

Anno Accademico 2013-2014

Programma del Corso di

## **Laboratorio di Meccanica** (canale D)

*Prof. Cesare Bini*

Il corso si propone di fornire agli studenti le basi del metodo sperimentale attraverso la realizzazione di esperienze di laboratorio e attraverso lo studio e l'applicazione dei principali metodi di analisi dei dati. Sono proposte otto esperienze relative a problemi di meccanica del punto e di meccanica dei sistemi, ad alcuni esempi di sistemi statistici elementari, e ad un problema di dinamica dei fluidi. Gli studenti dovranno organizzarsi in gruppi di tre studenti ciascuno per lo svolgimento delle esercitazioni di laboratorio. Per la realizzazione di alcune di queste esperienze, durante il corso saranno trattati argomenti di fisica generale a complemento del corso parallelo di meccanica

Per ulteriori informazioni vedi il sito <http://www.roma1.infn.it/people/bini/corso1314.html>.

→ Introduzione al Metodo Scientifico.

→ La Misura di una grandezza fisica.

Metrologia: dimensioni fisiche, unità di misura, sistemi di unità di misura;

Il concetto di incertezza di misura: valore vero, errore ed incertezza, errori casuali e sistematici;

Esempi di misura e di valutazione di incertezza: media e deviazione standard campionaria;

Caratterizzazione grafica di una misura: istogrammi e grafici di andamenti;

Misura simultanea di due grandezze: covarianza campionaria e coefficiente di correlazione;

Come presentare il risultato di una misura: cifre significative;

Misure indirette: cenni alla propagazione delle incertezze;

Confronto tra risultati di misure: significatività e consistenza.

→ La probabilità e le variabili casuali.

Il concetto di probabilità;

Metodi di calcolo combinatorio e frequentista;

Il formalismo della probabilità: spazio degli eventi, definizione assiomatica, probabilità composte, probabilità condizionata, teorema di Bayes;

Elementi di calcolo combinatorio;

Variabili casuali: distribuzione di probabilità di variabili casuali discrete e continue, funzione cumulativa;

Variabili casuali multiple: covarianza e coefficiente di correlazione;

Momenti di una distribuzione: valore atteso e varianza;

Media e deviazione standard campionaria come variabili casuali;

Variabili casuali discrete notevoli: processo di Bernoulli, distribuzione binomiale, multinomiale, processo di Poisson, distribuzione di Poisson e distribuzione dei tempi di attesa;

Applicazioni del processo di Bernoulli: il pallinometro, la misura di efficienza, la distribuzione geometrica;

Variabili casuali continue notevoli: distribuzione uniforme, distribuzione esponenziale, distribuzione di Gauss, distribuzioni derivate dalla gaussiana: t-Student e  $\chi^2$

Importanza della gaussiana: teorema del limite centrale, limite gaussiano di variabili non gaussiane;

Formula della propagazione delle incertezze e applicazione a casi particolari.

→ Dai dati dell'esperimento al valore delle grandezze fisiche: introduzione all'inferenza.

Generalità sull'inferenza: inferenza "frequentista", inferenza bayesiana. Differenze concettuali tra i due tipi di inferenza. Il principio di massima verosimiglianza;

Inferenza per misure dirette: misura singola, misura ripetuta, conteggio poissoniano, conteggio binomiale;

Test di ipotesi: considerazioni generali. Test di consistenza tra 2 misure e test di consistenza tra una misura ed un valore teorico;

Media pesata tra misure aventi diversa incertezza;

Analisi della dipendenza funzionale: il fit con una retta, stima dei parametri, valutazione della bontà del fit, test del  $\chi^2$ , metodo dei residui.

→ Complementi di meccanica (non fanno parte del programma dell'esame orale)

Moto di un carrello su un piano inclinato: attrito radente. Fenomeno della risonanza e sua applicazione al caso delle oscillazioni forzate di un carrello.

Pendolo fisico: pendolo semplice e pendolo fisico, equazioni del moto; discussione dell'approssimazione dei piccoli angoli.

Il volano: equazione del moto in presenza di forze passive radenti e viscosità;

Moto di un fluido reale in un condotto. Considerazioni generali, fluidi reali ed ideali definizione di viscosità e viscosimetro. Moto di un fluido ideale in un condotto, teorema di Bernoulli. Moto di un fluido reale: moto laminare, portata e derivazione della legge di Hagen-Poiseuille. Moto turbolento, introduzione fenomenologica del numero di Reynolds e relazione pressione-velocità per il moto turbolento.

Discussione del regime di svuotamento di un tubo attraverso dei tubi capillari: derivazione della formula per il moto laminare e per il moto turbolento.

Il corso prevede le 8 seguenti esercitazioni di laboratorio:

Misure della densità di diversi materiali solidi

Misura dell'accelerazione di gravità con una molla

Studio del moto di un carrello su un piano inclinato

Studio dei fenomeni di conteggio

Studio del fenomeno della risonanza

Studio della legge di svuotamento di un tubo attraverso capillari

Misura dell'accelerazione di gravità con un pendolo fisico

Studio del moto di un volano

Testi consigliati:

→ C.Bini "Lezioni di Statistica per la Fisica Sperimentale", Nuova Cultura Editrice

→ G.D'Agostini - "Probabilità e Incertezze di Misura", "Le basi del metodo sperimentale" consultabili in [http://www.phys.uniroma1.it/web\\_disp/d2/index.html](http://www.phys.uniroma1.it/web_disp/d2/index.html).

→ C.Cametti, A.DeBiase "Introduzione all'Elaborazione dei dati sperimentali", CISU

→ Per la parte di complementi di meccanica: C.Bini - "Complementi di Meccanica per Laboratorio" consultabili in [http://www.roma1.infn.it/people/bini/complementi\\_meccanica.pdf](http://www.roma1.infn.it/people/bini/complementi_meccanica.pdf)