

# Lez 2 30/09/15

- Fisica Sperimentale e Applicazioni Didattiche

# Il metodo scientifico

Science is a horrible history of beatiful theories murdered by ugly facts

## L'elemento centrale del metodo e' rappresentato dall'esperimento.

A questo si arriva partendo dall'osservazione di un dato fenomeno naturale e dalla successiva elaborazione di quanto osservato.

Questa elaborazione puo' consistere o in un tentativo di classificazione o nel tentativo di individuare i parametri che hanno un ruolo importante nel fenomeno stesso.

A titolo esemplificativo consideriamo la caduta dei gravi. Si inizia osservando che qualunque corpo non appoggiato a superfici vincolate alla terra cade. Successivamente si cerca di capire quali siano i parametri rilevanti effettuando varie prove con corpi ed altezze di caduta diversi. Si vede che i tempi di caduta possono dipendere da vari fattori, quali la forma del corpo, la sua massa, ecc.

# Il metodo scientifico

Il passo successivo e' quello di pensare ad uno o piu' esperimenti che ci permettano di isolare il comportamento del fenomeno rispetto a certe variabili piuttosto che ad altre.

Nella caduta dei gravi, il far cadere un foglio di carta, oppure lo stesso foglio accartocciato, mostra che la presenza dell'aria e' un fattore dal quale dipende il tempo di caduta.

Si progetta allora un esperimento in cui corpi di forma e massa diverse cadono all'interno di un tubo a vuoto o in cui l'effetto dell'aria puo' essere trascurato.

Questo ci permette di formulare una conseguenza teorica: tutti i gravi, nello stesso punto della terra e nel vuoto, cadono con la stessa accelerazione. Abbiamo cosi dato una interpretazione teorica, o abbiamo formulato un modello della caduta dei gravi in certe condizioni.

Un passo ulteriore e' nella ricerca di una teoria (o modello) piu' generale, cioe' che oltre a spiegare la caduta dei gravi, spieghi anche altri fenomeni. Nel caso in esame, una teoria piu' generale e' la teoria della gravitazione universale di Newton, della quale la caduta dei gravi e' un caso particolare.

E' importante sottolineare che non sempre viene seguita la strada sopra delineata. In alcuni casi puo' accadere (ed e' in effetti accaduto) che venga enunciata una teoria la cui elaborazione dia luogo a delle conseguenze che possono essere comparate con un esperimento disegnato esattamente per questo scopo.

# Il metodo scientifico

Occorre anche comprendere quella che puo' sembrare una limitazione del metodo scientifico, ma che e' invece la sua grande forza. Il confronto tra osservazione e teorie avviene solo attraverso loro elaborazioni piu' o meno sofisticate che finiscono in un esperimento da un lato e certe conseguenze della teoria dall'altro, **che agiscono dunque come un filtro**. Questo fatto fa sì che una teoria fisica non possa mai essere considerata di validita' universale. Infatti esiste sempre la possibilita' che un nuovo esperimento non sia in accordo con le predizioni della teoria considerata.

