

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRIESTE
FACOLTÀ DI SCIENZE MATEMATICHE, FISICHE E NATURALI
CORSO DI LAUREA IN FISICA

Programma del corso di Esperimentazione Fisica III A I modulo
Metodi Numerici delle Equazioni Differenziali (Codice: SM054 (ex 60556) - 5 CFU)
(Marco Budinich, A.A. 2001 - 2002)

Fondamenti di architettura - cpu, bus, ram, I/O. Funzionamento delle varie componenti e registri della cpu nell'esecuzione dettagliata di un'istruzione espressa in un linguaggio ad alto livello (per esempio $c = b + a$). Program counter e stack pointer e loro funzionamento nella chiamata di funzioni.

Linguaggio C - Struttura fondamentale del linguaggio C comparata al Fortran: costanti, variabili locali e globali e loro memorizzazione nella ram. Compilatore, assembler e preprocessing. Operatori numerici e logici, espressioni, funzioni, funzioni ricorsive e principio di funzionamento, istruzioni di branch e di loop, array uni & multidimensionali, puntatori e puntatori a funzione, allocazione statica e dinamica della memoria (memalloc e free). Vettori di puntatori e loro applicazione per la memorizzazione di matrici, inizializzazione della struttura, confronto con la memorizzazione tradizionale. Dichiarazioni e inizializzazioni di variabili, dichiarazione di funzioni, semplice input/output da terminale e su file. Cast di variabili e puntatori.

Mathematica - Il programma Mathematica: variabili con valori numerici e simbolici, grafici di funzioni a una e più variabili. Calcoli numerici e simbolici, assegnazione di valori (=) e sostituzioni (/). Raccolta ed analisi di dati sperimentali, matrici di dati e loro manipolazione, funzioni di interpolazione, cenni al controllo della precisione numerica nei calcoli. Funzioni e loro definizione sia differita (:=) che immediata (=), definizione di funzioni per valori fissi ($f[0] = 1$). Soluzione simbolica e numerica di equazioni differenziali. Funzioni utili per la programmazione (If, For, Block), funzioni Sum e D. Animazione di grafici applicata al problema dei tre corpi.

Equazioni differenziali - Equazioni differenziali ordinarie lineari: soluzioni fondamentali dell'omogenea associata, integrali particolari con il metodo del Wronskiano. Equazioni differenziali ordinarie lineari del secondo ordine a coefficienti costanti. Applicazioni all'oscillatore armonico smorzato con forza esterna sinusoidale e impulsiva (di Dirac). Linearità dell'equazione e soluzione di casi in cui la forza esterna sia sviluppabile in serie di Fourier, caso dell'onda quadra.

Algoritmi e metodi numerici - Errori numerici di troncamento e arrotondamento: esempio di calcolo delle soluzioni di un'equazione di secondo grado. Cenni all'implementazione dell'aritmetica a precisione arbitraria. Metodi di Eulero e di Runge-Kutta per l'integrazione numerica di equazioni differenziali ordinarie; scrittura di un semplice programma in C per usare questi metodi con l'equazione dell'oscillatore armonico smorzato e forzato con vari tipi di forze esterne: nulla (oscillatore libero), periodica (oscillatore forzato) ed impulsiva: discussione della relativa trattazione numerica. Metodo di Runge-Kutta a passo variabile ed errore controllato. Cenni ad altri metodi per l'integrazione numerica di equazioni differenziali ordinarie. Funzione ODEint (tratta dal libro Numerical Recipes) e sua applicazione al caso di equazioni dell'oscillatore armonico forzato. Cenni ai diversi metodi di controllo dell'errore. Semplice soluzione numerica del problema dei tre corpi

Esperienze svolte in laboratorio

1. Uso del programma Mathematica: esempi di calcoli numerici e simbolici, grafici di funzioni ad una e due variabili, costruzioni di semplici tabelle, calcolo simbolico dei termini dello sviluppo in serie di Taylor.
2. Programmazione in C: tabulazione di una funzione da programma e suo display con Mathematica; confronto dei risultati ottenuti con quelli più precisi ottenibili con Mathematica, discussione degli errori numerici commessi dal programma in C.

