



6 Marzo 2018

BENVENUTI AL CORSO DI FISICA I

Prof.ssa Stefania Bufalino

Corso: PIU-ROR

1. Introduzione al corso - come prepararsi all'esame
2. Limiti della validità della fisica classica
3. Il metodo scientifico
4. Cenni di teoria della misura e di analisi delle incertezze

Struttura del corso

- Lezioni frontali (76 ore)

Le lezioni saranno tenute ogni settimana in AULA 4 con il seguente orario:

Martedì 11:30 - 13:00

Giovedì 16:00 - 17:30

Venerdì 08:30 - 11:30

- Esercitazioni (18 ore per ogni squadra)

Squadra B: RAINERO - ROPPOLO / Lunedì 8:30 - 10:00 in Aula 75

Squadra A: PIU - RAIMONDO / Lunedì 10:00 - 11:30 in Aula 55

- Ricevimento studenti Mercoledì dalle 14:00 alle 16:00

presso il mio ufficio che è situato al III piano del Dipartimento di Scienza Applicata e Technologia (DISAT) in corrispondenza dell'ingresso 2

Struttura del corso

Laboratorio di Fisica I

- Data e luogo di inizio: Lunedì 19 Marzo alle 11:30 nei Laboratori situati presso l'ingresso 2 del Dipartimento di Scienza Applicata e Technologia (DISAT)
 - Due esperienze della durata di 3 ore ciascuna:
- 1. Test di validità del Teorema del Limite Centrale in Misure di Radioattività
- 2. Proprietà vettoriali della somma di Forze, dimostrazione della formula del calcolo della costante di molle poste in serie, dimostrazione del teorema di conservazione dell'energia
- La descrizione delle esperienze sarà resa disponibile sul portale della didattica con avviso via e-mail.

Gli studenti che frequentano per la prima volta il corso di Fisica 1 e che intendono frequentare il laboratorio sperimentale sono invitati a:

- prendere visione degli obblighi e delle norme di comportamento in laboratorio
- segnalare nel foglio circolato oggi in aula il loro nome e cognome e prenotarsi informaticamente attraverso la propria pagina del Portale della Didattica, entro la prima settimana di lezione (scadenza iscrizione 12 Marzo 2018).

Modalità d'esame

- ④ L'esame consiste nel superamento di **due prove obbligatorie**
- ④ - **prova scritta:** si richiede la soluzione di 2 problemi di cui uno obbligatorio. Ciascun esercizio vale 16 punti. Se non si ottiene un punteggio minimo di 14 punti nel primo esercizio l'esame non viene considerato sufficiente per accedere all'orale
- ④ - **prova orale:** si accede all'esame orale solo se la prova scritta è stata superata con un voto maggiore o uguale a 16/30
- ④ Una descrizione dettagliata di tutte le regole di esame sarà resa disponibile a breve sul portale della didattica.

Esempio prova scritta

- Il voto minimo per superare la prova scritta è pari a 16/30 e il secondo esercizio viene corretto **SOLO** se si ottiene un punteggio minimo pari a 14 nell'esercizio 1 che è obbligatorio.

- Gli esercizi devono essere svolti scrivendo **tutte** le formule utilizzate. Se vengono introdotti simboli diversi da quelli dati nel testo bisogna definirli prima di utilizzarli nella soluzione.

Esercizio 1 OBBLIGATORIO (16 punti)

Un cilindro, le cui pareti sono realizzate con un materiale conduttore, ha un pistone mobile e contiene n moli di gas ideale H_2 inizialmente in equilibrio a temperatura T_A e volume V_A (punto A). Il volume viene espanso lentamente fino a raggiungere il valore V_B , (punto di equilibrio B), mentre una sorgente calda scambia calore con il cilindro in modo tale che la temperatura e il volume del gas soddisfino la seguente relazione: $VT^3 = \text{const}$ lungo la trasformazione AB. Il pistone viene poi bloccato e il cilindro viene messo in contatto termico con una sorgente di calore, che scambia lentamente calore con il cilindro fino a quando la temperatura raggiunge il valore T_A (punto di equilibrio C). Infine il cilindro viene posto in contatto con una sorgente termica a temperatura T_A e il pistone viene compresso lentamente fino a raggiungere di nuovo un volume pari a V_A .

Trovare:

- 1) La pressione p_A
- 2) La formula della pressione $p=p(V)$ in funzione del volume V lungo AB
- 3) Le pressioni (p_B, p_C) e le temperature (T_B, T_C) nei punti B e C
- 4) Il lavoro W_{AB} del gas lungo la trasformazione AB
- 5) La variazione S_{AB} di entropia lungo la trasformazione AB
- 6) Il lavoro W_{BC} del gas lungo la trasformazione BC
- 7) Il lavoro W_{CA} del gas lungo la trasformazione CA

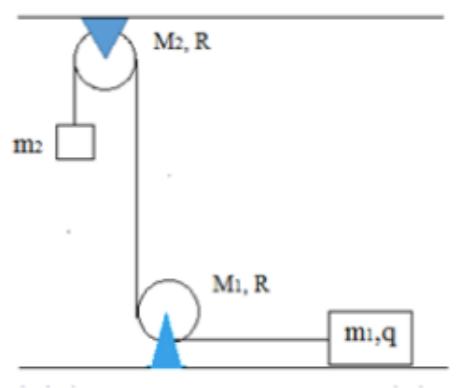
DATI: $T_A=500\text{ [K]}$; $V_A = 2\text{ [litro]}$; $V_B = 8V_A$; $n=0.244$; $R=0.082\text{ [atm*l/(K*mole)]}$

Esercizio 2 (16 punti)

Una corda ideale ha un estremo A connesso a una mass m_2 , e avvolge una puleggia a forma di disco di massa M_2 e raggio R , fissata al soffitto per poi scendere verso il pavimento dove avvolge una seconda puleggia a forma di disco con massa M_1 e raggio R .