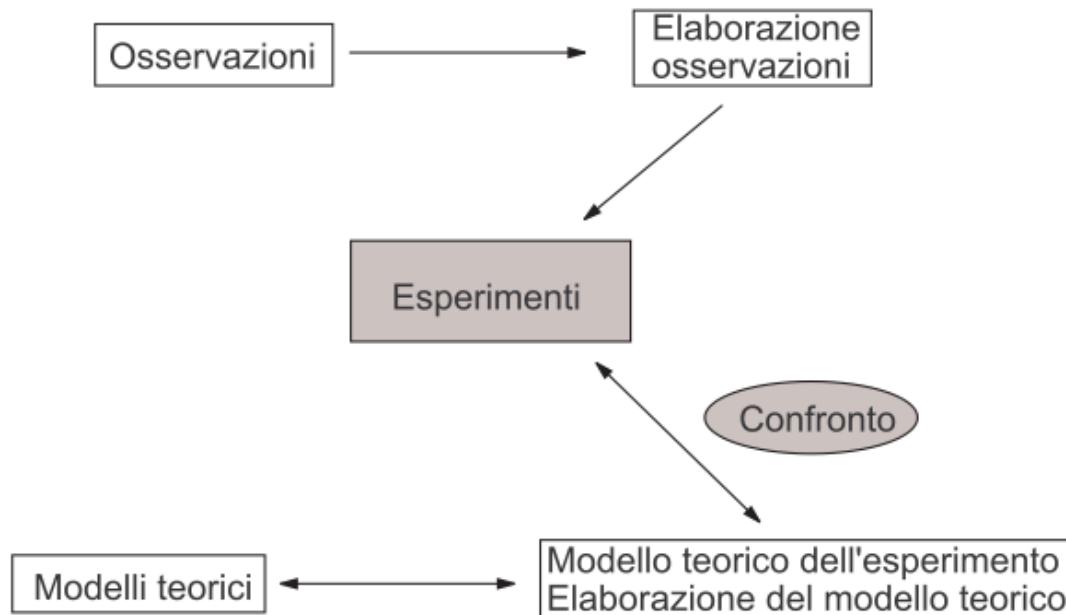


Figura 1.1: Il diagramma illustra il metodo sperimentale e le connessioni tra le attività osservazionali, sperimentali e teoriche.

# Il metodo scientifico

Ma questa 'e proprio la grande forza e vitalita' di questo metodo che contiene in se stesso la possibilita' di riparare ai difetti di una teoria, di accrescerla ed eventualmente creare una teoria piu' completa.

I progressi della fisica e delle altre scienze sperimentalistiche sono proprio dovuti alla continua evoluzione degli esperimenti e la corrispondente espansione del campo delle teorie. Un ulteriore punto di grande importanza e' che le nuove teorie, dovendo spiegare sia i nuovi esperimenti che quelli gi`a spiegati dalle vecchie teorie, sono vincolate a contenere al proprio interno le vecchie teorie stesse (p. es. la teoria della relativita' ristretta "contiene" la meccanica di Newton).

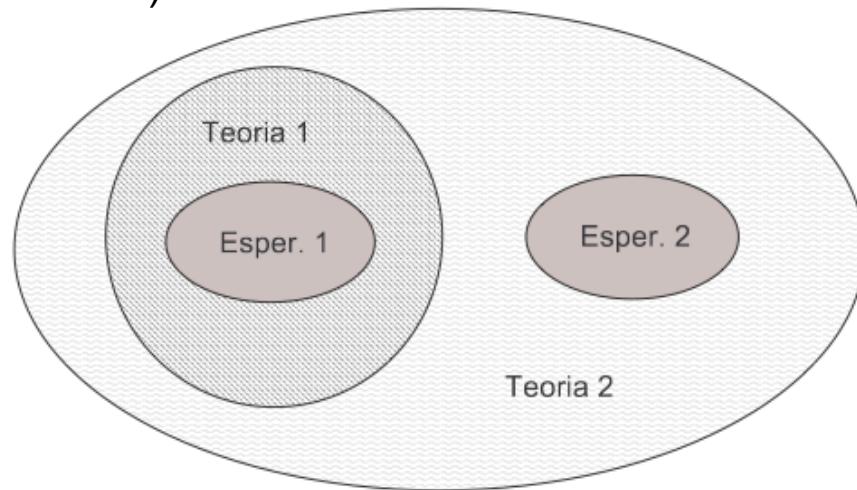


Figura 1.2: *Relazione tra teorie ed esperimenti. La teoria 1 spiega l'insieme degli esperimenti 1 ma non spiega gli esperimenti 2. La teoria 2 spiega entrambi gli insiemi di esperimenti e contiene quindi al suo interno anche la teoria 1.*

# IL METODO SCIENTIFICO

MODIFICA DEL MODELLO

SCHEMATIZZAZIONE : il fenomeno da studiare viene schematizzato con un MODELLO (semplice)



MISURA : associa un numero, con una data unità di misura, ad ogni variabile dello schema.



