



UNIVERSITÀ  
degli STUDI  
di CATANIA

DIPARTIMENTO DI FISICA ED ASTRONOMIA

Corso di laurea in Fisica

Anno accademico 2016/2017 - 3° anno

---

## METODI NUMERICI DELLA FISICA

FIS/02 - 6 CFU - 2° semestre

**Docente titolare dell'insegnamento**

**GIUSEPPE GIOACCHINO NEIL ANGILELLA**

**Email:** giuseppe.angilella@ct.infn.it

**Edificio / Indirizzo:** Dipartimento di Fisica e Astronomia, Stanza 233, Cittadella Universitaria (Via S. Sofia, 64)

**Telefono:** 095 378 5305

**Orario ricevimento:** Lunedì e Mercoledì 8:00-10:00. È gradito un e-mail di pre-avviso. Possibile anche il ricevimento in altri giorni e orari, da concordare per e-mail.

---

### OBIETTIVI FORMATIVI

Il corso si occupa della risoluzione numerica di alcuni problemi di interesse per i fisici. Ciò comporta tre livelli di approfondimento: discussione del problema fisico, discussione del modello matematico che lo descrive, discussione di uno o più algoritmi che risolvono tale modello, e dell'eventuale implementazione al calcolatore. A ciascun livello, vengono introdotte e discusse criticamente le varie possibili sorgenti di "errore".

### PREREQUISITI RICHIESTI

Algebra lineare e geometria, Analisi matematica I, Fisica generale I. Alcuni degli argomenti trattati fanno riferimento a nozioni di Analisi matematica II, di Fisica generale II e di Istituzioni di meccanica quantistica (corsi annuali che si svolgono in parallelo).

---

### FREQUENZA LEZIONI

Fortemente consigliata.

---

### CONTENUTI DEL CORSO

Approssimazione e interpolazione di funzioni. Interpolazione polinomiale. Interpolazione di Lagrange e di Newton.

Errore numerico: Errore puntuale e globale. Prodotto scalare e norme in spazi funzionali.

Basi ortonormali in spazi lineari. Polinomi ortogonali classici. Polinomi di Legendre, di Hermite, di Laguerre, di Chebyshev. Funzione generatrice. Formula di Rodriguez. Sviluppo in multipoli. Campi centrali generati da una distribuzione di massa o carica. Sviluppo di funzioni in polinomi di Legendre.

Derivazione e integrazione numerica. Formule di Newton-Cotes. Formula dei trapezi. Formula di Simpson. Metodi adattivi di integrazione (cenni).

Ricerca degli zeri di una funzione. Metodo di bisezione. Ordine di convergenza. Metodo delle secanti. Metodo di Newton-Raphson. L'algoritmo babilonese e altre applicazioni.

Equazioni differenziali ordinarie. Esempi fisici. Teorema di Picard-Lindelöf. Condizione di Lipschitz. Metodo di Picard. Dipendenza continua dai dati iniziali. Metodo di Eulero. Errore di troncamento locale e globale. Metodo di Heun, di Eulero implicito, di Runge-Kutta.

Soluzione numerica dell'equazione di Schrödinger: metodo di Numerov. Applicazione al caso dell'oscillatore armonico, della buca di potenziale, e di altri potenziali confinanti.

Sistemi di equazioni lineari: metodi diretti e iterativi. Metodo di Cramer. Algoritmo di Laplace per il calcolo del determinante di una matrice. Complessità computazionale: polinomiale e non polinomiale. Formula di Stirling. Rappresentazione del fattoriale mediante la funzione Gamma di Eulero. Approssimazione del punto sella per la stima di integrali. Metodo di Gauss-Jordan e sua complessità computazionale. Power sums. Metodo di fattorizzazione  $LU$ . Metodi iterativi. Criterio di convergenza. Norme di matrici. Metodi di Jacobi e di Gauss-Seidel. Matrici sparse e dense. Successive over-relaxation.

Autovalori ed autovettori: richiami. Rappresentazione spettrale. Rilevanza delle simmetrie in fisica. Grafi: matrice di adiacenza. Google e il teorema di Perron-Frobenius (cenno). Applicazioni ad Internet e ai motori di ricerca. Metodo delle potenze. Modi normali di una catena unidimensionale di oscillatori: caso periodico. Soluzione analitica per una catena omogenea. Bande. Limite del continuo. Limite di grande lunghezza d'onda. Velocità del suono. Modi acustici. Modi normali di una catena unidimensionale di oscillatori: caso quasi-periodico. Quasicristalli. Soluzione numerica per la catena di Fibonacci.

Equazioni differenziali alle derivate parziali (PDE). PDE di interesse per la fisica. Classificazione (cenni). Formulazione locale e globale di una legge fisica. Esempi di interesse fisico: equazioni di Maxwell. Problema generale dell'elettrostatica. Equazione di Poisson: problemi di Dirichlet e di von Neumann. Equazione di Poisson: derivazione variazionale. Discretizzazione dell'equazione di Poisson e dell'energia elettrostatica. Metodo di Richardson. Criterio di convergenza. Metodo di Liebmann.

Trasformate di Fourier discrete. Soluzione numerica dell'equazione di Poisson mediante le Fast Fourier Transforms.

---

## TESTI DI RIFERIMENTO

S. E. Koonin, D. C. Meredith, *Computational physics* (Addison-Wesley, Redwood, 1990).

G. Naldi, L. Pareschi, G. Russo, *Introduzione al calcolo scientifico* (McGraw-Hill, Milano, 2001).

J. F. Epperson, *Introduzione all'analisi numerica* (McGraw-Hill, Milano, 2003).

---

## **VERIFICA DELL'APPRENDIMENTO**

### **MODALITÀ DI VERIFICA DELL'APPRENDIMENTO**

Prova orale su argomenti del corso.

---