1

La seconda puleggia e' fissata al pavimento, e ha una massa m_1 connessa al secondo estremo della corda (vedi Figura). Una carica elettrica puntiforme q si trova al centro della massa m_1 . Il pavimento ha una superficie molto grande S e contiene una carica uniformemente distribuita Q . Il coefficiente di attrito dinamico tra m_1 e il pavimento e' μ_d . La viscosita' dell'aria e' trascurabile. Al tempo $t=0$, m_2 si muove verso il basso.



Trovare:

- a) La forza elettrostatica \vec{F}_e su m_1
- b) La tensione T_2 della corda tra M_2 e m_2
- c) La tensione T della corda tra M_1 e M_2
- d) La tensione T_1 della corda tra M_1 e m_1
- e) L'accelerazione (modulo and direzione) di m_2

DATI: $m_2 = 2\text{ [kg]}$; $m_1 = M_1 = M_2 = 3\text{ [kg]}$; $R=0.1\text{ [m]}$; $Q = -1 \cdot 10^{-4}\text{ [C]}$; $q = -1 \cdot 10^{-4}\text{ [C]}$

$$S = 40\text{ [m}^2\text{]}; \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \approx 9 \cdot 10^9 \left[\frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2} \right]; \mu_d = 0.4$$

Regole d'esame

② Da non dimenticare:

- Bisogna sostenere l'esame scritto avendo un'ottima preparazione anche per la prova orale tenendo in considerazione il fatto che l'esame orale potrebbe iniziare a distanza di poche ore o giorni dalla prova scritta.

③ Poche regole:

1. prenotare almeno 7 giorni prima della data dell'esame: gli studenti non prenotati, non potranno sostenere l'esame;
2. se lo studente non arriva puntuale alla prova scritta, la prenotazione viene annullata;
3. se lo studente si siede in aula per sostenere la prova deve restituire al docente, entro la fine del tempo dato per sostenere l'esame scritto, tutti i fogli a sua disposizione, anche in caso di ritiro;
4. se lo studente non supera la prova scritta (cioè il voto è < 16/30), il non superamento viene registrato;
5. se lo studente supera la prova scritta (cioè il voto è maggiore o uguale a 16/30), ma non supera la parte orale, l'esame viene registrato come "respinto";
6. se lo studente non supera l'esame, può prenotarsi nuovamente per l'appello successivo previsto dal calendario di esami.

Materiale non concesso durante la prova scritta

- a) I libri di testo, appunti, note a stampa e calcolatrici programmabili NON sono consentiti durante la prova scritta;
- b) telefoni cellulari e notebook non sono autorizzati. Gli studenti che utilizzano tali dispositivi durante l'esame scritto non potranno più continuare a sostenere la prova scritta;
- c) nessuna comunicazione tra gli studenti o via internet è consentita durante l'esame: in caso di comunicazione durante il test la prova scritta verrà sospesa per gli studenti in questione e il docente prenderà nota dei nomi degli studenti coinvolti;
- d) il testo della prova scritta insieme alla soluzione dei problemi proposti in sede di esame verranno pubblicati sul portale alle fine della correzione di tutte le prove scritte.

Materiale didattico

- ④ IL Libro di testo che adotteremo durante il corso e':
"Fisica, Volume I (II edizione)" di P. Mazzoldi, M. Nigro e C. Voci -
edizioni EdiSES.
- ④ Qualche suggerimento per chi intende adottare altri testi per gli esercizi
(oltre a quelli presenti nel libro di testo):
 1. S. Longhini, M. Nisoli, R. Osellame, S. Stagira "Fisica Generale
(Problemi di Meccanica e Termodinamica)", Esculapio, II Edizione
 2. C. del Papa, M.P. Giordani, G. Giugliarelli "Problemi di Fisica con
Soluzione -Meccanica, Termodinamica, Gravitazione", Ambrosiana, I
 3. Problemi di fisica generale. Meccanica, termodinamica, teoria cinetica
dei gas. Sergio Rosati, Roberto Casali. Editore CEA

Materiale didattico

- ④ - Alcuni argomenti del libro di testo verranno integrati e/o ampliati con delle dimostrazioni che saranno disponibili sul portale della didattica sotto forma di dispense.
- ④ - Le lezioni saranno quasi sempre lezioni frontali alla lavagna. Pochi argomenti verranno presentati con slides.
- ④ - Durante le ore di teoria verranno svolti esercizi integrativi rispetto a quelli svolti durante le ore di esercitazione.

Programma del corso

INTRODUZIONE

- Il metodo scientifico.
- Generalità: ambiti di applicazione della fisica, cenni sui costituenti della materia e sulle interazioni fondamentali; limiti di validità della meccanica classica.

CENNI DI TEORIA DELLA MISURA E DI ANALISI DELLE INCERTEZZE

- Grandezze fisiche, grandezze fondamentali e derivate.
- Dimensioni delle osservabili fisiche, equazioni dimensionali.
- Cenni sulla definizione dei campioni e sistemi di unità di misura.
- L'operazione di misurazione. Misurazione diretta e indiretta.
- Tipi di incertezze sperimentali.
- Analisi degli errori e propagazione delle incertezze.
- Distribuzione normale; livelli di confidenza.

CINEMATICA DEL PUNTO

- Sistemi di riferimento. Sistemi di coordinate cartesiane e polari nel piano; cartesiane, cilindriche e sferiche nello spazio.
- Il punto materiale. Posizione, spostamento, traiettoria e legge oraria.
- Velocità e accelerazione in una e in più dimensioni.
- Moto uniforme. Moto uniformemente accelerato. Moto vario.
- Moto in coordinate cartesiane e polari. Coordinate intrinseche: accelerazione tangenziale e normale.
- Esempi di moto: moti rettilinei, moto armonico semplice, moto circolare, moto parabolico del proiettile, moto di precessione
- Cinematica dei moti relativi:
 - teorema delle velocità relative, con dimostrazione;
 - teorema delle accelerazioni relative, con dimostrazione. Accelerazione complementare o di Coriolis.

