

Lez 1 26/9/17

Fisica Sperimentale e Applicazioni
Didattiche

Durata e struttura

- Due corsi:
 - 48 ore di lezioni frontali (prof. E. Fiandrini)
 - 16 ore di attivita' di laboratorio (prof. L. Fano'): 4 lezioni da 4 ore ciascuna in cui verranno svolte esperienze di laboratorio a gruppi 6-8 studenti su meccanica, termodinamica, elettricità e magnetismo
 - **NB: 1 esame per il corso di Fis. Sper. e 1 esame per il corso di laboratorio.**

Orario delle lezioni

- Martedì 9-12 aula C
- Mercoledì 9-12 aula C

Materiale del corso

- Le copie delle lezioni sono scaricabili da:
- http://www.fisgeo.unipg.it/~fiandrini/didattica_fisica/did_fis1718/ dal giorno dopo (o due gg.) la lezione
- NB: questo indirizzo verrà usato anche per comunicazioni relative al corso (p.es. modifiche di orario, lezioni, date di esame straordinari, etc.)
- Testo consigliato: Fondamenti di Fisica, Halliday Resnick, Vol. Unico
- Ma va bene anche qualunque altro testo di fisica, anche di liceo scientifico.

Ricevimento

- Sono sempre disponibile per ricevimento, su appuntamento.
- Vi pregherei di comunicare via e-mail, non per telefono.

□ E-mail: emanuele.fiandrini@pg.infn.it

Modalita' di esame

- L'esame e' **SCRITTO**
- **Fis. Sper. E App. Did.:**
- Consiste in 15 domande a risposta multipla sugli argomenti **svolti** del programma e di una unita' didattica su un argomento a piacere fra quelli svolti di non piu' di tre facciate
- **Laboratorio:** preparazione, svolgimento, relazione scritta per ciascun gruppo e per ciascuna esperienza. Il voto e' dato in base alla relazione scritta (e al lavoro svolto durante il laboratorio)

Esempio di esame

29 Aprile 2013 (AA 2012/13) Nome Cognome Matricola.....

Esame di Didattica della Fisica per Scienze della Formazione Primaria.

Docente: Dr. E. Fiandrini

Rispondere correttamente alle seguenti domande (risposta esatta: 1.5 punti, risposta sbagliata: -0.5 punti, senza risposta 0 punti).

1. In un diagramma *velocità-tempo* un moto uniformemente accelerato è sempre rappresentato da:

- A Una retta.
- B Una parabola.
- C Una retta passante per l'origine.
- D Una retta orizzontale.

2. Nel Sistema Internazionale, la forza si misura in:

- A Kilogrammi-forza.
- B Dyne.
- C Newton.
- D Watt.

3. Una forza puo' essere definita come:

- A la spinta che permette di spostare un oggetto.
- B qualsiasi causa che mette in movimento un corpo fermo.
- C qualsiasi causa in grado di modificare la velocità di un movimento.
- D la spinta che permette di tenere fermo un oggetto.

4. Quando si descrive un moto, la posizione "zero" da cui far partire la misura delle distanze:

- A deve sempre coincidere con la posizione da cui il punto materiale inizia a spostarsi.
- B deve sempre coincidere con la posizione in cui il punto materiale si trova all'istante $t=0$.
- C dipende dal tipo di moto (uniforme, accelerato o vario).
- D può essere scelta in modo arbitrario.

- X A Occorre connettere A in parallelo al percorso costituito da B e C connesse in serie.
B Occorre connettere le tre lampadine in parallelo.
C Occorre connettere le tre lampadine in serie
D Occorre connettere A in serie al percorso costituito da B e C connesse in parallelo.
12. Quale tra queste operazioni *non può* fare parte della procedura seguita per effettuare un esperimento?
- X A la formulazione di principi o assiomi.
B la scelta delle grandezze fisiche.
C l'enunciazione della legge sperimentale
D la ripetizione delle misure.
13. Il metodo sperimentale si fonda:
- A unicamente sull'analisi delle misure, le più accurate possibili
B unicamente sugli esperimenti di laboratorio
X C tanto sul ragionamento teorico che sulle prove sperimentali
D unicamente sull'osservazione dei fenomeni naturali.
14. Le linee del campo elettrico sono oggetti reali?
- A sì, sono le traiettorie delle particelle che si muovono sotto l'effetto del campo elettrico.
X B no
C sì ma sono sottilissime e quindi invisibili
D sì ma non ce ne accorgiamo perché riempiono tutto lo spazio
15. L'*effetto Joule* consiste nel fatto che:
- X A un conduttore metallico attraversato dalla corrente elettrica si riscalda..
B un conduttore metallico attraversato dalla corrente elettrica ha una resistenza diversa da zero.
C un conduttore metallico può essere attraversato dalla corrente elettrica.
D se un conduttore metallico è attraversato dalla corrente elettrica, la sua temperatura diminuisce.

Formulare una sintetica unità di apprendimento su un argomento a piacere, in non più di 3 facciate, descrivendo i concetti da introdurre per una classe di quinta elementare facendo uso anche di alcuni esempi pratici in cui possano essere coinvolti gli studenti.

Valutazione esame

- max 22.5 punti per il test a risposta multipla
 - max 10 punti per l'unita' didattica
 - → 32.5 punti disponibili
-
- Gli esami svolti fino ad ora sono reperibili all'indirizzo:
 - http://www.fisgeo.unipg.it/~fiandrini/didattica_fisica/esami/

Fisica!

