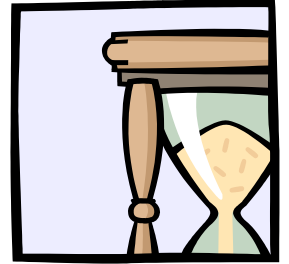


Grandezze fisiche

Le misure

- Che ora è? Quanto pesi? Quanto sei alto?
- Le risposte a queste domande sono risultati di misure.
- L'uomo da sempre ha avuto la necessità di effettuare misure ed ha perciò costruito strumenti per poterle effettuare
- Per misurare si utilizzano delle convenzioni, delle invenzioni degli uomini
- Cosa si misura?
- Proprietà di oggetti, di fenomeni, in particolare alcune loro caratteristiche importanti o d'interesse
- In termini più rigorosi ciò che si misura, è la **grandezza**



Grandezza fisica

Definizione **operativa**:

Grandezza fisica → Proprietà misurabile

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

Es.

Unità di misura



- Per misurare una grandezza dobbiamo confrontarla con una grandezza campione che chiameremo **unità di misura**
- Definizione:
 - Misurare significa confrontare una grandezza con l'unità di misura
- I campioni di molte unità di misura sono conservati all'**Istituto Internazionale di Pesi e Misure**

Misura di una grandezza:

- mediante un **dispositivo sperimentale**
- in confronto con un'altra **grandezza di riferimento**

Una grandezza fisica si esprime come:
numero + unità di misura

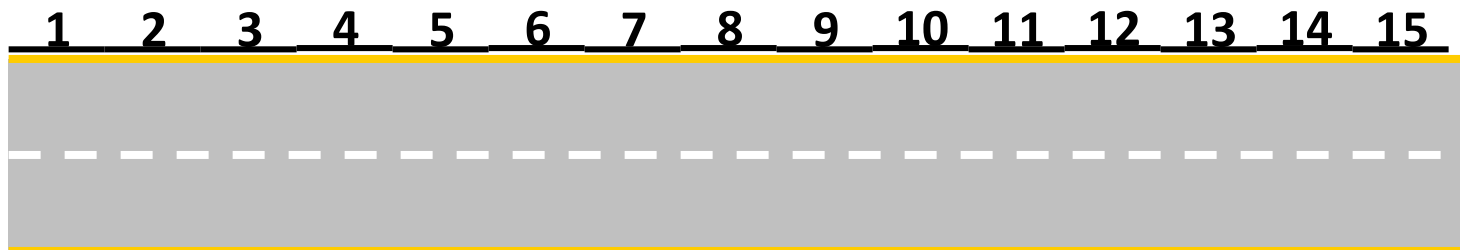
(rapporto tra misura e campione di riferimento)

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.



Caratteristiche delle UdM

- Deve essere omogenea con la grandezza da misurare
 - Deve essere definita in maniera univoca
 - Deve essere condivisa
 - È posta uguale a 1
-
- Dire che una strada è lunga 15 metri significa che la sua lunghezza è 15 volte l'unità campione del metro
 - L'unità di misura campione deve essere [invariante](#)



Esercizio

- ◆ Classifica i termini seguenti come unità di misura o grandezze

Lunghezza, volume, chilogrammo, densità, velocità, metro, metro cubo, litro, centimetro, area, forza, massa, gradi centigradi

- Individuare la grandezza che corrisponde alla seguente unità di misura

Millilitro, ampere, millimetro, ore, chilometro, grammo, secondo, minuto, newton, tonnellate, millibar, byte, hertz, volt, watt, ohm, decibel, grado Farenheit

- Indicare l'unità di misura

Peso, energia, tempo, accelerazione, pressione, temperatura, intensità di corrente,

Come mai ci sono diverse U.d.M.?

