

Introduzione

(Master in Osteopatia Strutturale)

Corso di Elementi di Fisica e Biomeccanica
A.A. 2015-2016



Sommario

- Perché la Fisica
- Una definizione di Fisica come scienza sperimentale
- Fisica ed altre scienze sperimentali
- Dall'infinitamente piccolo all'infinitamente grande
- Le fasi del Metodo Sperimentale
- Osservazione, Misura, Previsioni
- Metodo induttivo e metodo deduttivo
- Leggi fisiche
- Teorie fisiche ed applicabilità
- Principi e Modelli



Tre motivi del “perché”

1. Dovete sostenere l'esame per acquisire il Master
 - Risposta “netta”, “chiara” ma...estremamente superficiale...
2. Le applicazioni della fisica hanno modificato, nel bene e nel male, il modo di vivere di miliardi di persone (...); vogliamo comprendere questi *strumenti* e questi *meccanismi* per imparare a utilizzarli nella nostra futura occupazione.
 - La Fisica non serve per usare meglio il proprio “cellulare”...
3. Nel 1600, con la scoperta del **metodo scientifico**, la società umana ha imboccato una strada nuova (*un salto comparabile a quello che trasformò le società primitive da tribù di raccoglitori di cibo a società di agricoltori e allevatori*). La «*curiosità scientifica*» è diventata una molla importante per lo sviluppo scientifico-tecnologico, economico e sociale.
 - È questa una terza e più importante ragione per riaffrontare le scienze naturali e, tra queste, la fisica: acquisire una visione scientifica del mondo aperta agli ulteriori sviluppi che certamente avranno luogo nei prossimi decenni.



Un esempio

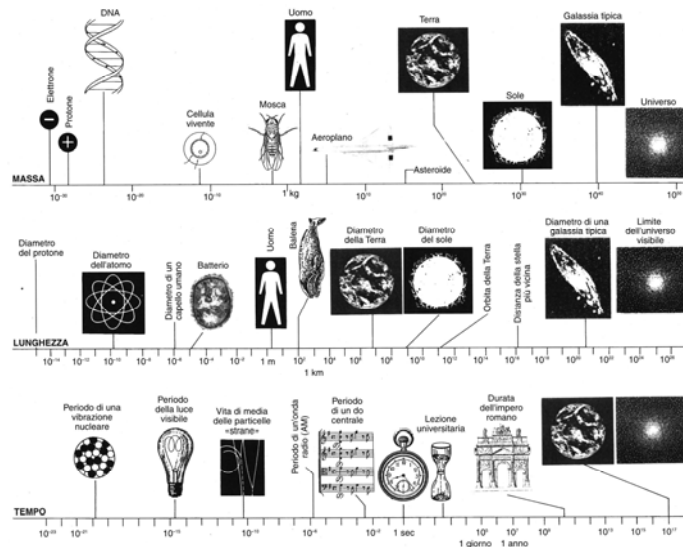


Ah...la Fisica

- “*La Fisica è la più presuntuosa delle scienze, perché pretende di avere a che fare con tutta la realtà*” (Paul Davies).
 - Infatti, il laboratorio del fisico è l'intero universo (dai più grandi ammassi di galassie ai più piccoli frammenti di materia).
- **Definizione TRECCANI:** “*La fisica, recita, è la scienza interessata a fornire una descrizione razionale non di tutti i fenomeni cosmici, ma solo di quelli tra i fenomeni naturali che sono suscettibili di sperimentazione (esperimento) e che implicano grandezze misurabili*”
- **Rapporto tra Fisica e Biologia**
 - Nella Biologia, che studia la materia vivente, non tutti i fenomeni sono suscettibili di sperimentazione e non tutte le grandezze sono misurabili.
- **Rapporto tra Fisica e Chimica**
 - La chimica studia fenomeni naturali in linea di principio sperimentabili che implicano grandezze misurabili, anche se in ambiti più ristretti di quelli della Fisica.
- Fisica, Chimica, Biologia sono, ciascuna al suo livello di indagine, **scienze sperimentali** in grado di fornire spiegazioni potenti della natura e di generare nuova conoscenza. Inoltre, sebbene autonome, sono tutte discipline tra loro largamente interconnesse, con ampie, talvolta amplissime, zone di sovrapposizione.



Dal piccolo al grande



Cos'è la Fisica

- La parola *fisica* deriva da un vocabolo greco (*phýsis*) che significa *natura*; perciò la fisica dovrebbe essere una scienza che si occupa di tutti i fenomeni naturali.
- Infatti, fin dall'inizio del diciannovesimo secolo la fisica era intesa in questo senso lato, ed era chiamata "*filosofia naturale*".
- Tuttavia, durante il diciannovesimo secolo e fino a poco tempo fa, la fisica era limitata allo studio di un più ristretto gruppo di fenomeni, chiamati **fenomeni fisici** e definiti rigorosamente come *quei processi nei quali la natura delle sostanze che vi partecipano non cambia*. Questa definizione alquanto **inesatta** della fisica è stata gradualmente smantellata, riportandola al concetto più ampio e fondamentale dei primi tempi.
- Possiamo di conseguenza dire che *la fisica è una scienza che ha per obiettivo lo studio dei costituenti la materia e delle loro mutue interazioni*. In termini di tali interazioni gli scienziati spiegano le proprietà della materia, come pure tutti gli altri fenomeni naturali osservati.



