

• Metodo scientifico

il metodo scientifico comporta l'uso sistematico:

- del dubbio e dello scetticismo → intesi in senso costruttivo e non per spirito contraddizione o per polemica
- dei principi della logica
- della classificazione rigorosa delle osservazioni
- del riduzionismo
- dei principi galileiani

principi galileiani:

i fenomeni nell'universo fisico
si svolgono seguendo precise
regole

→ **“leggi fisiche”**

per descrivere le leggi di
natura si deve usare il
linguaggio matematico

il motivo e' che il linguaggio matematico:

- **e' dotato di coerenza interna**
- **e' quantitativo**
- **e' predittivo**

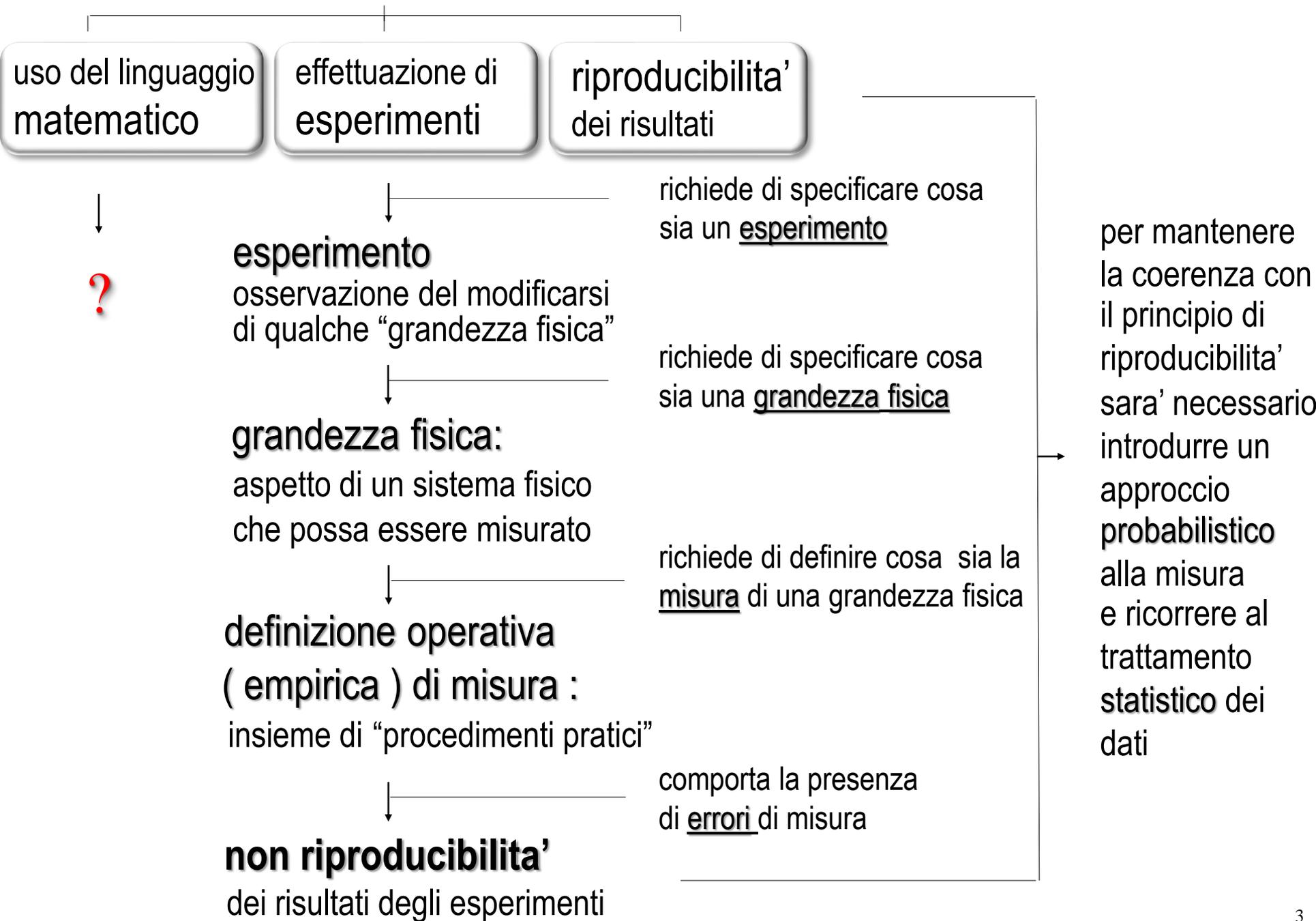
l'universo e le leggi fisiche
sono conoscibili
effettuando ***esperimenti***

→ ***esperimento*** → procedimento in cui
si misurano e si mettono in relazione
tra loro **grandezze fisiche**

i risultati degli esperimenti
devono essere ***riproducibili*** a
piacere

→ misurazioni di una grandezza fisica
effettuate nelle medesime condizioni
sperimentali devono fornire sempre
e ovunque lo stesso risultato

adozione del metodo scientifico



Esperimento

un esperimento e' l'osservazione del verificarsi di qualche "accadimento" che, a partire da determinate condizioni iniziali, porta ad un particolare "stato delle cose finali"

in termini pratici e' una successione controllata di azioni che porta alla variazione di una o piu' grandezze fisiche di un sistema, rispetto a determinate condizioni iniziali, solitamente di equilibrio, di quel sistema fisico

ma che cosa e' una "grandezza fisica" ?