- Alcune sono multipli e sottomultipli dell'unità principale
 - Secondo, minuto, ora
 - Millimetro, chilometro
- Altre sono unità di misura di sistemi diversi (nazioni)
 - Yarda, pollice, centimetro
 - Grammo, pound, libbra

RAGGUAGLIO DEI PESI E DELLE MISURE ANTICHE CON LE NUOVE METRICHE DECIMALI

ANTICHE MISURE LINEARI

- 1 BRACCIO (SOLDI 20)
- 1 SOLDI (QUATTRINI 5)
- 1 QUATTRINO (DENARI 4)
- 1 DENARO E UGUALE A
- 1 CANNA AGRIMENSORIA 0 PERTICHE DI B.5

METRI	DECIMETRI	CENTIMETRI	MILLIMETRI
0	5	8	4
0	0	2	9
0	0	1	0
0	0	0	2 ½
2	9	1	8

NUOVE

MISURE DI CAPACITÀ PER I LIQUIDI

- PER L'OLIO
- 1 BARILE DI FIASCHI 16 0 LIBBRE 88
 - 1 FIASCO (BOCCALI 2)
 - 1 BOCCALE (MEZZETTE 2)
 - 1 MEZZETTA (QUARTUCCI 2)
 - 1 QUARTUCCIO E UGUALE A

LITRI	DECILITRI	CENTILITRI	MILLILITRI
52	6	8	6
2	0	4	3
1	0	2	1
0	5	1	1
0	2	5	5

- PER IL VINO
- 1 BARILE (FIASCHI 20)
 - 1 FIASCO (BOCCALI 2)
 - 1 BOCCALE (MEZZETTE 2)
 - 1 MEZZETTA (QUARTUCCI 2)
 - 1 QUARTUCCIO E UGUALE A

LITRI	DECILITRI	CENTILITRI	MILLILITRI
45	5	8	4
2	2	7	9
1	1	4	0
0	5	7	0
0	2	8	5

MISURE DI CAPACITÀ PER I GRANI

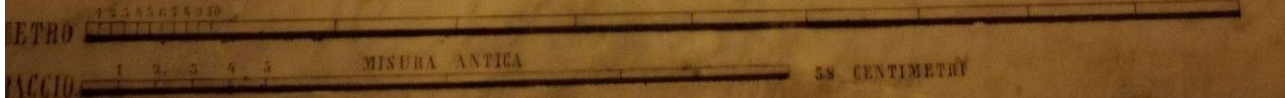
- 1 SACCO (STAJA 3)
- 1 STAJA (QUARTI 4)
- 1 QUARTO (MEZZETTE 8)
- 1 MEZZETTA (QUARTUCCI 2)
- 1 QUARTUCCIO E UGUALE A
- 1 MOGGIO SACCA 8

ETTOLITRI	DECALITRI	LITRI	DECILITRI	CENTILITRI
0	7	3	0	9
0	2	4	3	6
0	0	6	0	9
0	0	0	7	6
0	0	0	3	8
5	8	4	7	1

PESI

- 1 LIBBRA (ONCE 12)
- 1 ONCIA (DENARI 24)
- 1 DENARO (GRANI 24)
- 1 GRANO E UGUALE A
- 1 TONNELLATA (LIBBRE 2000)

CHILOGRAMMI	ETTOGRAMMI	DECAGRAMMI	GRAMMI	DECIGRAMMI	MILLEGRAMMI
0	3	3	9	5	4
0	0	2	8	3	0
0	0	0	1	1	8
0	0	0	0	0	5
679	0	8	4	0	0



Il Sistema Internazionale

- Se le unità di misura sono delle convenzioni:
 - Nei secoli, per misurare le stesse grandezze, si sono utilizzate unità di misura diverse
 - In luoghi diversi della terra, popoli diversi utilizzano unità di misure diverse per misurare grandezze diverse
- Tutto questo ha portato incomprensioni ed errori, soprattutto in campo scientifico
- Nel 1960 fu proposto, e nel 1978 fu adottato, il Sistema Internazionale delle Misure

Cos'è il S. I.?