Collegamenti tra la Fisica e le altre scienze

- L'obiettivo della **Fisica** è di permetterci di comprendere quali siano i costituenti fondamentali della materia e le loro mutue interazioni e di spiegare così i fenomeni naturali, comprese le proprietà degli aggregati di materia (la Fisica, di fatto, è la più fondamentale di tutte le scienze naturali).
- La **Chimica** tratta un particolare aspetto di questo ambizioso programma: l'applicazione delle leggi fisiche alla formazione delle molecole e i diversi metodi pratici di trasformazione di certe molecole in altre.
- La **Biologia** deve appoggiarsi solidamente alla fisica e alla chimica per spiegare i processi che avvengono nella materia vivente.
- La applicazione dei principi della fisica e della chimica a problemi pratici, nella ricerca e nello sviluppo come nella pratica professionale, ha dato origine ai diversi rami dell'ingegneria.



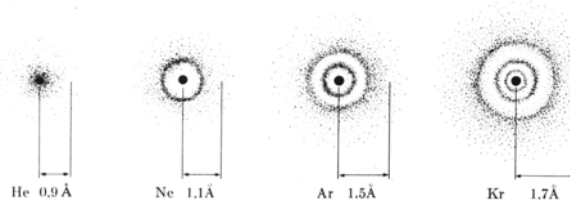
La nostra visione dell'Universo

- La materia è composta di **particelle fondamentali** (o elementari) e tutti i corpi, viventi o inerti, sono pensati costituiti da diversi raggruppamenti o disposizioni di tali particelle (essenzialmente elettroni, protoni e neutroni).
- Le tre particelle (e , p , n) sono presenti in gruppi ben definiti chiamati **atomi**, nei quali i protoni e i neutroni sono raggruppati in una piccolissima regione centrale, chiamata nucleo.
- Esistono più di 3000 “varietà” diverse di atomi, chiamate **isotopi** (circa 300 stabili e 3000 radioattivi)



La nostra visione dell'Universo

- *Disposizione degli elettroni attorno al nucleo in alcuni atomi semplici (elio, He; neon, Ne; argon, Ar; kripton, Kr).*



- *Poiché gli elettroni non hanno traiettorie ben definite, le regioni annerite sono quelle con la massima probabilità di essere occupate da elettroni ($1 \text{ \AA} = 1 \text{ angstrom} = 10^{-10} \text{ m}$).*



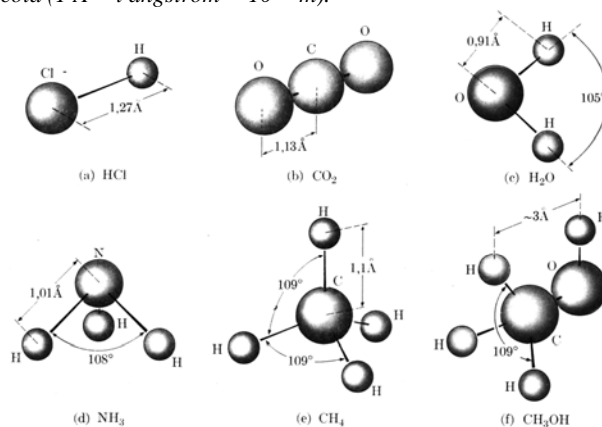
La nostra visione dell'Universo

- Gli atomi formano a loro volta altri aggregati chiamati **molecole**, delle quali esistono parecchie migliaia di specie diverse.
 - Il numero delle diverse molecole è estremamente grande, e ogni giorno vengono ottenute molte nuove molecole mediante processi di sintesi nei laboratori chimici.
- Alcune molecole contengono solo pochi atomi, come l'acido cloridrico, mentre altre possono anche avere diverse centinaia di atomi, come le proteine, gli enzimi e gli acidi nucleici [DNA e RNA] o alcuni polimeri organici, come il polietilene o il cloruro di polivinile (PVC).



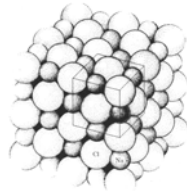
La nostra visione dell'Universo

- *Alcune molecole relativamente semplici. Gli elettroni più interni restano attaccati ai corrispondenti atomi, ma quelli più esterni si possono muovere nello spazio tra due atomi oppure più o meno liberamente nell'intera molecola ($1 \text{ \AA} = 1 \text{ angstrom} = 10^{-10} \text{ m}$).*



La nostra visione dell'Universo

- Infine le molecole si raggruppano per formare i **corpi** (o agglomerati di materia), apparendoci come *solidi*, *liquidi*, o *gas*, sebbene questa classificazione e divisione non sia rigorosa.