OSSERVAZIONE sperimentale di correlazioni quantitative tra le grandezze misurate.



RISULTATI  $\xrightarrow{\text{induco}}$  LEGGE FISICA

LEGGE FISICA  $\xrightarrow{\text{deduco}}$  PREVISIONI



= VERIFICA Sperimentale delle previsioni



NON OK

Distinzione fra cause dominanti e secondarie:

Trattando solo le cause dominanti si puo' sostituire al sistema fisico un "modello", che perciò rappresenta la schematizzazione del fenomeno in esame → il "modello" è un'idealizzazione matematica, eg. Il punto materiale

Il metodo scientifico si basa sulle osservazioni sperimentali che, associate all'intuizione, servono a riconoscere gli elementi fondamentali e caratteristici di un fenomeno e a formulare ipotesi sulla sua natura.

Il metodo scientifico consiste nel continuo alternarsi di osservazioni sperimentali e speculazioni teoriche.

La verità scientifica non è mai assoluta, ma solo la migliore disponibile per la descrizione del fenomeno



Che cos'è la *Fisica*?

## Il metodo sperimentale: ...c'era una volta..



Galileo Galilei (1564 – 1642), osservando i corpi che cadono, si convince che tutti corpi, indipendentemente dal loro peso, cadono con la stessa velocità, e che tale velocità cresce in modo uniforme durante il tempo di caduta.....



Decide perciò di dimostrare la validità della sua idea (ipotesi) portando come prova risultati di esperimenti.

Ma la caduta di un corpo si dimostra troppo rapida per essere **misurata** durante un esperimento.....

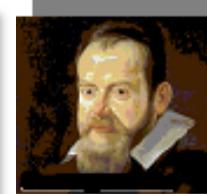
Così, Galileo, deve cercare un modo per **semplificare il problema**.....



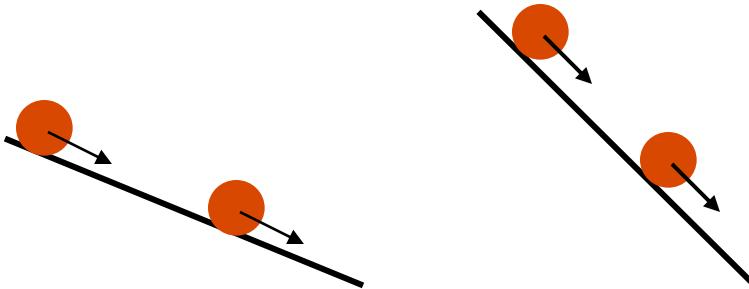
Che cos'è la *Fisica*?

## Il metodo sperimentale: un esempio

Inventa, per questo, un esperimento più semplice: *la “caduta” di un corpo lungo un piano inclinato....*



In fondo - pensa Galileo - un “**piano verticale**” non è altro che un “**piano molto inclinato**” ed il comportamento di un corpo che scende lungo un piano inclinato deve osservare le stesse regole di un corpo che cade verticalmente.....



Causa dominante: forza di gravità'

