UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI DI MILANO-BICOCCA

COURSE SYLLABUS

Physics II - Module II

2122-2-E3001Q042-T2

Obiettivi

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

Contenuti sintetici

Elettrostatica nel vuoto, Corrente elettrica stazionaria, Magnetostatica nel vuoto, Induzione elettromagnetica, Elettrostatica nei mezzi materiali, Magnetostatica nei mezzi materiali, Onde elettromagnetiche, Ottica.

Programma esteso

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

U1 **-** Legge di Coulomb e principio di sovrapposizione degli effetti, energia potenziale di una configurazione di cariche, il campo elettrico e il campo di una distribuzione di cariche, Flusso del campo elettrico (CE), legge di Gauss, esempi di calcolo del CE per distribizioni simmetriche, forza elettrica su distribuzione planare, energia associata al CE

U2 **-** Il potenziale elettrico, relazione tra potenziale e CE: il gradiente, potenziale di una distribuzione di carica, dipoli e multipoli. Divergenza di un vettore, teorema di Gauss, la divergenza di un vettore e operatori vettoriali, forma differenziale della legge di Gauss,; Equazione di Laplace e di Poisson; Il rotore e il teorema di Stokes, il significato della divergenza e del rotore

U3 - Conduttori e isolanti, conduttori nel CE, problema generale dell'elettrostatica: teoremi di unicità e condizioni al contorno, soluzioni particolari dell'equazione di Laplace: il metodo della carica immagine. Capacità e condensatori, coefficienti di induzione, energia immagazzinata in un condensatore

U4 - Correnti elettriche, intensità e densità di corrente, correnti stazionarie e conservazione della carica, conducibilità e legge di Ohm, proprietà dei conduttori, circuiti elettrici e elementi circuitali , dissipazione di energia (legge di Joule), forza elettromotrice, reti in corrente continua e variabile con resistenze e condensatori

U5 - Campo generato da cariche in movimento: la forza magnetica, invarianza della carica in moto, campo elettrico in diversi SRI, campo (magnetico) di una carica in moto rettilineo uniforme, (interludio: campo di una carica che si muove e si ferma), forza su una carica in moto, interazioni tra cariche in moto. Moto di una carica un un campo magnetico statico.

U6 - **a)** Il campo magnetico (CM): definizione del vettore induzione magnetica e varie relazioni (Lorentz, formule di Laplace etc.), proprietà del campo magnetico: legge di Ampere, flusso magnetico, il potenziale vettore, equazione di Poisson per le componenti del potenziale vettore; campo di un filo percorso da corrente, esempi di CM (spira, etc,). **b)** Trasformazioni relativistiche dei campi elettromagnetici.

U7 - **a)** Induzione magnetica: ossrvazioni di Faraday, esempi, formulazione generale della legge di induzione (Faraday-Neuman-Lenz), mutua e auto-induzione, energia del CM; **b)** Circuiti in corrente alternata. Circuiti risonanti. Risposta in ampiezza e in frequenza.

U8 - La corrente di spostamento, le equazioni di Maxwell del CEM e il limite quasi-stazionario. Alcune soluzioni particolari (onde piane) per campi variabili - non stazionari - nel vuoto , energia associata ad un'onda piana e vettore di Pointyng (trattazione introduttiva).

U9 - Campi elettrici nella materia (approssimazione quasi-stazionaria), dielettrici, multipoli, campo e potenziale di dipolo, polarizzazione elettrica, teorema di Gauss nei dielettrici, proprietà dei materiali (cenni).

U10 - Campi magnetici nella materia (approssimazione quasi-stazionaria), Legge di Ampére nei materiali magnetizzati, Suscettività e permittività magnetica, Materiali dia-, para- e ferromagnetici (cenni)

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

U11 - a) 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. Una sorgente (ideale) di onde piane e soluzione esplicita delle equazioni di Maxwell; confronto con la soluzione ondulatoria. 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.

U12 - 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.

U13 - 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).

U14 - 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.

U15 - **Ottica**: **a)** Leggi dell'ottica geometrica; condizioni di continuità dei campi e relazione con il vettore numero d'onda; relazioni di Fresnel per incidenza generica e polarizzazione nel piano di incidenza (altra polarizzazione per esercizio); angolo di Brewster e riflessione per polarizzazione.
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; 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) - U1-10
- S. Focardi, I. Massa, A. Uguzzoni, Onde e ottica, CEA - U11-15

Per U11-U15 molti argomenti sono integrati con testi supplementari:

- R. Feynman, The Feynman Lectures on Physics, Vol II - Online: http://www.feynmanlectures.caltech.edu/

Altri testi per consultazione o impiegati per alcuni specifici argomenti (saranno segnalati):

- D.J. Griffiths, Introduction to electrodynamics, Cambridge
- J. Jackson, Elettrodinamica Calssica, Zanichelli (AVANZATO)
- Mencuccini e Silvestrini, Elettromagnetismo e Ottica, Ed. Ambrosiana

- S. Focardi, I.G. Massa, A. Uguzzoni, M. Villa, "Fisica generale - Elettromagnetismo", Zanichelli

- Mazzoldi-Nigro-Voci, “Fisica Generale (vol.2)”, Edises

Periodo di erogazione dell'insegnamento

I e II semestre

Modalità di verifica del profitto e valutazione

Due prove in itinere scritte (o prove finali scritte sugli stessi argomenti se le prove in itinere sono largamente insufficienti) e prova finale orale.

Orario di ricevimento

Per appuntamento