Grandezza fisica

una grandezza fisica è un aspetto del sistema che si sta studiando che possa essere misurato

ad ogni grandezza fisica viene associata una proprietà fisica detta "***dimensione***"

la dimensione e' una ***misura non a valori numerici***, di una grandezza fisica

la ***misura*** di una certa grandezza fisica rappresenta la "***quantità***" di quella grandezza fisica (la quantita' di quella dimensione)

Grandezza fisica

dal : **"Vocabolario Internazionale di Metrologia"** (VIM) 3° edizione

<http://www.ceinorme.it/it/lavori-normativi-it/vim/vim-contenuti.html>

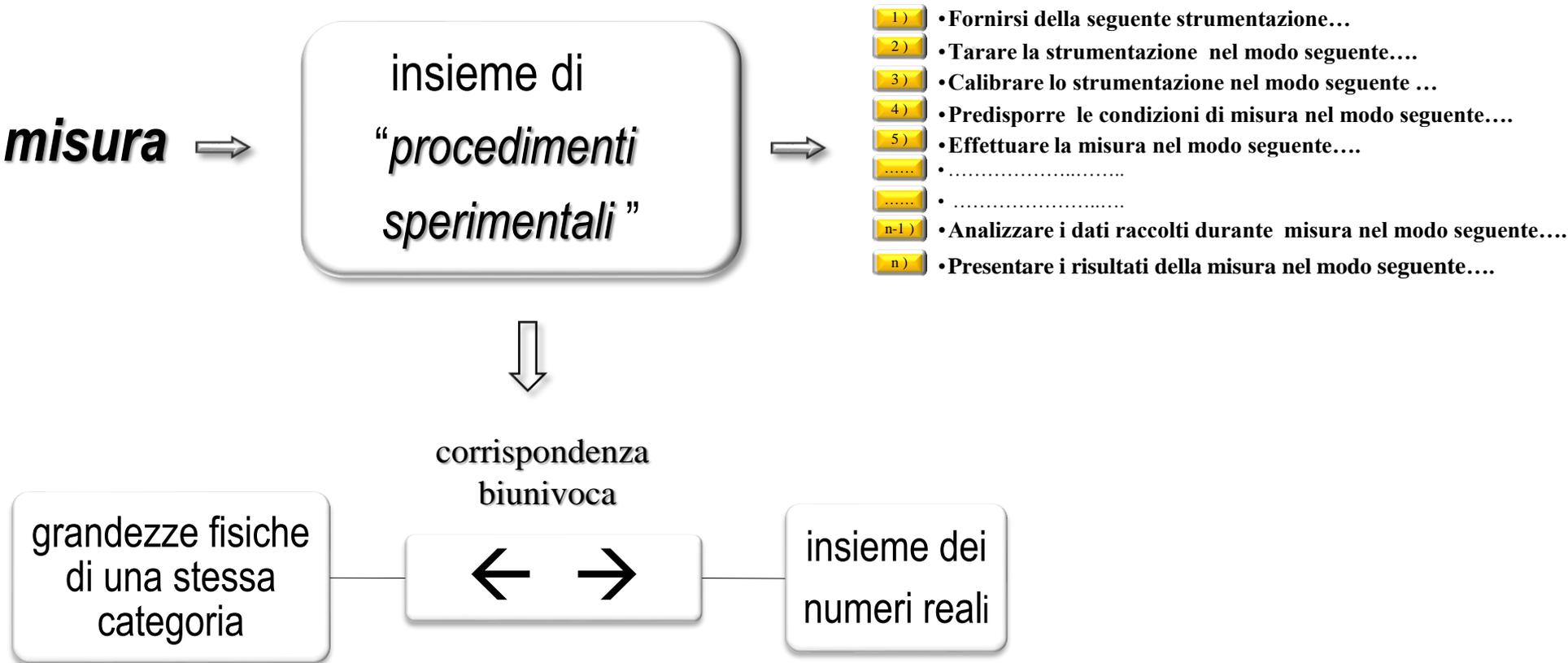
proprietà di un fenomeno, corpo o sostanza che può essere espressa quantitativamente mediante un numero e un "riferimento"

il **"riferimento"** puo' essere:

- un **unità di misura**, ⇒ **grandezza scalare reale, definita e adottata per convenzione, rispetto alla quale è possibile confrontare ogni altra grandezza della stessa specie al fine di esprimere il rapporto delle due grandezze come un numero**
- una **procedura di misura**, ⇒ **descrizione dettagliata di una misurazione eseguita in conformità a uno o più principi di misura e a un determinato metodo di misura, fondata su un modello di misura e comprendente tutti i calcoli necessari per ottenere un risultato di misura**
- un **materiale di riferimento** ⇒ **materiale sufficientemente omogeneo e stabile rispetto a proprietà specificate, che si è stabilito essere idoneo per l'utilizzo previsto**
- una loro combinazione

Definizione operativa (empirica) di misura :

la misurazione e' un insieme di "*procedimenti sperimentali*" con cui si stabilisce una "*corrispondenza biunivoca*" tra le grandezze fisiche di una stessa categoria e l'insieme dei numeri reali



la conseguenza di tutto cio' e' che :

ogni grandezza fisica e' definita dall'insieme delle
procedure sperimentali che occorre eseguire per misurarla

affinche' questa misurazione abbia un significato univoco
si deve stabilire quale sia l'unita' di misura di quella particolare
grandezza fisica



➤ **ad ogni grandezza fisica** (ad ogni dimensione)

deve essere associata una corrispondente ” **unità di misura** ”

N. B. si possono **confrontare**, sommare o sottrarre solo grandezze con la
stessa dimensione

Realizzazione di una "torta di mele"

definizione "assiomatica" di torta di mele

dal dizionario :

“ Torta : dolce di forma generalmente tonda, cotto al forno solitamente a base di farina, latte, uova, zucchero con aggiunta di ingredienti vari, *torta di mele, di zucca, di ricotta.*”

questa definizione “assiomatica” e' certamente sufficiente a identificare l'oggetto in generale, ma e' sufficiente per realizzare una torta di mele ?

definizione "operativa" di torta di mele

Ricettario di cucina:

Torta di mele

Ingredienti :

- 600 gm di mele golden, una confezione di yogurt bianco , 3 uova, 100 gm di zucchero di canna
100 gm di zucchero bianco, 75 gm di burro, 170 gm di farina, 50 gm di mandorle
una bustina di lievito in polvere, la scorza grattugiata di un limone, 30 gm di zucchero al velo

Preparazione :

- foderare una teglia da forno, di 26 cm di diametro, con carta di alluminio e imburrarla leggermente
- mescolare in una terrina farina, uova, yogurt, zucchero, burro, mandorle, scorza di limone e lievito fino ad ottenere un impasto omogeneo e disporre l'impasto nella teglia
- lavare, pelare e tagliare a fettine sottili le mele e inserirle nell'impasto
- inserire la torta in forno caldo a 180 gradi e cuocerla per circa 40 minuti
- togliere la torta dal forno, rigirla e togliere con delicatezza il foglio di alluminio.
- rigirla e guarnirla con lo zucchero al velo
- servire tiepida

e questo e' il risultato !!!



Misura di una torta di mele = confronto di una grandezza di interesse
 confronto della "torta di mele fatta in casa" con il "campione" di torte di mele
 ovvero: con l' "unita' di misura" delle torte di mele

torta di mele "fatta in casa"



torta di mele monoporzione
 assunta *arbitrariamente*
 come **unita' di misura** delle
 torte di mele



ad es. : misura del peso della torta fatta in casa

= peso della torta di mele fatta in casa / peso della torta di mele monoporzione

ad es. : misura della "pezzatura" della torta fatta in casa

= diametro della torta di mele fatta in casa / diametro della torta di mele monoporzione

Campioni – unita' di misura

in pratica la misura di una grandezza fisica si ottiene effettuando un confronto tra la grandezza in esame ed una grandezza della stessa specie, detta “ **campione** ”

il campione costituisce la “ **unita' di misura** ” della grandezza fisica in esame

per assunzione la misura del campione

– **e' priva di errore**

– **ha valore fisso** → di solito unitario, ma non e' obbligatorio !!!

in conclusione:

ogni grandezza fisica e' definita dalle procedure sperimentali che occorre eseguire per misurarla

nella pratica per fare una misura devono verificarsi
determinate coincidenze spaziali e/o temporali
e questo puo' realizzarsi solo con una *precisione limitata*
es. la misura di una lunghezza incognita con un metro campione

se ne conclude che

l'assumere che ogni grandezza fisica sia definita dalle *procedure sperimentali*
che occorre eseguire per misurarla ha come inevitabile conseguenza che



ogni risultato sperimentale e' affetto da un errore di misura



**le misure di precisione delle grandezze fisiche
non sono perfettamente riproducibili !!!**

il risultato di una **qualsiasi** misura sperimentale dovrebbe essere scritto come

$$(\mathbf{yyy} \pm \mathbf{\varepsilon}) \mathbf{u.m.}$$

dove yyy e' il risultato della misura

ε e' l'errore di misura

e $u.m.$ e' l'unita' di misura

Nota bene: occorrebbe specificare anche il “ *livello di confidenza* “ che si ha nella misura

in conclusione :