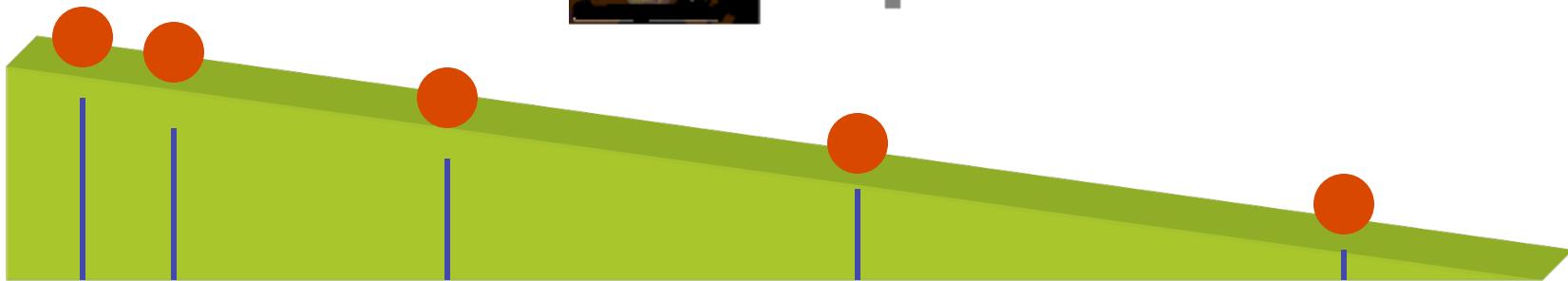


Cause secondarie: attriti, rotolamento



Che cos'è la *Fisica*?

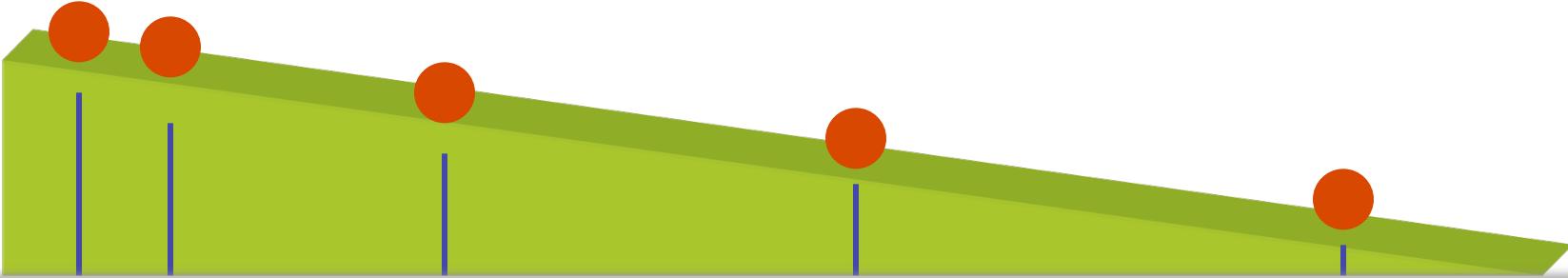
## Il metodo sperimentale: ... c'era una volta...



Con l'aiuto di un *orologio ad acqua*, appositamente costruito per questo esperimento, Galileo dimostra, attraverso **misure** di spazio e di tempo, che lo **spazio** percorso dalla sfera lungo il piano inclinato, cresce in **modo direttamente proporzionale** al quadrato del **tempo** impiegato a scendere.

Galileo compie questi esperimenti utilizzando **piani con diverse inclinazioni**, e tutte le volte ottiene **misure che confermano la sua ipotesi**.

## Il metodo sperimentale: ... c'era una volta...



### Misurare il tempo senza orologi

I risultati dell'esperimento con il piano inclinato sono eccezionali nonostante la semplicità dell'apparato sperimentale. Bisogna sottolineare il fatto che all'epoca di Galileo non esistevano orologi né cronometri e che i metodi disponibili non avevano la precisione necessaria a calcolare il tempo di caduta della sfera.

Per risolvere questo problema, Galileo progetta e realizza un orologio ad acqua, che presenta in questo modo nei suoi Discorsi e dimostrazioni matematiche intorno a due nuove scienze: "Quanto poi alla misura del tempo, si teneva una gran secchia piena d'acqua, attaccata in alto, la quale per un sottil cannellino, saldatogli nel fondo, versava un sottil filo d'acqua, che s'andava ricevendo con un piccol bicchiero per tutto 'l tempo che la palla scendeva nel canale e nelle sue parti: le particelle poi dell'acqua, in tal guisa raccolte, s'andavano di volta in volta con esattissima bilancia pesando, dandoci le differenze e proporzioni de i pesi loro le differenze e proporzioni de i tempi; e questo con tal giustezza, che, come ho detto, tali operazioni, molte e molte volte replicate, già mai non differivano d'un notabil momento".