- Il corso si chiama "**Fisica sperimentale e applicazioni didattiche**": e' un'esame di FISICA, seppur a un livello elementare
- Non e' pensabile di insegnare scienza senza alcune nozioni elementari di fisica.
- Tratteremo TUTTA la fisica generale: Meccanica, Termodinamica, Fluidi, Elettromagnetismo.



Non abbiate paura...



La fisica (non) e' un mostro

Statisticamente, l'87% degli studenti supera l'esame al 1° tentativo

Cos'e' la Fisica

- E' facile accorgersi che il mondo che ci circonda non e' un caos in cui gli eventi avvengono per caso
- Un esame attento di cio' che ci circonda ci dice che molti di essi avvengono con sorprendente regolarita' (es alternarsi giorno/notte), evidenziando la loro non casualita'.

→ Come studiare, comprendere e sfruttare i fenomeni naturali del mondo fisico?

La fisica come scienza sperimentale

- cioè una scienza che, partendo dalla osservazione dei fenomeni naturali **si serve di esperimenti** per chiarire aspetti essenziali dei fenomeni stessi



- La scienza, e la fisica in particolare, ha un ruolo importante nella nostra vita. E' grazie ad essa che oggi sappiamo manipolare il mondo sensibile intorno a noi
- La tecnica e la tecnologia sono i risultati della nostra comprensione delle leggi che regolano il mondo

La fisica e altre discipline

- **Fisica e matematica:**
 - Nel **comunicare** la fisica: leggi fisiche espresse tramite il linguaggio formale della matematica (modelli matematici)
- **Fisica e tecnica/tecnologia:**
 - Nel **fare** fisica: artefatti inventati dall'uomo per sperimentare, validare o confutare congetture e scoprire leggi fisiche (la fisica scoperta attraverso l'uso di apparati)
 - Nell' **usare** la fisica: oggetti di uso comune basati su concetti fisici (la tecnica e tecnologia come risultati della nostra comprensione delle leggi che regolano il mondo)

La fisica nella scuola primaria

- Fa parte dell' area **Matematico-scientifico-tecnologica**
- I concetti scientifici nascono a partire dall' **osservazione sistematica e ragionata** del mondo
- Risponde a interrogativi che si pongono già i bambini nella prima infanzia riguardo alla natura e alle macchine:
 - Come funziona?
 - Perché è così?
 - E' realmente così?
- Sviluppa la **capacità critica**: imparare a conoscere e a comprendere il mondo che ci circonda
- Attenzione alla tendenza a trattare la scienza come un sapere certo, trascurando la distinzione tra fatti, ipotesi, congetture e mere fantasie.



Che cos'è la *Fisica*?

Perché i corpi cadono?



Come si formano le nuvole?



Come fa la lampadina ad accendersi?



Come fa l'acqua ad
uscire dal rubinetto?



Perché la luna non cade
sulla terra?



Il motore della scienza e' la curiosita'.

La curiosita' fa nascere domande.

Le domande fanno nascere idee.

Dalle idee scaturiscono strumenti, materiali e concettuali, che ci permettono di manipolare il mondo fisico (e non solo) e di avere nuove idee



Che cos'è la *Fisica*?

Quante domande ancora, come quelle che abbiamo appena visto, potremmo porci? E quali risposte ci sentiremmo di dare, oggi, con le conoscenze che abbiamo?

La **Fisica** si occupa dei fenomeni naturali: prendiamone in considerazione uno qualsiasi, ad esempio **la pioggia**.

La pioggia è un fenomeno naturale molto comune e, quindi, facilmente osservabile.

Tutti sanno cos'è la pioggia e sono in grado di riconoscerla



L'uomo ha sfruttato le proprie conoscenze tecniche ed ha inventato l' ombrello per ripararsi dalla pioggia.

Tuttavia, se vogliamo fare della Fisica, non possiamo limitarci ad aprire l'ombrello...

La fisica e' utile perche' ci permette di fare previsioni attendibili su quello che accadra' in determinate condizioni.



Che cos'è la *Fisica*?

Fare della Fisica significa **osservare più attentamente il fenomeno**, quindi porsi delle domande e cercare delle risposte.

Perché cade proprio acqua?

Perché l'acqua cade sotto forma di gocce?

Con quale velocità scende l' acqua?

Da dove proviene?

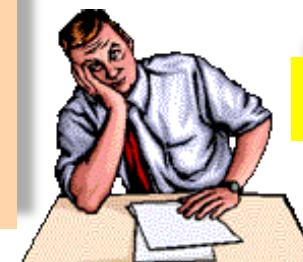
Dove va la pioggia che cade sulla terra?

Da quale altezza scende?

Perché talvolta la pioggia si trasforma in neve o ghiaccio?

Come possiamo prevedere quanta acqua cadrà e dove?

Ci accorgiamo che il fenomeno, anche se naturale e molto comune, è tutt'altro che semplice: non possiamo rispondere contemporaneamente a tutte le domande.



Che fare?

La parte della fisica che se ne occupa si chiama "meteorologia": è difficile fare previsioni perché i processi implicati sono intrinsecamente molto complessi e la nostra conoscenza incompleta



Che cos'è la *Fisica*?



Collegando la pioggia alla presenza delle nuvole nel cielo (e trascurando per ora le altre domande) potremmo fare l'ipotesi che l'acqua provenga dalle nuvole

Dovremmo, però, cercare di spiegare perché non piove anche se spesso il cielo è pieno di nuvole.....