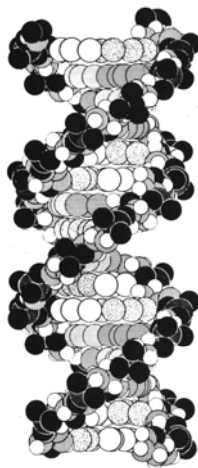
- *Struttura cristallina del cloruro di sodio. Gli atomi sono disposti in forma geometrica regolare distribuiti in un volume relativamente grande. Questa struttura è resa visibile nella forma dei cristalli macroscopici.*

- Un altro stato della materia è il **plasma**, costituito da un miscuglio gassoso di ioni positivi e negativi (o particelle cariche). La maggior parte della materia nell'universo è sotto forma di plasma.

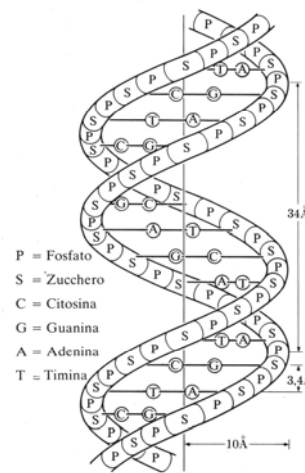


La nostra visione dell'Universo

- *Modello di Crick-Watson dell'acido deossiribonucleico (DNA). Uno dei due acidi nucleici coinvolti nella composizione dei cromosomi, il DNA, fornisce informazioni genetiche ed è una delle molecole giganti più studiate.*
- *La diffrazione dei raggi X ha mostrato che essa è composta da due eliche antiparallele costituite da una sequenza di gruppi di zucchero (S) e fosfato (P).*



(a)

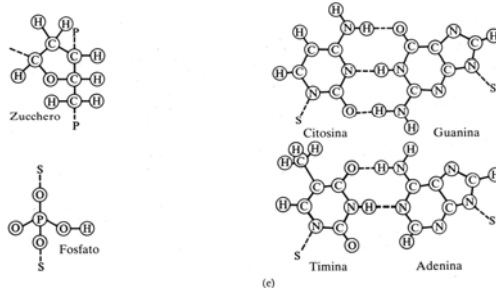


(b)



La nostra visione dell'Universo

- Lo zucchero, chiamato deossiribosio, contiene cinque atomi di carbonio. Le due eliche sono legate l'un l'altra da coppie di basi mediante ponti a idrogeno. Una coppia è formata da due sostanze chiamate **adenina** e **timina** (A-T) e l'altra da **citosina** e **guanina** (C-G). Il codice genetico della molecola DNA dipende dalla sequenza o dall'ordine di ciascuna coppia fondamentale. Queste coppie fondamentali sono come i pioli di una scala a chiocciola e ogni piolo è lungo circa 18 angstrom. Il passo di ogni elica è di circa 34 angstrom, e il suo diametro complessivo è di circa 18 angstrom ($1 \text{ angstrom} = 10^{-10} \text{ m}$).



La nostra visione dell'Universo

- Una sostanza particolarmente importante è la sostanza vivente, o materia vivente, chiamata **protoplasma**, nel quale le molecole appaiono raggruppate in schemi altamente organizzati e mostrano proprietà e funzioni apparentemente distinte da quelle della materia inerte.
- Il corpo umano, che è il più sviluppato dei corpi viventi, è composto di circa 10^{28} atomi; molti di questi sono atomi di carbonio, idrogeno, ossigeno e azoto.



La nostra visione dell'Universo

- Il sistema solare è un aggregato di molti corpi enormi chiamati pianeti, che ruotano attorno a una stella, chiamata sole.
- Uno dei pianeti è la nostra **terra**, che contiene circa 10^{51} atomi.
- Il **sole** è composto di circa 10^{57} atomi.
- Il sistema solare è a sua volta una piccola parte di un grande aggregato di stelle che formano una galassia chiamata **Via Lattea**, composta di circa 10^{11} stelle o 10^{70} atomi, e avente la forma di un disco di diametro di circa 10^{21} m, o circa 100.000 anni-luce e uno spessore massimo di circa 10^{20} m.
- Sono state osservate molte galassie simili alla nostra, la più vicina delle quali dista da noi circa due milioni di anni-luce o 2×10^{22} m.
- L'universo si suppone contenga circa 10^{20} stelle, raggruppate in circa 10^{10} galassie e contenenti un numero totale di circa 10^{80} atomi in una regione il cui raggio è dell'ordine di 10^{26} m o 10^{10} anni-luce.



Quanti atomi

- In una persona che ha un massa di circa 70 kg ci sono circa 7×10^{27} atomi
 - 7 seguito da 27 zeri, ovvero:
7.000.000.000.000.000.000.000.000.000.000 atomi)
- Composizione
 - il 99% sono atomi di idrogeno, ossigeno, carbonio e azoto (i principali costituenti delle molecole biologiche)
 - $4,2 \times 10^{27}$ atomi di idrogeno,
 - $1,6 \times 10^{27}$ atomi di ossigeno,
 - $0,8 \times 10^{27}$ atomi di carbonio e
 - $0,04 \times 10^{25}$ atomi di azoto.
 - Fra gli altri elementi, i più abbondanti sono calcio, potassio, zolfo, sodio e cloro.
- In totale 41 atomi differenti
 - Fra cui cobalto, il mercurio, l'arsenico e l'uranio.