Con questo strumento Galileo riesce a rivelare che lo spazio percorso dalla sfera di metallo non è proporzionale al tempo impiegato a percorrerlo, come avrebbe detto Aristotele, ma al quadrato del tempo. Gli strumenti di misura di Galileo ricostruiti fedelmente ai giorni nostri hanno mostrato che Galileo aveva potuto ottenere l'accuratezza che dichiara.

Poiché Galileo capisce che lo stesso tipo di moto caratterizza la sfera sul piano inclinato e in caduta libera, con il suo strumento riesce a "vedere a rallentatore" il moto accelerato, studiandolo in una situazione in cui l'accelerazione è inferiore a quella di gravità.



Che cos'è la *Fisica*?

**Il metodo sperimentale: ...c'era una volta...**

**Galileo dimostra così, che le leggi fisiche possono essere formulate in modo matematico e comprovate sperimentalmente**

**La natura parla il linguaggio della matematica!**

Le relazioni quantitative tra le variabili che descrivono il modello, **indotte sperimentalmente**, possono essere espresse da relazioni tra numeri

# Osservazioni soggettive e oggettive

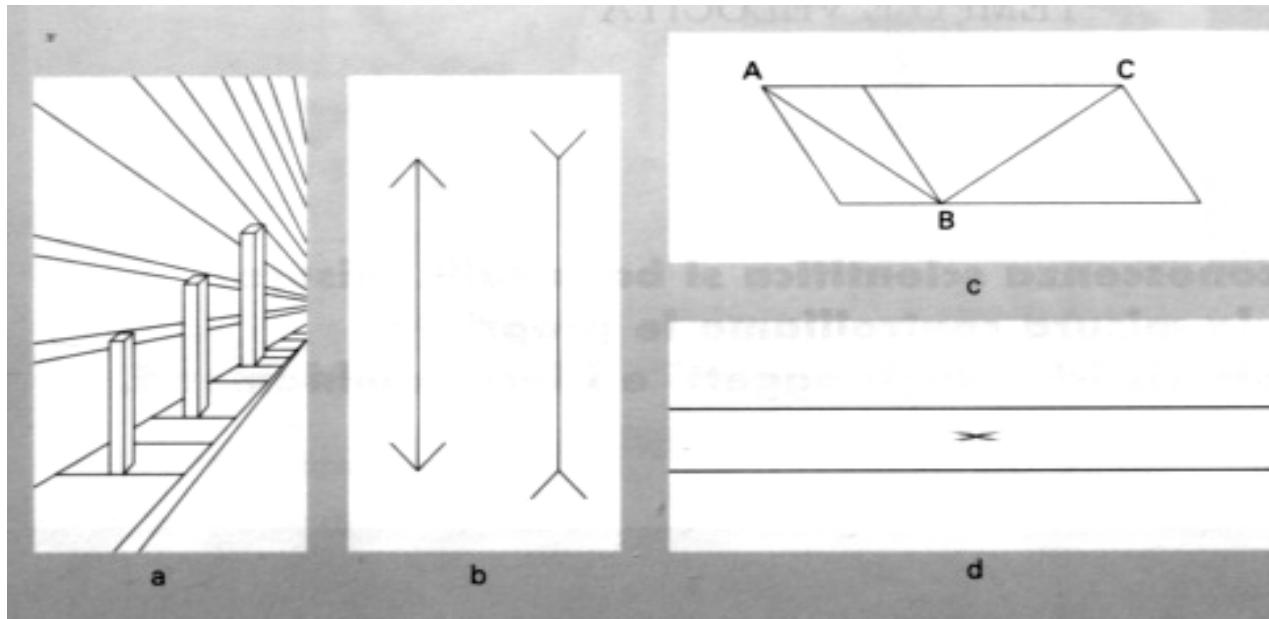
Le osservazioni sono sempre compiute dai nostri **sensi**, che costituiscono il mezzo con cui l'uomo ha **relazione** con il mondo esterno.