Possiamo cioè tentare di affrontare uno alla volta i singoli problemi che si presentano, accantonando per il momento tutti gli altri, in modo che la soluzione, **anche se imperfetta e molto parziale**, sia più semplice da raggiungere

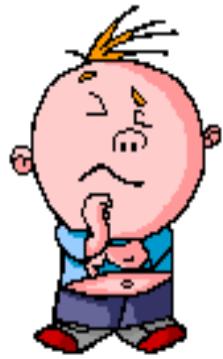
Così facendo potrà succedere che alcune ipotesi fatte risulteranno errate o contraddittorie ed allora verranno scartate

Si faranno allora nuove ipotesi fino a che, mettendo insieme **le risposte** che sembrano dare una spiegazione anche parziale del fenomeno, si otterrà una **teoria** più generale in grado di rispondere a tutti i *perché* che prima ci eravamo posti.



Che cos'è la *Fisica*?

Ma....come cercare le risposte?



- a) Risposte rivelate da entità superiori? NO
- b) Risposte metafisiche e filosofiche? NO
- c) Risposte basate sull'analisi sperimentale dei fatti? SI
→METODO SCIENTIFICO!



Che cos'è la *Fisica*?

La Fisica e il metodo sperimentale

Il termine **Fisica** deriva dal greco *physis*, cioè *natura*

La fisica studia i fenomeni che avvengono nel mondo naturale per darne una descrizione accurata, coerente ed oggettiva

Per questo è una scienza *sperimentale*

cioè una scienza che, partendo dalla osservazione dei fenomeni naturali **si serve di esperienze** per chiarire aspetti essenziali dei fenomeni stessi

Il fondatore del **metodo sperimentale** fu **Galileo Galilei** (1564 – 1642), il quale può, per questo, essere considerato il primo fisico nel senso moderno della parola.

Il metodo scientifico

Il messaggio principale da trasmettere ai bambini nell'eta' interessata, ma non solo a loro, e' quello dell'attenzione ai fenomeni naturali ed ai loro meccanismi, fornendo dei mezzi per poterne affrontare lo studio.

Questi mezzi possono essere riassunti in cio' che e' conosciuto come il metodo scientifico. La fisica si presta in modo particolare ad illustrare le caratteristiche di tale metodo, infatti esso nasce proprio con la fisica.

Inoltre il vantaggio di questa disciplina e' di essere rivolta allo studio della materia e delle interazioni che si hanno tra i suoi costituenti, e pertanto si muove in un ambito che puo' essere semplificato.

Altre discipline non hanno questo vantaggio concettuale, vedi per esempio le discipline biologiche, in cui i fenomeni sono estremamente complessi e di ardua riduzione ad effetti semplici.



Che cos'è la *Fisica*?

La Fisica e il metodo sperimentale

Il **metodo sperimentale** parte dallo studio di un fenomeno **estremamente più semplice, cioe' UN MODELLO**, di quello che si osserva in natura e soltanto a passi successivi giunge a studiare il fenomeno reale in tutta la sua complessità.

Si osserva un fenomeno

Si formula un'ipotesi

Si svolgono esperimenti

Si confermano le ipotesi

Si formula una legge

Con la legge si prevedono altri fenomeni

Non si confermano le ipotesi

Si abbandona o si modifica l'ipotesi

Il metodo scientifico

Tra le discipline scientifiche va considerato il caso speciale della **matematica**.

Infatti, mentre **le scienze sperimentali (biologia, chimica, fisica, etc.)** hanno come elemento dominante **il confronto con gli esperimenti**, o in termini più pittorici il confronto con la natura, la matematica si articola su sistemi di assiomi che devono **solo** soddisfare un requisito di consistenza logica e non essere espressioni di leggi naturali.

Il tipico esempio è quello delle geometrie non-euclidee. La geometria euclidea è basata storicamente sull'osservazione sperimentale (a livello terrestre). Successivamente i matematici riconobbero che il famoso quinto postulato di Euclide, quello per cui da un punto passa una ed una sola retta parallela ad una retta data, poteva tranquillamente essere modificato senza per questo arrivare ad una teoria logicamente insoddisfacente. Si ottennero così infinite nuove possibili geometrie tutte sullo stesso piano matematico.

Il compito delle scienze sperimentali è di verificare quale di queste geometrie sia quella realizzata in natura. Può essere interessante sapere che mentre per distanze di tipo terrestre la geometria è quella euclidea, su distanze astronomiche la geometria potrebbe essere di tipo non-euclideo. Inoltre questa questione risulta essere strettamente connessa con il tipo di evoluzione del nostro universo (relatività generale di Einstein).

Il metodo scientifico

D'altra parte, nonostante gli scopi delle discipline sperimentalistiche e quelli della matematica siano dichiaratamente diversi, occorre aver sempre ben presente che lo strumento matematico è di primaria importanza nelle scienze.

Infatti, come scriveva Galileo nel *Saggiatore*:

"La filosofia è scritta in questo grandissimo libro che continuamente ci sta aperto innanzi agli occhi (io dico l'universo), ma non si può intendere se prima non s'impone a intendere la lingua, e conoscere i caratteri, ne' quali è scritto. Egli è scritto in lingua matematica, e i caratteri sono triangoli, cerchi, ed altre figure geometriche, senza i quali mezzi è impossibile a intenderne umanamente parola; senza questi è un aggirarsi vanamente per un oscuro laberinto"

Il metodo scientifico

Il motivo per questa importanza della matematica e' conseguenza di uno dei punti cardine del metodo sperimentale, **la riproducibilita' degli esperimenti**.