DINAMICA DEL PUNTO

- Principio d'inerzia; concetto di forza; forza e massa.
- Leggi di Newton.
- Quantità di moto e impulso: teorema dell'impulso, conservazione della quantità di moto.
- Risultante delle forze. Equilibrio. Reazioni vincolari.
- Classificazione delle forze, con riferimento alle interazioni fondamentali.
- Esempi di forze particolari considerate nel Corso: forza peso, forza di attrito radente, forza di attrito viscoso, forza elastica. Interazione gravitazionale ed elettrostatica.
- Applicazioni a sistemi semplici: piano inclinato, pendolo semplice, funi, carrucole, molle ideali.

Programma del corso

LAVORO ED ENERGIA

- Concetto di lavoro: lavoro di forze costanti, di forze variabili, definizione generale in termini dell'integrale di linea, con esempi.
- Energia cinetica. Teorema dell'energia cinetica.
- Energia potenziale e conservazione dell'energia meccanica: campi conservativi di forze ed energia potenziale. Esempi ed applicazioni.
- Calcolo della legge oraria dalla conservazione dell'energia meccanica.
- Forza conservativa come gradiente dell'energia potenziale.
- Forze dissipative, lavoro di forze dissipative, esempi fisici.
- Potenza.
- Momento angolare e momento della forza.
- Teorema del momento angolare. Conservazione del momento angolare.

MOTI RELATIVI

- Sistemi di riferimento inerziali. Relatività galileiana.
- Sistemi di riferimento non inerziali: forze apparenti.
- Studio di casi particolari:
 - moto di trascinamento rettilineo uniforme; trasformazione galileiana.
 - moto di trascinamento rettilineo accelerato.
 - moto di trascinamento rotatorio uniforme.

OSCILLAZIONI

- Oscillatore armonico semplice: equazione dell'oscillatore armonico, soluzione generale, energia.
- Oscillatore armonico smorzato da una forza viscosa. Casi di smorzamento forte, critico e debole: calcolo e discussione.
- Oscillatore armonico forzato: equazione nel caso di una forzante armonica, impostazione del calcolo e discussione del risultato: analisi della risposta in funzione della frequenza forzante, risonanza.

Programma del corso

GRAVITAZIONE ED ELETROSTATICA

- Forze centrali: definizione e proprietà.
- Moto di un punto materiale in un campo di forze centrali: velocità areale.
- Le tre leggi di Keplero.
- Legge di gravitazione e sua deduzione dalle leggi di Keplero.
- Massa inerziale e massa gravitazionale, cenni.
- Campo gravitazionale, potenziale ed energia potenziale gravitazionale.
- Superficie equipotenziali e curve di livello. Linee di campo.
- Velocità di fuga.
- Equazioni del moto: cenni sul procedimento di determinazione della traiettoria – coniche, possibili traiettorie. Energia potenziale efficace e suo significato come moto in SR non inerziale. Grafici dell'energia.
- Elettrostatica: introduzione sulla fenomenologia degli effetti elettrostatici. Forza di Coulomb.
- Campo elettostatico, potenziale ed energia potenziale elettrostatica. Linee di campo.
- Teorema di Gauss per il campo gravitazionale e per il campo elettrico:
 - definizione di flusso.
 - enunciato e dimostrazione - angolo solido.
 - alcuni esempi: sfera omogenea, guscio sferico, filo indefinito

DINAMICA DEI SISTEMI DI PUNTI MATERIALI

- Sistemi di punti, discreti e continui. Forze interne e forze esterne.
- Centro di massa di un sistema di punti.
- Teorema del moto del centro di massa – I legge cardinale della dinamica. Conservazione della quantità di moto.

Programma del corso

- Teorema del momento angolare, dimostrazione con polo mobile – Il legge cardinale della dinamica. Conservazione del momento angolare.
- Sistema di riferimento del centro di massa. Teoremi di König.
- Teorema dell'energia cinetica. Conservazione dell'energia meccanica e lavoro delle forze non conservative.
- Urto tra punti materiali: condizioni generali, sistemi del laboratorio e del centro di massa.
- Urto elastico, urto anelastico, urto completamente anelastico. Esempi di calcolo.
- Proprietà dei sistemi di forze applicate a punti diversi. Coppia di forze.
- Possibilità di ridurre un sistema di forze a una risultante e un momento risultante: solo enunciato.
- Sistemi di forze parallele. Caso della forza peso: centro di gravità o baricentro.

DINAMICA DEL CORPO RIGIDO

- Definizione di corpo rigido. Moto di un corpo rigido: traslazione, rotazione, rototraslazione.
- Corpo continuo: densità, posizione del centro di massa.
- Rotazioni rigide attorno ad un asse fisso in un sistema di riferimento inerziale.
- Momento d'inerzia. Teorema di Huygens-Steiner.
- Effetti del non parallelismo tra momento angolare e asse di rotazione.
- Equazione del moto di rotazione. Calcolo di energia cinetica e lavoro.
- Moto di puro rotolamento.
- Cenni si statica: condizioni di equilibrio di un corpo rigido, esempi ed applicazioni.

PROPRIETA' MECCANICHE DEI FLUIDI

- Generalità sui fluidi. Pressione, lavoro delle forze di pressione.
- Statica dei fluidi: equilibrio in presenza della forza peso. Legge di Stevino ed applicazioni: paradosso idrostatico, principio dei vasi comunicanti, barometro di Torricelli. Principio di Pascal. Principio di Archimede.
- Moto di un fluido: descrizioni euleriana e lagrangiana; regime stazionario; linee di corrente e tubo di flusso; portata; legge di Leonardo.
- Teorema di Bernoulli per i fluidi ideali: enunciato, dimostrazione ed esempi.

