

Anno Accademico 2007-2008

Programma del Corso di

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

*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/corso0708.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 e geometrica, processo di Poisson, distribuzione di Poisson e distribuzione dei tempi di attesa;

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", cintura di confidenza, inferenza bayesiana. Cenni alle 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;

Scale non lineari, scale logaritmiche;

Analisi della dipendenza funzionale: il fit con una retta, stima dei parametri, valutazione della bontà del fit, test del  $\chi^2$ , metodo dei residui, incertezza sull' interpolazione e sull'estrapolazione;

Generalizzazione al caso di fit lineare a N parametri: matrice di covarianza dei parametri.

→ Complementi di meccanica

Oscillatore armonico smorzato: caso della forza di attrito radente e caso della forza di attrito viscoso.

Il pendolo fisico: pendolo semplice e pendolo fisico, equazioni del moto. Caso del pendolo reversibile, discussione dell'approssimazione dei piccoli angoli.

Il volano: equazione del moto in presenza di forze passive solo "radenti" ed in presenza di forze passive anche "viscose".

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:

- (1) Misure della densità di due diversi materiali solidi
- (2) Studio dei fenomeni di conteggio
- (3) Misura dell'accelerazione di gravità con una molla
- (4) Studio del moto di un carrello su un piano inclinato – I
- (5) Studio del moto di un carrello su un piano inclinato – II
- (6) Misura dell'accelerazione di gravità con un pendolo reversibile
- (7) Studio del moto di un volano
- (8) Studio della legge di svuotamento di un tubo attraverso dei capillari

Testi consigliati:

→ C.Bini "Laboratorio di Strumentazione e Misure" dispense in distribuzione e scaricabili da <http://www.roma1.infn.it/people/bini/corso0506.html>;

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

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

→ Per la parte di complementi di meccanica, è sufficiente uno qualsiasi dei manuali di Fisica Generale adottati nel corso parallelo di meccanica.