UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI DI MILANO-BICOCCA

COURSE SYLLABUS

Physics II - Turno 2

2324-2-E3001Q042-T2

Obiettivi

Elettrodinamica classica e ottica: fenomenologia, leggi fondamentali e soluzione di problemi

Contenuti sintetici

Sorgenti e struttura della forza elettromagnetica. Elettrostatica e magnetismo in vuoto (sorgenti stazionarie), leggi di induzione elettromagnetica (sorgenti variabili) ed equazioni di Maxwell. Elettrostatica e magnetismo nei mezzi materiali (sorgenti stazionarie). Sorgenti e campi variabili, onde elettromagnetiche in vuoto e nei mezzi. Ottica descrittiva, diffusione, dispersione, riflessione, rifrazione, interferenza e diffrazione.

Programma esteso

1^ Semestre - Elettricità e magnetismo; limite (quasi) stazionario

Sorgenti e struttura della forza elettromagnetica. Carica elettrica e correnti. Invarianza della carica e equazione di continuità. Fenomeni statici, stazionari e variabili.

Elettrostatica: Legge di Coulomb e principio di sovrapposizione, energia potenziale di una configurazione di cariche, campo elettrico. Relazione tra campo e sorgerti: flusso del campo elettrico (CE) e legge di Gauss. Il potenziale elettrico, potenziale di una distribuzione di carica, dipoli e multipoli. Forma differenziale delle relaIzioni tra campo e sorgenti, gradiente, divergenza e rotore. Campi notevoli.

Conduttori e isolanti, problema generale dell'elettrostatica, equazioni di Poisson e Laplace: teoremi di unicità e condizioni al contorno, soluzioni particolari dell'equazione di Laplace. Capacità e condensatori, coefficienti di

induzione, energia immagazzinata in un condensatore.

Correnti elettriche, definizioni, conservazione della carica ed equazione di continuità. Proprietà dei conduttori: conducibilità e legge di Ohm, dissipazione di energia (legge di Joule), forza elettromotrice, elementi circuitali e reti in corrente continua e variabile con resistenze e condensatori.

Magnetismo (sorgenti stazionarie): Evidenza di fenomeni magnetici, forza di Lorentz e definizione operativa di campo magnetico. Relazioni tra campo magnetico e sorgenti stazionarie (legge di Ampere e flusso di B). Formula di Laplace e potenziale vettore. Campi notevoli.

Campi stazionari e sistemi di riferimento. Invarianza della carica in moto, campo elettrico in diversi SRI, campo (magnetico) di una carica in moto rettilineo uniforme, forza su una carica in moto, interazioni tra cariche in moto. Moti notevoli di una carica un un campi stazionari (e in diversi riferimenti ineraziali).

Leggi di induzione (configurazioni quasi-stazionarie): Induzione magnetica: ossrvazioni di Faraday, esempi, legge universale del flusso, campi variabili e formulazione generale della legge di induzione magnetica (Faraday). Legge di induzione elettrica (Ampere-Maxwell). Equazioni di Maxwell del CEM. Limite quasi-stazionario e applicazioni della legge di induzione magnetica. Mutua e auto-induzione, energia del CM; Applicazioni della legge di Faraday e circuiti in corrente alternata.

Campi nei mezzi materiali (configurazioni statiche o quasi-stazionarie): Campi elettrici, dielettrici, multipoli, campo e potenziale di dipolo, polarizzazione elettrica, teorema di Gauss nei dielettrici, campi notevoli e interfacce, proprietà dei materiali (cenni). Campi magnetici nella materia (approssimazione quasi-stazionaria), Legge di Ampére nei materiali magnetizzati, Suscettività e permittività magnetica, Materiali dia-, para- e ferromagnetici (cenni). Casi notevoli.

2^ Semestre - Fenomeni elettrici e magnetici con campi variabili e ottica.

Campi elettromagnetici in vuoto: Equazioni di Maxwell. Soluzioni delle equazioni di Maxwell nel vuoto. Equazione delle onde per E e B in assenza di sorgenti. Onde piane con direzione generica, onde TEM. b) Equazione d'onda in coordinate sferiche e onde sferiche; ampiezza energia e intensità dell'onda. Equazioni di continuità, carica, energia e quantità di moto; energia del campo EM e teorema di Poynting, quantità di moto del campo EM.

Potenziali elettrodinamici: campi quasi-stazionari (ritardati) e di radiazione; metodo generale di soluzione con potenziale vettore e scalare; equazioni per i potenziali; invarianza di gauge; il gauge di Coulomb e di Lorentz; equazioni d'onda per i potenziali; soluzione dell'equazione d'onda per sorgente puntiforme e generalizzazione a sorgente estesa; i potenziali ritardati; distribuzione di carica di dipolo variabile; potenziale e campo; termine quasi-stazionario e termine di radiazione.