A volte, si tratta di osservazioni in cui i sensi rivelano direttamente qualche elemento che interviene nel processo, p.es. l'intensita' di un suono; in tal caso si tratta di valutazioni legate al singolo osservatore – **osservazioni soggettive**- che possono risentire del suo stato generale, fisico e psichico o delle condizioni ambientali e che quindi non sono corrette per dare una descrizione del fenomeno valida per tutti gli osservatori.

Per ovviare a tali inconvenienti ed estendere il campo di osservazione direttamente accessibile ai nostri sensi, di solito si usano strumenti che sono stati sviluppati in modo da essere sensibili all'elemento in esame, traducendone le caratteristiche mediante una risposta accessibile ai nostri sensi in maniera semplice, p.e s. mediante la posizione di indici su scale graduate –**osservazioni oggettive**

## L' affidabilità dei nostri sensi:1

I nostri sensi ci forniscono informazioni soggettive della realtà. Ad esempio la sensazione di caldo e di freddo dipende dalla sensibilità delle persone e dall' ambiente in cui ritrovano.



- a) le altezze dei parallelepipedi sono uguali
- b) i due segmenti sono uguali
- c)  $AB = BC$
- d) le rette sono parallele. In questi casi, la vista è stata sviata dall' abitudine a vedere in prospettiva .



## L' affidabilità dei nostri sensi:2

### Come funzioniamo?



## L' affidabilità dei nostri sensi:3

**Cosa rappresenta questa immagine?**



Alcune persone in questa immagine vedono un uccello, altre un' antilope.

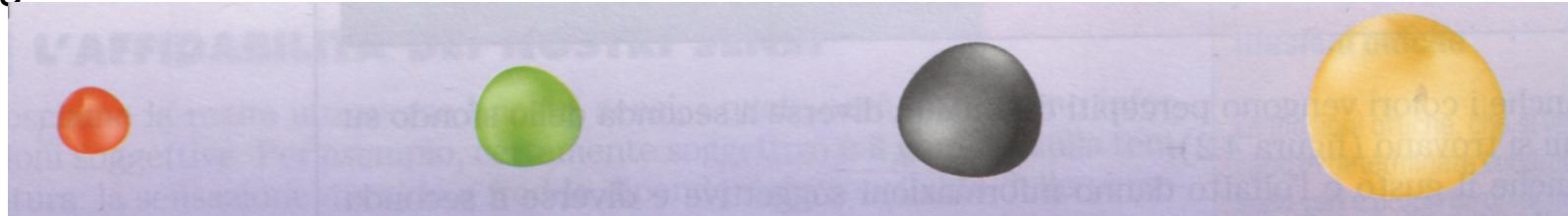
In generale, possiamo dire che l' interpretazione che diamo di un fenomeno condiziona il nostro modo di vederlo.

## Introduzione alla misura: misurare con i nostri sensi

Per poter confrontare i risultati delle nostre esperienze non possiamo limitarci alle informazioni che ci danno **i nostri sensi**, ma dobbiamo usare **strumenti** che permettano di acquisire dati controllabili e il più possibile svincolati dall'esperienza soggettiva.

### Per esempio:

Supponiamo di dover effettuare **la misura diretta** del volume di questi oggetti.