Questo significa che se due sperimentatori diversi eseguono lo stesso esperimento seguendo esattamente le stesse procedure devono trovare lo stesso identico risultato (vedremo dopo in che senso le parole esattamente ed identico devono essere intese).

Occorre allora un qualche metodo obiettivo che permetta di dire quando le procedure ed i risultati sono gli stessi. **Questo si risolve associando a tutte quelle proprieta' che si ritengono essenziali in un dato esperimento una procedura di misura ed un valore misurato.**

Il metodo scientifico

A questo punto i due sperimentatori possono confrontare tra loro tutti i valori ottenuti per le quantita' misurate e quindi decidere se i loro risultati sono gli stessi o no.

Dunque i risultati di un esperimento vengono riportati in termini di un insieme di numeri che esprimono in parte i valori di alcune quantita' necessarie per definire le condizioni sperimentali (per esempio la temperatura e l'umidita' della stanza) ed in parte i risultati dell'esperimento.

A questo punto, oltre a decidere se i due esperimenti conducano o no allo stesso risultato, possono nascere altre domande, per esempio se esista una relazione tra le condizioni sperimentali ed i risultati che si ottengono.

Questo significa correlare tra loro i numeri associati alle condizioni sperimentali con i numeri che si associano ai risultati.

E' esattamente a questo livello che la matematica viene in aiuto in quanto strumento naturale per esprimere relazioni tra numeri.

Il metodo scientifico

A questo punto possiamo spiegare il senso che si da nelle scienze sperimentalistiche alle parole **esattamente** ed **identico** impiegate nel contesto precedente.

Infatti **ogni misura e' intrinsecamente soggetta ad una indeterminazione** (spesso chiamata familiarmente, sebbene in modo improprio, errore). Questa indeterminazione puo' essere dovuta a varie cause, la piu' ovvia e' legata ai nostri strumenti di misura. Per esempio non si possono realisticamente misurare distanze inferiori al millimetro usando un normale doppio centimetro.

A causa di cio' e' fondamentale che ogni sperimentatore dia i risultati di ogni misura con la relativa indeterminazione sperimentale. Infatti, potrebbe accadere che effettuando un identico esperimento due sperimentatori trovino gli stessi risultati misurando le lunghezze con una precisione al millimetro (cio`e usando strumenti di misura sensibili a questa distanza), mentre ripetendo l'esperimento con strumenti sensibili al micron (millesimo di millimetro) trovino risultati diversi.

Il metodo scientifico

Dunque la riproducibilita', elemento necessario per validare un risultato sperimentale (od una legge fisica), non ha valore universale.

Infatti viene a dipendere dalla bonta' degli strumenti a nostra disposizione. Questo fa sì che **le equazioni matematiche che si trovano nei testi di discipline sperimentali non vadano intese in senso strettamente matematico.**

La loro interpretazione e' che esse sono valide con un'approssimazione limitata dalle indeterminazioni con le quali si sono misurate le varie quantita' che intervengono nelle equazioni stesse.

Il metodo scientifico

Questo aspetto non e' spesso molto sottolineato, ma e' un elemento essenziale delle scienze sperimentali e del modo nel quale progrediscono.

Infatti spesso si legge della scoperta che una certa legge non e' piu' valida e che deve essere sostituita con un'altra. Il tipico esempio e' quello della meccanica di Newton che e' stata sostituita dalla teoria della relativita' di Einstein.

Questo non significa che la meccanica di Newton sia "sbagliata".

Non c'e' dubbio che per velocita' prossime a quella della luce occorra usare la relativita', ma per velocita' piccole le equazioni della meccanica di Newton sono perfettamente adeguate.

Infatti, in quest'ultimo caso occorrerebbero misure di una precisione fantastica per poter stabilire che la meccanica newtoniana da un risultato non corretto.

Cioe' nel contesto "quotidiano" (oggetti relativamente grandi a basse velocita') la meccanica di Newton e' perfettamente adeguata a descrivere i fenomeni.

La relativita' di Einstein e' equivalente a quella di Newton quando il moto avviene a piccole velocita' rispetto alla velocita' della luce, cioe' **la relativita' non invalida la meccanica di Newton ma la ingloba in una teoria piu' ampia.**

Per esempio in alcuni casi occorre tenere conto di correzioni relativistiche anche nella nostra vita quotidiana, quando i sistemi GPS calcolano la nostra posizione: se non lo facessimo, l'errore sulla posizione sarebbe di molte decine di metri dopo pochi minuti di uso del navigatore.

Nessuna teoria fisica e' "sbagliata", ma ogni teoria fisica ha un suo preciso ambito di applicazione

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.