Programma del corso

PRIMO PRINCIPIO DELLA TERMODINAMICA

- Definizioni: sistema termodinamico; ambiente; universo termodinamico; sistemi aperti, chiusi, isolati; variabili termodinamiche; stato termodinamico; stato termodinamico di equilibrio, variabili di stato; equazione di stato; trasformazione termodinamica; contatto termico; parete diatermica; parete adiabatica; sistema adiabatico.
- Termometria: principio dell'equilibrio termico, o principio zero della termodinamica. Definizione operativa di temperatura: caratteristica termometrica, funzione termometrica, termometro. Punti fissi, temperatura empirica, scale termometriche.
- Esperimenti di Joule sui sistemi adiabatici ed equivalenza tra calore e lavoro. Definizione operativa di calore.
- Primo principio della termodinamica. Energia interna.
- Trasformazioni termodinamiche reversibili e irreversibili. Trasformazioni quasi-statiche.
- Calorimetria. Calore specifico, capacità termica. Processi isotermi, cambiamenti di fase.
- Trasmissione del calore.

GAS IDEALI E GAS REALI

- Richiami sull'equazione di stato di un gas ideale.
- Esempio: termometro a gas ideale a volume costante.
- Trasformazioni di un gas ideale: lavoro; calore; energia interna, esperienza di Joule sull'espansione libera di un gas, espressione esplicita dell'energia interna. Relazione di Mayer. Trasformazioni generiche. Trasformazioni adiabatiche e trasformazioni isotermi. Trasformazioni cicliche, rendimento.
- Ciclo di Carnot, calcolo del rendimento.
- Ciclo frigorifero: definizione di efficienza.
- Teoria cinetica del gas ideale
 - premesse del modello cinetico
 - calcolo della pressione
 - significato microscopico (cinetico) della temperatura
 - equipartizione dell'energia
 - significato cinetico del calore.

Programma del corso

SECONDO PRINCIPIO DELLA TERMODINAMICA

- Enunciati di Kelvin-Planck e di Clausius del secondo principio della termodinamica. Equivalenza tra i due enunciati.
- Teorema di Carnot: enunciato e dimostrazione, studio del rendimento massimo.
- Temperatura termodinamica assoluta, definizione dell'unità kelvin, zero assoluto.
- Teorema di Clausius.
- Funzione di stato entropia:
 - o definizione
 - o principio di aumento dell'entropia – formulazione matematica del secondo principio della termodinamica
 - o energia inutilizzabile
 - o cenni sul significato probabilistico dell'entropia

Introduzione alla Fisica

- ④ La fisica è una scienza il cui obiettivo è lo studio dei componenti della materia e delle loro interazioni reciproche.
- ④ In base a questi componenti e alle loro interazioni, lo scienziato cerca di spiegare le proprietà della materia e tutti gli altri fenomeni naturali che possiamo osservare
- ④ Scienza fondamentale e sperimentale che studia i costituenti della materia e le loro interazioni
 - ④ - Meccanica: moto dei corpi e le sue cause
 - ④ - Termodinamica: fenomeni connessi con lo scambio di quantità di calore
 - ④ - Acustica: suono e sua propagazione
 - ④ - Ottica: luce e sua propagazione
 - ④ - Elettromagnetismo: fenomeni legati alle interazioni elettriche e magnetiche

Fisica classica

La Fisica Classica è DETERMINISTICA

④ Alcuni ingredienti fondamentali:

- Viviamo in un mondo tridimensionale, nel quale il movimento è scandito dal tempo. Gli intervalli spaziali e temporali sono invarianti rispetto al sistema di riferimento in cui vengono misurati.
 - L'universo in cui descriviamo i fenomeni fisici è omogeneo e isotropo; il tempo è omogeneo.
 - Le variabili che descrivono i sistemi sono continue.
- ④ Secondo la fisica Classica, in linea di principio, il risultato di qualunque esperimento futuro può essere previsto con certezza assoluta.

La crisi della fisica classica

La scienza di fine '800 si basava su due pilastri della fisica classica:

- La meccanica
- L'elettromagnetismo

In cui si identificavano due tipi di fenomeni, quelli corpuscolari e quelli ondulatori, che avevano forme di evoluzione diverse e inconciliabili tra loro.

Alcuni lavori sperimentali, realizzati, verso la fine dell'800, mostrarono in modo indiscutibile delle caratteristiche in netto contrasto con quanto previsto dalla fisica classica.