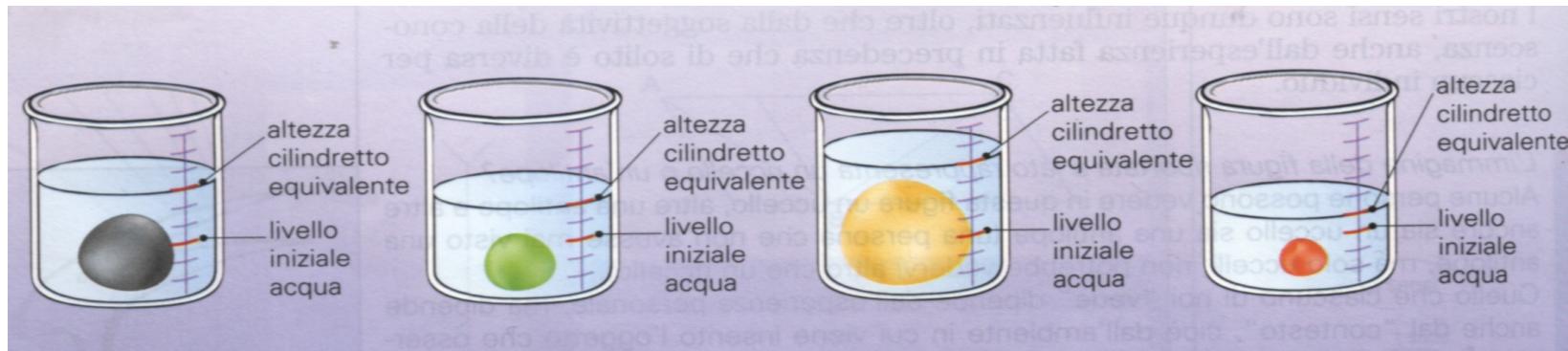
Un metodo semplice e' quello di mettere **in ordine crescente** gli oggetti, dopo averli confrontati a due a due. In questo modo però non abbiamo una misura. Attraverso i nostri sensi siamo riusciti solo a dare un ordine ai volumi.

Inoltre questo e' possibile solo se gli oggetti hanno forma molto simile.

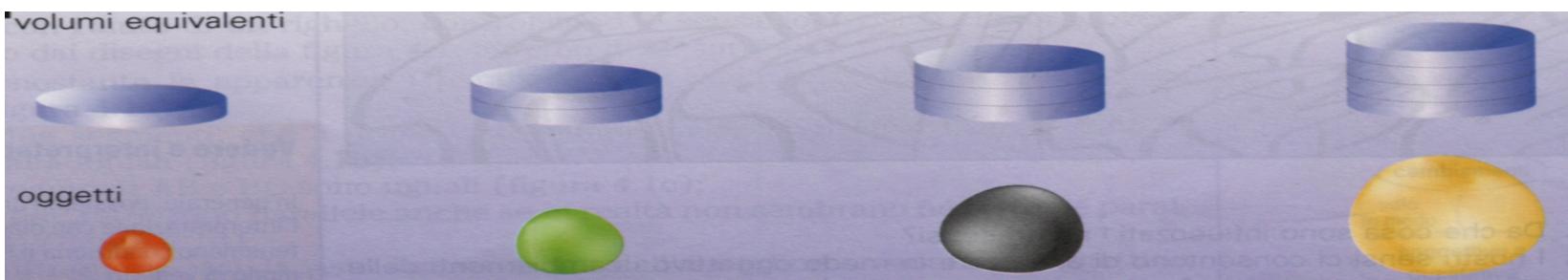
## Introduzione alla misura: misurare con strumenti

### Un metodo preciso:

Immergendo gli oggetti, in cilindri aventi la stessa base, si valuta l'innalzamento del livello del liquido.



La differenza fra livello finale e iniziale di ciascun vaso, ci da' il **volumen** dei corpi.



Il volume dell' oggetto più piccolo può essere preso come **CAMPIONE DI MISURA**

# Grandezze fisiche

Una grandezza fisica e' "qualcosa" che si ritiene, in base agli esperimenti e all'intuizione, sia adatta a descrivere un fenomeno

Nello studio dei vari fenomeni, si incontrano un gran numero di **enti** che intervengono nei fenomeni stessi. E' possibile dividere tali enti in **classi** in modo che tutti gli elementi di una classe possiedano alcuni specifici elementi in comune e che ricorrono continuamente nelle piu' comuni esperienze quotidiane, come quelli relativi a forma e dimensione dei corpi, loro peso, caldi o freddi, colore e luminosita', velocita' e accelerazione, forza che sviluppano, suono che emettono, etc., etc.

