

Fisica

Leonello Servoli

Leonello.servoli@pg.infn.it

Tel.: 0039-348-3345847

<http://www.fisica.unipg.it/~servoli>

Il Corso di Recupero: istruzioni per l'uso

- **Corso:** tutto in questa settimana. 16 ore di lezione a blocchi di 2 ore.
- **Lezioni in aula:**
 - a) presentazione al computer
 - b) uso della lavagna per esempi ed esercizi
- **Esami:**
 - a) **Scritto (obbligatorio):** ~ 6 quesiti teorici + 6 problemi. La durata della prova é 3 ore
 - b) **Orale (facoltativo) :** Si può sostenere la prova orale entro 1 anno dalla data della prova scritta; si parte dallo scritto, ma verte su tutto il programma;
 - c) **Voto:** media (ragionata) di scritto + orale

Il Corso: istruzioni per l'uso

Se dovete (proprio) acquistare un libro, consiglio:

- D.Scannicchio, *Fisica biomedica*, 2a Edizione 2010, EdiSES, ISBN 9788879595582

Altri libri che io ritengo belli (in ordine alfabetico di primo autore):

- A.Giambattista, *Fisica generale*, McGraw-Hill, ISBN 978.88.386.6416.8
- D.Giancoli, *Fisica con Fisica Moderna*, 2a edizione, Casa Editrice Ambrosiana, ISBN 978-88-408-1414-8
- J.W.Kane - M.M.Sternheim, *Fisica applicata*, Edizione 2013, EMSI, ISBN 788886668880
- J.S. Walker, *Fondamenti di Fisica*, Pearson, ISBN 9788871925851

Nota 1: **questi testi non sono obbligatori, se avete già altri libri** (universitari o delle scuole superiori) venite a parlare con me

Nota 2: il programma d'esame è quello svolto in aula (che si trova sulle trasparenze PDF scaricabili dal mio sito)

Il Corso: istruzioni per l'uso

Aiuto e assistenza:

- Durante l'intervallo e alla fine di ogni lezione
- Previo appuntamento email a leonello.servoli@pg.infn.it anche prima dell'inizio della lezione.
- Il mio ufficio e' in Via A. Pascoli, 5o piano, Dip. Fisica, Perugia

Telefoni:

- 075-585-2706
- 348-3345847 (voce, SMS, no segreteria)

I file PDF sono scaricabili dal mio sito

**NON ASPETTATE L'ULTIMO MOMENTO, NON SIETE PIU'
ALLE SCUOLE SECONDARIE !**

Il Corso: istruzioni per l'uso

Le figure inserite in queste lezioni sono state tratte, tra l'altro, da:

- Borsa - Scannicchio, *Fisica con applicazioni in biologia e in medicina*, Unicopli
- Cromer, *Fisica per medicina, farmacia e biologia*, Piccin Editore
- Giambattista, *Fisica generale*, McGraw-Hill
- Giancoli, *Fisica* 2a edizione, CEI
- Kane - Sternheim, *Fisica Biomedica*, E.M.S.I.
- Serway & Jewett, *Principi di Fisica*, EdiSES
- Scannicchio, *Fisica biomedica*, EdiSES
- Walker, *Fondamenti di Fisica*, Pearson

- Gran parte delle animazioni sono tratte da:
<http://www.ba.infn.it/~fisi2005/>

Il Corso: istruzioni per l'uso

Orario 17 ore

17 febbraio	11-13	1
17 febbraio	14-16	2
18 febbraio	9-12	3
19 febbraio	9-12	4
20 febbraio	11-13	5
20 febbraio	14-16	6
21 febbraio	14-17	7

La fisica é una scienza naturale

Le scienze naturali sono una rappresentazione culturale di quello che succede e quindi

- stanno nella mente dell'uomo;
- hanno bisogno di un criterio di verità.

Per esse il criterio di verità è il dato sperimentale.

La rappresentazione è corretta se descrive i dati sperimentali attuali e magari riesce a fare previsioni su quelli futuri.

La fisica é una scienza naturale

La matematica è una scienza, anche se non è una scienza naturale.

Essa fornisce una rappresentazione culturale di oggetti inventati (numeri, figure geometriche, diagrammi, ect...)

Il criterio di verità è la logica.

La fisica é una scienza naturale

Una scienza naturale per definirsi tale, cerca di organizzare in maniera coerente e sistematica le conoscenze in un determinato settore, ossia cerca di rispondere alle seguenti domande:

→ Cosa succede;

→ Come succede;

→ Perché succede;

La fisica é una scienza naturale

Affinché cosa succede diventi una scoperta scientifica occorre che siano superati con successo i seguenti tre punti:

- 1) in un esperimento, alcuni dati sperimentali sembrano essere in disaccordo con i modelli universalmente accettati in quel momento;
- 2) si considerano tutte le possibili sorgenti di errore, nell'esperimento in questione, ripetendo le misure con variazioni controllate delle condizioni sperimentali per essere ragionevolmente sicuri di trovarsi di fronte ad un evento riproducibile e non ad un evento casuale;
- 3) tutti i laboratori che nel mondo si occupano della stessa scienza devono ricevere una descrizione completamente dettagliata delle procedure sperimentali usate e devono riprodurre esattamente gli stessi risultati ottenuti dall'esperimento scopritore.

La fisica é una scienza naturale

La realizzazione del *come succede* è un difficile equilibrio fra conservatorismo ed innovazione:

- 1) si cerca di spiegare la scoperta scientifica con la conoscenza pregressa;
- 2) si cerca di spiegare la scoperta scientifica con la conoscenza pregressa con modifiche;
- 3) si costruisce un nuovo modello che spieghi la scoperta scientifica e che contenga il modello vecchio e le sue spiegazioni.

La fisica é una scienza naturale

La teoria

Il perché succede è rarissimo

Elettrodinamica quanto-relativistica

Se non ci domandiamo perché la massa dell'elettrone è proprio 511 KeV

La fisica é una scienza naturale

Metodi e strategie

I metodi e le strategie di risoluzione dei problemi scientifici sono:

Deduzione → implica l'applicazione di conoscenze pregresse

Induzione → implica un ragionamento che parte da dati particolari forniti nel problema per giungere ad una conclusione generale

Intuizione → implica il procedere per tentativi ed errori

La fisica é una scienza naturale

La verità scientifica

La verità scientifica è storicizzata e falsificabile.

Emanuele Kant scopre che l'esistenza non è una categoria e quindi la scienza come attività intellettuale non può fornire

prove ontologiche di esistenza

La fisica é una scienza naturale

L'onere della prova (1)

Spesso si chiede allo scienziato di dimostrare che:

• i cellulari, gli elettrodotti ed i vaccini non sono pericolosi;

• il mostro di Loch Ness ed i marziani con dodici mani non esistono;

e quando la scienza rifiuta, correttamente, di rispondere in termini così assoluti, *si obietta che l'approccio scientifico è debole e quindi quello alternativo merita almeno la stessa dignità.*

La fisica é una scienza naturale

L'onere della prova (2)

In realtà si stanno chiedendo dichiarazioni scientifiche (spesso intendendo ontologiche) di non esistenza.

Al contrario l'onere della prova spetta a chi afferma che un certo fenomeno si verifica ed è **culturalmente disonesto** chiedere a chi è scettico in proposito di dimostrare che il fenomeno non c'è.

La fisica é una scienza naturale

L'onere della prova (3)

Consideriamo una "bufala" classica: si può dimostrare scientificamente che lo yeti non esiste?

No, si possono fornire argomentazioni che rendano molto improbabile la sua esistenza. Si può **induttivamente** argomentare che essendo stato cercato in lungo ed in largo e non essendo stato trovato, probabilmente non esiste, ma questo ragionamento *non esclude che in qualche caverna himalayana inesplorata non ci sia uno yeti particolarmente timido.*

La fisica é una scienza naturale

L'onere della prova (4)

Per dimostrare in assoluto che lo yeti non esiste bisognerebbe esplorare ogni anfratto dell'intero pianeta: una impresa impossibile e peraltro forse inutile, perché lo yeti potrebbe giocare a rimpiazzino cambiando nascondiglio.

**Per contro, per dimostrare che questa creatura
esiste
basterebbe trovarne un solo esemplare.**

La fisica é una scienza naturale

L'onere della prova (5)

Attenzione alle generalizzazioni:
il ragionamento induttivo, come
tutte le attività scientifiche,
richiede il

"cervello acceso"

Nella scienza niente è automatico.