Le fasi del Metodo Sperimentale

- **Osservazione:** è la fase nella quale si colgono gli aspetti rilevanti di un fenomeno e si cerca di schematizzarlo (è basata su intuito, esperienza e sensibilità dello sperimentatore);
- **Descrizione:** consiste nella formulazione di una legge matematica che descriva le osservazioni (attraverso un processo induttivo si parte da un insieme di casi particolari e si giunge ad una affermazione quanto più generale possibile);
- **Formulazione di una ipotesi:** consiste nel ricavare il maggior numero di conseguenze, ma anche previsioni, a partire dalle ipotesi originaria (attraverso un processo deduttivo, spesso basato una formulazione matematica assieme ad una procedura di “sistemazione” della teoria);
- **Esperimento:** le previsioni ricavate dall'ipotesi devono essere necessariamente sottoposte a verifica sperimentale (falsificabilità della teoria). In questa fase si presuppone che un esperimento, ripetuto nelle stesse condizioni, fornirà sempre gli stessi risultati.
- **Tesi:** la legge fisica che esprime i risultati ottenuti.



L'osservazione

- Osservando la natura identifichiamo due cose fondamentali:
 - la varietà dei «sistemi» che lo costituiscono
 - la loro stabilità nel tempo
- Ciò conduce alle cosiddette definizioni **ostensive** (deriva dal latino *ostendere*, che significa «mostrare»): si indica un oggetto e si associa alla parole che lo interpreta, «tavolo», «libro», «luna», «fiume» etc
- Se non fossero stabili nel tempo (relativamente alla nostra “vita”) non sarebbe possibile osservarli, mostrarli e quindi conoscerli (con i sensi a nostra disposizione).



René Magritte - *La Trahison des images* (1928)



Descrizione

- Una definizione ostensiva di un sistema si rivolge sempre a un esemplare specifico di una classe di oggetti.
- Il fiume che osserviamo non è il concetto di fiume che ci viene in mente quando ascoltiamo o leggiamo questa parola.
- Dopo aver visto molti “fiumi” il concetto di fiume (o meglio l’astrazione che ne deriva) ci consente comunicare con i nostri simili e farà parte del nostro linguaggio e bagaglio culturale.
- I sistemi a cui la scienza rivolge la propria attenzione sono tutti quelli che possono essere definiti in modo ostensivo e che, quindi, possono essere *osservati* e *misurati*.



Osservazione

- Inizialmente si trattava di sistemi visibili a occhio nudo, poi dal **1600** (scoperta delle lenti impiegate come amplificatori di dimensione) si è esteso il campo delle possibili definizioni ostensive, facendo uso di microscopi e telescopi.
- A partire dalla fine dell'**Ottocento** i sistemi definibili sono accresciuti di numero con il varcare delle barriere del mondo microscopico e dei tempi brevissimi.
- I nostri cinque sensi sono stati, di fatto, sostituiti da un numero incredibile di strumenti diversi



Misurazione

- Gli oggetti dell'indagine scientifica debbono essere *osservabili* e *misurabili*.
- L'osservazione evidenzia interazioni del sistema con altri sistemi e, più genericamente, con l'ambiente:
- Esempi:
 - *un'onda (scelta come sistema da osservare) giunta a riva si rompe, un batterio in un brodo di coltura adatto si divide in due, un aquilone preso di traverso dal vento precipita.*
 - *Ci si rende immediatamente conto che le interazioni onda-riva, batterio-brodo, aquilone-vento non soltanto sono fenomeni interessanti in sé, ma possono dirci molto sui due (o più) sistemi che interagiscono.*



Ipotesi e Previsione

- La conoscenza scientifica si rivolge quindi ai
 - sistemi (studio della loro struttura)
 - fenomeni di interazione tra sistemi diversi.
- E, in più, desideriamo:
 - poter prevedere cosa succederà dopo e, se possibile,
 - anche come il sistema si comporterà quando lo faremo interagire con un altro sistema in un modo che non è stato ancora sperimentato.



Il concetto di causa

- A ogni fenomeno possiamo fare corrispondere una **causa**, di modo che l'uomo è in grado di comprendere razionalmente ciò che succede nel mondo.
- **Aristotele** lasciò in eredità al Medioevo l'idea che si potesse studiare la natura con la sola ragione, ma non sentì il bisogno né di eseguire esperimenti né di misurare quantitativamente i fenomeni.
- Tuttavia già nel III secolo avanti Cristo **Eratostene** eseguì un esperimento e misurò il raggio della Terra (che egli supponeva sferica), giungendo a un risultato vicino a quello oggi noto e che è comunque molto più accurato di quello usato milleseicento anni dopo da Cristoforo Colombo nel pianificare il suo viaggio verso Ovest alla ricerca di una via per le Indie, che invece lo portò in America.
- Alla fine del Medioevo artigiani e tecnici militari svilupparono molti metodi per prevedere quantitativamente il funzionamento degli strumenti che costruivano: così le loro chiuse, le loro navi e le loro armi funzionavano correttamente. Ma ci volle il genio di **Galileo Galilei** (1564-1642) per chiarire ai sapienti quello che probabilmente molti artigiani dell'epoca intuivano, e cioè che l'osservazione e il ragionamento da soli non bastano.
- Galileo pose come fondamento della nuova scienza il **metodo sperimentale**.