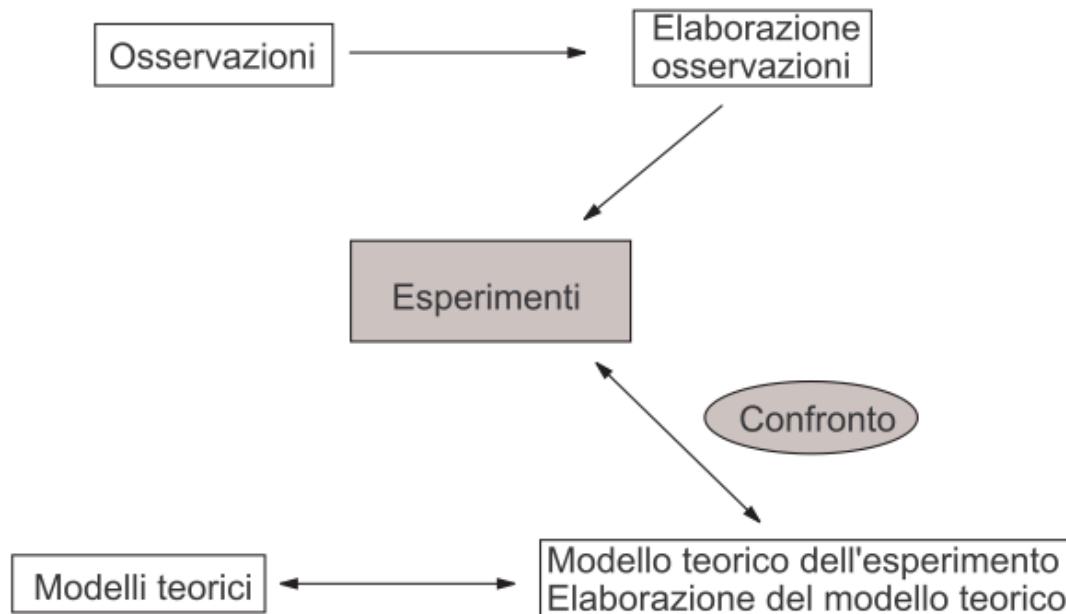


Figura 1.1: Il diagramma illustra il metodo sperimentale e le connessioni tra le attività osservazionali, sperimentali e teoriche.

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).

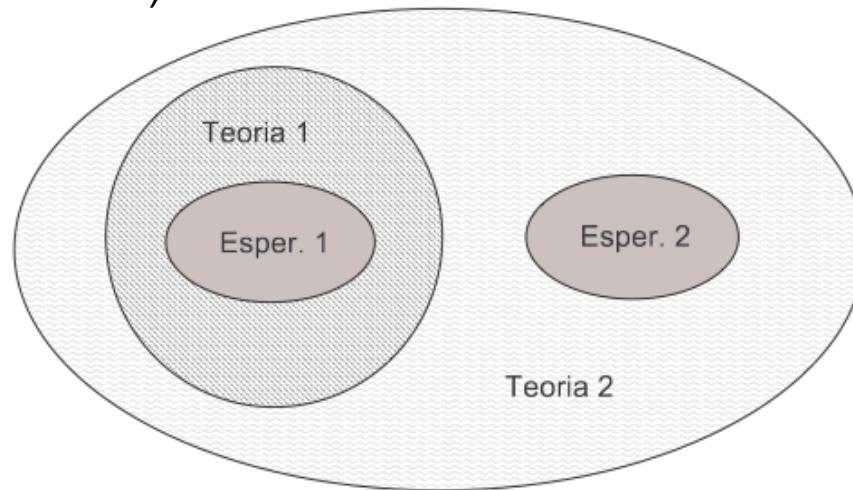


Figura 1.2: *Relazione tra teorie ed esperimenti. La teoria 1 spiega l'insieme degli esperimenti 1 ma non spiega gli esperimenti 2. La teoria 2 spiega entrambi gli insiemi di esperimenti e contiene quindi al suo interno anche la teoria 1.*

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 O.K.

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**.....



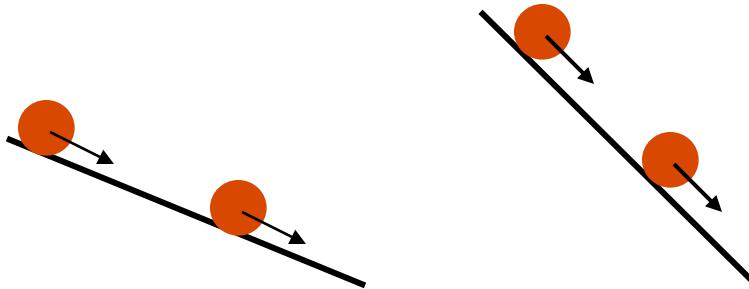
Che cos'è la *Fisica*?

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'

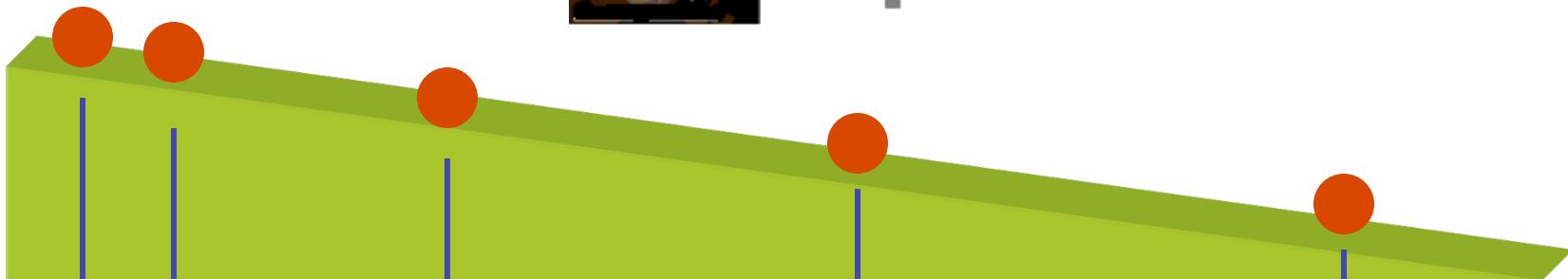


Cause secondarie: attriti, rotolamento



Che cos'è la *Fisica*?