- ◆ Esso individua 7 grandezze e le relative unità di misura che sono definite fondamentali
- ◆ Dalle 7 grandezze fondamentali vengono derivate tutte le altre
- ◆ Ognuna delle 7 unità di misura è definita in modo preciso ed univoco
 - Per esempio il metro: lunghezza del tragitto compiuto nel vuoto dalla luce in $1/299792458$ s

Il Sistema Internazionale

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

Paesi che non hanno adottato il SI (detto anche sistema metrico decimale)



Grandezze fondamentali e derivate

- Definizione:
 - È fondamentale quella grandezza che possiede una sua unità di misura definita in modo univoco
- Le grandezze fondamentali sono tali per convenzione, per scelta
- Definizione:
 - Sono derivate le grandezze ricavate, con relazioni dimensionali, dalle grandezze fondamentali

Misure di volume

- ◆ Il volume è una proprietà intrinseca della materia
- ◆ Nel SI si utilizza il m^3
- ◆ È una grandezza derivata
- ◆ Nella pratica di laboratorio si utilizza il litro (L) e i suoi sottomultipli (mL) per praticità

- ◆ Il m^3 è troppo grande come unità di misura in laboratorio
 - $1\text{m}^3 = 10^3 \text{ L}$
 - $1\text{m}^3 = 10^6 \text{ mL}$
 - $1 \text{ dm}^3 = 1\text{L}$
 - $1 \text{ cm}^3 = 1\text{mL}$

Multipli e sottomultipli

- ◆ Il S. I. si basa sul sistema metrico decimale
- ◆ Per evitare di usare numeri troppo grandi o troppo piccoli si possono utilizzare multipli e sottomultipli delle unità di misura, indicati con simboli
- ◆ Ciascun simbolo ha un significato preciso e rappresenta un fattore moltiplicativo
 - $\text{cm} - \text{c} \rightarrow \text{centi } \text{c} = 10^{-2}$ allora $\text{cm} = 10^{-2} \text{ m}$
 - $10 \text{ cm} \rightarrow 10 \times 10^{-2} \times \text{m} = 10^{-1} \text{ m}$
 - $10 \text{ km} \rightarrow 10^1 \times 10^3 \text{ m} = 10^4 \text{ m} = 10.000 \text{ m}$
 - $5 \text{ hL} \rightarrow 5 \times 10^2 \text{ L} = 500 \text{ L}$

Multipli

prefisso	simbolo	valore
deca-	da	10^1
etto-	h	10^2
kilo-	k	10^3
mega-	M	10^6
giga-	G	10^9
tera-	T	10^{12}

Sottomultipli

prefisso	simbolo	valore
deci-	d	10^{-1}
centi-	c	10^{-2}
milli-	m	10^{-3}
micro-	μ	10^{-6}
nano-	n	10^{-9}
pico-	p	10^{-12}

Esempi

- ◆ **milli**metro indica il millesimo di metro (10^{-3} metri)
- ◆ **giga**byte è un miliardo di byte (10^9 byte)
- ◆ **mega**Hertz è un milione di Hertz (10^6 Hertz)
- ◆ **micro**secondo è un milionesimo di secondo (10^{-6} secondi)
- ◆ **chilo**grammo corrisponde a mille grammi (10^3 grammi)

Ordine di grandezza

Ordine di grandezza = potenza di 10 più vicina al numero considerato

Serve per confrontare fra loro grandezze diverse e per avere un'idea "grossolana" del valore di quella grandezza

Esempi:

- 1) 72000m: ordine di grandezza = 10000 = 10^4
- 2) 0.12 g: ordine di grandezza = 0.1 = 10^{-1}
- 3) 201.5 Kg: ordine di grandezza = 10^2

Ordini di grandezza

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)

L'esponente del 10 varia da -15 a +25

Ordini di grandezza

Alcuni tempi

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

L'esponente del 10 varia da -18 a +17

Ordini di grandezza

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
- massa dell'elettrone	$9.1 \cdot 10^{-31}$ kg	miliardesimo di g)

L'esponente del 10 varia da -31 a +55

Analisi dimensionale

È l'operazione di verifica sui calcoli che si effettua sostituendo i dati numerici con le grandezze corrispondenti o con le unità di misura. Le dimensioni e le unità di misura devono essere omogenee