Metodo scientifico

Questo metodo, successivamente esteso e articolato, è oggi lo strumento cardine dell'«indagine scientifica»

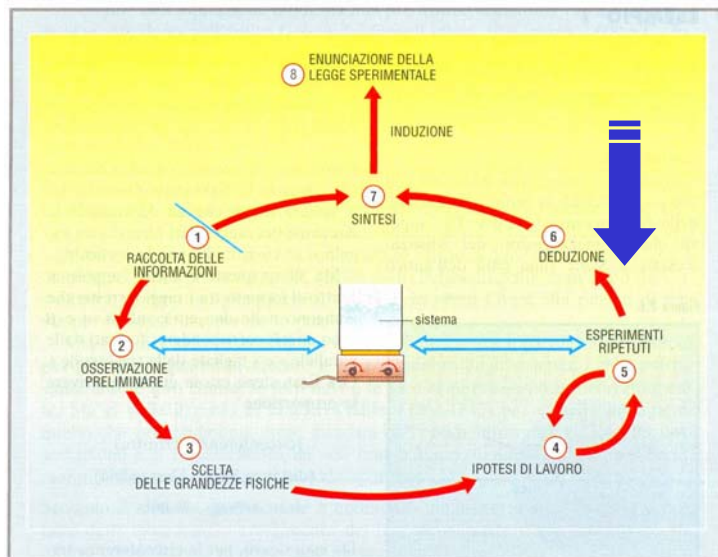


Il concetto di Misura

- le **grandezze fisiche** non vengono «scoperte» dal ricercatore nel fenomeno osservato; esse sono strumenti concettuali liberamente inventati.
- Le grandezze fisiche devono essere definite con un procedimento complesso (non in maniera ostensiva), che le individui attraverso gli strumenti e i procedimenti utilizzati per misurarle (procedura non ambigua o “protocollo”)
- È ciò che chiamiamo “**definizione operativa**”

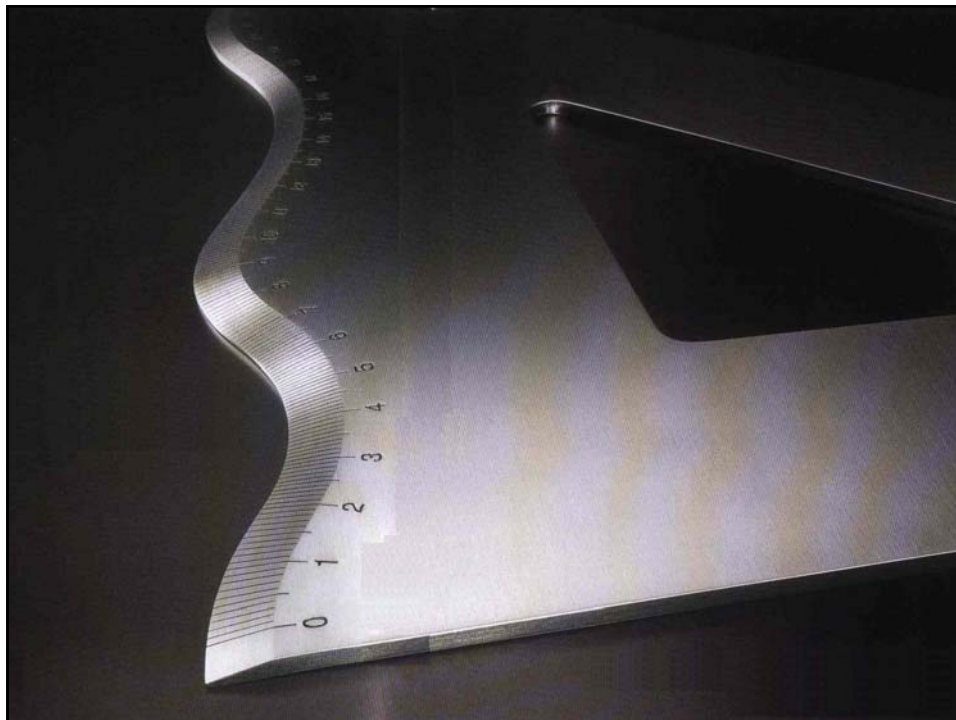


Necessità della Misura



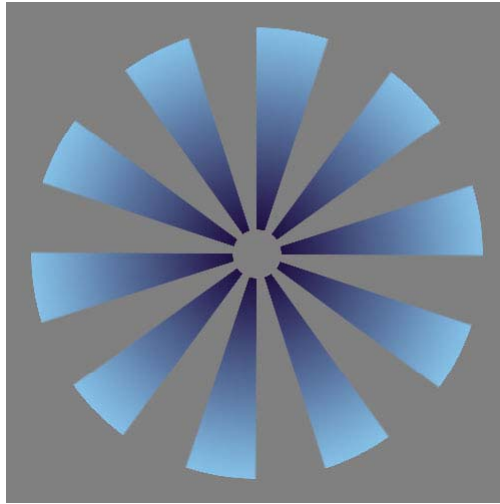
Elementi di Fisica e Biomeccanica
A.A. 2015-2016 Prof. Nicola Cavallo

