



## Scuola Superiore di Catania

*Corso Specialistico*

a.a. 2024-2025

### **Teoria dei gruppi e simmetrie in Fisica Quantistica**

*Group Theory and Symmetries in Quantum Physics*

#### Prerequisiti richiesti:

Geometria e aver seguito un corso di introduzione alla meccanica quantistica.

#### Obiettivi formativi:

Il corso introduce alla teoria dei gruppi e in particolare al suo utilizzo in fisica sia nel campo delle interazioni forti (fisica nucleare e particellare) sia nel campo della materia condensata. L'utilizzo della teoria dei gruppi è di utilizzo molto ampio in molteplici settori della fisica quantistica e relativistica. L'obiettivo è colmare alcune mancanze specifiche della formazione nella laurea in fisica, permettendo agli studenti una comprensione più profonda e solida della costruzione della fisica del modello standard, della struttura dei nuclei, della fisica molecolare e più in generale delle simmetrie che regolano le transizioni di fase. Il corso è anche preliminare allo studio della teoria dei campi quanto-relativistici.

#### Contenuti delle lezioni:

1) Introduction to Group Theory Mathematical preliminaries, Representations and Characters, Irreducible representations, Cosets, Lie groups, Simple and semi-simple Lie groups, Casimir operators, Schur's Lemma and Orthogonality Theorems, Wigner-Eckart Theorem. 2) Group Theory  $U(1)$ ,  $SU(2)$  and  $SU(3)$  Rotations groups, Generators, Structure constants, Adjoint representation, Subalgebras and subgroups, Construction of multiplets from the fundamental representation.  $U(1)$  symmetry of quantum electrodynamics,  $SU(2)$  and spinorial representations, Isospin symmetry,  $SU(N_f)$  flavor symmetry and baryon and meson quark multiplets,  $SU(3)$  the eight fold way and the color symmetry of the strong interaction, Strangeness and  $SU(3)$  flavor symmetry, Charm and  $SU(4)$  flavor symmetry.  $SU(N)$  from Young tableaux. Application to nuclear physics:  $SU(3)$  and  $SO(6)$  in the Interacting Boson Model (IBM). 3) The Lorentz and Poincaré groups Lorentz algebra, decomposition of Lorentz tensors, Characterization of the Poincaré group, Generators, Poincaré algebra, Casimir operator. 4) Group theory for molecular and solid-state systems: Electronic States of Molecules and Directed Valence, Jahn-Teller effect, Molecular Vibrations, Infrared, and Raman Activity. Point groups. Irreducible Representations of the Point Groups in Solids. Space Groups. Particles in Periodic Potentials. Applications to electronic energy bands. Applications to phonon dispersion relations 5) Special topics: Time reversal, Permutation Groups and Many-Electron States, Applications to Ginzburg-Landau theory of phase transitions.



Metodologia didattica:

Lezioni frontali con esercitazioni

Modalità della verifica finale di apprendimento:

Prova orale