$$d = \frac{\text{massa}}{\text{volume}}$$

$$\text{massa} = \frac{\text{massa}}{\text{volume}} \cdot \text{volume}$$

Analisi dimensionale sulle grandezze

$$\text{massa}(kg) = 1,5 \frac{kg}{\text{litro}} \cdot 20m^3$$

$$\text{massa}(kg) = \frac{kg}{m^3} \cdot m^3$$

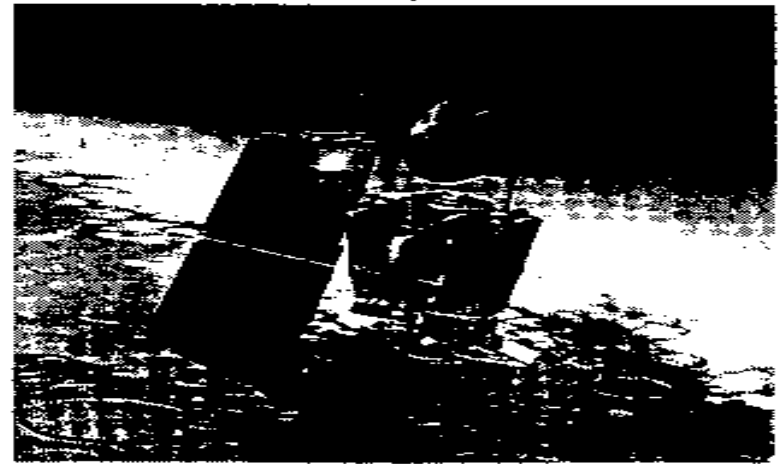
Non sono omogenee

corretto

Analisi dimensionale sulle unità di misura

Se si
sbagliano le
unita'
di misura...

Incredibile gaffe della Nasa Metri invece delle yard Così la sonda «Orbiter» si disintegrò su Marte



DISTRUTTA La sonda americana «Mars Climate Orbiter»

WASHINGTON — È stato un disguido, un banale errore nelle unità di misura la causa della perdita del «Mars Climate Orbiter», il satellite per la raccolta di dati sul clima di Marte disintegratosi sul pianeta rosso il 23 settembre scorso. Una fonte della Nasa ha affermato che due squadre di tecnici di Pasadena (California) non avevano unificato i sistemi di misura: una usava quello metrico, l'altra quello inglese. In sostanza: un gruppo di tecnici immetteva nei computer dati in metri, l'altro in yard (pari a 91,5 cm); uno utilizzava i grammi, l'altro le once (pari a circa 30 grammi). Questa babele ha causato quel «rilevante errore di navigazione» che ha portato l'Orbiter troppo vicino alla superficie di Marte, dove si è disintegrato. L'errore è stato compinto mentre la sonda, lanciata nel dicembre 1998, compiva le ultime manovre prima di entrare in orbita intorno al pianeta: è arrivata «troppo bassa», circa 60 chilometri contro i 180 previsti, ed è stata distrutta dal calore.

Misure ed Errori

Ogni misura di una grandezza fisica è affetta da una incertezza dovuta ad errori di diversa natura:

- a) intrinseci al tipo di misura, ad es. legati al campione usato (come una scala graduata). Questi possono essere ridotti migliorando la strumentazione o la tecnica.
- b) statistici: legati ad operazioni soggettive (ad es: uso del cronometro). Questi possono essere ridotti ripetendo più volte la misura...
- c) sistematici: legati ad errati strumenti (ad es. un campione sbagliato) o tecnica imperfetta.

L'incertezza e le cifre significative

Tutte le misure sono **affette da un certo grado di incertezza** la cui entità può dipendere sia dall'**operatore** che dallo **strumento utilizzato**.

Si definisce **incertezza assoluta** il **margin**e di incertezza associato ad una misura. Se ad esempio un oggetto viene **pesato con una bilancia sensibile al decimo di grammo** ottenendo una massa di **8,2 g**, il suo **peso reale** sarà **$(8,2 \pm 0,1)$ g** e quindi **compreso tra 8,1 g e 8,3 g**.

Nel caso lo stesso oggetto sia **pesato con una bilancia sensibile al decimo di mg**, con un risultato di **8,2506 g**, il **peso reale** sarà **$(8,2506 \pm 0,0001)$ g**.

Nei due esempi **l'incertezza assoluta** sarà **rispettivamente di 0,1 g e di 0,0001 g**.