30



Necessità della Misura

- L'area grigia è uniforme mentre, invece, appare con un gradiente radiale

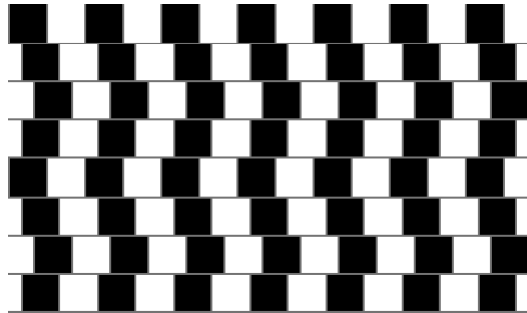


Necessità della Misura

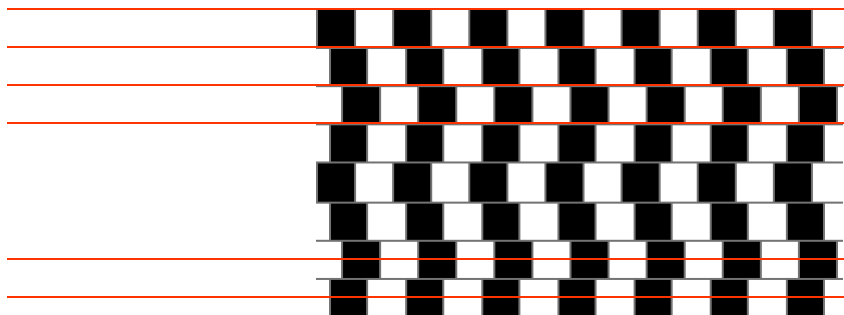
- L'area grigia è uniforme mentre, invece, appare con un gradiente radiale



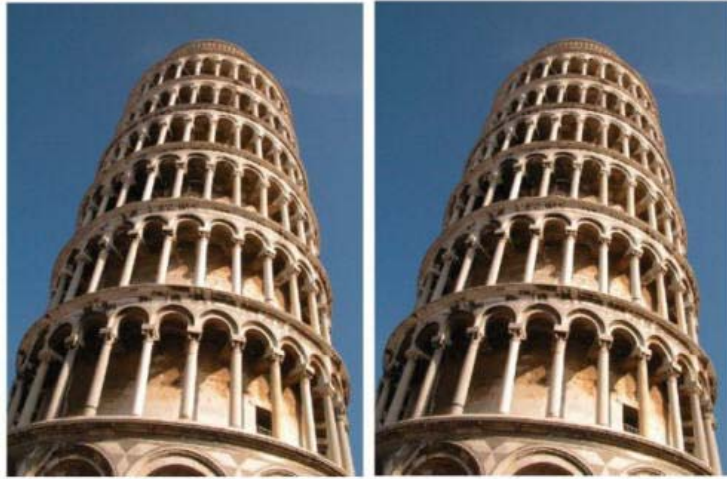
Necessità della Misura



Necessità della Misura



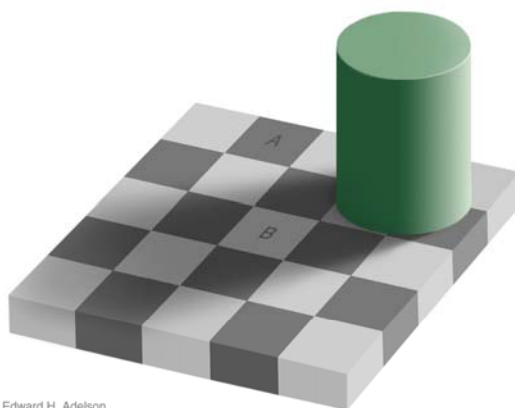
Necessità della Misura



Elementi di Fisica e Biomeccanica
A.A. 2015-2016 Prof. Nicola Cavallo

36

L'illusione dei propri sensi...



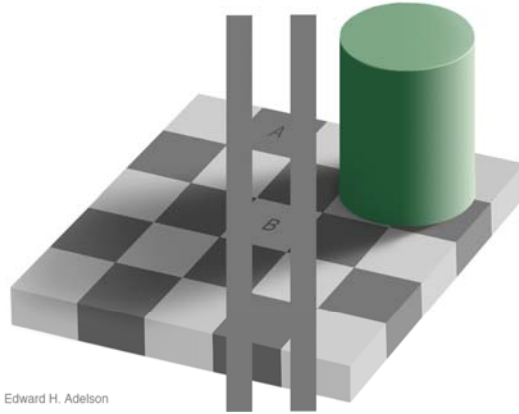
Edward H. Adelson



Elementi di Fisica e Biomeccanica
A.A. 2015-2016 Prof. Nicola Cavallo

37

L'illusione dei propri sensi...



