UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI DI MILANO-BICOCCA

COURSE SYLLABUS

Relativity

2425-3-E3001Q073

Obiettivi

Contenuto:

- Studio approfondito della relatività ristretta di Einstein e discussione di alcune applicazioni notevoli.
- Formulazione covariante delle leggi della dinamica relativistiche e dell'elettromagnetismo (equazioni di Maxwell).
- Formalismo Lagrangiano e introduzione alla teoria classica dei campi, prerequisito fondamentale per la teoria quantistica dei campi.

Al termine del corso, lo studente

1. sarà in grado di utilizzare l'apparato matematico alla base della formulazioni "covariante" della relativita' speciale (4-vettori, tensori), sia per la discussione teorica dei concetti fondamentali, sia per la risoluzione di problemi di cinematica e di elettromagnetismo
2. sara' in grado di connettere la formulazione non covariante dell'elettrodinamica con quella covariante
3. sapra' ricavare le equazioni del moto per una particella o per un campo (scalare o vettoriale) a partire dall'azione e discutere contenuto e leggi di conservazione del tensore energia-impulso

Contenuti sintetici

Relatività ristretta di Einstein. Formulazione covariante della dinamica relativistica e dell'elettrodinamica classica. Formalismo lagrangiano relativisticamente invariante. Teoria classica dei campi: campi scalari e vettoriali.

Programma esteso

Introduzione alle trasformazioni di Lorentz. Cinematica relativistica. Formulazione covariante della relativita' (tetra-vettori e tensori). Gruppo di Lorentz.
Refs: Barone, Jackson (Weinberg).

- Brevi richiami di Meccanica Classica ed Elettromagnetismo (EM) (principio di relativita', trasformazioni di Galilei, eq. di Maxwell, eq. delle onde). Non invarianza dell'EM per trasformazioni di Galilei, ipotesi dell'etere, esperimento di Michelson-Morley.
- Basi della relatività ristretta: sistemi inerziali, sincronizzazione orologi, postulati, eventi e intervallo tra eventi. Invarianza della velocità della luce e Trasformazioni di Lorentz.
- Conseguenze delle trasformazioni di Lorentz: dilatazione tempi, contrazione lunghezze, tempo proprio. Diagrammi di Minkowski. Simultaneita', causalita'. Composizione relativistica delle velocità. Boost in direzione generica.
- Breve discussione dei "paradossi" più famosi e di applicazioni fisiche rilevanti.
- Notazione compatta (in componenti) per spazio Euclideo: vettori, operatori differenziali e identita' varie. Equazioni di Maxwell (per campi e per potenziali) in componenti.
- Relativita' ristretta in notazione covariante: spazio-tempo di Minkowski, metrica, calcolo tensoriale (vettori covarianti e controvarianti, tensori, tensore metrico, quantita' scalari, operatori differenziali).
- Covarianza (invarianza in forma) delle leggi fisiche e principio di relativita'.
- Gruppo di Lorentz: proprieta' generali, sottogruppi e classificazione delle trasformazioni di Lorentz omogenee. Generatori e algebra del gruppo di Lorentz ristretto.
- Cinematica relativistica in notazione covariante: tetra-velocita' e tetra-accelerazione, quadrivettore energia-impulso e sue proprieta'. Relazione di Einstein tra energia e massa, conservazione dei tetra-momenti per arbitrari processi di urto.
- Cinematica relativistica: esercizi e applicazioni.
- Composizione di boost di Lorentz in direzioni non parallele e precessione di Thomas.

