



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI DI MILANO-BICOCCA

## SYLLABUS DEL CORSO

### Laboratorio I

2223-1-E3001Q091

---

#### Obiettivi

Obiettivi

Sviluppare una miglior comprensione delle leggi fisiche nell'ambito della meccanica, termodinamica ed ottica geometrica dall'osservazione diretta dei fenomeni.

Imparare ad affrontare un esperimento di fisica: studiare il problema e la strumentazione necessaria; pianificare lo svolgimento e la raccolta dei dati; elaborare i dati raccolti ed effettuare un'analisi statistica; interpretare criticamente i risultati ottenuti e scrivere una relazione.

Lavorare in team: comunicazione, coordinamento, organizzazione, iniziativa.

#### Contenuti sintetici

Contenuti sintetici

Lezioni

introduzione al laboratorio, elementi di statistica ed elaborazione dati : elementi di teoria delle probabilità. Analisi statistica degli errori casuali, istogrammi e distribuzione di frequenza. Funzione densità di probabilità. Distribuzione di Gauss, Binomiale e di Poisson, proprietà e applicazioni. Propagazione degli errori. Principio di massima verosimiglianza. Adattamento di funzioni a coppie di dati con il metodo dei minimi quadrati. Test del  $\chi^2$ . Media pesata.

Esperimenti

studio di moti, urti centrali elastici e anelatici. Attrito. Elasticità. Torsione. Momenti di inerzia. Onde stazionarie su

una corda tesa. Onde acustiche e velocità del suono nei gas. Oscillatore armonico smorzato e forzato, risonanza. Misura della costante di gravitazione universale, Legge di Coulomb. Misure di densità, viscosità, dinamica dei fluidi. Calorimetria. Legge di Joule. Trasformazioni isoterme e adiabatiche di gas. Ottica geometrica, prismi, lenti sottili.

## Programma esteso

Programma esteso

### LEZIONI

- Introduzione, metodo sperimentale, caratteristiche degli strumenti di misura.
- Elementi di teoria delle probabilità. Leggi della probabilità. Teorema di Bayes.
- Stime di valore centrale e stime di dispersione. Media e varianza. Istogrammi. Calcolo di media e varianza dalle frequenze.
- Valore di aspettazione e varianza della popolazione. Valor medio e varianza di combinazioni lineari. Varianza della media ed errore standard della media.
- Variabili casuali continue e funzione densità di probabilità. Funzione di Gauss e sue proprietà. Significato statistico della deviazione standard. Teorema del limite centrale. Gaussiana standardizzata e integrali degli errori.
- Misure indirette e propagazione degli errori: formula generale per funzioni di una e più variabili. Covarianza e correlazione.
- Stima di parametri e proprietà degli estimatori. Metodo di massima verosimiglianza. Esempio: stima di valore centrale e varianza di una variabile con f.d.p. di Gauss.
- Adattamento ad una retta di coppie di dati con il metodo dei minimi quadrati. Minimi quadrati pesati. Adattamento di altre funzioni a coppie di dati.
- Test di ipotesi. Variabile  $\chi^2$  e sua f.d.p. Test del  $\chi^2$  per l'adattamento di una retta a coppie di dati e di una f.d.p ad un istogramma.
- Compatibilità di una misura con un valore atteso. Media pesata di più misure.

Distribuzione di probabilità Binomiale e distribuzione di Poisson.

### ESPERIMENTI

- Misure dell'accelerazione di gravità: pendolo semplice, pendolo reversibile di Kater, moto uniformemente accelerato.
- Misura della costante di gravitazione  $G$  con la bilancia di torsione di Cavendish.
- Urti centrali elastici ed inelastici. Moto lungo un piano inclinato, misura di coefficienti di attrito
- Pendolo di torsione e misura di momenti di inerzia
- Legge di Hook. Oscillazioni di una molla, misura della costante elastica e studio del moto armonico.

- Oscillazioni forzate e smorzate con un pendolo a torsione e costruzione della curva di risonanza
- Onde stazionarie su una corda tesa, studio delle frequenze di risonanza
- Onde acustiche in un tubo, onde stazionarie, velocità di propagazione del suono in gas diversi
- Misura del coefficiente di viscosità della glicerina con il metodo di Stokes.
- Misure di densità con la bilancia idrostatica
- Tubo di Venturi e principio di Bernoulli.
- Calorimetro delle mescolanze: calori specifici, costante di Joule, calore latente di fusione del ghiaccio
- Compressione ed espansione isoterma ed adiabatica di gas diversi.
- Misure di elettrostatica con la bilancia di Coulomb
- Misure di ottica geometrica con un banco ottico (riflessione, rifrazione, lenti sottili)

## **Prerequisiti**

Prerequisiti

Conoscenze di base degli argomenti di fisica trattati nel corso di Fisica I.

## **Modalità didattica**

Modalità didattica

- Lezione frontale sulla parte di introduzione al laboratorio e di statistica, accompagnata da esercizi con tutor.
- Esperimenti in Laboratorio svolti da gruppi di tre studenti, sotto la supervisione del docente e dei tutor.
- Discussione dei risultati degli esperimenti e della loro elaborazione in aula con il docente.

## **Materiale didattico**

Testo di Fisica I: come adottato nell'insegnamento corrispondente

Testo: "Teoria degli errori e fondamenti di statistica" M. Loreti, ed. Decibel, Zanichelli, in stampa fino al 2006, dopo <http://wwwcdf.pd.infn.it/labo/INDEX.html>

Secondo testo: "Introduzione all'analisi degli errori" John R. Taylor, ed. Zanichelli.

Per consultazione: "Statistical Methods in Data Analysis" W.J. Metzger

Slides delle lezioni disponibili sulla pagina e-learning

Esercizi di statistica svolti disponibili sulla pagina e-learning

## **Periodo di erogazione dell'insegnamento**

Periodo di erogazione dell'insegnamento

Primo e secondo semestre

## **Modalità di verifica del profitto e valutazione**

Modalità di verifica del profitto e valutazione:

Esame scritto+orale:

-Esame scritto individuale con esercizi sulla parte di statistica.

La prova scritta viene svolta prima della prova orale, a fine corso. A scelta dello studente può anche essere anticipata subito dopo la fine delle lezioni di statistica, alla fine del primo semestre.

- Consegna di tre relazioni su tre degli esperimenti svolti in laboratorio, redatte insieme dal gruppo di tre studenti, una settimana prima dell'esame orale
- Esame orale individuale. All'esame orale vengono inizialmente discusse le relazioni di laboratorio consegnate. Successivamente verrà chiesto di descrivere uno o più degli esperimenti svolti, sia dal punto di vista delle leggi della fisica coinvolte che della strumentazione utilizzata, delle modalità di raccolta dei dati e della loro elaborazione e dei risultati ottenuti. Per gli esperimenti di cui non è stata consegnata una relazione durante l'esame si farà riferimento al "quaderno di laboratorio" contenente i dati e risultati che lo studente deve portare con sé all'esame. Una o più domande riguarderanno la parte di statistica svolta a lezione.

## **Orario di ricevimento**

Orario di ricevimento su appuntamento (via email).

## **Sustainable Development Goals**

ISTRUZIONE DI QUALITÀ

---