La fisica é una scienza naturale

L'onere della prova (7)

Attenzione alle generalizzazioni

MOLTIPLICAZIONE

$$2 \times 2 = 4$$

$$\frac{3}{2} \times 3 = \frac{9}{2}$$

$$\frac{4}{3} \times 4 = \frac{16}{3}$$

$$\frac{5}{4} \times 5 = \frac{25}{4}$$

ADDIZIONE

$$2 + 2 = 4$$

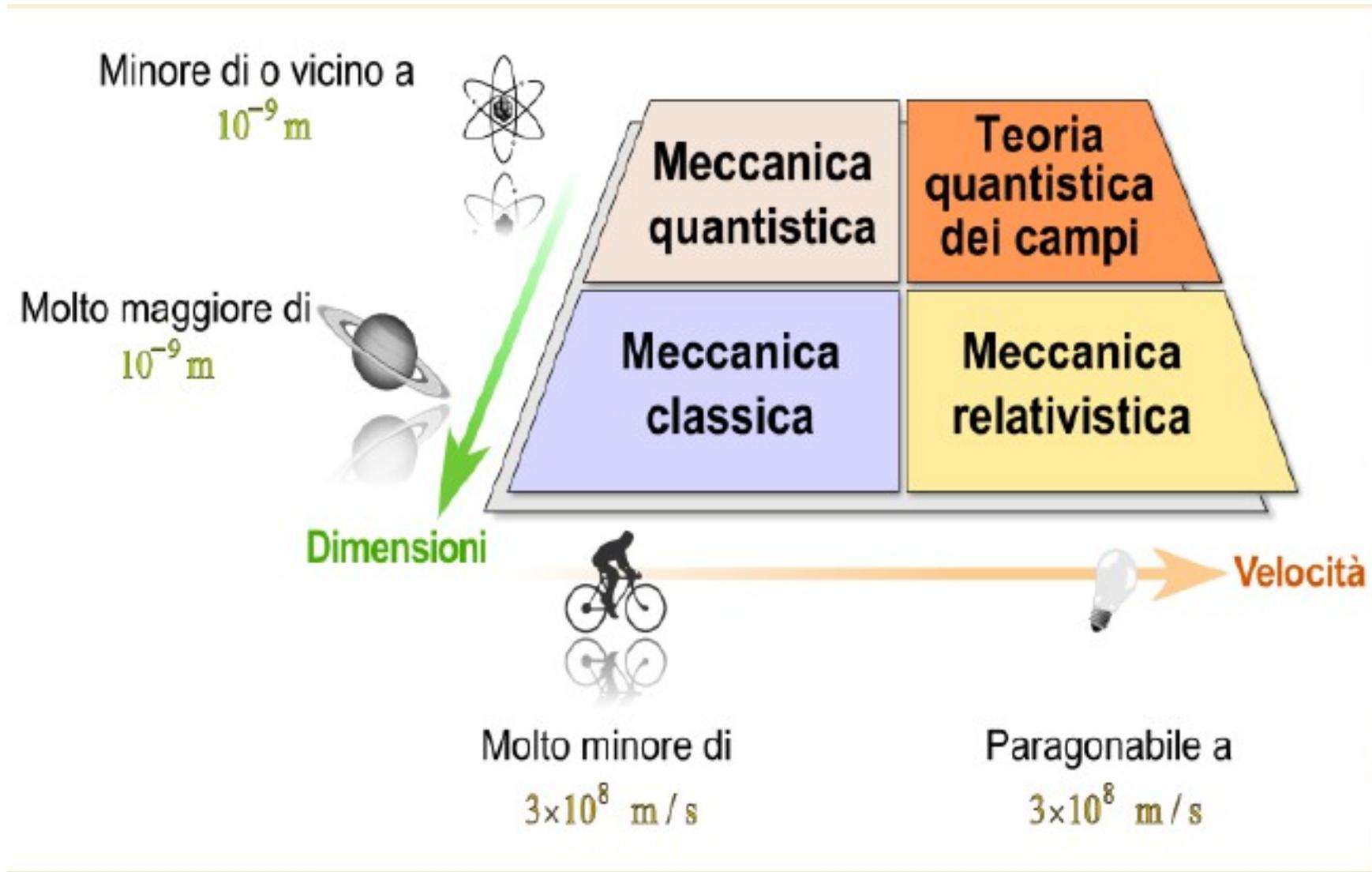
$$\frac{3}{2} + 3 = \frac{9}{2}$$

$$\frac{4}{3} + 4 = \frac{16}{3}$$

$$\frac{5}{4} + 5 = \frac{25}{4}$$

La moltiplicazione é eguale all'addizione?

Domini della fisica



La fisica é una scienza naturale

Studio delle leggi fondamentali della natura:

→ *Definizione di Equazioni matematiche per i modelli;*

→ *Confronto tra **Teoria** ed **Esperimento**, ossia tra predizioni di comportamento, e misure del comportamento stesso.*

GRANDEZZE FISICHE

1. Grandezze fisiche
2. Grandezze fondamentali e derivate
3. Sistemi di unità di misura
4. Multipli e sottomultipli
5. Ordini di grandezza



Grandezze fisiche

Definizione operativa:

Grandezza fisica \rightarrow Proprietà misurabile

Sensazione di caldo/freddo	NO (soggettiva, diversa per ciascuno)
Temperatura	SÌ (oggettiva, uguale per tutti)

Es.

Misura di una grandezza:

- mediante un **dispositivo sperimentale**
- in confronto con un'altra grandezza omogenea di riferimento costante e riproducibile

Espressione

di una grandezza:

numero + unità di misura

rapporto tra misura e campione di riferimento

Unità di misura

Misura di una grandezza:

- mediante un **dispositivo sperimentale**
- in confronto con un'altra grandezza omogenea di riferimento **costante e riproducibile**

Espressione di una grandezza:

numero + unità di misura

rapporto tra misura e campione di riferimento

Es.

Lunghezza di un corpo:

Procedere all'operazione di misura mediante uno strumento

Es. misuratore A: 3 "spanne"; misuratore B: 4 "spanne"

Confrontare il risultato con un campione fisso, preso come unità di misura

"spanna" misuratore A = 20 cm \rightarrow 3 "spanne" = 60 cm

"spanna" misuratore B = 15 cm \rightarrow 4 "spanne" = 60 cm **uguale!**



MAI dimenticare l'unità di misura!

Dire "un corpo è lungo 24" **non ha senso.**

Dire "la densità dell'acqua è 1" **non ha senso.** ...e dirlo all'esame...



Grandezze fondamentali e derivate

Fondamentali

*concetti intuitivi
indipendenti l'uno dall'altro
non definibili in termini
di altre grandezze*

Lunghezza	[L]
Massa	[M]
Tempo	[t]
Intensità di corrente	[i]
Temperatura assoluta	[T]

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

In generale:

.....

$$[L]^a [M]^b [t]^c [i]^d [T]^e$$

Sistemi di unità di misura

*Stabilire un sistema di unità di misura =
fissare le grandezze fondamentali
e il valore dei loro campioni unitari*

Sistema	[L]	[M]	[t]	[i]	[T]
	lungh.	massa	tempo	intens. corrente	temper. assoluta
MKS (SI) Internazionale	m metro	kg chilogr.	s secondo	A ampère	°K gr.kelvin
cgs	cm centim.	g grammo	s secondo	A ampère	°K gr.kelvin
Sistemi pratici	vari esempi 				

Sistemi di unità di misura

ESEMPI DI UNITA' PRATICHE

Lunghezza	angstrom, anno-luce
Tempo	minuto, ora, giorno, anno
Volume	litro
Velocità	chilometro/ora
Pressione	atmosfera, millimetro di mercurio
Energia	elettronvolt, chilowattora
Calore	caloria
.....

Fattori di conversione:

MKS \rightarrow cgs

1 m = 10^2 cm

1 kg = 10^3 g

cgs \rightarrow MKS

1 cm = 10^{-2} m

1 g = 10^{-3} kg

MKS, cgs \rightarrow pratici
e viceversa

proporzioni con fattori numerici noti

Multipli e sottomultipli

Formazione dei multipli e dei sottomultipli delle unità SI.

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

Ordini di grandezza

Per esprimere brevemente grandezze fisiche grandi o piccole:
numero a 1,2,3 cifre +
unità di misura con multiplo/sottomultiplo (di 3 in 3)

$$57800 \text{ g} = 5.78 \cdot 10^4 \text{ g} = 5.78 \cdot (10^1 \cdot 10^3) \text{ g} = 57.8 \text{ kg}$$

$$57.8 \text{ kg} = 57.8 \cdot 10^3 \text{ g} = 5.78 \cdot 10^4 \text{ g}$$

Es.

$$0.0047 \text{ g} = 4.7 \cdot 10^{-3} \text{ g} = 4.7 \text{ mg}$$

$$0.00047 \text{ g} = 4.7 \cdot 10^{-4} \text{ g} = 4.7 \cdot (10^2 \cdot 10^{-6}) \text{ g} = 470 \text{ } \mu\text{g}$$

Per confrontare grandezze
“infinitamente” grandi o piccole:
Ordine di grandezza =
potenza di 10 più vicina
al numero considerato

Atomo di idrogeno:

raggio atomo: 10^{-10} m

raggio nucleo: 10^{-15} m

$$\rightarrow 10^{-10} \text{ m} / 10^{-15} \text{ m} = 10^5$$

L'atomo di idrogeno è 100000 volte
più grande del suo nucleo!

Es.

Lunghezza

... Cubito, ... Piede, ... Spanna, ... Pollice.....