Dinamica relativistica di una particella; equazioni di Maxwell in forma covariante.
Refs: Barone, Jackson (Weinberg, Landau)

- Dinamica di una particella in moto relativistico: quadriforza relativistica e legge fondamentale della dinamica.
- Equazioni di Maxwell in forma covariante: quadri-corrente, equazione di continuita', quadripotenziali, trasformazioni di gauge, il tensore F??. Leggi di trasformazione dei campi elettrici e magnetici tra sistemi inerziali. Invarianti del campo elettromagnetico.
- Forza di Lorentz in forma covariante. Interazione di campi elettromagnetici con cariche: studio di moti di particelle cariche in campi elettrici e magnetici costanti e uniformi.
- Moto di una particella carica con spin in un campo elettromagnetico.
- Interazione "spin-orbit" di un elettrone in un campo centrale.
- Equazione di Bargmann-Michel-Telegdi (+).
- Soluzione delle equazione delle onde in forma covariante (+). Radiazione da cariche in moto (+).

Formulazione Lagrangiana dell'elettrodinamica. Campi scalari e vettoriali classici. Tensore energia-impulso.
Refs: Barone, Jackson (Landau).

- Principio di minima azione e formulazione Lagrangiana delle equazioni del moto relativistiche per particella libera e per carica immersa in campo elettromagnetico.
- Teoria classica dei campi: introduzione e equazioni di Eulero Lagrange.
- Campi scalari ed equazione di Klein-Gordon.
- Tensore energia-impulso.
- Campi vettoriali: la Lagrangiana del campo elettromagnetico libero e in interazione.
- Il tensore energia-impulso per campi elettromagnetici liberi ed in interazione.
- Teorema di Noether (+).

(+) = argomenti avanzati (trattati solo se ci sara' tempo)

Prerequisiti

Meccanica classica, elettrodinamica classica, analisi matematica (integrali, equazioni differenziali, delta di Dirac).
(ossia il contenuto dei corsi di Fisica 1, Fisica 2, Meccanica Classica e Matematica per la Fisica)

Modalità didattica

Didattica erogativa in presenza (lezioni frontali alla lavagna)

Materiale didattico

Testi principali:
Relativita'. Principi e Applicazioni, V. Barone

Classical Electrodynamics, J.D. Jackson
Chapter 11: Special Theory of Relativity
Chapter 12: Dynamics of Relativistic Particles and Electromagnetic Fields

Altri testi utili:
Gravitation and Cosmology, S. Weinberg
Chapter 2: Special Relativity

The Classical Theory of Fields (Volume 2), L.D. Landau e E.M. Lifshitz
Chapter 1 to 4.

Spacetime Physics, E.F. Taylor e J.A. Wheeler
Parti rilevanti disponibili alla pagina web del docente.

- Note varie, materiale complementare e temi d'esame degli anni passati sono disponibili alla pagina web https://virgilio.mib.infn.it/~re

Periodo di erogazione dell'insegnamento

Primo semestre.

Modalità di verifica del profitto e valutazione

L'esame consiste in una prova scritta e una prova orale.
Solo chi raggiunge la sufficienza allo scritto è ammesso all'orale. Di norma la prova orale segue di qualche giorno la prova scritta.

- Prova scritta: esercizi sugli argomenti discussi durante il corso (obiettivo: comprensione pratica dei concetti fondamentali discussi durante il corso e capacita' di utilizzare il formalismo appropriato). Alla pagina web del docente e' possibile trovare un'ampia selezione di temi d'esame degli anni passati. Diverse soluzioni dei temi d'esame sono anche disponibili.
- Prova orale: colloquio sugli argomenti svolti a lezione (con eventuale breve discussione della prova scritta).

Nel corso dell'anno sono previsti almeno cinque appelli d'esame, nei seguenti periodi: gennaio, febbraio, giugno, luglio, settembre.
Tipicamente un sesto appello viene organizzato, in un periodo opportuno, per agevolare il sostenimento degli esami del terzo anno da parte degli studenti.

Per studenti erasmus: se necessario, e' possibile sostenere sia l'esame scritto che quello orale in lingua inglese.

Orario di ricevimento

Previo appuntamento via email col docente.

Sustainable Development Goals

ISTRUZIONE DI QUALITÁ