Radiazione di carica accelerata; calcolo diretto di E, B e ExB nel limite non-relativistico, potenza irraggiata, relazione di Larmor. Radiazione di sincrotrone e correzione relativistica. Radiazione di sorgenti localizzate oscillanti, termini di multipolo, il dipolo elettrico; potenza emessa da carica osciallante, irraggiamento e smorzamento, antenna lineare (dipolo elettrico), antenna circolare (dipolo magnetico).

Campi elettromagnetici nei mezzi: Equazioni per i campi variabili in mezzi omogenei e continui. Interazione di onde EM con mezzi: a) Dielettrici: Modello a oscillatori, potenza assorbita e irraggiata, diffusione e legge di Rayleigh, polarizzabilità dinamica, indice di rifrazione complesso; propagazione di onde in un mezzo, dispersione normale e dispersione anomala; assorbimento risonante; rappresentazione di un pacchetto d'onda; velocità di fase e velocità di gruppo; attenuazione dell'onda. b) Conduttori: equazioni di Maxwell in un conduttore, equazione delle onde in conduttori, equazione di Helmoltz e indice di rifrazione complesso; qualità del conduttore in funzione della frequenza e della conducibilità; profondità di pelle; Riflessione e trasmissione per incidenza normale tra dielettrici e tra dielettrici e conduttori.

Ottica: a) Realazioni tra campi elettromagnetici all'interfaccia tra i mezzi e leggi dell'ottica geometrica; relazioni di

Fresnel e coefficienti di riflessione e trasmissione; angolo di Brewster e riflessione per polarizzazione. Polarizzatori. b) Interferenza: condizioni di interferenza; interferenza a due sorgenti; separatori di fronte d'onda e d'ampiezza. Interferenza multipla e il reticolo di interferenza. c) Diffrazione: Principio di Huygens e integrale di diffrazione e diffrazione con campo lontano (limite di Fraunhofer) e figure di diffrazione.

Prerequisiti

Corsi di matematica e fisica generale del primo anno del corso di laurea in Fisica

Modalità didattica

lezione frontale (10 cfu), esercitazione (4 cfu)

Materiale didattico

- E.M Purcell and D.J. Morin, Electricity and Magnetism, 3rd Edition, Cambridge (Amazon) 1^semestre
- S. Focardi, I. Massa, A. Uguzzoni, Onde e ottica, CEA - 2^ semestre
- Dispense del docente

Molti argomenti sono integrati con testi supplementari (con indicazioni specifiche nelle lezioni)

- R. Feynman, The Feynman Lectures on Physics, Vol II - Online:
- D.J. Griffiths, Introduction to electrodynamics, Cambridge
- J. Jackson, Elettrodinamica Calssica, Zanichelli (AVANZATO)

Altri testi consultabili includono:

- Mazzoldi-Nigro-Voci, “Fisica Generale (vol.2)”, Edises
- Mencuccini e Silvestrini, Elettromagnetismo e Ottica, Ed. Ambrosiana
- S. Focardi, I.G. Massa, A. Uguzzoni, M. Villa, "Fisica generale - Elettromagnetismo", Zanichelli

Periodo di erogazione dell'insegnamento

I e II semestre

Modalità di verifica del profitto e valutazione

Due prove scritte di due ore con tre problemi in ciascuna prova.

- 1^ prova: Elettrostatica e campi magnetici stazionari

- 2^ prova: Elettrostatica nei mezzi materiali e campi variabili (quasi-stazionari)
  Le due prove scritte scritte possono essere sostenute nello stesso appello (2+2 ore) o in due appelli differenti o in prove in itinere (2 ore) durante il corso.
  Prova finale orale con domande sull'intero programma, condizionale al superamento delle prove scritte con un punteggio di almeno 15/30.

Orario di ricevimento

Per appuntamento

Sustainable Development Goals

SCONFIGGERE LA POVERTÀ | SCONFIGGERE LA FAME | SALUTE E BENESSERE | ISTRUZIONE DI QUALITÁ | PARITÁ DI GENERE | ACQUA PULITA E SERVIZI IGIENICO-SANITARI | ENERGIA PULITA E ACCESSIBILE | LAVORO DIGNITOSO E CRESCITA ECONOMICA | IMPRESE, INNOVAZIONE E INFRASTRUTTURE | RIDURRE LE DISUGUAGLIANZE | CITTÀ E COMUNITÀ SOSTENIBILI | CONSUMO E PRODUZIONE RESPONSABILI | LOTTA CONTRO IL CAMBIAMENTO CLIMATICO | VITA SOTT'ACQUA | VITA SULLA TERRA | PACE, GIUSTIZIA E ISTITUZIONI SOLIDE | PARTNERSHIP PER GLI OBIETTIVI