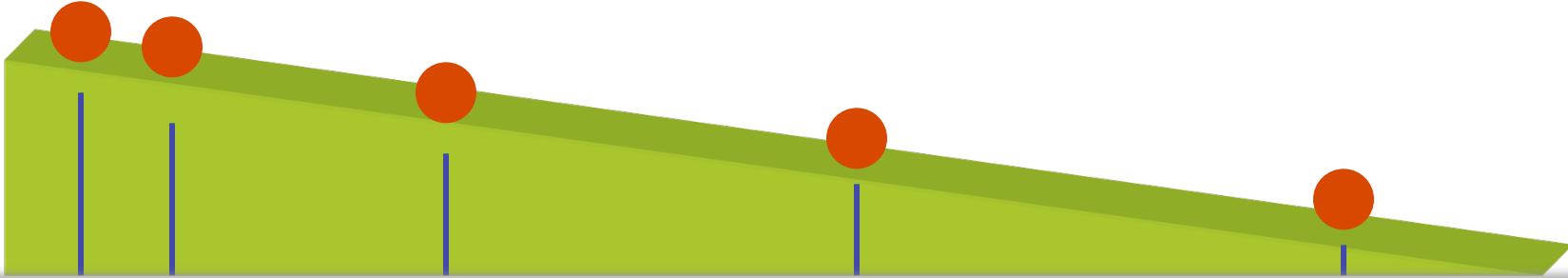
Il metodo sperimentale: ... c'era una volta...



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

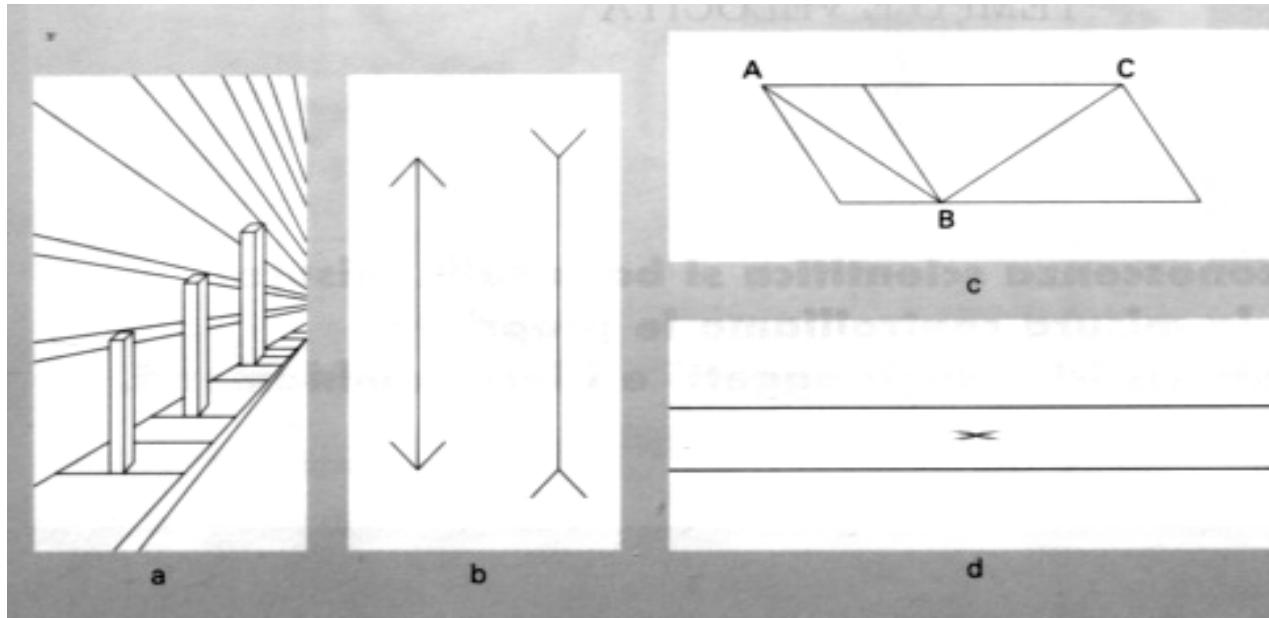
Le osservazioni sono sempre compiute dai nostri **sensi**, che costituiscono il mezzo con cui l'uomo ha **relazione** con il mondo esterno.

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 e' 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.

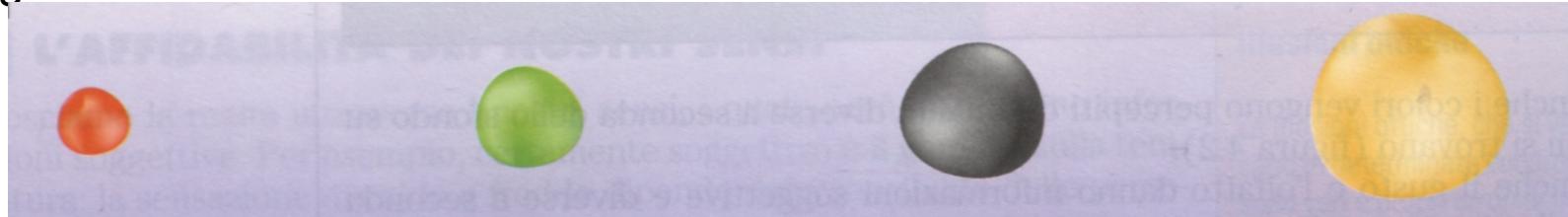
In generale, possiamo dire che l' interpretazione che diamo di un fenomeno condiziona il nostro modo di vederlo.