Nasce agli inizi del '900 la meccanica quantistica

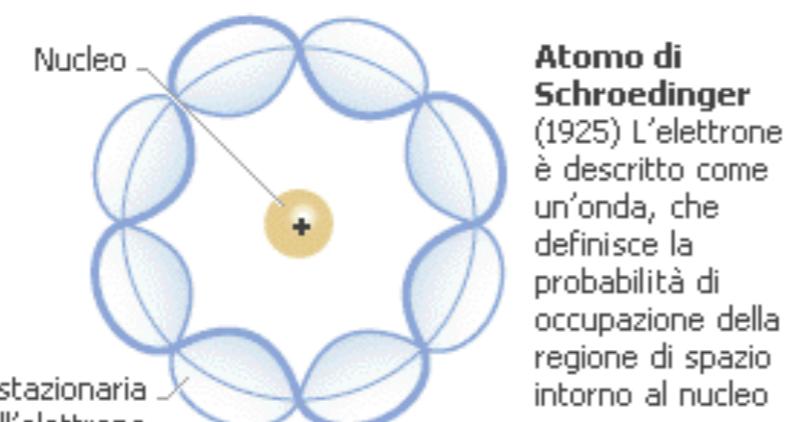
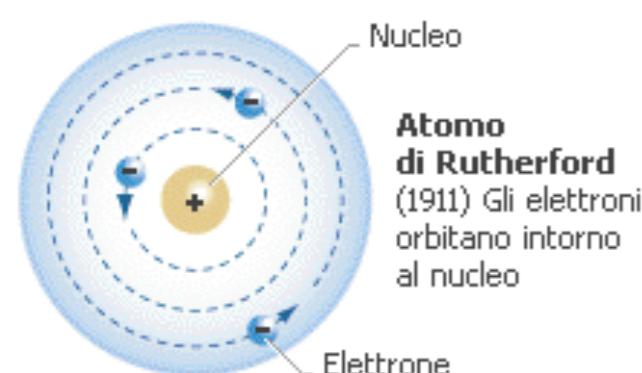
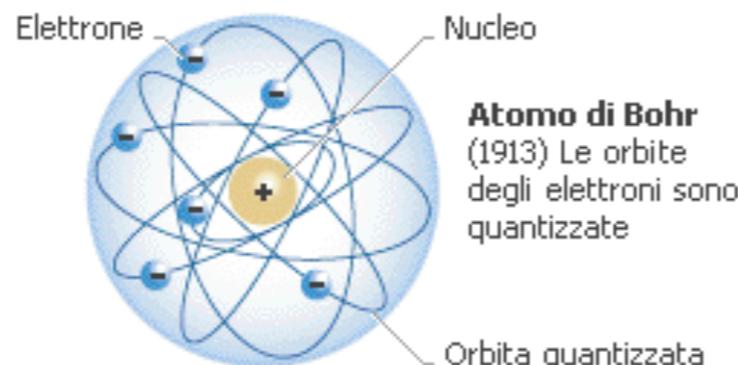
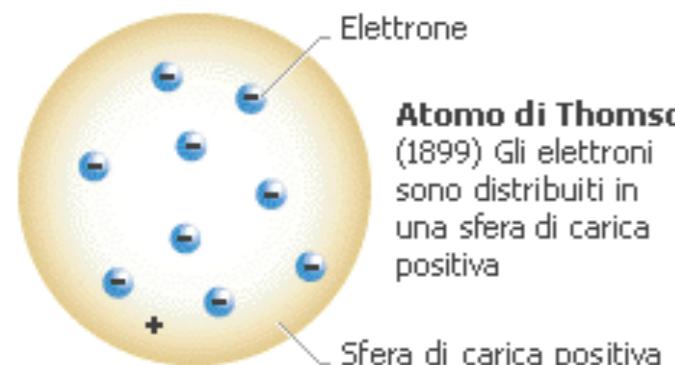
Fisica Moderna

1. La meccanica quantistica, introdusse nello studio dei fenomeni naturali un atteggiamento opposto a quello tradizionale sostituendo alle previsioni univoche sul moto dei corpi, tipiche della meccanica classica, previsioni regolate dal concetto di probabilità.

La Fisica Moderna NON È DETERMINISTICA

2. La meccanica quantistica concerne la descrizione dei fenomeni che avvengono su scala microscopica (atomica, subatomica, nucleare, subnucleare)

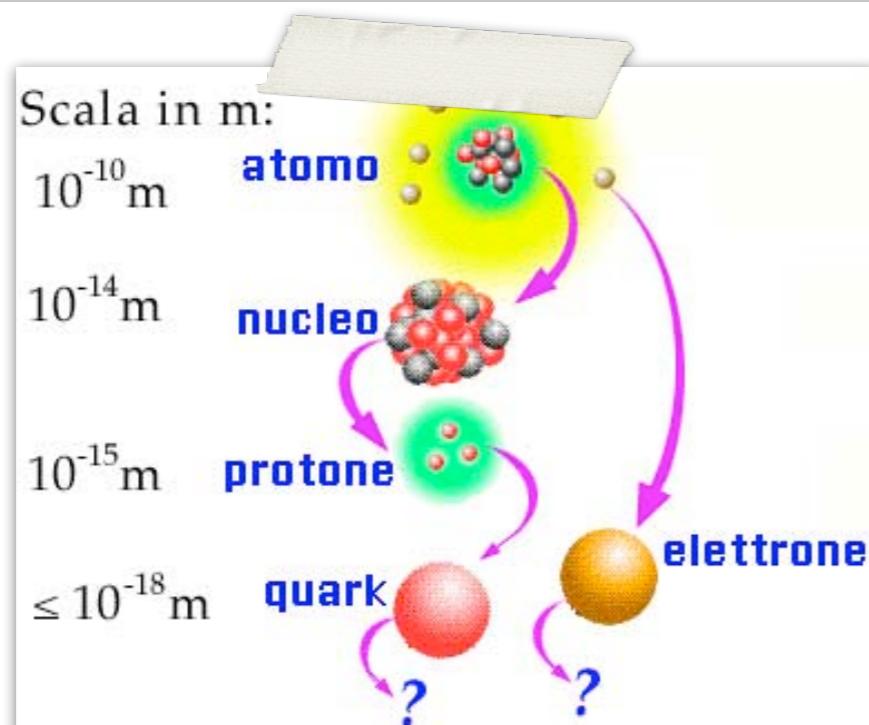
I mattoni della materia



© Microsoft Corporation. Tutti i diritti riservati.

