



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI DI MILANO-BICOCCA

## SYLLABUS DEL CORSO

### Laboratorio I - T1 (A-K)

2526-1-E3005Q006-T1

---

#### Obiettivi

##### 1. Conoscenza e capacità di comprensione

Gli studenti svilupperanno una solida comprensione delle leggi fondamentali della fisica nei settori della meccanica, termodinamica e ottica geometrica, attraverso l'osservazione diretta dei fenomeni fisici e l'analisi critica dei risultati sperimentali.

##### 2. Conoscenza e capacità di comprensione applicate

Svilupperanno la capacità di affrontare un esperimento di fisica in tutte le sue fasi:

- analisi del problema fisico,
- scelta e comprensione della strumentazione,
- pianificazione e conduzione della raccolta dati,
- elaborazione e analisi statistica dei dati,
- interpretazione critica dei risultati

##### 3. Autonomia di giudizio

Il corso promuove la capacità di valutare in modo autonomo l'affidabilità dei dati sperimentali e la coerenza tra osservazioni e modelli teorici, incoraggiando un approccio critico e riflessivo nei confronti dei risultati ottenuti.

##### 4. Abilità comunicative

Gli studenti acquisiranno competenze nella comunicazione scientifica, con particolare attenzione alla stesura di relazioni tecniche e alla discussione dei risultati in contesti collaborativi, sviluppando anche abilità di presentazione e confronto con il gruppo.

##### 5. Capacità di apprendimento

Attraverso il lavoro sperimentale e il confronto con il team, gli studenti svilupperanno la capacità di apprendere in modo autonomo, potenziando strategie di organizzazione, gestione del tempo e iniziativa personale nel contesto di un'attività scientifica condivisa.

## 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

Insegnamento con ore frontali e attività di laboratorio:

- 24 ore di lezione frontale (didattica erogativa in presenza) riguardante l'introduzione al laboratorio e il programma di statistica.
- 12 ore di esercizi sul programma di statistica in modalità erogativa in presenza.
- 60 ore di esperimenti di laboratorio svolti in modalità interattiva in presenza in gruppi di tre studenti, sotto la supervisione del docente e dei tutor.
- Discussione dei risultati degli esperimenti e della loro elaborazione in aula

## Materiale didattico

Testo di Fisica I: come adottato nell'insegnamento corrispondente

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

Secondo testo: "Teoria degli errori e fondamenti di statistica" M. Loretì, ed. Decibel, Zanichelli, in stampa fino al 2006, dopo [https://drive.google.com/file/d/1QXSZkMZ4uUo5ILtpIfk3nONMUVMJdS\\_r/view?usp=sharing](https://drive.google.com/file/d/1QXSZkMZ4uUo5ILtpIfk3nONMUVMJdS_r/view?usp=sharing)

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

Slides delle lezioni e registrazioni disponibili sulla pagina e-learning

Esercizi di statistica svolti e registrazioni disponibili sulla pagina e-learning

## Periodo di erogazione dell'insegnamento

Periodo di erogazione dell'insegnamento

Lezioni frontali: primo semestre. Laboratorio: secondo semestre.

## Modalità di verifica del profitto e valutazione

La verifica del profitto e la sua valutazione è composta di tre parti, tutte e tre obbligatorie.

1. Prova scritta individuale = esercizi. Gli esercizi riguardano gli argomenti di statistica svolti a lezione.
2. Relazioni su tre degli esperimenti svolti in laboratorio. Le relazioni vanno redatte in collaborazione dal gruppo di tre studenti che ha eseguito gli esperimenti. Le relazioni vanno consegnate al docente circa una settimana prima dell'esame orale.
3. Esame orale individuale = colloquio sugli esperimenti svolti in laboratorio e sugli argomenti svolti a lezione. Durante l'esame orale vengono inizialmente discusse le relazioni di laboratorio consegnate. Successivamente viene chiesto di descrivere uno o più 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" ossia alla raccolta dei dati con i corrispondenti risultati che lo studente deve portare con sé all'esame. Una o più domande riguarderanno la parte di statistica svolta a lezione.

La prova scritta deve essere superata per poter accedere alla prova orale. La prova scritta può essere svolta nello stesso appello della prova orale, oppure anticipata alla fine del primo semestre, dopo la fine delle lezioni di statistica (purché l'orale sia svolto nello stesso anno solare).  
La valutazione finale considera il risultato di tutte e tre le parti.

## **Orario di ricevimento**

Orario di ricevimento su appuntamento (via email).

## **Sustainable Development Goals**

ISTRUZIONE DI QUALITÀ

---