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.



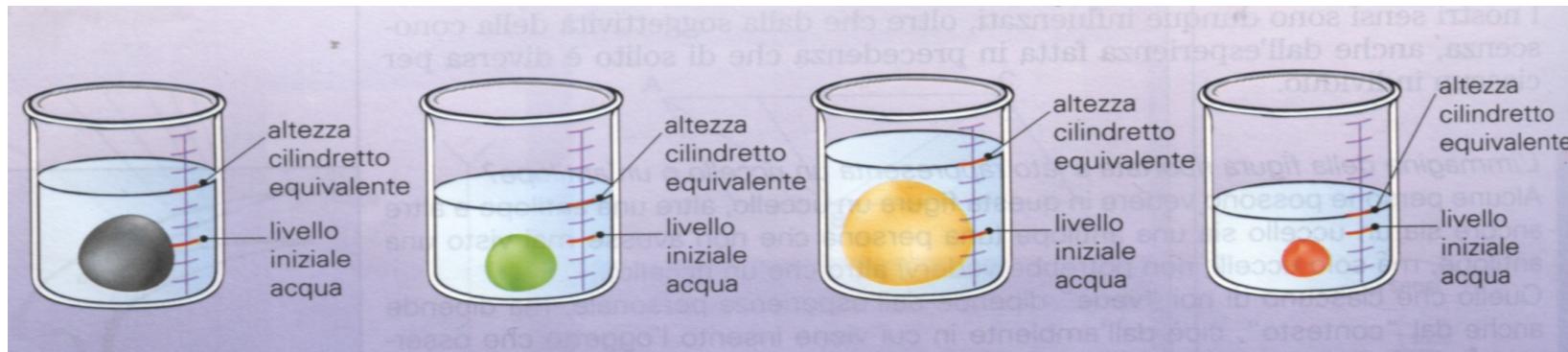
Un metodo semplice e' quello di mettere in ordine crescente gli oggetti, dopo averli confrontati a due a due. In questo modo però non abbiamo una misura. Attraverso i nostri sensi siamo riusciti solo a dare un ordine ai volumi.

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

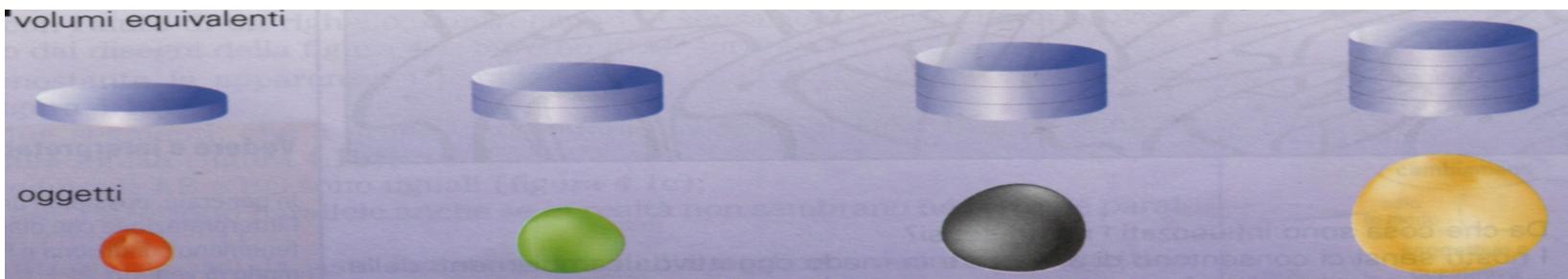
Introduzione alla misura: misurare con strumenti

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 **volume** 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: per 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*

primo livello

- *la grandezza fisica descrive una proprietà*
 - ⇒ *indirettamente accessibile attraverso gli effetti ad essa associati: es.*
 - la velocità → moto più o meno rapido*
 - la forza → varia il moto, deforma, ...*
 - ⇒ *che individua una **relazione significativa** fra grandezze*

Un esempio di “primo livello”: il concetto di velocità

Le caratteristiche che rendono la velocità un concetto utile ed economico:

- *il significato cinematico* → diagramma orario
- *il significato dinamico* → che cosa succede se voglio cambiare la velocità . . .

Grandezze fondamentali e derivate

In maniera del tutto generale e' possibile fissare per ciascuna delle grandezze fisiche un'unita' di misura** del tutto arbitraria**

Il numero delle variabili fisiche e' cosi' GRANDE che e' stato necessario organizzarle in modo sistematico.

L'osservazione fondamentale e' che molte delle grandezze fisiche non sono indipendenti fra loro nel senso che la natura stessa dei processi fisici in cui intervengono fissa relazioni fra loro → si possono usare tali relazioni per ridurre il numero delle unita' da definire mediante un campione.

Grandezze fondamentali e derivate

Varie scelte sono possibili ed in realta' sono state fatte.

Le grandezze, di cui viene fissata l'unita' di misura in maniera arbitraria mediante un campione, vengono dette fondamentali. Le altre, le cui unita' sono dedotte per mezzo delle relazioni con quelle fondamentali, si chiamano derivate

Una scelta di grandezze fondamentali e delle corrispondenti unita' di misura fissa un sistema di unita'.