Edward H. Adelson

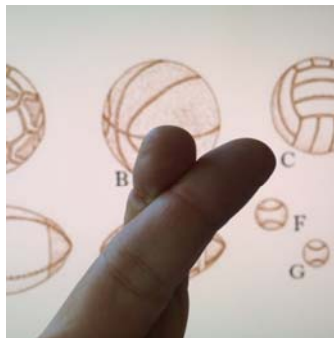


Elementi di Fisica e Biomeccanica
A.A. 2015-2016 Prof. Nicola Cavallo

38

L'illusione dei propri sensi...

- In definitiva, è lo sviluppo della stessa conoscenza scientifica ad aver dimostrato che il rapporto tra *percezioni soggettive* e *realtà oggettiva* (o «altra dal soggetto conoscente») è molto più complesso di quanto non pensasse nel '600 René Descartes (capofila dei meccanicisti).



Elementi di Fisica e Biomeccanica
A.A. 2015-2016 Prof. Nicola Cavallo

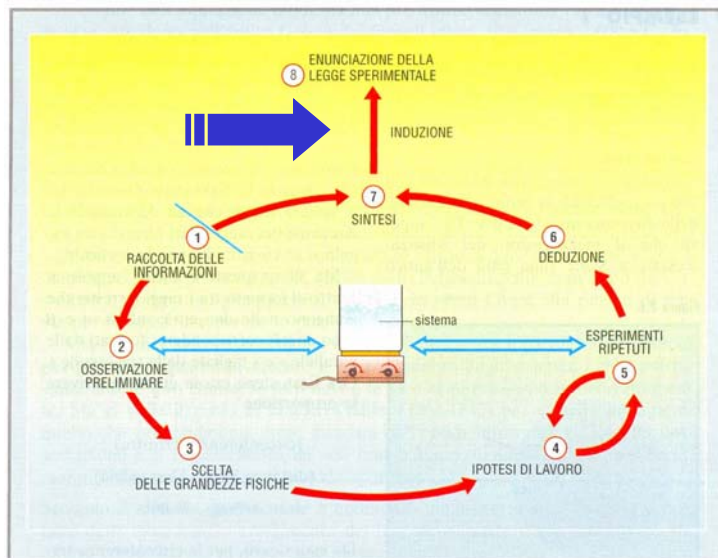
39

Validità della Legge Fisica

- Non ha senso parlare di «*legge sperimentale*» in astratto.
- Ogni legge sperimentale non ha senso, perché ognuna di esse ha un ben preciso campo di applicabilità.
- *Nell'esempio di un corpo che cade da una torre, la legge che descrive il moto ($x(t)$, $v(t)$, ed a) vale soltanto se si può trascurare il frenamento dell'aria. Al di fuori di queste condizioni la legge non è valida.*



Induzione

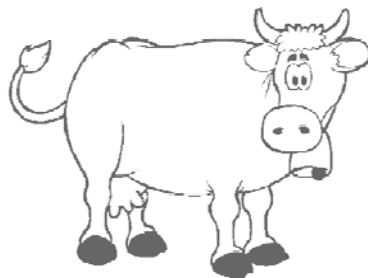
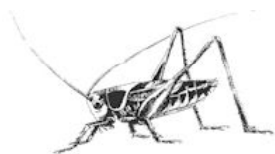


Il metodo scientifico

- Il termine “scienza” indica il sapere inteso come **insieme organico di conoscenze correlate in modo logico**. Si riferisce ad un tipo di conoscenza che ha in sé il metodo per verificare gli enunciati in modo da garantire la propria validità.
- Come tale, la scienza rappresenta il grado massimo della **certezza** (nella realtà riduce le incertezze) ed è l'opposto dell'**opinione** che, invece, caratterizza l'assenza di garanzie.
- Componenti metodologiche fondamentali della scienza:
 - La **deduzione** che, partendo da principi indimostrabili (postulati o assiomi), sviluppa proposizioni consistenti fino anche a costituire l'intero apparato della disciplina (come nel caso delle scienze formali: logica, matematica e geometria);
 - l'**induzione** (presente nelle scienze della natura: chimica, fisica, biologia e geologia), che si basa sulla riproducibilità degli esperimenti e sulla verifica delle ipotesi poste per costruire le leggi di relazione tra i dati ottenuti con gli esperimenti;
 - la **tassonomia**, che costituisce la componente sistematica (classificatoria e descrittiva) necessaria e preliminare per tutte le discipline scientifiche.
- Una **metodologia** è l'insieme dei protocolli (norme e tecniche) di ricerca di cui si avvale una disciplina.

