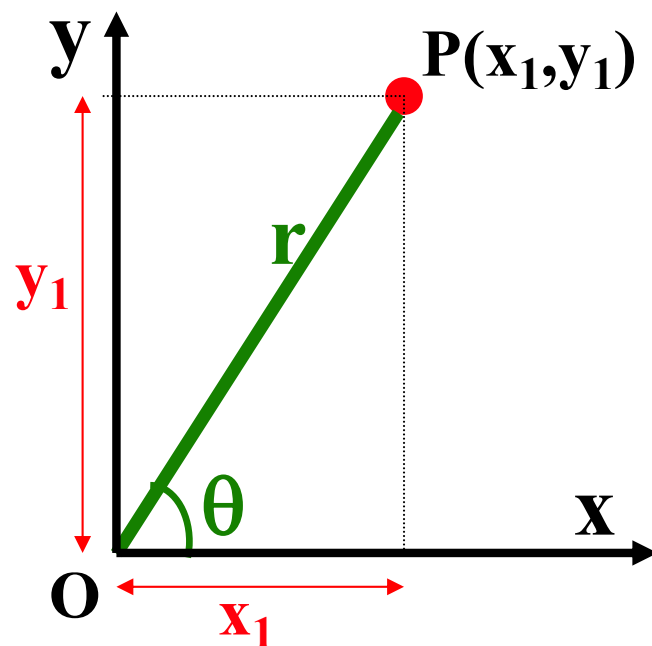
ruota, palla  
giostra  
Terra, Sole, pianeti  
onde elettromagnetiche  
atomi, cellule  
...

*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

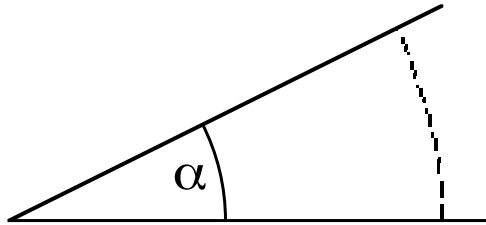


Figura 5: Definizione di angolo

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.

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

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?

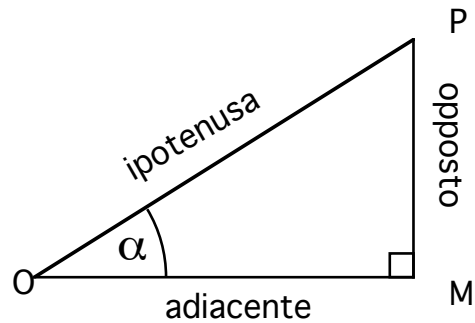
$$\text{Angolo giro} = 360^\circ = 2\pi \text{ radianti}$$

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

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



- Funzioni trigonometriche



Definizione delle funzioni trigonometriche

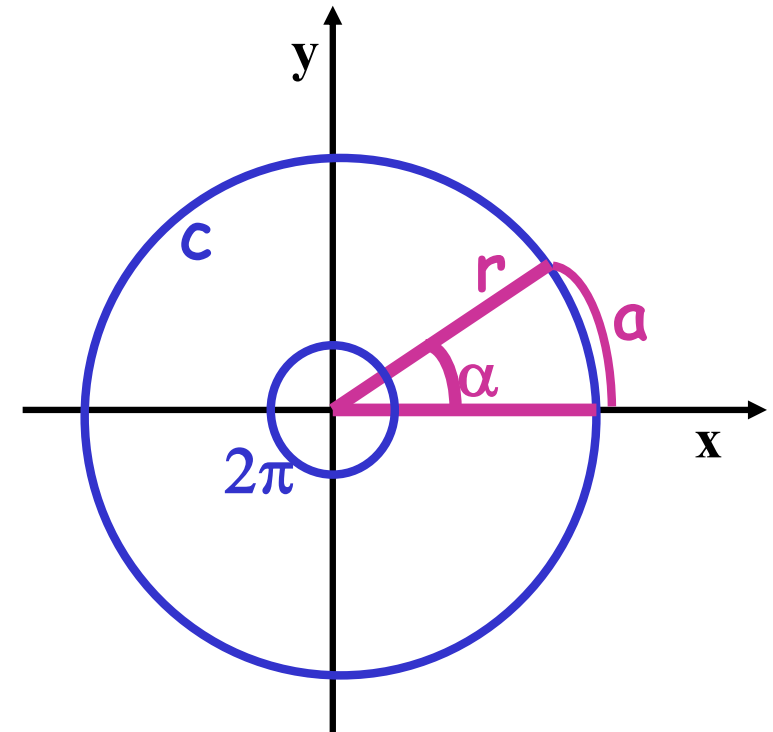
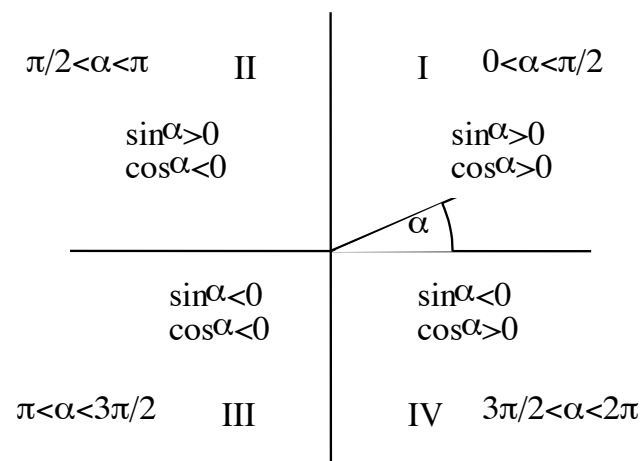
$$\sin \alpha = \frac{\text{opposto}}{\text{ipotenusa}} = \frac{MP}{OP}$$