Un esempio di sistema quantistico

Atomo → sistema neutro
→ Molecole → Materia ordinaria
distribuita a livello macroscopico
con continuità
(solido, liquido, gassoso)



Particella	Carica elettrica (C)	Carica relativa al protone	Massa (kg)
elettrone (e)	$-1,621 \cdot 10^{-19}$	-1	$9,109 \cdot 10^{-31}$
protone (p)	$+1,621 \cdot 10^{-19}$	+1	$1,673 \cdot 10^{-27}$
neutrone (n)	0	0	$1,675 \cdot 10^{-27}$

Forze fondamentali

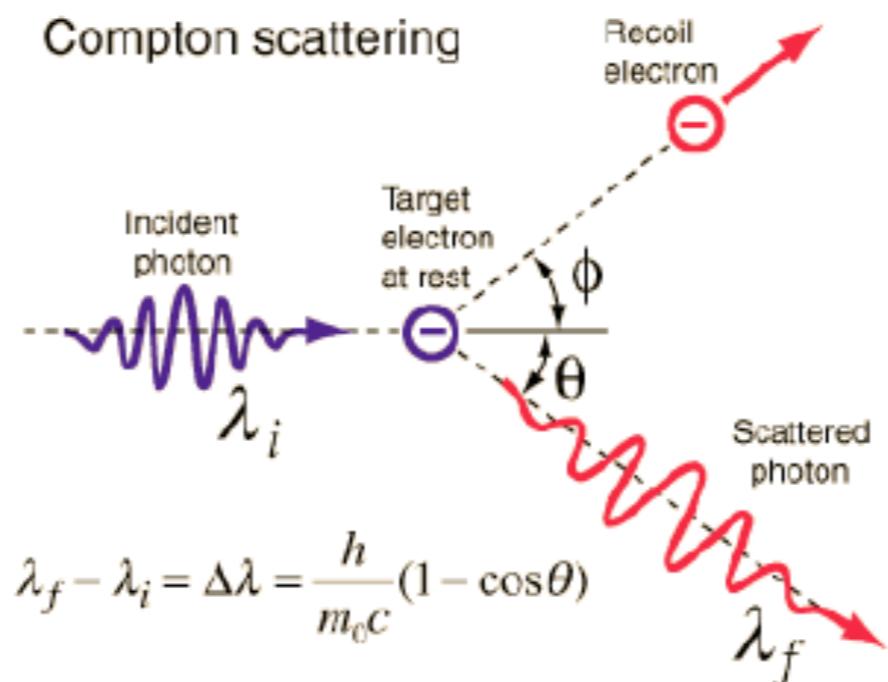
Forza	Raggio d'azione	Intensità relativa	Carica	Esempi
Gravitazionale	∞	10^{-38}	Massa	caduta dei gravi, moti celesti..
Elettromagnetica	∞	1/137	carica elettrica	proprietà elettriche, magneti, chimica, ..
Forte	10^{-15} m	1	colore	Coesione nucleare, stabilità del protone
Debole	10^{-18} m	10^{-14}	sapore	radioattività, energia del sole e delle stelle

Un esempio: L'effetto Compton

Nel 1923 il fisico americano Arthur Compton sperimentò che l'interazione fra elettroni e quanti di luce avveniva come fra due particelle.



Arthur Holly Compton
(1892-1962)



- La lunghezza d'onda della radiazione, quindi la sua energia, cambia a seconda dell'angolo di emissione analogamente a cio' che succede negli urti elastici fra due sfere!
- Se il fotone, il quanto di radiazione elettromagnetica, è pensato come un corpuscolo dotato di quantità di moto, allora per esso deve valere tutta la teoria degli urti usuali dotati di quantità di moto.

Fisica (Classica e Moderna) + Ingegneria → impatto sulla società



La conoscenza dell'effetto Compton ha permesso di realizzare dispositivi medici per diagnostica altamente sofisticati

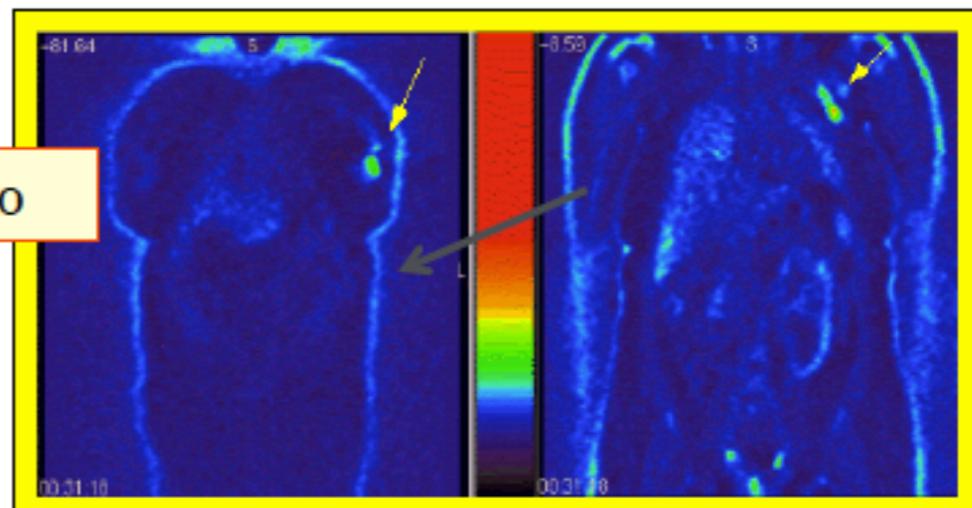
PET:
collimazione
elettronica



Immagine di un tumore al seno ottenuta con la tecnica PET, la dimensione della massa tumorale è di qualche mm



Immagini del cervello



La PET oggi è molto diffusa e praticata grazie anche agli enormi progressi fatti nella produzione di cristalli BGO a basso costo da parte degli esperimenti di fisica delle particelle.

IL metodo scientifico

Osservazione

→ punto di partenza di qualunque conoscenza scientifica

Il metodo sperimentale fu introdotto e messo a punto da Galileo Galilei nel 16° secolo e si articola in 4 fasi distinte:

1. osservazione del fenomeno (fase sperimentale).
Schematizzazione: individuazione delle cause.
2. modellizzazione. Scelta delle grandezze fisiche essenziali alla descrizione del fenomeno.
3. riproduzione del fenomeno "prova e riprova"
4. formulazione quantitativa e derivazione delle leggi fisiche che concorrono alla formulazione di una teoria



IL metodo scientifico

Metodo basato su misure ed esperimenti

Lo scopo è una descrizione OGGETTIVA e QUANTITATIVA dei fenomeni naturali che osserviamo

La FISICA si basa sulla MISURA delle GRANDEZZE FISICHE implicate nelle LEGGI che regolano i fenomeni naturali

Si può parlare di GRANDEZZA FISICA solo quando è possibile darne la sua DEFINIZIONE OPERATIVA

→ modalità con cui MISURARE la grandezza in questione.