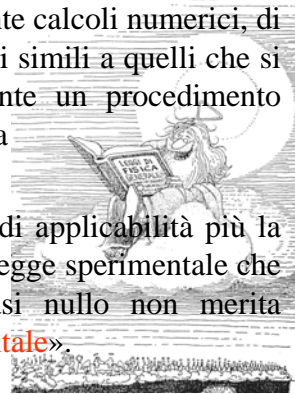


Logica deduttiva e Logica induttiva

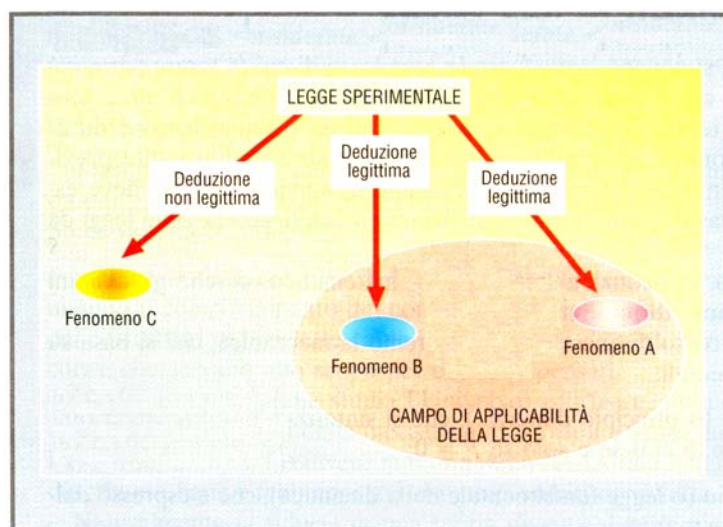


Validità della Legge Fisica

- Il primo uso di una legge sperimentale consiste nella **deduzione**, effettuata di solito mediante calcoli numerici, di previsioni sullo svolgersi di fenomeni simili a quelli che si sono utilizzati per ottenere (mediante un procedimento induttivo) la legge sperimentale stessa
- Naturalmente, più vasto è il campo di applicabilità più la legge è significativa; viceversa, una legge sperimentale che ha un campo di applicabilità quasi nullo non merita nemmeno il nome di «**legge sperimentale**».

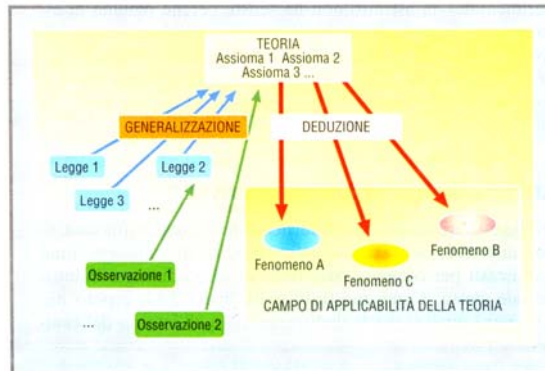


Validità della Legge Fisica



Teorie Fisiche

- Le leggi sperimentali sono utilizzate, oltre che direttamente per predire risultati, anche per costruire le teorie. È questo un ulteriore processo di generalizzazione che ci porta un passo più lontano dall'osservazione e dagli esperimenti.



Elementi di Fisica e Biomeccanica
A.A. 2015-2016 Prof. Nicola Cavallo

51

Principi Fisici (o assiomi)

- I **principi** sono scelti da coloro che propongono la teoria come punto di partenza di un sistema logico-deduttivo.
- Da essi si possono dedurre molte leggi sperimentali e quindi molte previsioni sullo svolgimento dei fenomeni in un campo di applicabilità che deve essere almeno tanto vasto quanto l'unione dei campi di applicabilità delle leggi da cui si è partiti.
- In altri campi della scienza gli assiomi sono di tipo qualitativo, cioè discorsivo. Sono enunciati verbali che però hanno un enorme potere predittivo: *basti pensare alla teoria neo-darwiniana della selezione naturale della specie.*



Elementi di Fisica e Biomeccanica
A.A. 2015-2016 Prof. Nicola Cavallo

52

Principi Fisici (o assiomi)

- Per esempio la meccanica si basa su tre principi fondamentali:

- **Primo principio** (Principio d'inerzia) che sintetizza in modo matematico nell'espressione:

$$\vec{a} = 0 \quad \text{se e solo se} \quad \vec{F} = 0$$

- **Secondo principio** (o legge fondamentale della dinamica), che è espresso dalla relazione

$$\vec{F} = m\vec{a}$$

- **Terzo principio** (o principio di azione e reazione):

$$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$$

- Da essi possiamo dedurre un numero enorme di conseguenze (come vedremo in seguito).



Modello

- Gli scienziati attribuiscono spesso il nome di **modello** a una teoria che è utile in un certo campo di applicabilità, ma contiene semplificazioni o ipotesi arbitrarie, non del tutto soddisfacenti.

- Talvolta viene degradata a modello una teoria che si è dimostrata non corrispondente a tutti i risultati sperimentali, ma tuttora ancora utile per predire in modo semplice alcuni fenomeni.

- Altre volte, un modello è una teoria non ancora completa che, però, promette di assumere una validità più generale, una volta che venga integrata con nuove informazioni.