Dal 1793: metro (dal greco *metron*, misura)

- 1/10.000.000 distanza Polo Nord-equatore
- Barra Pt-Ir
- Distanza percorsa dalla luce nel vuoto in $1/299792458$ s

Ordini di grandezza: esempi di lunghezze

Alcune lunghezze

valore in m

- dist. del corpo celeste più lontano	10^{25} m	(10000 miliardi di miliardi di km)
- distanza della stella più vicina	$3.9 \cdot 10^{16}$ m	(40000 miliardi di km)
- anno-luce	$9.46 \cdot 10^{15}$ m	(9000 miliardi di km)
- distanza Terra-Sole	$1.49 \cdot 10^{11}$ m = 149 Gm	(150 milioni di km)
- distanza Terra-Luna	$3.8 \cdot 10^8$ m = 380 Mm	(400000 km)
- raggio della Terra	$6.38 \cdot 10^6$ m = 6.38 Mm	(6000 km)
- altezza del Monte Bianco	$4.8 \cdot 10^3$ m = 4.8 km	(5 km)
- altezza di un uomo	$1.7 \cdot 10^0$ m = 1.7 m	
- spessore di un foglio di carta	10^{-4} m = 100 μ m	(1/10 di mm)
- dimensioni di un globulo rosso	10^{-5} m = 10 μ m	(1/100 di mm)
- dimensioni di un virus	10^{-8} m = 10 nm	(100 angstrom)
- dimensioni di un atomo	10^{-10} m	(1 angstrom)
- dimensioni di un nucleo atomico	10^{-15} m	(1/100000 di angstrom = 1 fermi)

Tempo

● Fino al 1956: giorno solare medio composto di $24 \times 60 \times 60 = 86400$ s

● Dal 1956:

- secondo: tempo occorrente alla radiazione emessa da un atomo di ^{133}Cs per completare 9192631700 oscillazioni



Ordini di grandezza: esempi di tempi

Alcuni tempi

valore in s

- stima dell'età dell'Universo	$4.7 \cdot 10^{17} \text{ s}$	<i>(15 miliardi di anni)</i>
- comparsa dell'uomo sulla Terra	10^{13} s	<i>(300000 anni)</i>
- era cristiana	$6.3 \cdot 10^{10} \text{ s}$	<i>(2000 anni)</i>
- anno solare	$3.15 \cdot 10^7 \text{ s}$	
- giorno solare	$8.64 \cdot 10^4 \text{ s}$	
- intervallo tra due battiti cardiaci	$8 \cdot 10^{-1} \text{ s}$	<i>(8/10 di sec.)</i>
- periodo di vibraz. voce basso	$5 \cdot 10^{-2} \text{ s}$	<i>(2/100 di sec.)</i>
- periodo di vibraz. voce soprano	$5 \cdot 10^{-5} \text{ s}$	<i>(50 milionesimi di sec.)</i>
- periodo vib. onde radio (FM 100 MHz)	10^{-8} s	<i>(10 miliardesimi di sec.)</i>
- periodo di vib. raggi X	10^{-18} s	<i>(1 miliardesimo di miliardesimo di sec.)</i>

Massa

- kilogrammo (kg....NON Kg, per favore !)
- Non e' basato su una quantita' fisica naturale
- Massa del un cilindro di Pt-Ir di Sevres
- Massa: proprieta' intrinseca e immutabile di un oggetto
- Peso: dipende da massa e accelerazione di gravità



Ordini di grandezza: esempi di masse

Alcune masse

valore in kg

- massa dell'Universo (stima)	10^{55} kg	
- massa del Sole	$1.98 \cdot 10^{30}$ kg	(2000 miliardi di miliardi di miliardi di kg)
- massa della Terra	$5.98 \cdot 10^{24}$ kg	(6 milioni di miliardi di miliardi di kg)
- massa di un uomo	$7 \cdot 10^1$ kg	(70 kg)
- massa di un globulo rosso	10^{-16} kg	(100 milionesimi di miliardesimo di g)
- massa del protone	$1.67 \cdot 10^{-27}$ kg	(1.6 milionesimi di miliardesimo di g)
- massa dell'elettrone	$9.1 \cdot 10^{-31}$ kg	miliardesimo di g)

Sistema internazionale

Grandezza fondamentale	Unità SI		
	Nome	Simbolo	Definizione
Intervallo di tempo (Tempo)	secondo	s	Intervallo di tempo che contiene 9.192.631.770 periodi della radiazione corrispondente alla transizione fra i due livelli iperfini dello stato fondamentale dell'atomo di cesio 133.
Lunghezza	metro	m	Lunghezza percorsa dalla luce nel vuoto nell'intervallo di tempo $1 / 299.792.458$ s.
Massa	kilogrammo	kg	Massa di un campione di platino-iridio conservato nel laboratorio di pesi e misure di Sevres.
Temperatura termodinamica	kelvin	K	Frazione $1/ 273,16$ della temperatura termodinamica del punto triplo dell'acqua.
Intensità di corrente elettrica	ampere	A	Intensità di corrente elettrica che, mantenuta costante in due conduttori rettilinei, paralleli, di lunghezza infinita, di sezione circolare trascurabile e posti alla distanza di 1 m l'uno dall'altro nel vuoto, produce tra i due conduttori la forza di 2×10^{-7} N su ogni metro di lunghezza.
Intensità luminosa	candela	cd	Intensità luminosa, in una data direzione, di una sorgente che emette una radiazione monocromatica di frequenza pari a $540 \cdot 10^{12}$ hertz e che ha un'intensità di radiazione in quella direzione di $1/683$ watt per steradiante.
Quantità di sostanza	mole	mol	Quantità di sostanza di un sistema che contiene tante entità elementari quanti sono gli atomi in 0,012 kg di carbonio 12. Le entità elementari devono essere specificate e possono essere atomi, molecole, ioni, elettroni, ecc. ovvero gruppi specificati di tali particelle
<i>Grandezze fondamentali supplementari</i>			
Angolo piano	radiante	rad	Angolo piano al centro che su una circonferenza intercetta un arco di lunghezza uguale a quella del raggio
Angolo solido	steradiante	sr	Angolo solido al centro che su una sfera intercetta una calotta di area uguale a quella del quadrato il cui lato ha la lunghezza del raggio

Il radiante

$$s = R \Rightarrow \theta = 1 \text{ rad}$$

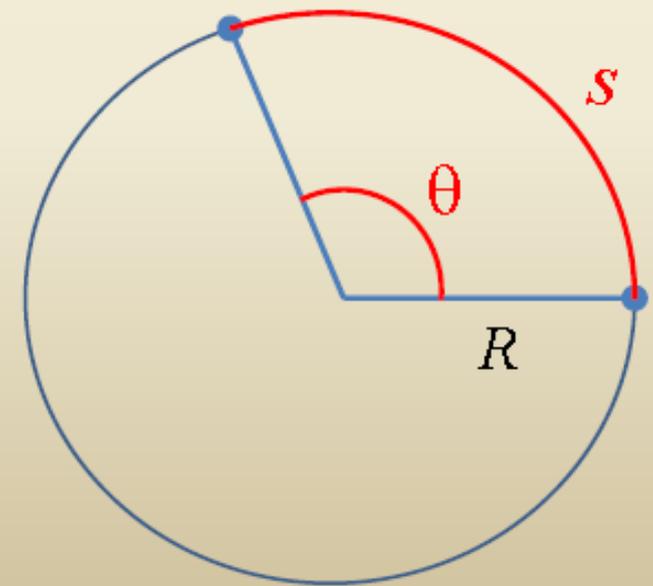
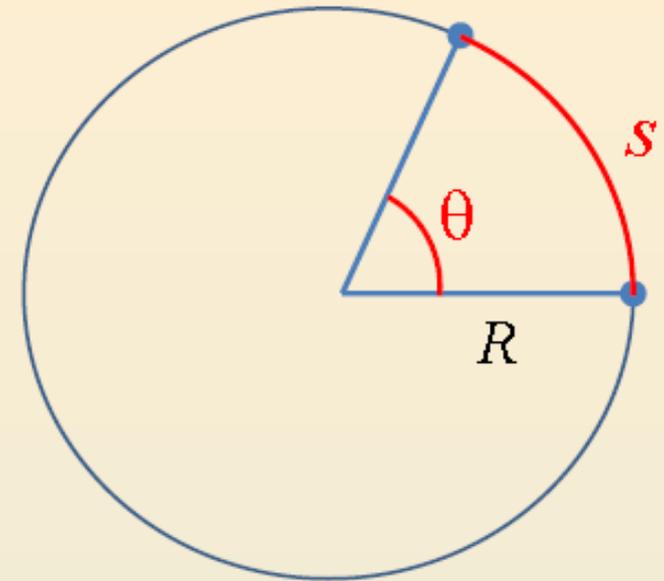
Misura degli angoli in radianti