Per esempio, la **velocita'** e' il rapporto tra una lunghezza e un intervallo di tempo e le sue unita' di misura (m/s) sono definite da quelle di L e T

- I campioni fondamentali che devono essere:
 - a) **accessibili** → per consentire il confronto con i nostri strumenti
 - b) **invariabili** → le proprieta' dei campioni devono essere le stesse ovunque e non variare nel tempo

Misurare è utile

Perché:

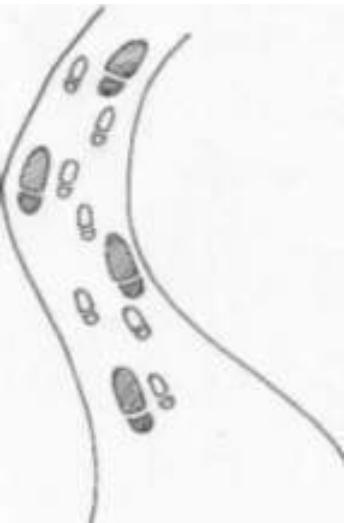
- con i numeri il confronto e l'ordinamento di lunghezze sono più facili e precisi
- sui numeri si possono fare **operazioni** (di somma, sottrazione, moltiplicazione, ecc.)
- con i numeri, è più facile trovare le **correlazioni con le altre grandezze fisiche** interessate nel fenomeno

Attenzione:

- per confrontare od operare su più misure, è essenziale esprimerle tutte con **le stesse unità di misura**
- è possibile convertire una misura da una unità all'altra conoscendo il **fattore di conversione**

Camminare

Seguono attività proposte da **Valentina Montel** (Indire2002)
Gigantino

- 
- *Tanto tempo fa in mezzo al bosco c'era una casa di abitata da una famiglia di giganti, che si volevano molto bene ma spesso fra di loro scoppiavano liti furibonde perché non si capiva chi avesse ragione.*
Una volta a Papà Gigante venne voglia di mele; il figlio Gigantino si ricordò di averne vista una pianta poco distante da casa, così andò a raccoglierle. Quando tornò il papà esclamò: "Così poche! Dimmi dov'è l'albero che vado a prenderne altre". Gigantino rispose: "Esci dalla porta, cammina dritto davanti a te per 20 passi e troverai l'albero sulla destra". Il papà cominciò a contare "Uno, due, tre ... dieci" ... splash! Era finito nell'acqua di un laghetto! Ritornato a casa, infuriato e bagnato, urlò al figlio: "Non sai neppure contare i passi!". La mamma intervenne: "Basta! Vi dico io chi ha ragione."
 - Il racconto di Gigantino è un valido attacco iniziale per introdurre la premisura.
Il racconto può essere proposto agli alunni, chiedendo loro di aggiungere il finale e di discuterlo: è certamente interessante conoscere le diverse risposte in relazione al contesto (livello di scuola, età ...).

Sistemi di unita' di misura

- Sistema scientifico o CGS (cm, g, s)
- Sistema pratico o degli ingegneri (m, kg-peso, s)
- **Sistema Internazionale (SI) (m, kg, s), dal 1971 adottato (quasi) universalmente**

Grandezze fondamentali (SI)

Le grandezze fondamentali sono 7:

♣ Lunghezza	Metro (m)	Cinematica
♣ Tempo	Secondo (s)	
♣ Massa	Kilogrammo (kg)	Meccanica
♣ Temperatura	Kelvin (K)	
♣ Corrente elettrica	Ampere (A)	
♣ Quantita' di materia	Mole (mol)	
♣ Intensita' luminosa	Candela (cd)	

Lunghezza

La lunghezza e' la distanza fra gli estremi di un segmento rettilineo

E' ben chiaro come, immaginando di disporre di due segmenti contigui, sia possibile definire l'uguaglianza, la somma o la differenza delle lunghezze con gli stessi criteri validi in geometria.

Il campione oggi scelto e' il metro (m)

Per definire la lunghezza di un segmento, basta contare quante volte il metro campione e' contenuto fra gli estremi del segmento

Grandezze derivate della lunghezza

Grandezze derivate della lunghezza sono:

1) superficie. E' facile constatare che le relazioni che legano le aree ai segmenti che le delimitano sono sempre del tipo: somma di termini ciascuno dei quali e', a parte un eventuale coefficiente numerico, il prodotto delle lunghezze dei segmenti che le delimitano, per cui p.es. L'area del rettangolo di lati a e b e' $S = ab$; in un cerchio di raggio r , $S = \pi r^2$.

Matematicamente, si dice che l'area e' una funzione omogenea di II grado delle lunghezze da cui dipende. Cio' si esprime simbolicamente mediante un'equazione dimensionale

$$[S] = [L^2]$$

cioe' l'area di una superficie, nel sistema che usa **la lunghezza** come grandezza fondamentale, **ha le dimensioni di una lunghezza al quadrato** \rightarrow unita' m^2

2) Volumi. Considerazioni analoghe portano per i volumi all'equazione dimensionale $[V] = [L^3] \rightarrow$ unita' m^3

3) angoli. L'angolo α fra 2 rette uscenti da P e' definito come $\alpha = AB/R$, $AB =$ lunghezza dell'arco di cerchio fra A e $B \rightarrow$

$$[\alpha] = [L]/[L] = [L^0] = 1$$

L'angolo e' una quantita' **adimensionata**, ha lo stesso valore qualunque sia l'unità' di misura scelta