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

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

Dal teorema di Pitagora

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



# Funzioni seno coseno e tangente



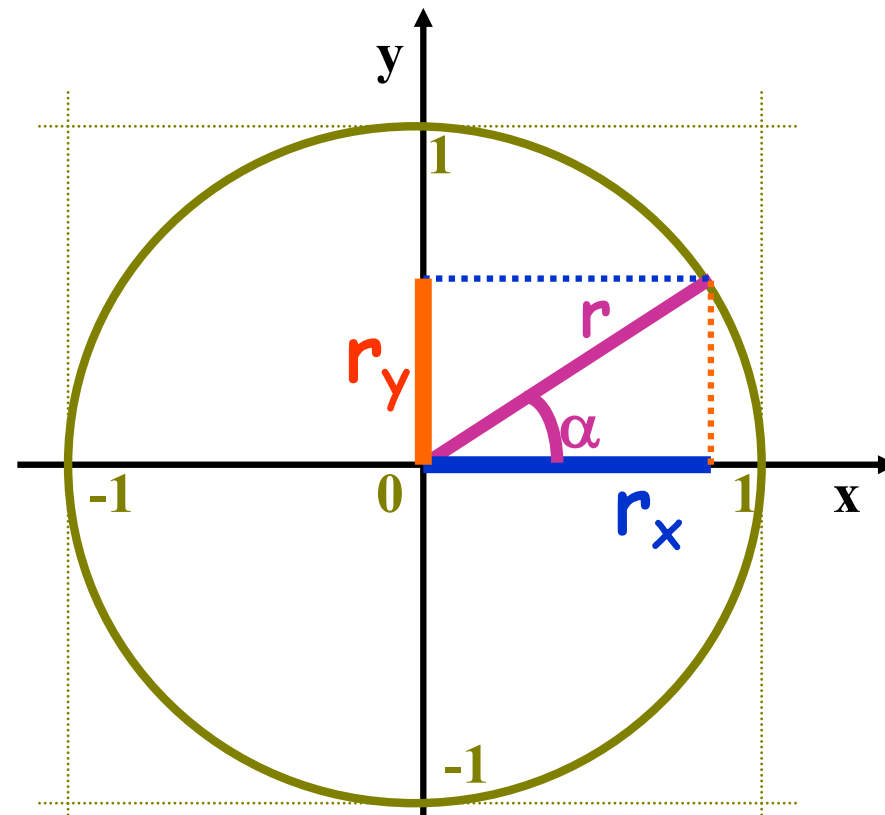
# Seno e coseno

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

$0^\circ$     $30^\circ$     $45^\circ$     $60^\circ$     $90^\circ$

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

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

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

