#### PROGRAMMA DEL CORSO DI

#### ELEMENTI DI FISICA TEORICA CONTEMPORANEA (3 CFU)

a.a. 2024-2025

Proff. Vittorio Lubicz e Cecilia Tarantino

### 1) Teoria della Relatività

- Il tempo: Cosa è il tempo. La misura del tempo.
- Tempo e spazio assoluti: La linea del tempo. Il tempo e lo spazio assoluti di Newton.
- Tempo e spazio relativi: Il principio di relatività galileiana. Le leggi dell'elettromagnetismo. L'esperimento di Michelson e Morley. La contrazione di Lorentz. La teoria della relatività. Simultaneità. La velocità limite. La dilatazione del tempo. Il paradosso dei gemelli. I viaggi nel tempo. La contrazione delle lunghezze. Le trasformazioni di Lorentz.
- *Lo spazio-tempo*: Lo spazio-tempo. La composizione delle velocità. Il piano di Minkowski. Intervallo spazio-temporale. Il tempo proprio. Il cono luce.
- Quadrivettori: velocità, impulso ed energia relativistici: Invarianza per rotazioni. Vettori. Quadrivettori. La quadrivelocità. Il quadrimpulso. Energia e impulso relativistici. Trasformazioni del quadrimpulso. Conservazione del quadrimpulso.
- Lo spazio-tempo curvo: Gravitazione e relatività. Lo spazio curvo. Il principio di equivalenza. La deflessione della luce. La dilatazione del tempo. La curvatura dello spazio-tempo. Le onde gravitazionali. Il moto nello spazio-tempo curvo. I viaggi nel tempo.

#### 2) Meccanica quantistica

- Introduzione alla meccanica quantistica
- Crisi della fisica classica: La fisica classica. Lo spettro di corpo nero. L'effetto fotoelettrico. L'effetto Compton. Onde o particelle. La struttura dell'atomo.
- *I principi della meccanica quantistica*: Esperimenti di interferenza con pallottole, onde ed elettroni. Il principio di indeterminazione. Il principio di sovrapposizione.
- Equazione di Schrödinger e sistemi quantistici: L'equazione di Schrödinger. La particella libera. La barriera di potenziale e l'effetto tunnel. L'oscillatore armonico.
- *Nuovi fenomeni, sviluppi e interpretazioni*: Spin. Particelle identiche. Il principio di esclusione di Pauli. Probabilità e variabili nascoste. Il ruolo della misura. Gli stati entangled. Le disuguaglianze di Bell. Difficolt interpretative della meccanica quantistica.

# 3) Particelle e campi

- La teoria quantistica dei campi: Relatività e meccanica quantistica. Non forze ma campi. Non conservazione della massa e del numero di particelle. La teoria dei campi quantistica e relativistica.
- *I costituenti elementari della materia*: Atomi, elettroni, protoni e neutroni. Nuove particelle. Quark e leptoni. Le particelle elementari della materia. Famiglie. Particelle e antiparticelle.
- Teoria delle Forze: Le forze fondamentali: interazioni gravitazionali, elettromagnetiche, deboli e forti. Teoria delle forze: particelle virtuali. Range e masse. La legge dell'inverso del quadrato, Il range delle interazioni forti e il confinamento. Lo spin e la natura delle forze. Dipendenza dalla scala delle costanti di accoppiamento. Libertà asintotica.
- *Il Modello Standard*: Il Modello Standard. Simmetria e teoria dei gruppi. Teorie di gauge. Simmetrie e leggi di conservazione. Il meccanismo di Higgs.
- Fisica oltre il Modello Standard: Nuova Fisica: motivazioni teoriche ed evidenze empiriche. Teorie di Grande Unificazione. Supersimmetria. Dimensioni extra.

## 4) Gravità quantistica

Il cubo della Fisica. Incompatibilità tra relatività generale e meccanica quantistica. Quantizzazione del campo gravitazionale e gravitoni. La scala di Planck. Cenni alle teorie di gravità quantistica.