$$\theta(\text{radianti}) = \frac{s}{R}$$

$$\text{angolo giro: } \theta = \frac{2\pi R}{R} = 2\pi$$

$$\text{angolo piatto: } \theta = \frac{2\pi R / 2}{R} = \pi$$

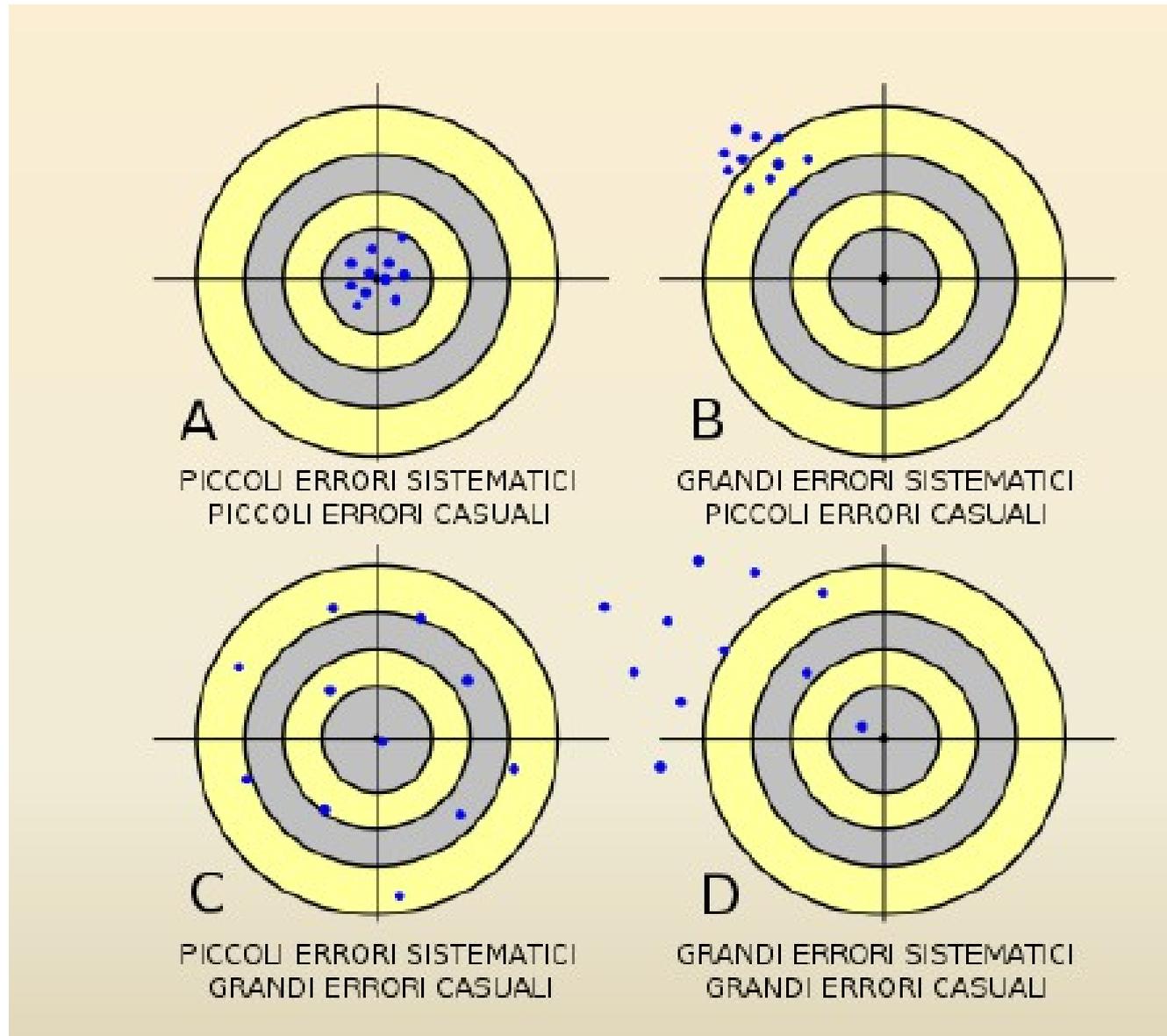
$$\text{angolo retto: } \theta = \frac{2\pi R / 4}{R} = \frac{\pi}{2}$$



Errori Sistemati e Casuali

Tipo di errore	Errori sistemati	Errori casuali
Definizione	Errori associati ad un particolare strumento o ad una particolare tecnica di misura	Errori prodotti da un gran numero di variazioni, imprevedibili e non valutabili, delle condizioni sperimentali
Caratteristica	Influenzano tutte le misure nello stesso modo	Influenzano le misure in maniera differente ed apparentemente casuale
Cause	<ul style="list-style-type: none">▪ Errori di calibrazione degli strumenti▪ Errori legati all'osservatore▪ Errori dovuti condizioni sperimentali▪ Errori dovuti ad uso di tecniche imperfette	<ul style="list-style-type: none">▪ Errori di apprezzamento e di lettura da parte dell'osservatore▪ Fluttuazioni nei parametri che determinano il valore della grandezza in esame
Terminologia	Accuratezza	Precisione
Valutazione	Difficoltosa (utilizzo di tecniche differenti). Ridurre tali errori è possibile solamente raffinando i metodi e rendendo più accurata la realizzazione degli apparecchi.	La distribuzione casuale di questi errori consente, ripetendo numerose volte la stessa misura, di giungere ad una valutazione più precisa della grandezza in esame (applicazioni di metodi statistici).

Errori Sistematici e Casuali



Medie e Dispersioni

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_N}{N} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N X_i$$

Media aritmetica

$$\xi_i = X_i - \bar{X}$$

Scarto della i-ma misura

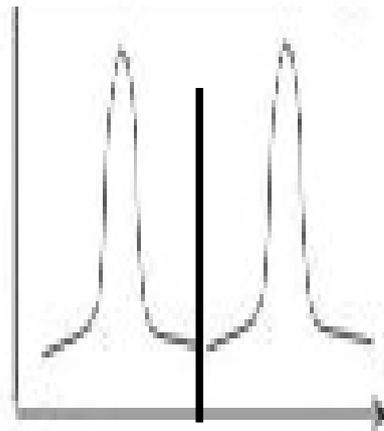
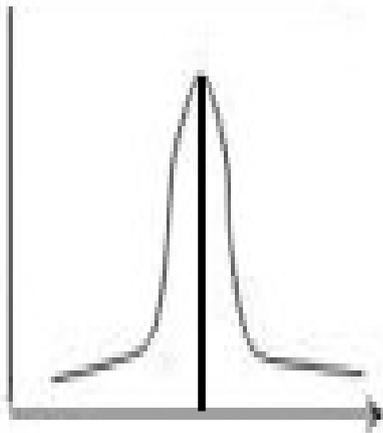
$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \xi_i^2}$$

Deviazione Standard

La perdita di informazione!!!

Ricordatevi: le operazioni di "riduzione" statistica possono far perdere informazione!

→ *Attenzione alla interpretazione dei risultati.*



Stessa Media.....

Ma due cose diverse..

VETTORI

Definizione
Componenti e modulo
Somma e differenza
Prodotto scalare
Prodotto vettoriale
Versori



Grandezze scalari e vettoriali

Per una **descrizione completa** del fenomeno sono necessari e sufficienti

Grandezze scalari

1 informazione (risultato misura):
• *valore*

Massa = 10 kg

Es.

Grandezze vettoriali

3 informazioni (risultato misura):

- *modulo*
- *direzione*
- *verso*

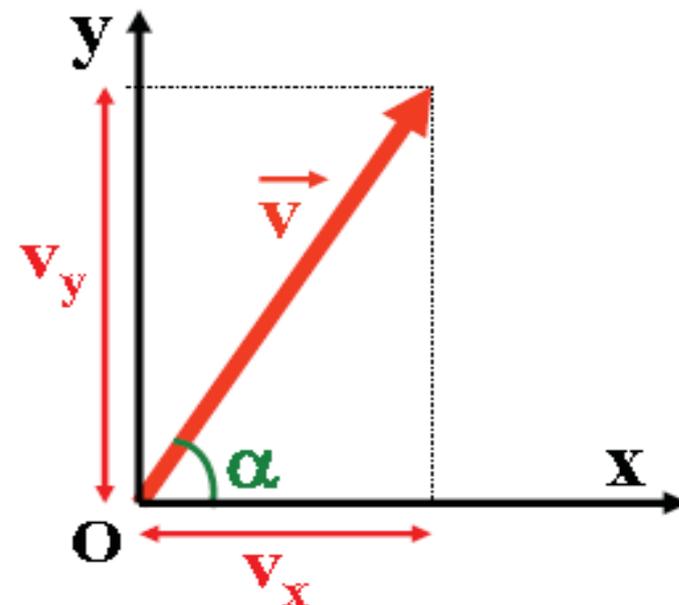
Spostamento = 10 km
in **direzione** nord-sud
verso nord

Es.



Componenti e modulo di un vettore

Un vettore è univocamente descritto nel piano 2dim dalle sue 2 componenti nello spazio 3dim dalle sue 3 componenti

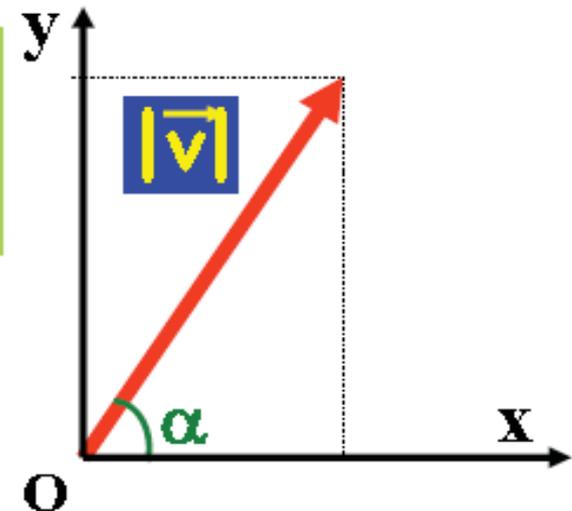


$$v_x = |\vec{v}| \cdot \cos(\alpha)$$
$$v_y = |\vec{v}| \cdot \sin(\alpha)$$

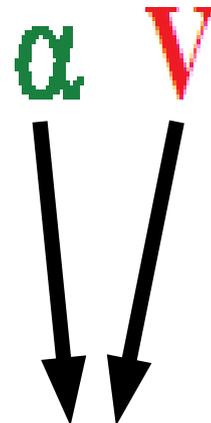
$$|\vec{v}|^2 = v_x^2 + v_y^2 \quad \text{modulo}$$
$$= |\vec{v}|^2 \cdot [\sin^2(\alpha) + \cos^2(\alpha)] = |\vec{v}|^2 \cdot 1$$

