**Programma dettagliato del corso di FISICA MODERNA A.A. 2014/2015**

**(P.A. Marchetti)**

**RELATIVITA’**

**PRELIMINARI E ORIGINI FISICHE DELLA RELATIVITA’**

Relatività galileana. Trasformazioni di Galileo. Elettromagnetismo e relatività galileana. Aberrazione..Esperimento di Michelson-Morley. Primi tentativi di risoluzione e la soluzione definitiva. I postulati della teoria della relatività speciale. Osservatori e misure di spazio e tempo. Relatività della simultaneità. Trasformazioni di Lorentz. Diagrammi di Minkowski. Invarianza dell’ intervallo spazio-temporale. Contrazione delle lunghezze. Dilatazione dei tempi e verifica sperimentale. Tempo proprio e paradosso dei gemelli. Coni luce e causalità. Composizione delle velocità e aberrazione.

**IL FORMALISMO COVARIANTE DELLA RELATIVITA’**

Teorema di invarianza dell’intervallo ds. Gruppo di Poincarè e gruppo di Lorentz e loro struttura. Il formalismo del tempo immaginario. Motivazione fisica del formalismo covariante in fisica newtoniana e relativistica. Grandezze covarianti e controvarianti. Tensori quadridimensionali. Campi tensoriali. Quadrivelocità, quadrimomento, quadriforza. Energia cinetica e equivalenza massa energia. Relazione tra momento ed energia. Particelle di massa nulla. Decadimenti. Descrizione generale degli urti: urti elastici ed anelastici. Invarianti cinematici. Urti a due corpi. Urti elastici. Tensore elettromagnetico. Equazioni di Maxwell in forma covariante. Trasformazioni dei campi elettromagnetici. Invarianti elettromagnetici. Particella carica in un campo elettrico e/o magnetico costanti. Quadricorrente e sua equazione di continuità per particelle puntiformi. Conservazione della carica e sua natura scalare. Tensore energia-impulso e sua equazione di continuità. Quadrimomento dal tensore energia-impulso, conservazione e carattere quadrivettoriale..

**IL METODO VARIAZIONALE**

Principio di minima azione e derivazione delle equazioni del moto di Eulero-Lagrange per particelle e per campi. Teorema di Noether per simmetrie interne e traslazioni spazio-temporali per particelle e per campi. Richieste relativistiche sull’azione. Lagrangiana e principio variazionale per la derivazione delle equazioni del moto dell’elettrodinamica delle cariche puntiformi. Teorema di Noether per traslazioni spazio-temporali in elettrodinamica (n). Tensore energia-impulso canonico e metrico in elettrodinamica e sua equazione di continuità. Quadrimomento dal tensore energia-impulso, conservazione e carattere quadrivettoriale..Teorema di Noether e simmetria di gauge. Cenno al ruolo dinamico del tensore metrico nell’estensione della relatività in presenza della gravità.

**N.B.** La dimostrazione indicata con (n) non è richiesta all’orale.

**MECCANICA QUANTISTICA**

**Crisi della fisica classica**: Particelle e onde classiche, effetto fotoelettrico e Compton (c), carattere particellare della luce, onde di de Broglie e carattere ondulatorio degli elettroni (c), esperimento di Davisson e Germer(c).Esperimento delle fenditure di Young con particelle classiche, onde classiche e particelle quantistiche, conseguenti richieste per una teoria delle particelle quantistiche, principio di indeterminazione di Heisenberg (c).

**Descrizione matematica di un sistema fisico**: osservabili, spettro, stati, valori medi, evoluzione temporale, confronto teoria-esperimento; applicazione alla Meccanica Classica nel formalismo Hamiltoniano (cenni) e teorema di equipartizione.

**La costante di Planck**: il problema del corpo nero, formule di Wien e Rayleigh-Jeans e la formula di interpolazione di Planck, l’interpretazione di Planck di ħ come misura minimale dell’area dalle celle dello spazio delle fasi dell’oscillatore armonico 1D (c).

**Le radici spettroscopiche della MQ**: la spettroscopia dell’idrogeno e la regola di composizione non-addittiva (non-gruppale) delle frequenze (Ritz-Rydberg), incompatibilità con la fisica classica. Atomo di Thomson, esperimento di Geiger-Marsden e interpretazione di Rutherford con derivazione della sezione d’urto, problemi dell’atomo di Rutherford, postulati di Bohr, atomo di Bohr e relazione con la spettroscopia (c), esperimento di Franck e Hertz, quantizzazione della proiezione del momento angolare, esperimento di Stern-Gerlach, problemi dell’atomo di Bohr.

**Le radici algebriche della MQ** : La struttura addittiva (gruppale) delle frequenze emesse classicamente, osservabili quantistiche come matrici dalla regola di Ritz-Rydberg e derivazione delle regole di commutazione canoniche di Heisenberg dalla formula di Planck per l’oscillatore armonico, loro natura complessa, la quantizzazione canonica di Dirac, evoluzione temporale delle osservabili.

**Le radici ondulatorie della MQ**: La derivazione dell’equazione d’onda di Schrödinger dall’analogia con la formulazione ondulatoria dell’ottica geometrica, l’equazione di Schrödinger stazionaria e l’equazione di Schrödinger per l’evoluzione temporale della funzione d’onda ψ, l’equivalenza con il formalismo di Heisenberg (c), natura operatoriale delle osservabili, spettri delle osservabili e equazioni agli autovalori, l’interpretazione statistica di Born per |ψ|2  motivata dallo derivazione tramite l’equazione di Schrödinger della sezione d’urto di Rutherford, regola per i valori medi delle osservabili, stati (puri) di una teoria quantistica, visuali di Schrödinger e Heisenberg. Particella in potenziale costante a tratti in 1D: buca di potenziale (c), effetto tunnel e decadimento α (cenni).

**Spin**: Il problema dei doppietti spettrali, l’introduzione dello spin come momento angolare con analogo classico e sua problematicità. Cenni alle regole di commutazione tra le componenti del momento angolare, la forma esplicita del momento angolare orbitale lungo una direzione in coordinate polari e il suo spettro (c). Interpretazione corretta dello spin, sua relazione con la natura di vettori a meno di una costante degli stati della MQ.

**Particelle identiche** : Il problema delle linee spettrali mancanti, il principio di esclusione di Pauli e la interpretazione della tabella periodica degli elementi. L’equazione d’onda di Schrödinger per più particelle, il principio di indistinguibilità delle particelle quantistiche, la conseguenza: statistiche bosoniche e fermioniche, la loro relazione con la natura di vettori a meno di una costante degli stati della MQ e cenno ad alcune loro implicazioni fisiche.

**N.B.** Si richiede la comprensione del processo che ha portato dagli esperimenti alla formulazione della Meccanica Quantistica e la conoscenza degli ordini di grandezza delle quantità fisiche coinvolte. Non si richiedono i calcoli espliciti svolti a lezione, tranne che nelle voci segnate con (c).