- il risultato di una qualsiasi misura - *non - e' semplicemente un numero* e dovrebbe sempre essere riportato come

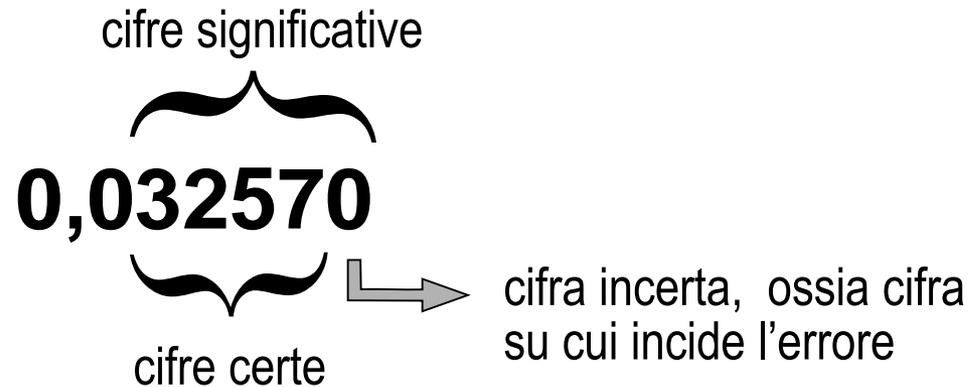
$$(\mathbf{yyy} \pm \mathbf{\varepsilon}) \mathbf{u.m.} \quad \text{al } \mathbf{xx} \% \text{ di “ livello di confidenza “}$$

se come risultato di una misura sperimentale viene riportato solo un numero, senza specificare esplicitamente nessun errore di misura, questo significa che è stata adottata la notazione delle **cifre significative** per presentare l'esito della misura

le cifre significative sono quelle che si possono contare muovendosi da ***sinistra*** verso destra e partendo dalla prima cifra non nulla indipendentemente dalla posizione della virgola

es.	32570	ha	5 cifre significative
	0,32570	ha	5 cifre significative
	0,0032570	ha	5 cifre significative

quindi affermare che 0,032570 metri e' il risultato di una misura sperimentale di lunghezza in realta' sottintende che :



dunque il risultato della misura di lunghezza e' da interpretarsi come :

$$\left(\mathbf{0,032570} \pm \mathbf{0,00000x} \right) \mathbf{m}$$

↳ risultato della misura
↳ errore di misura
x = 1, 2, ..., 9
↳ unita' di misura

- l'errore si esprime con una sola cifra significativa
- se non e' specificato altrimenti si sottintende che il risultato sia significativo al 68 % di livello di confidenza :

Notazione scientifica

e' conveniente usare le potenze del 10 :

$$3000000 \text{ s} = 3 \cdot 10^6 \text{ s}$$

$$0.0005 \text{ m} = 5 \cdot 10^{-4} \text{ m}$$

attenzione: **si possono direttamente sommare o sottrarre solo numeri che abbiano lo stesso ordine di grandezza !!!**

$$\text{ad es. } 1.28 \cdot 10^{-3} - 1.03 \cdot 10^{-4} = 12.8 \cdot 10^{-4} - 1.03 \cdot 10^{-4} = 11.77 \cdot 10^{-4} = 1.177 \cdot 10^{-3}$$

Errore assoluto ed errore relativo

l' " **errore assoluto** " e' l' errore sulla misurazione

l' "**errore relativo**" e' il rapporto tra l'errore assoluto e il risultato della misura

l'errore relativo → da' un' indicazione della *precisione* della misura

→ e' una grandezza adimensionale

→ si esprime in percentuale

ad es. il numero di Avogadro, con la precisione oggi misurabile (*)

e' pari a $6.0221413 \cdot 10^{23} \pm 0.0000003 \cdot 10^{23}$

ossia $6.0220413 \cdot 10^{23} \pm 3 \cdot 10^{16}$

l'errore assoluto, $3 \cdot 10^{16}$, e' numericamente un numero enorme:

ma l'errore relativo e' : $\frac{3 \cdot 10^{16}}{6.0221413 \cdot 10^{23}} = 5 \cdot 10^{-8} \Rightarrow$ **50 parti per miliardo !**

(*) secondo http://www.lescienze.it/news/2015/07/16/news/costante_avogadro Ridefinizione chilogrammo-2691465/

$N_A = 6,02214082 \times 10^{23}$ con errore relativo di **20 parti per miliardo**

Backup Slides