Componenti e modulo di un vettore

Un vettore è univocamente descritto nel piano 2dim dalle sue 2 componenti nello spazio 3dim dalle sue 3 componenti

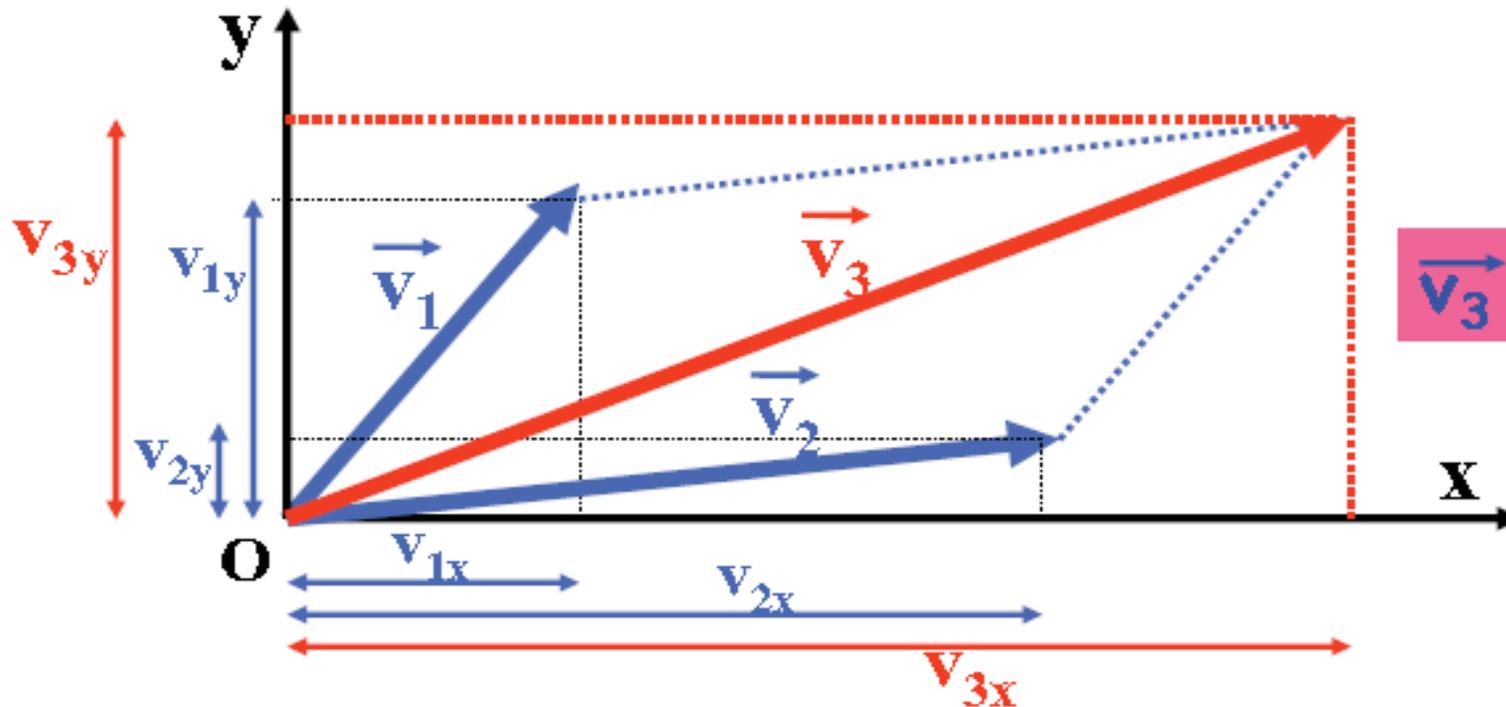


$$v_x = |\vec{v}| \cdot \cos(\alpha)$$
$$v_y = |\vec{v}| \cdot \sin(\alpha)$$



Sempre due componenti sono....

Somma di vettori



$$\vec{v}_3 = \vec{v}_1 + \vec{v}_2$$

Metodo grafico:

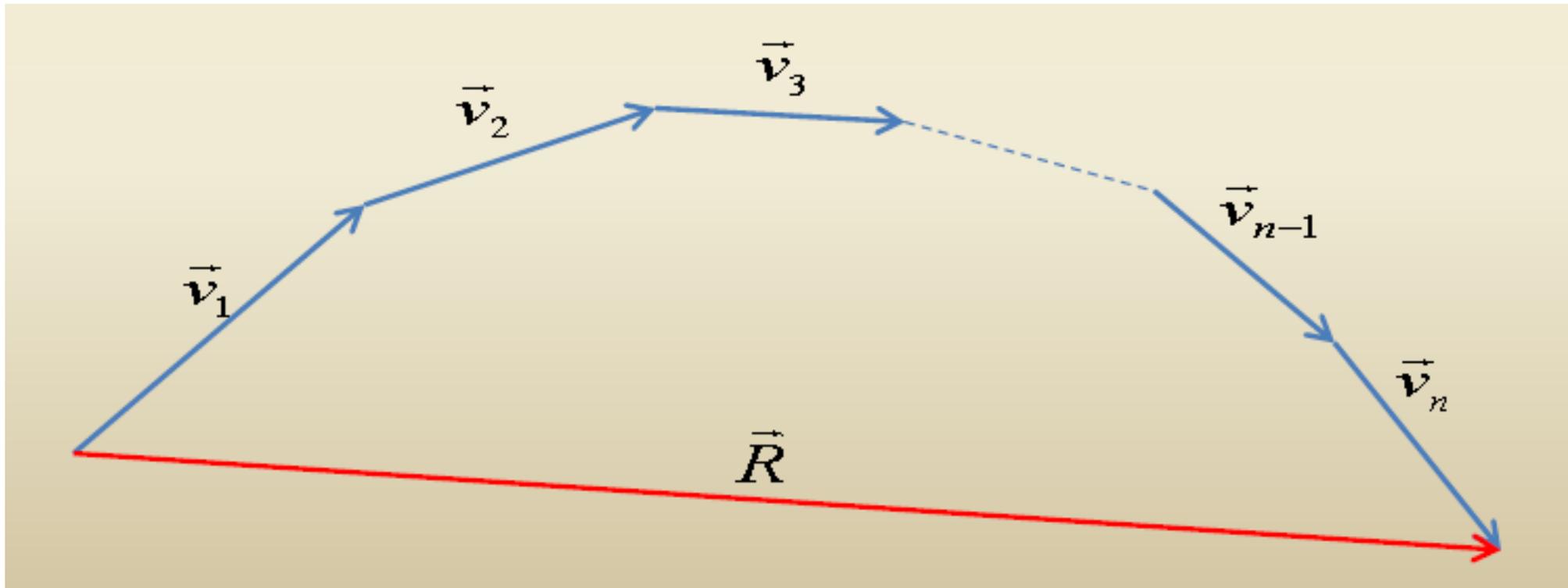
diagonale del parallelogramma costruito sui vettori di partenza

Componenti:

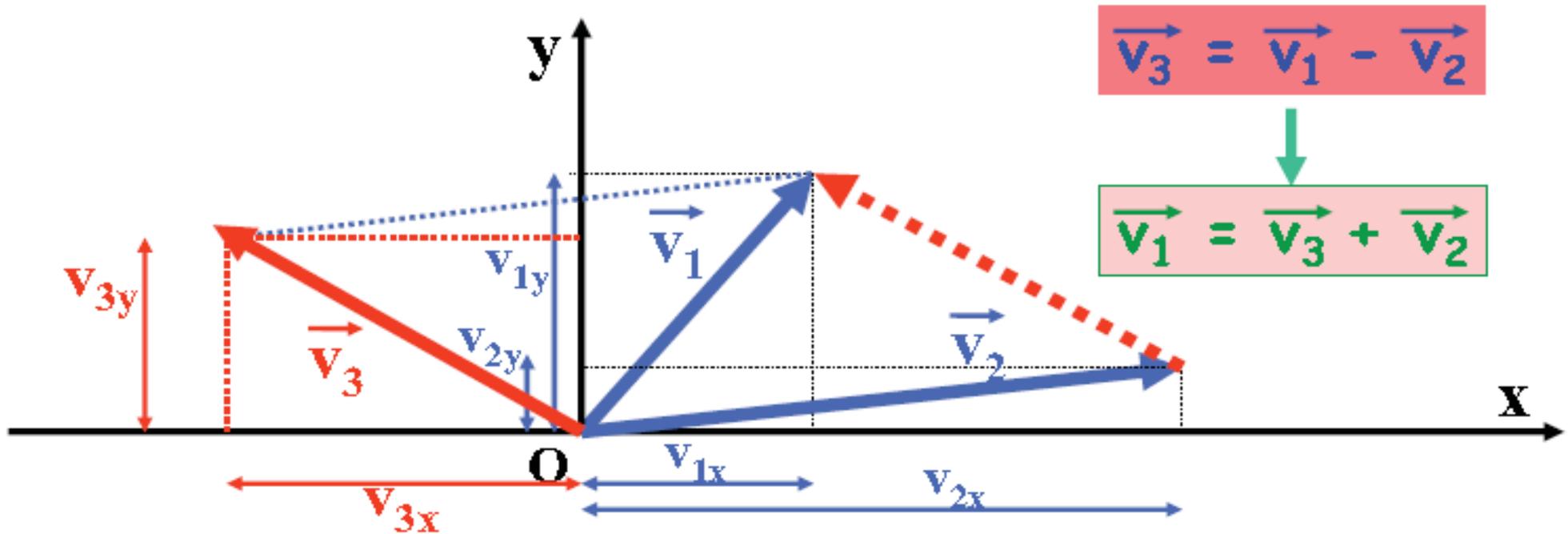
somma delle componenti dei vettori di partenza

$$\begin{aligned} v_{3x} &= v_{1x} + v_{2x} \\ v_{3y} &= v_{1y} + v_{2y} \end{aligned}$$

Somma di vettori



Differenza di vettori



Metodo grafico:

"altra" diagonale del parallelogramma costruito sui vettori di partenza

Componenti:

somma delle componenti dei vettori di partenza

$$\begin{aligned} v_{3x} &= v_{1x} - v_{2x} \\ v_{3y} &= v_{1y} - v_{2y} \end{aligned}$$

"Moltiplicazioni" di vettori

Oltre alla somma e alla differenza si possono definire 2 altre operazioni tra vettori, chiamate **prodotti** ma **non** corrispondenti alla consueta idea di moltiplicazione.

