UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI DI MILANO-BICOCCA

# COURSE SYLLABUS

# Laboratory I

**2324-1-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, gestione condivisa dei dati, 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 ?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 ?2 e sua f.d.p. Test del ?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 i 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 riguardante l'introduzione al laboratorio e il programma di statistica.

- Esercizi in aula sul programma di statistica.

- 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 adottatto 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 Analysi “ 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

La verifica del profitto e valutazione consiste di:

1. Esame scritto individuale = esercizi.
   Gli esercizi riguardano gli argomenti di statistica svolti a lezione.
   La prova scritta deve essere superata per poter accedere alla prova orale. A scelta dello studente la prova scritta può essere svolta in anticipo alla fine del primo semestre, dopo la fine delle lezioni di statistica.

2. Consegna di tre relazioni su tre degli esperimenti svolti in laboratorio redatte insieme dal gruppo di tre studenti.
   Le relazioni vanno consegnate al docente tipicamente una settimana prima dell'esame orale.

3. Esame orale individuale = colloquio sugli esperimenti svolti in laboratorio e sugli argomenti svolti a lezione. All'esame orale vengono inizialmente discusse le relazioni di laboratorio consegnate. Successivamente verrà chiesto di descrivere alcuni degli esperimenti svolti in laboratorio, 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 QUALITÁ