La MISURA è una tecnica mediante la quale associamo ad una grandezza fisica un valore numerico con la sua unità di misura

Grandezze fisiche e la loro misura

Per poter rendere comprensibile l'esperimento (o semplicemente la misura) e poterlo eseguire in modo ripetibile anche in altri luoghi, per poter discutere il risultato con scienziati anche di altre lingue, è necessario definire con quali **unità di misura** l'esperimento viene eseguito.

La Misura di una grandezza fisica è il numero che risulta dal confronto della grandezza da misurare con un'altra grandezza, ad essa omogenea, assunta come riferimento

- campione di misura o **unità di misura**
- **Sistema Internazionale** di unità di misura (**Système International d'Unités**) e abbreviato in **SI** che è il più diffuso tra i sistemi di unità di misura.
- Le unità e gli altri elementi del SI vengono stabilite dalla **Conférence Générale des Poids et Mesures**, CGPM.

SI: le unità di base



Grandezza	Nome	Simbolo	Definizione
Lunghezza	metro	m	"I metro è la lunghezza del tragitto compiuto dalla luce nel vuoto in un intervallo di tempo di 1/299 792 458 di secondo"; è così fissata, per definizione, la velocità della luce in 299 792 458 m/s
Massa	kilogrammo	kg	"I kilogrammo è l'unità di massa ed è eguale alla massa del prototipo internazionale"; il prototipo internazionale, cilindro di platino iridio, è conservato presso il BIPM (Bureau International des Poids et mesures)"
Tempo	secondo	s	"il secondo è l'intervallo di tempo che contiene 9 192 631 770 periodi della radiazione corrispondente alla transizione tra i due livelli iperfini dello stato fondamentale dell'atomo di cesio 133"
Intensità di corrente elettrica	ampere	A	"l'ampere è l'intensità di corrente elettrica che, mantenuta costante in due conduttori paralleli, di lunghezza infinita, di sezione circolare trascurabile e posti alla distanza di un metro l'uno dall'altro, nel vuoto, produrrebbe tra i due conduttori la forza di 2×10^{-7} newton per ogni metro di lunghezza"
Temperatura termodinamica	kelvin	K	"il kelvin è la frazione 1/273,16 della temperatura termodinamica del punto triplo dell'acqua"; la temperatura termodinamica si indica con il simbolo T; il valore numerico della temperatura Celsius (indicata con t) in gradi celsius è data da: $t^{\circ}\text{C} = T/\text{K} - 273,15$.
Intensità luminosa	candela	cd	"la candela è l'intensità luminosa, in una data direzione, di una sorgente che emette una radiazione monocromatica di frequenza 540×10^{12} hertz e la cui intensità energetica in quella direzione è 1/683 watt allo steradiane"
Quantità di sostanza	mole	mol	"la mole è la quantità di sostanza di un sistema che contiene tante entità elementari quanti sono gli atomi in 0,012 kg di carbonio 12 (^{12}C). Le entità elementari devono essere specificate e possono essere atomi, molecole, ioni, elettroni, ecc., ovvero gruppi specificati di tali particelle", in questa definizione va inteso che gli atomi di ^{12}C sono non legati e nello stato fondamentale."

L'importanza dell'unità di misura!!



Douglas Isbell/Don Savage
Headquarters, Washington, DC
(Phone: 202/358-1547)

Nov. 10, 1999
Embargoed until 2 p.m. EST

RELEASE: 99-134

MARS CLIMATE ORBITER FAILURE BOARD RELEASES REPORT, NUMEROUS NASA ACTIONS UNDERWAY IN RESPONSE

Wide-ranging managerial and technical actions are underway at NASA's Jet Propulsion Laboratory, Pasadena, CA, in response to the loss of the Mars Climate Orbiter and the initial findings of the mission failure investigation board, whose first report was released today.

Focused on the upcoming landing of NASA's Mars Polar Lander, these actions include: a newly assigned senior management leader, freshly reviewed and augmented work plans, detailed fault tree analyses for pending mission events, daily telecons to evaluate technical progress and plan work yet to be done, increased availability of the Deep Space Network for communications with the spacecraft, and independent peer review of all operational and contingency procedures.

The board recognizes that mistakes occur on spacecraft projects, the report said. However, sufficient processes are usually in place on projects to catch these mistakes before they become critical to mission success. Unfortunately for MCO, the root cause was not caught by the processes in place in the MCO project.

"We have mobilized the very best talent at the Jet Propulsion Laboratory (JPL) to respond thoroughly to the specific recommendations in the board's report and the other areas of concern highlighted by the board," said Dr. Edward Stone, director of JPL. "Special attention is being directed at navigation and propulsion issues, and a fully independent 'red team' will review and approve the closure of all subsequent actions. We are committed to doing whatever it takes to maximize the prospects for a successful landing on Mars on Dec. 3."

The failure board's first report identifies eight contributing factors that led directly or indirectly to the loss of the spacecraft. These contributing causes include inadequate consideration of the entire mission and its post-launch operation as a total system, inconsistent communications and training within the project, and lack of complete end-to-end verification of navigation software and related computer models.

"The 'root cause' of the loss of the spacecraft was the failed translation of English units into metric units in a segment of ground-based, navigation-related mission software, as NASA has previously announced," said Arthur Stephenson, chairman of the Mars Climate Orbiter Mission Failure Investigation Board. "The failure review board has identified other significant factors that allowed this error to be born, and then let it linger and propagate to the point where it resulted in a major error in our understanding of the spacecraft's path as it approached Mars."