Prodotto scalare di 2 vettori:
il risultato è uno scalare, non più un vettore

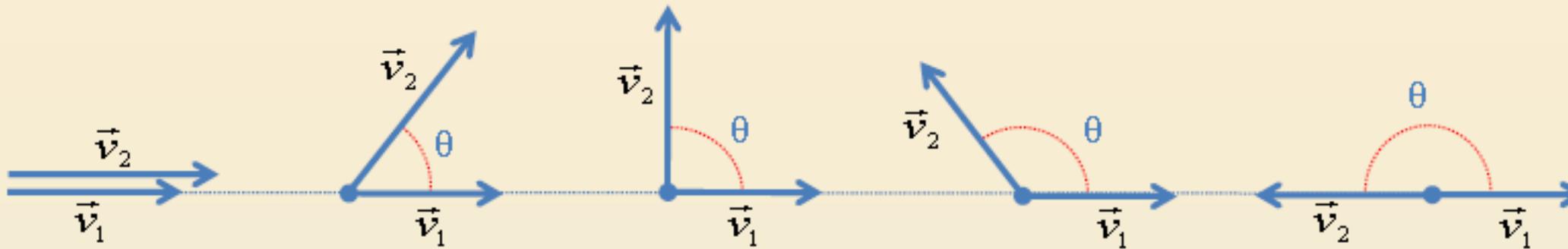
Prodotto vettoriale di 2 vettori:
il risultato è ancora un vettore

Prodotto scalare (1)

il risultato
è un numero,
non un vettore!

$$\vec{v}_1 \cdot \vec{v}_2 = v_1 v_2 \cos \phi$$

$$\vec{v}_1 \cdot \vec{v}_2 = v_{1x} v_{2x} + v_{1y} v_{2y}$$



$$\vec{v}_1 \cdot \vec{v}_2 = v_1 v_2$$

$$\vec{v}_1 \cdot \vec{v}_2 > 0$$

$$\vec{v}_1 \cdot \vec{v}_2 = 0$$

$$\vec{v}_1 \cdot \vec{v}_2 < 0$$

$$\vec{v}_1 \cdot \vec{v}_2 = -v_1 v_2$$

$$\theta = 0^\circ$$

$$0 < \theta < 90^\circ$$

$$\theta = 90^\circ$$

$$90 < \theta < 180^\circ$$

$$\theta = 180^\circ$$

$$\cos \theta = 1$$

$$0 < \cos \theta < 1$$

$$\cos \theta = 0$$

$$-1 < \cos \theta < 0$$

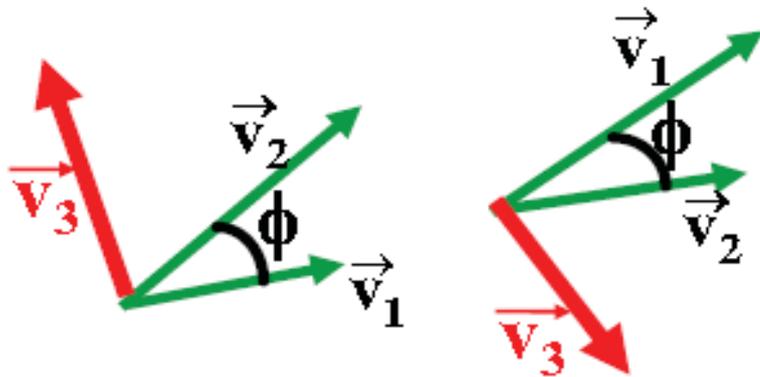
$$\cos \theta = -1$$

Prodotto scalare (2)

Vale la proprietà commutativa

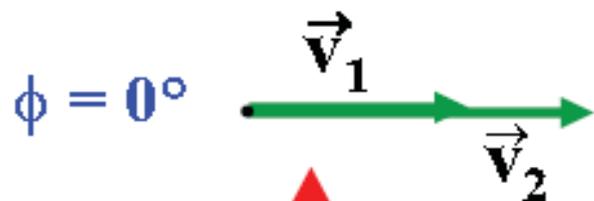
$$\vec{v}_1 \cdot \vec{v}_2 = \vec{v}_2 \cdot \vec{v}_1$$

Prodotto vettoriale (1)

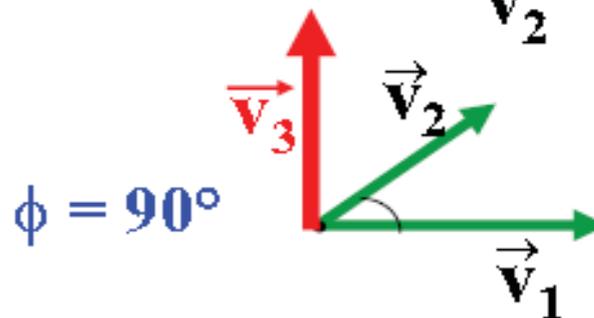


$$|\vec{v}_1 \wedge \vec{v}_2| = v_1 v_2 \text{ sen } \phi$$

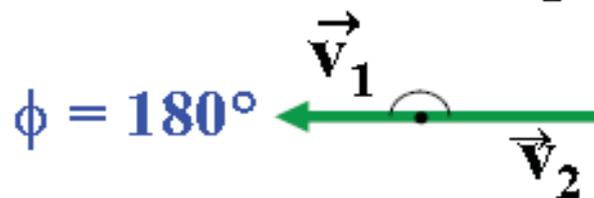
direzione \perp ai 2 vettori
verso di avanzamento di una vite
 sovrapponendo v_1 a v_2 (e non viceversa!)
 (pollice mano destra)



• $|\vec{v}_1 \wedge \vec{v}_2| = v_1 v_2 \text{ sen } \phi = \mathbf{0}$



• $|\vec{v}_1 \wedge \vec{v}_2| = v_1 v_2 \text{ sen } \phi = \mathbf{v_1 v_2}$



• $|\vec{v}_1 \wedge \vec{v}_2| = v_1 v_2 \text{ sen } \phi = \mathbf{0}$

il risultato
 è un vettore,
 non un numero!

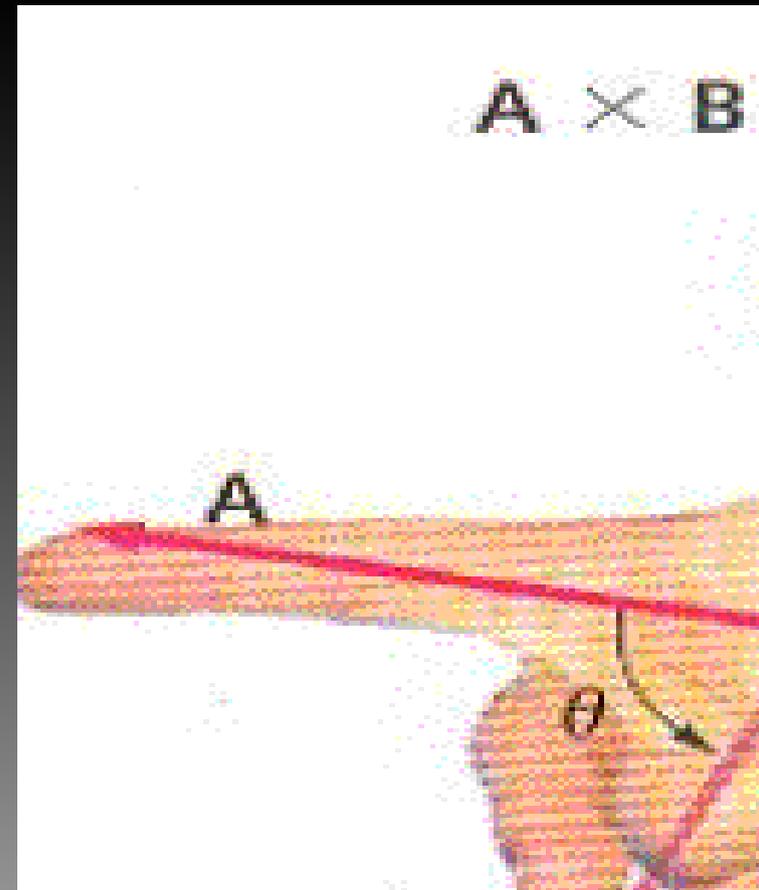
Regola della mano destra

● Prendo la mano destra e metto pollice, indice, medio a 90° l'uno rispetto all'altro

- L'indice indica il verso del vettore **A**
- Il medio indica il verso del vettore **B**
- Il pollice indica il verso del vettore **C**