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

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

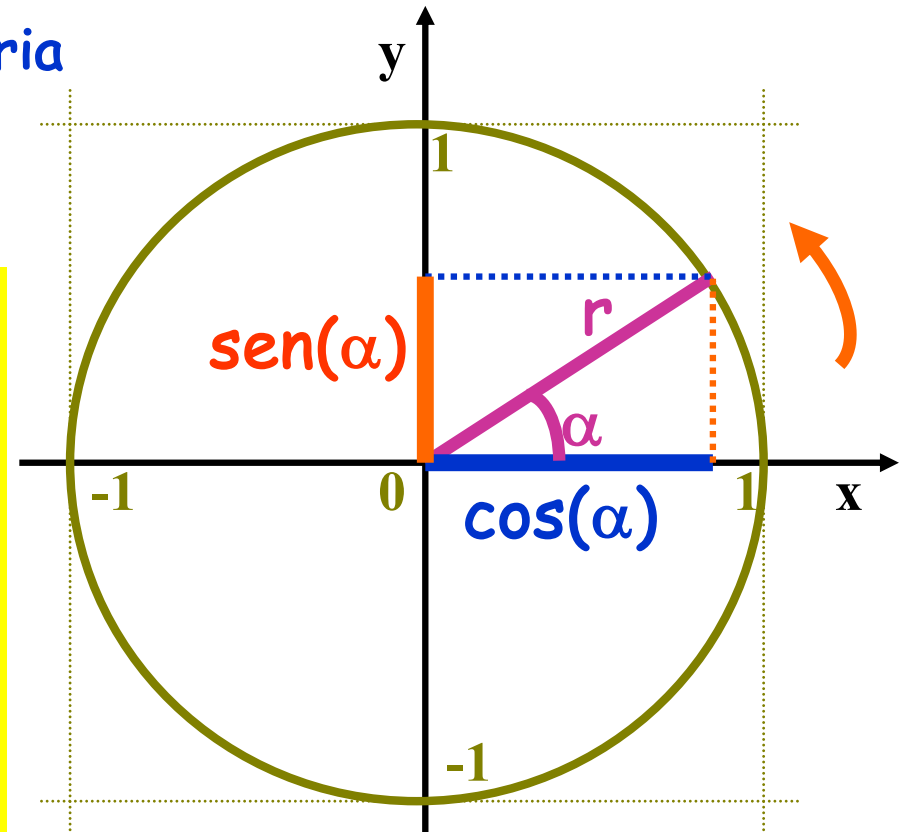
$$\alpha = 90^\circ \quad \sin\alpha = 1 \quad \cos\alpha = 0 \quad \tan\alpha = \infty$$



# Valori notevoli di seno e coseno

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

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



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

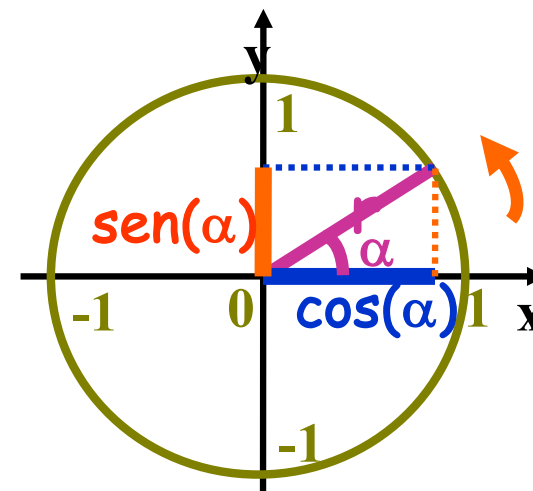
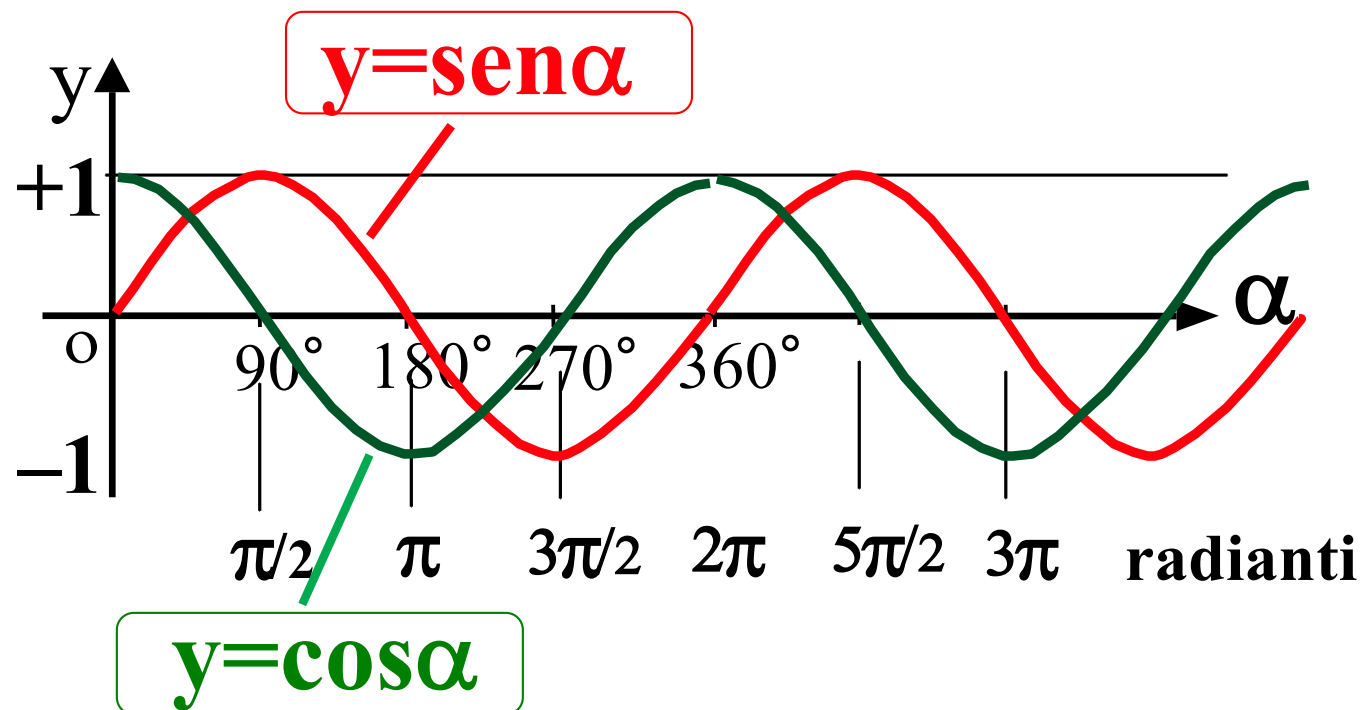
Es.