Misure dirette e indirette

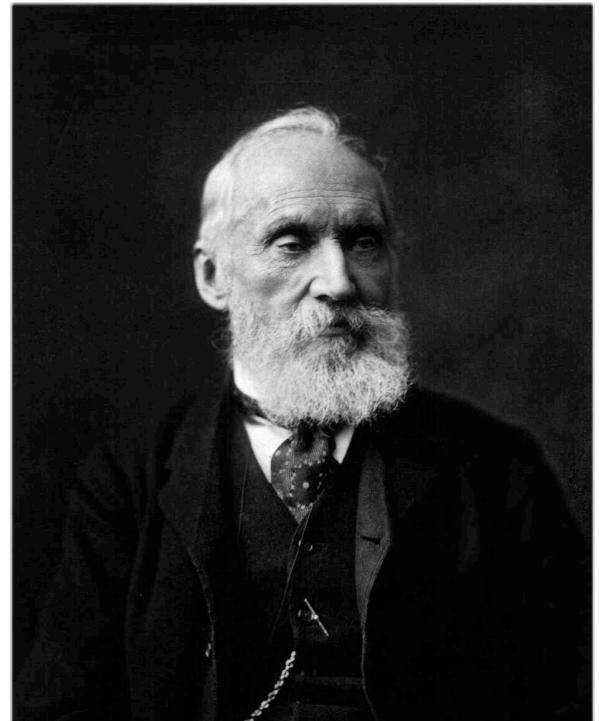
Misura diretta: consiste nel confronto diretto tra la grandezza da misurare e una grandezza della stessa specie presa come unità o nella comparazione tra la grandezza e uno strumento opportunamente tarato

Misura indiretta: si può eseguire quando una grandezza Y da misurare è funzione completamente nota di altre grandezze fisiche X_1, X_2, \dots, X_n

$$Y = f(X_1, X_2, \dots, X_n)$$

Esempio misura indiretta: La pressione P generata da una forza di modulo F su una superficie rettangolare S con bordi di lunghezza a e b e perpendicolare alla forza, è definita come:

$P = F/(a \cdot b)$ dove F è misurata utilizzando un dinamometro, a e b sono misurate mediante un righello



"Ogni qualvolta vi è possibile misurare ed esprimere per mezzo di numeri l'argomento di cui stato parlando, voi conoscete effettivamente qualcosa; quando però non vi è possibile o non ne siete capaci, scarsa ed insoddisfacente è, da un punto di vista scientifico, la vostra conoscenza" W. Thomson

Errori di una misura

Ogni osservazione sperimentale è sempre affetta da un errore (o incertezza)

Le operazioni di misura, pur eseguite con le tecniche più accurate e con gli accorgimenti più appropriati, non ci permettono mai di conoscere il valore vero, assunto da una grandezza fisica in un esperimento, nel senso più rigoroso della sua espressione numerica

Due classi di errori

- Errore sistematico: dovuto alla precisione dello strumento usato (range di linearità, massima risoluzione tra due valori vicini...). L'errore sistematico è quantificabile mediante il confronto con il risultato della stessa misura effettuata con altri strumenti di misura.
- Errore statistico: errore su misure ripetute; questo tipo di errore è dovuto a piccole variazioni della quantità da misurare o a piccole differenze nelle modalità in cui lo strumento viene utilizzato in ogni misura

Erroti di una misura

- L'errore totale assoluto Δx sulla misura di una grandezza x è data dalla somma dei moduli dell'errore statistico e dell'errore sistematico
- Effettuata una serie di N misure della grandezza x il valore vero sarà dato dalla media aritmetica delle misurazioni
- Il valore della grandezza misurata x deve essere riportato sempre come il valore medio $\pm \Delta x$
- Errore relativo: grado di precisione di una misura definito come il valore assoluto del rapporto tra l'errore assoluto e il valore della grandezza misurata
- Errore statistico (discuteremo in seguito 3 casi)
 1. numero piccolo di misure
 2. misura con un elevato "safety level"
 3. numero elevato di misure

ERROTI IN MISURE INDIRETTE

Supponiamo che x, y, z, \dots siano grandezze misurate direttamente e di cui conosciamo il valore medio e l'incertezza e vogliamo determinare l'**errore totale assoluto** su $f(x, y, z, \dots)$. Utilizziamo la seguente **definizione**

$$\Delta f(x, y, z, \dots) \equiv \left| \frac{\partial f(x, y, z, \dots)}{\partial x} \right| \cdot \Delta x + \left| \frac{\partial f(x, y, z, \dots)}{\partial y} \right| \cdot \Delta y + \left| \frac{\partial f(x, y, z, \dots)}{\partial z} \right| \cdot \Delta z + \dots$$

Come nel caso delle misure dirette viste in precedenza l'**errore relativo** sarà dato da

$$\left| \frac{\Delta f(x, y, z, \dots)}{f(x, y, z, \dots)} \right|$$

Esempio $f(x, y, z, \dots) \equiv c \cdot x^\alpha \cdot y^\beta \cdot z^\gamma \cdot \dots$ con c costante priva di errore

$$\Delta f(x, y, z, \dots) \equiv \left| \alpha \cdot c \cdot x^{\alpha-1} \cdot y^\beta \cdot z^\gamma \cdot \dots \right| \cdot \Delta x + \left| \beta \cdot c \cdot x^\alpha \cdot y^{\beta-1} \cdot z^\gamma \cdot \dots \right| \cdot \Delta y + \left| \gamma \cdot c \cdot x^\alpha \cdot y^\beta \cdot z^{\gamma-1} \cdot \dots \right| \cdot \Delta z + \dots$$

Errore relativo $\left| \frac{\Delta f(x, y, z, \dots)}{f(x, y, z, \dots)} \right| = \left| \alpha \cdot \frac{\Delta x}{x} \right| + \left| \beta \cdot \frac{\Delta y}{y} \right| + \left| \gamma \cdot \frac{\Delta z}{z} \right| + \dots$