L'incertezza e le cifre significative

Si definisce l'**incertezza relativa** come il rapporto:

$$\text{incertezza relativa} = \text{incertezza assoluta} / \text{valore della misura}$$

e quindi nel primo esempio si avrà:

$$\text{incertezza relativa} = 0,1 \text{ g} / 8,2 \text{ g} = 0,012$$

Qual è l'**incertezza relativa** nel secondo esempio?

$$\text{incertezza relativa} = 0,0001 \text{ g} / 8,2506 \text{ g} = 0,000012$$

L'**incertezza relativa percentuale** è semplicemente:

$$\text{Incertezza relativa percentuale} = 100 \times \text{incertezza relativa}$$

L'incertezza e le cifre significative

Quante sono le cifre significative negli esempi precedenti?

8,2 e 8,2506

Le **cifre significative** sono quelle **note** con **certezza** più la **prima il cui valore è incerto**, non tenendo conto della posizione della virgola.

La prima misura presenta **due cifre significative** e la **seconda cinque cifre significative** ed in entrambi i casi solo l'**ultima cifra è incerta** a meno di **una unità ($\pm 0,1$ g e $0,0001$ g)**.

Ogni misura reale/strumentale è soggetta ad un certo grado di **incertezza** la cui entità può dipendere sia dallo **strumento** adoperato che dall'**operatore**.

L'incertezza e le cifre significative

Se la massa di un oggetto, pesato con una bilancia sensibile al **decimo di grammo**, è di **4,5 g**, significa che il peso reale è compreso tra **4,4 g** e **4,6 g**; con **due cifre significative**. La massa è:

$$m = 4,5 \pm 0,1 \text{ g.}$$

Se lo stesso oggetto viene pesato con una bilancia analitica sensibile al **decimo di mg** ed il risultato è: **$m = 4,5276, \text{g}$** significa che il peso reale è compreso tra **4,5275 g** e **4,5277 g** con **5 cifre significative**.

Delle cifre che esprimono la massa solo l'ultima è incerta a meno di una unità, perciò: **$m = 4,5276 \pm 0,0001 \text{ g}$**

I valori **$\pm 0,1 \text{ g}$** e **$\pm 0,0001 \text{ g}$** esprimono quindi l'incertezza con la quale la misura è stata effettuata.

È necessario, quindi, **distinguere** tra cifre che hanno un **significato reale/fisico**, cioè **cifre significative**, e **quelle** che non sono note o **non sono significative** per **l'incertezza** nella misura.

Si possono avere le seguenti regole:

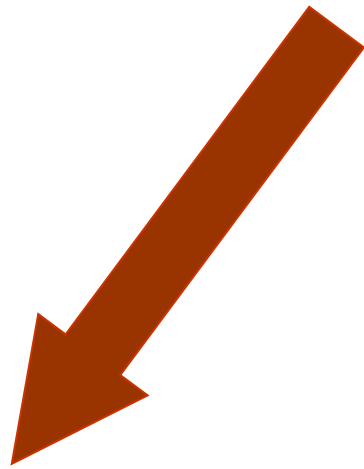
a) Le **cifre significative** di una misura sono tutte quelle i cui valori sono noti con certezza **più** la **prima** il cui valore è **incerto**. La posizione della virgola non ha importanza.

Quante **cifre significative** hanno **6,54** e **65,4**?

b) Gli **zeri** tra cifre non nulle sono significativi: **4007 Kg** ha **quattro cifre significative**; **2,06 cm** ne ha.....?.

c) Gli **zeri a sinistra** di una cifra significativa non sono significativi in quanto servono solo ad individuare **l'ordine di grandezza** del valore in esame; **0,08 Pa** ha **una cifra significativa** e **0,001 A** ha.....?.

Le grandezze fisiche si dividono in



SCALARI



VETTORIALI

Grandezze fisiche scalari

Individuate attraverso:

un numero

un errore (relativo o assoluto)

una unità di misura

Esempio: pressione arteriosa massima:

$$P = (132 \pm 4) \text{ mmHg}$$

Sono esempi di grandezze scalari:

La Pressione

La Temperatura

Il volume

La superficie

La lunghezza

...ma anche:

La Portata di un vaso sanguigno

L'Energia

Il «potere calorifico» di un alimento

La frequenza dei battiti cardiaci

La Massa di un corpo

Grandezze fisiche vettoriali

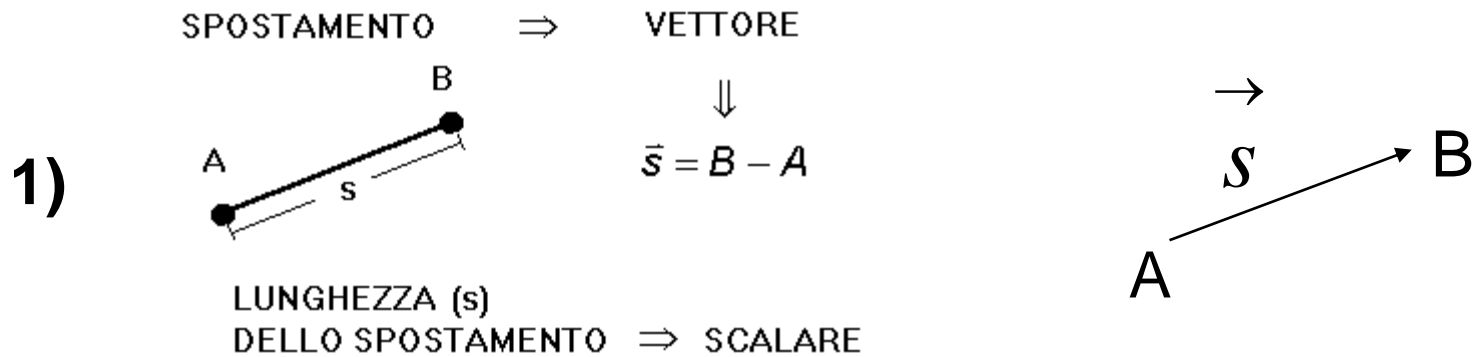
Individuate da un vettore, ovvero da:

un numero (modulo)

una direzione

un verso

Grandezze fisiche vettoriali



2) la velocità di un corpo è rappresentata da un vettore:

modulo: “a quanto vado”

direzione: “lungo quale direttrice vado” –es. : Roma-Firenze

verso: verso sud – Roma o verso nord - Firenze

Sono esempi di grandezze vettoriali:

La Velocità

L'Accelerazione

Il Campo Elettrico

Il Campo Magnetico

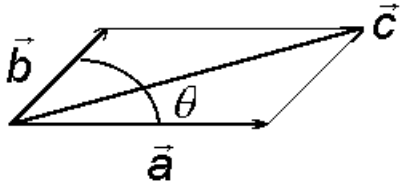
...ma anche:

Il Peso

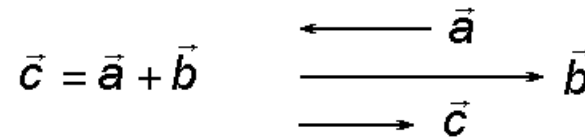
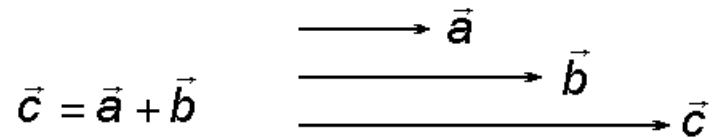
La Forza

Lo Spostamento

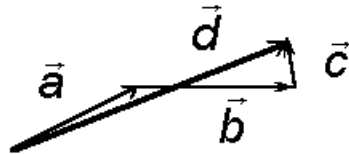
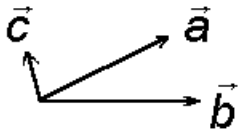
Somma di vettori