● Nota: vale anche per tutte le permutazioni cicliche, ovvero vale anche:

- Il pollice indica il verso del vettore **A**
- L'indice indica il verso del vettore **B**
- Il medio indica il verso del vettore **C**



**Nota: devo usare la mano destra (non la sinistra)
e non devo scambiare l'ordine dei vettori**

Prodotto vettoriale (2)

$$\vec{v}_3 = \vec{v}_1 \wedge \vec{v}_2$$

$$\vec{v}_1 (v_{1x}; v_{1y}; v_{1z})$$
$$\vec{v}_2 (v_{2x}; v_{2y}; v_{2z})$$

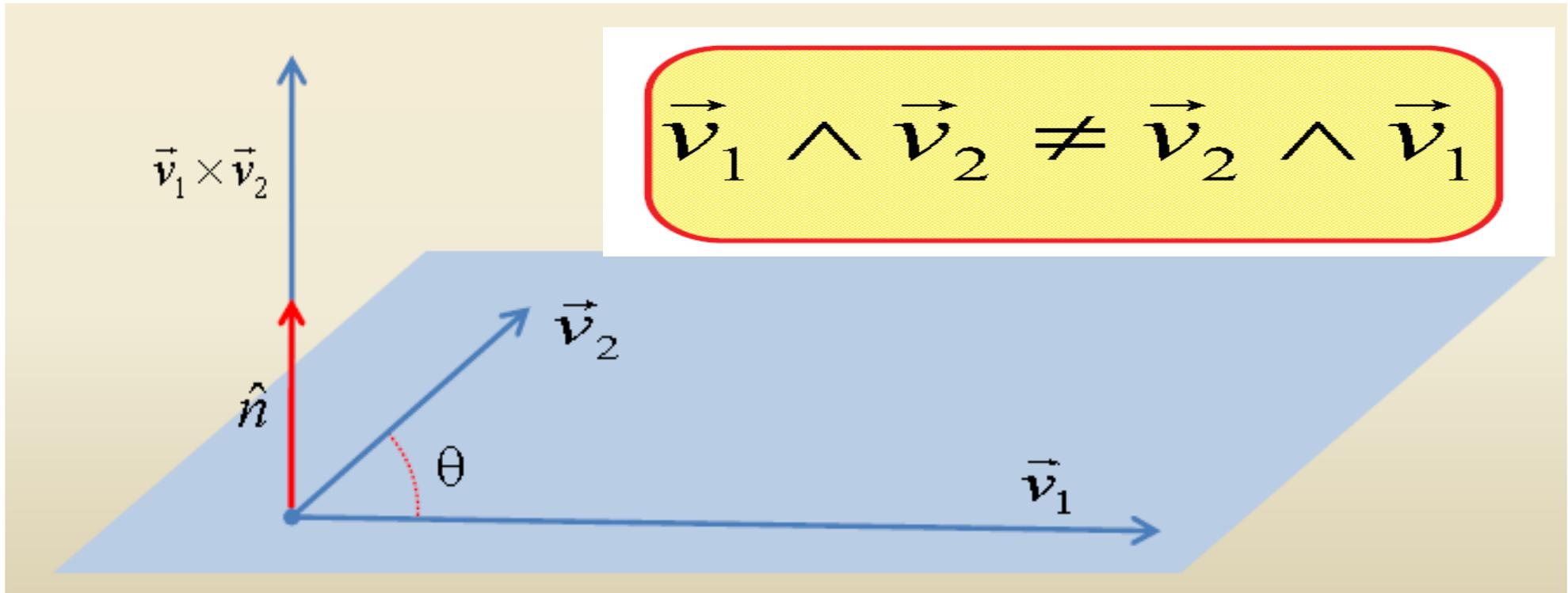
$$v_{3x} = v_{1y}v_{2z} - v_{1z}v_{2y}$$

$$v_{3y} = v_{1z}v_{2x} - v_{1x}v_{2z}$$

$$v_{3z} = v_{1x}v_{2y} - v_{1y}v_{2x}$$

Prodotto vettoriale (3)

Non vale la proprietà commutativa



CONSERVAZIONE

Per una grandezza scalare significa che non cambia nel tempo e nello spazio
il suo valore numerico

Per una grandezza vettoriale significa che non cambiano nel tempo e nello spazio

il modulo, la direzione ed il verso
(3 valori numerici)

DIMENSIONI (1)

Il valore numerico che esprime una grandezza fisica deve essere sempre seguito dalle unità di misura con cui esso è stato rilevato

Esempi:

velocità = 10 m/s = 36 km/h

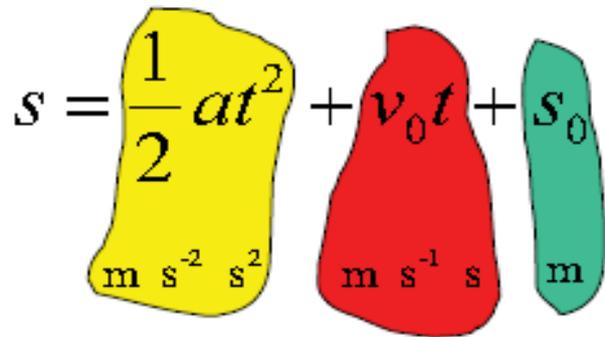
densità = 1000 kg/m³ = 1 kg/litro

Tali unità di misura costituiscono le *dimensioni* della grandezza fisica.

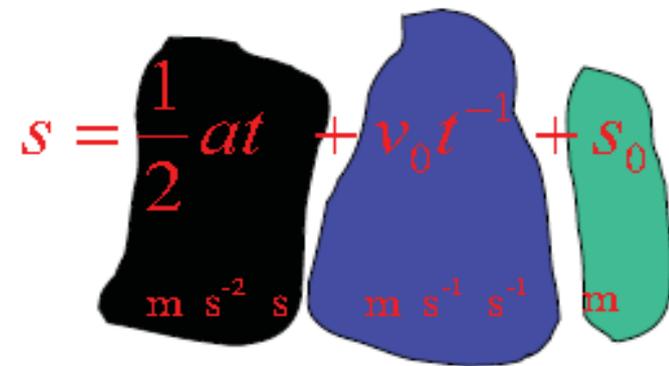
Una grandezza fisica si dice *adimensionale* se il suo valore non dipende dalle unità di misura utilizzate.

DIMENSIONI (2)

Il controllo dimensionale di una equazione è una *condizione necessaria, ma non sufficiente* per la sua correttezza.

$$s = \frac{1}{2}at^2 + v_0t + s_0$$


Spazio=spazio+spazio+spazio
L'equazione può essere corretta

$$s = \frac{1}{2}at + v_0t^{-1} + s_0$$


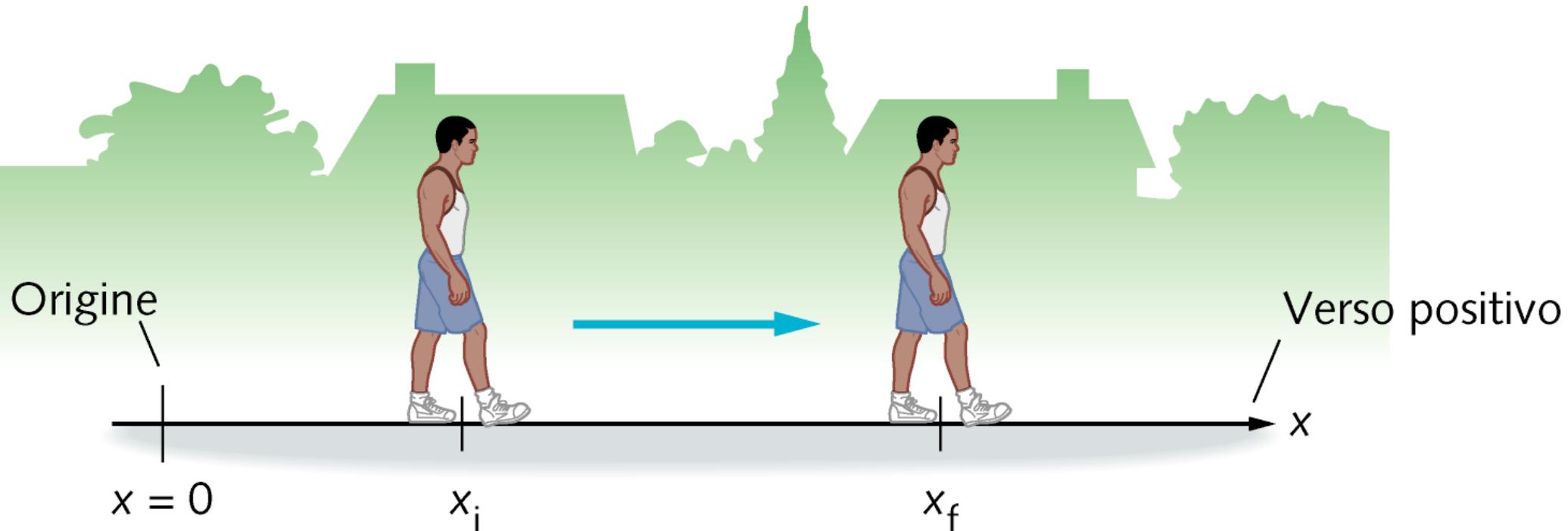
Spazio=velocità+accelerazione+spazio
L'equazione è certamente sbagliata