Si dice che una classe di enti individua una **grandezza fisica** quando per tutti gli elementi della classe:

- sia possibile definire, senza possibilita' di equivoci, la validita' dei **principi di uguaglianza e somma** (e sottrazione)
- sia fissata una **unita' di misura**

# Definizione operativa delle grandezze fisiche

- Una grandezza fisica si ritiene definita quando e' stato specificato il modo in cui essa puo' essere misurata
- La misura della grandezza fisica deve essere **riproducibile**
- **Misura diretta:** mediante confronto tra grandezze omogenee
- Definizione operativa:
  - A) Criterio di confronto → concetto di uguaglianza
  - B) criterio di somma
  - C) unita' di misura
  - D) risultato
- **Misura indiretta:** tramite l'applicazione di leggi fisiche

# Misura di grandezze fisiche

Per esempio quando parliamo di lunghezza di un corpo, ci viene subito spontaneo fare il confronto qualitativo tra la sua lunghezza e quella di altri corpi e poi cercare di quantificare tale confronto, cioe' specificare quante volte il corpo in oggetto e' piu' lungo o piu' corto di quello con cui si e' confrontato.

Precisamente si dice **misura di una grandezza fisica** il rapporto tra quella grandezza ed un'altra, ad essa omogenea, scelta come unita'.

Il confronto porta alla **determinazione di un numero**, che costituisce appunto la **valutazione quantitativa** della grandezza.

Per esempio, nel caso semplice della lunghezza, dire che un filo e' lungo 3 metri vuol dire che quel filo contiene 3 volte un filo la cui lunghezza si assume come unitaria, cioe' 1 metro

# Misura di grandezze fisiche

Perche' grandezze diverse hanno unita' di misura diverse?

L'unita' di misura e' fissata dalle modalita' operative con cui la grandezza viene misurata: p es la misura di una lunghezza e' fatta operativamente in modo diverso da quella di un tempo.

Non posso usare il filo campione per misurare quanto dura questa lezione, cosi' come non posso usare il mio orologio per misurare quanto grande e' l'aula in cui siamo.

Sebbene arbitrarie, le unita' di misura permettono il confronto coerente e oggettivo tra le misure, relative allo stesso fenomeno, effettuate da sperimentatori diversi

# Grandezze fisiche

Le grandezze fisiche NON sono enti materiali, esprimono idee e concetti che noi riteniamo utili ed economici nella descrizione di un fenomeno sulla base di esperimenti e osservazioni.

Non e' affatto ovvio quali siano le grandezze fisiche "giuste" per descrivere un fenomeno.

## che cosa: costruire i concetti

- il **concetto** relativo a una *grandezza fisica* è un “oggetto del pensiero” → LE GRANDEZZE FISICHE SONO IMMATERIALI
- viene “costruito” perché utile ed economico per descrivere in modo sintetico
  - ⇒ una proprietà importante di oggetti o di fenomeni
  - ⇒ una relazione *significativa* fra grandezze fisiche
- la costruzione stabile di un concetto astratto passa attraverso oggetti concreti
  - ⇒ vedere con gli occhi per vedere con la mente
- ci sono diversi livelli di astrazione per arrivare al concetto

## livello base:

- la grandezza fisica descrive una proprietà di oggetti o fenomeni direttamente accessibile attraverso i sensi: esempio il **volume**  
⇒ esistono oggetti “piccoli” e oggetti “grossi”, dal **confronto** fra queste caratteristiche si arriva al concetto astratto di volume  
⇒ dal confronto si passa all’**ordinamento** (dal più piccolo al più grande) e poi alla **misura** con i suoi tre passaggi:
  - . definire l’unità di misura
  - . riportare l’unità di misura sul volume da misurare
  - . esprimere la misura come
    - numero*
    - incertezza* (intervallo di validità del numero)
    - unità di misura*