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

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

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

# Funzioni trigonometriche



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

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

- periodiche di periodo  $2\pi$
- definite per ogni valore di  $x$
- limitate tra -1 e 1

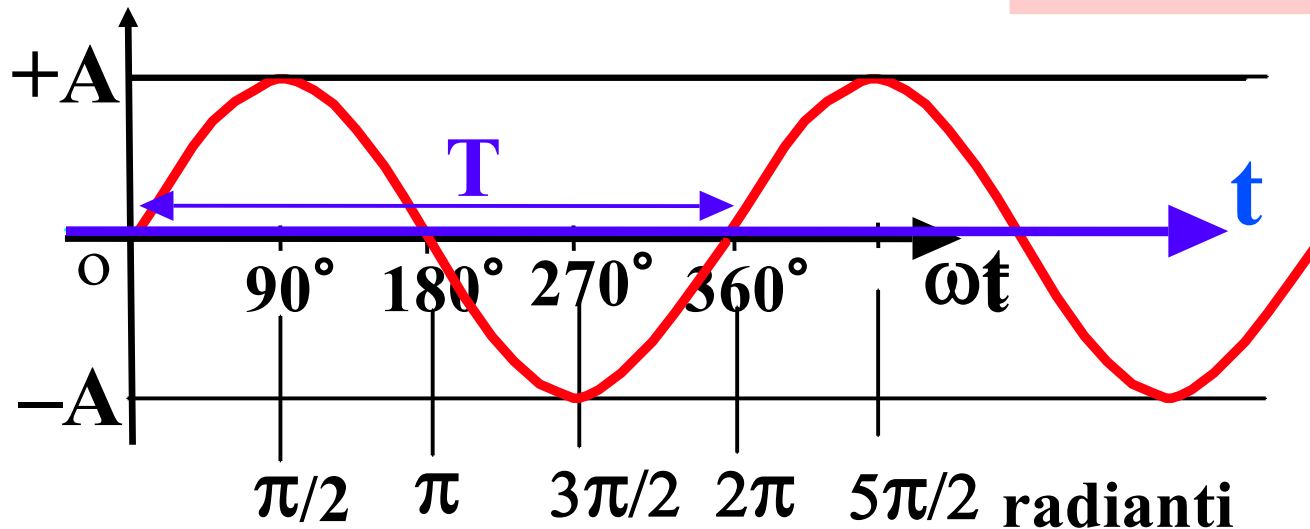




# Periodo e frequenza

Quando un fenomeno si ripete periodicamente nel tempo:

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



$\omega$  = pulsazione

$T$  = periodo

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

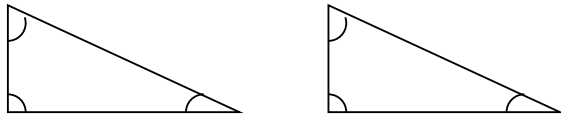
$$\frac{1}{T} = \nu = \text{frequenza}$$



# Informazioni utili sui triangoli

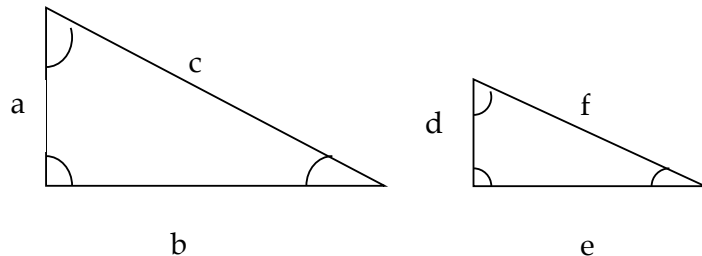
## Triangoli congruenti

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.