3. Scrittura di un programma in C per la soluzione numerica di equazioni differenziali ordinarie di primo ordine con i metodi di Eulero e Runge-Kutta. Confronto dei risultati con la soluzione esatta ottenuta con Mathematica; studio degli errori e della loro dipendenza dal passo.
4. Scrittura di un programma in C per la soluzione numerica, con i metodi di Eulero e Runge-Kutta, di equazioni differenziali ordinarie di secondo ordine a coefficienti costanti. Confronto dei risultati con la soluzione esatta calcolata con Mathematica (soluzione generale dell'oscillatore armonico smorzato e forzato).
5. In continuazione dell'esperienza precedente studio dell'oscillatore armonico smorzato con forza sinusoidale e impulsiva (delta di Dirac). Confronto dei risultati con la soluzione analitica esatta calcolata con Mathematica.
6. Uso della routine di libreria in C Odeint per la soluzione numerica di equazioni differenziali ordinarie con passo variabile ed errore predeterminato. Applicazione all'oscillatore armonico smorzato soggetto ad una forza "ad onda quadra".
7. Equazione differenziale dell'oscillatore armonico smorzato soggetto ad una forza "ad onda quadra" risolta mediante sviluppo in serie discreta di Fourier con Mathematica e confronto con le soluzioni numeriche di Odeint. Confronto degli errori ottenuti nello sviluppo della forza e della rispettiva soluzione.
8. Semplice soluzione numerica del problema dei tre corpi. Generazione di un 'animazione' della soluzione numerica con l'ausilio di Mathematica.

Alcuni esercizi "per casa"

- Programmazione in C: calcolo del fattoriale e dei coefficienti binomiali con funzioni ricorsive.
- Controllo dell'errore di arrotondamento dell'ultimo bit in una variabile floating point.
- Applicazione di Odeint al problema degli n corpi.

Testi consigliati

Collocazione biblioteca Dipartimento di Fisica:

- Kernigham B.W. & Ritchie D.M. I - 288
 The C Programming Language
 Prentice Hall, Englewood Cliffs NJ USA 1998, second edition, pp. xii 272
- Press William H., Flannery Brian P., Teukolsky Saul A. & Vetterling William T. I - 296
 Numerical Recipes in C: The Art of Scientific Computing
 Cambridge University Press, Cambridge 1988/9/92, second edition, pp. xxvi 994
- Wolfram Stephen
 The Mathematica Book
 Cambridge fourth edition
- Saff E.B. & Snider A.D. I - 389
 Fundamentals of Complex Analysis for Mathematics Science and Engineering
 Prentice Hall, NJ USA 1993, second edition, pp. xii 468
- Landau Rubin H. & Páez Manuel J. I - 433
 Computational Physics Problem Solving with Computers
 John Wiley & Sons Inc., New York USA 1997, pp. xxx 520

Date delle sessioni ufficiali d'esame

| | | |
|-------------------------|------------------|---------------------------------|
| Esperim. III A I modulo | 20 marzo 2002 | 9:30 c/o Dipartimento di Fisica |
| Esperim. III A I modulo | 19 aprile 2002 | 9:30 c/o Dipartimento di Fisica |
| Esperim. III A I modulo | 20 giugno 2002 | 9:30 c/o Dipartimento di Fisica |
| Esperim. III A I modulo | 11 luglio 2002 | 9:30 c/o Dipartimento di Fisica |
| Esperim. III A I modulo | 6 settembre 2002 | 9:30 c/o Dipartimento di Fisica |
| Esperim. III A I modulo | 2 dicembre 2002 | 9:30 c/o Dipartimento di Fisica |