CINEMATICA: studia il movimento
indipendentemente dalle cause
che lo hanno generato

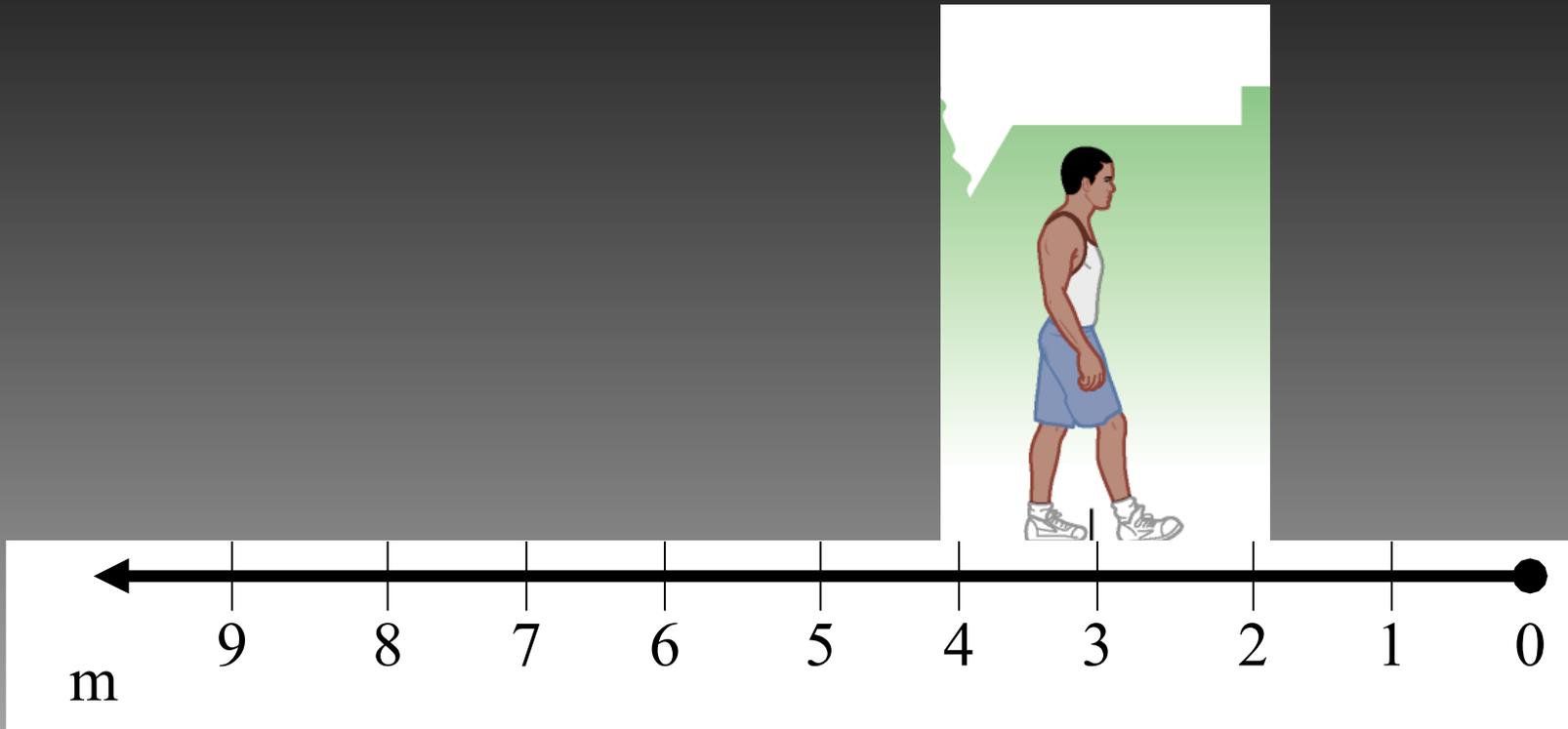
Il movimento
Spostamento
Legge oraria
Velocita'
Moto uniforme
Accelerazione
Moto uniformemente accelerato



Sistema di coordinate cartesiane

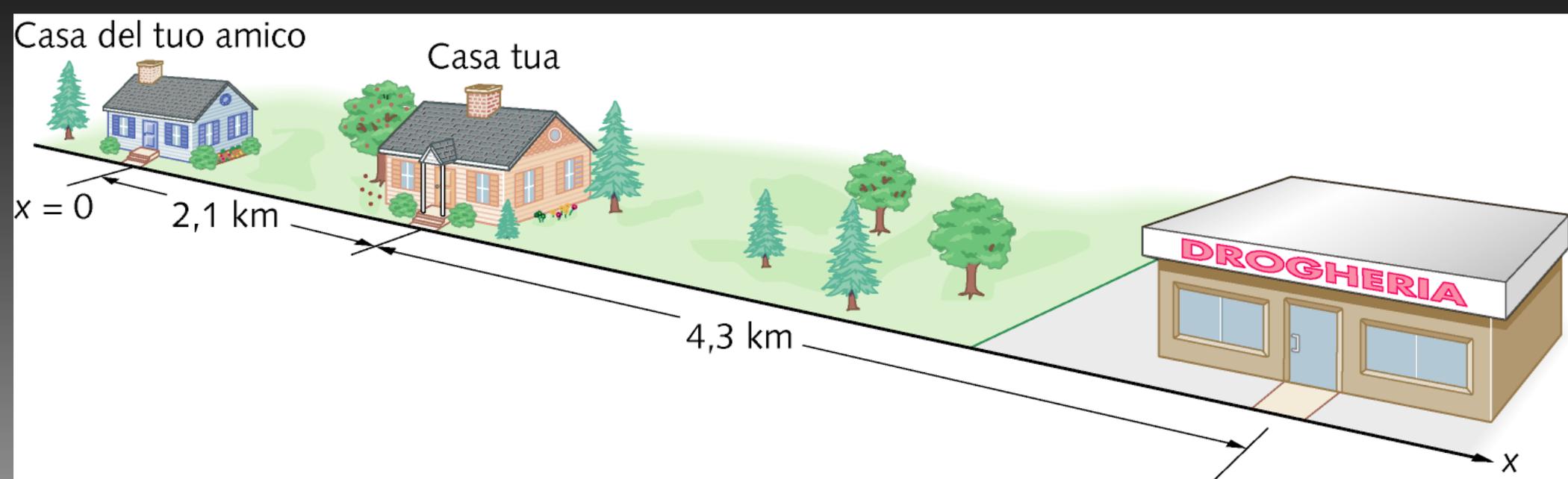


Posizione



La persona in figura e' alla **posizione** $x = 3$ m

Distanza



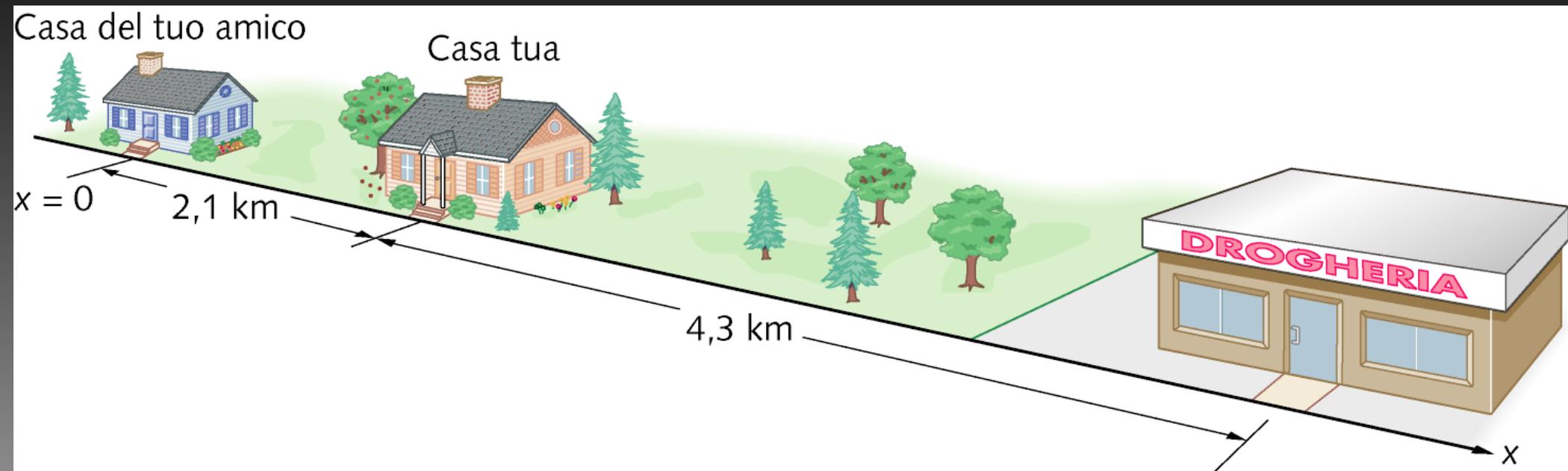
DISTANZA (quantita' sempre positiva)

lunghezza complessiva del tragitto

Casa amico \rightarrow Casa tua \rightarrow Drogheria

Distanza = 2.1 km + 4.3 km = 6.4 km

Spostamento



SPOSTAMENTO (positivo o negativo)

Cambiamento di posizione = (Posizione finale – Posizione iniziale)

$$\Delta x = x_{\text{finale}} - x_{\text{iniziale}}$$

$$\Delta x = x_f - x_i$$