# Fisica Teorica

### Programma dettagliato (a.a. 2005/06)

Richiami di relatività ristretta: trasformazioni di Lorentz, formalismo tensoriale, meccanica relativistica.

Richiami di meccanica classica: principio d'azione, formalismo lagrangiano ed hamiltoniano, simmetrie e teorema di Noether. Esempio di particella libera non-relativistica, gruppo di simmetria di Galileo, particella relativistica, simmetrie globali e locali della particella relativistica, accoppiamento della particella relativistica al campo elettromagnetico. Azione di Maxwell per il campo elettromagnetico.

Meccanica quantistica: quantizzazione operatoriale ed integrali funzionali, integrale funzionale nello spazio delle fasi e nello spazio delle configurazioni, calcolo dell'integrale funzionale per la particella non relativistica libera. Funzioni di correlazione. Rotazione di Wick. Traccia dell'operatore di evoluzione e funzione di partizione. Formula di Feynman-Kac. Calcolo perturbativo dell'heat kernel con accoppiamento ad un potenziale scalare mediante l'integrale funzionale.

Equazioni d'onda relativistiche, equazione di Klein-Gordon, corrente conservata, soluzioni libere ad energia positiva ed energia negativa. Soluzione statica dell'equazione di Klein-Gordon con sorgente. Quantizzazione canonica della particella relativistica ed equazione di Klein-Gordon.

Equazione di Dirac, matrici di Dirac, equazione di continuità, alcune soluzioni semplici (particella ferma), accoppiamento al campo elettromagnetico, limite nonrelativstico ed equazione di Pauli. Rapporto giromagnetico. Forma covariante dell'equazione di Dirac. Prova della covarianza dell'equazione di Dirac e trasformazioni di Lorentz degli spinori. Generatori delle trasformazioni di Lorentz sugli spinori di Dirac, trasformazioni finite: rotazioni e boosts. Non-unitarietà delle trasformazioni di Lorentz sugli spinori, pseudo-unitarietà, covarianza della corrente conservata. Riflessione spaziale, covarianti bilineari nei fermioni. Proprietà della matrici gamma, base completa di matrici gamma. Soluzioni di onda piana con metodo delle trasformazioni di Lorentz e metodo di risoluzione diretta. Proprietà di completezza. Polarizzazioni. Proiettori per spin ed energia. Pacchetti d'onda. Identità di Gordon, Zitterbewegung. Elettrone confinato in una buca e presenza di componenti ad energia negativa. Paradosso di Klein. Intepretazione di Dirac degli stati ad energia negativa: teoria delle buche. Invarianza dell'eq. di Dirac per C e T anche con accoppiamenti elettromagnetici.

Azioni per particella bosonica e particella fermionica (spinning) con invarianze locali sulla linea di mondo. Quantizzazione della particella bosonica ed equazione di Klein Gordon. Quantizzazione della particella fermionica senza massa ed equazione di Dirac. Introduzione della massa. Descrizione di particella di spin 1 senza massa: azione della particella spinning con N=2 supersimmetrie locali sulla linea di mondo. Quantizzazione del modello ed equazioni di Maxwell.

Propagatore per l'equazione di Schrödinger non relativistica: principio di Huygens, propagatore ritardato, propagatore libero, serie perturbativa, equazione di Lippmann-Schwinger. Progagatore non relativistico e matrice S. Unitarietà della matrice S. Propagatore e matrice S nello spazio dei momenti. Particelle virtuali e particelle reali. Propagatore interagente in serie perturbativa. Diagrammi di Feynman nello spazio dei momenti. Relazione tra matrice S e diagrammi di Feynman nello spazio degli impulsi.

Propagatore per equazioni relativistiche. Propagatore per equazioni di Klein-Gordon e Dirac. Prescrizione causale di Feynman. Propagatore per l'equazione di Dirac accoppiata ad un potenziale elettromagnetico. Sviluppo perturbativo. Matrice S in teoria del propagatore. Diagrammi di Feynman per scattering di $e^-$ da potenziale esterno e per creazione o annichilazione di coppia $e^+e^-$. Calcolo ampiezza di scattering di un elettrone dal potenziale di Coulomb. Definizione di sezione d'urto. Calcolo della sezione d'urto per lo scattering Rutherford (formula di Mott). Teoremi sulle tracce delle matrici di Dirac. Calcolo esplicito della formula di Mott. Scattering elettrone–protone, propagatore del fotone nel gauge di Lorentz. Sezione d'urto invariante per lo scattering elettrone–protone. Sezione d'urto per lo scattering elettrone–protone: limiti di bassa ed alta energia nel sistema di laboratorio e conclusioni.

II quantizzazione. Ripasso dell'oscillatore armonico quantistico bosonico. Seconda quantizzazione dell'equazione di Schrödinger di singola particella. Operatore "campo" come collezione di oscillatori armonici. Seconda quantizzazione dell'equazione di Schrödinger; spazio di Fock ed equazione d'onda di N particelle bosoniche non interagenti tra loro. Seconda quantizzazione dell'equazione di Schrödinger con anticommutatori: particelle fermioniche, oscillatore armonico fermionico.

Meccanica quantistica supersimmetrica: azione classica e simmetrie, quantizzazione canonica. Algebra di simmetria (supersimmetria) della meccanica quantistica supersimmetrica. Proprietà generali di teorie supersimmetriche. Indice di Witten. Calcolo degli stati con energia nulla e calcolo dell'indice di Witten. Esempio di meccanica quantistica supersimmetrica: l'oscillatore armonico supersimmetrico. Rappresentazione con l'integrale funzionale dell'indice di Witten e traccia schematica del calcolo.

Stati coerenti bosonici (oscillatore armonico). Stati coerenti fermionici e loro proprietà. Derivazione dell'integrale funzionale per fermioni. Integrale funzionale per fermioni con condizioni al contorno antiperiodiche (traccia funzionale) e periodiche (supertraccia funzionale). Determinanti funzionali in meccanica quantistica e in teoria dei campi, metodo del tempo proprio.