$$\vec{c} = \vec{a} + \vec{b}$$
$$c = \sqrt{a^2 + b^2 + 2ab \cos \theta}$$



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

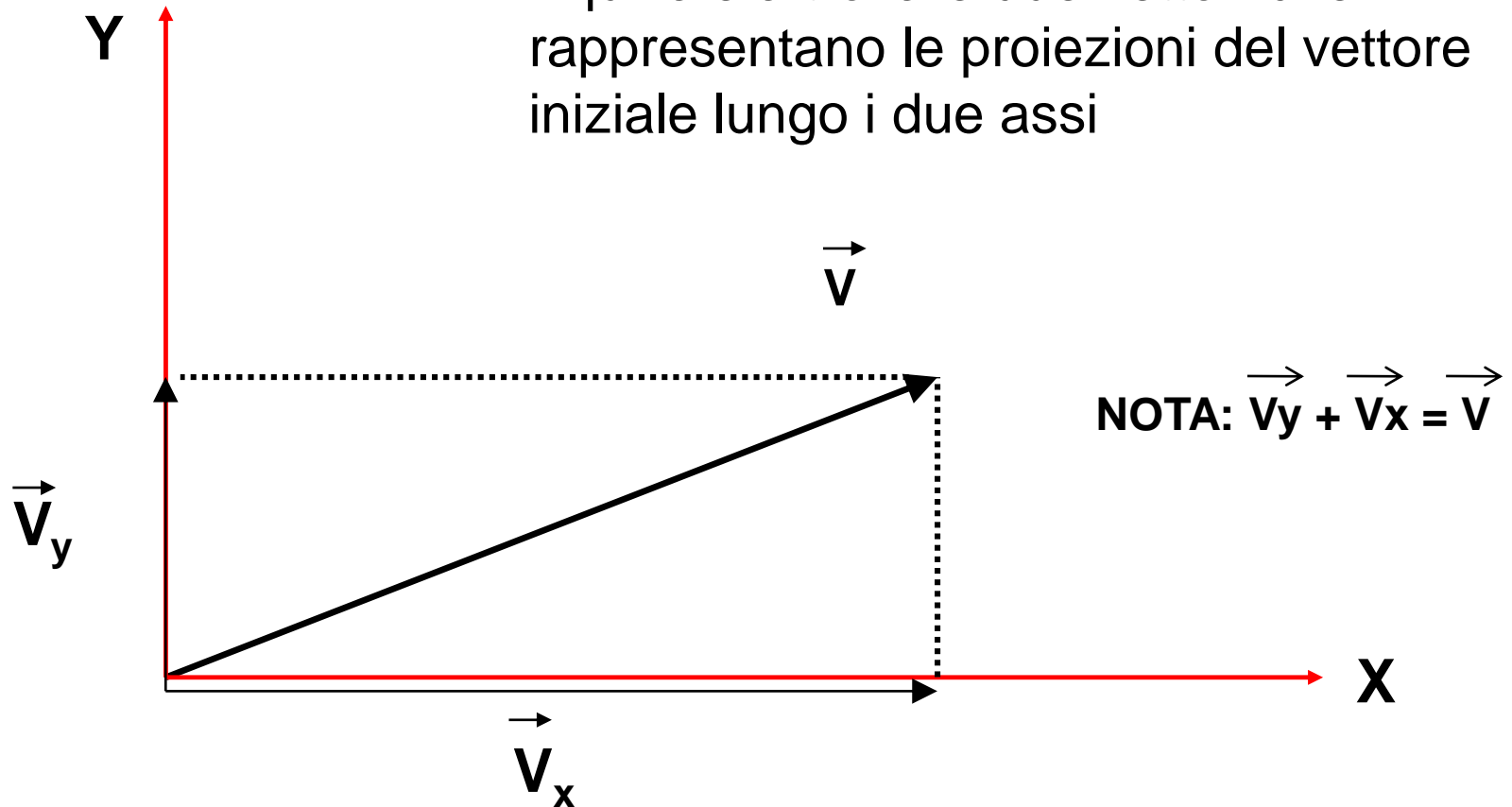


•Proprietà commutativa:
 $\vec{a} + \vec{b} = \vec{b} + \vec{a}$

Scomposizione di un vettore

(lungo una coppia di assi perpendicolari X e Y)

Equivale a trovare due vettori che rappresentano le proiezioni del vettore iniziale lungo i due assi




Prodotto di uno scalare per un vettore:

Dato un vettore \vec{a} moltiplicato per uno scalare m ($m\vec{a}$):


1) Modulo: se $\vec{b} = m\vec{a}$ allora $|\vec{b}| = m|\vec{a}|$

2) $\vec{b} = m\vec{a} \Rightarrow \vec{b}$ stessa direzione di \vec{a}

3) \vec{b}	stesso verso	$m > 0$
	verso opposto	$m < 0$

\vec{a} 

\vec{b}  $m = 2$

\vec{b}  $m = -2$