

UNIVERSITÁ DEGLI STUDI DI CATANIA
FACOLTÁ DI INGEGNERIA
Corso di laurea in Ingegneria Elettronica
Dipartimento di Ingegneria Informatica e delle Telecomunicazioni
Programma di Campi elettromagnetici
A.A. 20010-2011 Prof. S.Barbarino

La numerazione degli argomenti corrisponde ai capitoli del libro di testo.

Introduzione: Cenni storici - Lo spettro elettromagnetico - Breve Biografia di James Clerk Maxwell.

1 - Il campo elettromagnetico

La grandezza fisica piú importante dell'elettromagnetismo - La velocità della luce e la sua misura sperimentale - Equazioni di Maxwell - Sviluppo in serie di multipoli del potenziale elettrico di una distribuzione arbitraria di cariche - Potenziale elettrico generato da un dielettrico polarizzato - Suscettività e permittività elettrica - Sviluppo in serie di multipoli del potenziale magnetico vettore generato da un circuito localizzato posto a grande distanza dall'osservatore - Descrizione macroscopica della materia magnetizzata: calcolo del potenziale vettore prodotto dalla materia magnetizzata - Equazioni di Maxwell nella materia - Forma integrale delle equazioni del campo - Relazioni costitutive - Densità di carica libera all'interno dei mezzi conduttori - Campo elettromagnetico nei mezzi conduttori perfetti - Forze nel campo elettromagnetico: il tensore degli sforzi elettromagnetici - Il flusso di energia: Teorema di Poynting - Condizioni ai limiti. Discontinuitá nei vettori del campo - Teorema di unicitá - Introduzione alla teoria della relativitá ristretta - Le trasformazioni di Lorentz - Trasformazioni relativistiche delle equazioni di Maxwell per lo spazio vuoto - Trasformazioni "galileiane" delle equazioni di Maxwell per lo spazio vuoto - Trasformazioni delle equazioni di Maxwell con considerazione delle correnti di convezione - Deduzione del campo elettrico e del campo magnetico generato da una carica puntiforme in moto rettilineo uniforme dalle leggi di trasformazioni dei campi.

2 - L'esistenza di onde elettromagnetiche e loro caratteristiche fondamentali

Equazioni delle onde - Onde piane armoniche nel tempo - Propagazione nei mezzi dielettrici perfetti - Propagazione in un mezzo conduttore - Onde piane armoniche nello spazio - Espressione delle onde piane che si propagano in direzione diversa dall'asse z - Soluzione generale dell'equazione d'onda unidimensionale - Polarizzazione delle onde elettromagnetiche - Composizione di onde della stessa frequenza vibranti su piani ortogonali - Parametri di Stokes e sfera di Poincaré - Espressione del teorema dell'energia di Poynting per campi armonici nel tempo. Il vettore di Poynting complesso - Effetto Doppler e aberrazione della luce - Polarizzatori - Legge di Malus - Polarizzatore a griglia di fili - Cristalli dicroici - Polaroid.

3 - Riflessione e rifrazione su una superficie piana

Leggi di Snell - Equazioni di Fresnel - Leggi di Snell per mezzi dielettrici perfetti - Formule di Fresnel per mezzi dielettrici perfetti - \vec{E}_0 normale al piano di incidenza - Formule

di Fresnel per mezzi dielettrici perfetti - \vec{E}_0 parallelo al piano di incidenza - Osservazioni sulla riflessione della componente parallela del campo elettrico ($\epsilon_{r1} < \epsilon_{r2}$) - Osservazioni sulla riflessione della componente ortogonale del campo elettrico ($\epsilon_{r1} < \epsilon_{r2}$) - Calcolo della densità di potenza riflessa e trasmessa - Dielettrici perfetti - Campo elettrico incidente e linearmente polarizzato in direzione arbitraria - Indice di rifrazione della troposfera per le radioonde e per la luce - La curvatura dei raggi luminosi nell'atmosfera - L'appiattimento del Sole - Dispersione della luce - Il raggio verde - L'arcobaleno - L'arcobaleno agli occhi di un osservatore attento - Interpretazione dell'origine dell'arcobaleno: da Fleischer a Newton - Spiegazione di Newton sulla origine dell'arcobaleno nella sua "Lectures on Optics" - Passaggio di un raggio di luce attraverso una goccia di pioggia - Il più grande angolo fra il raggio incidente e quello emergente - Il miraggio - Storia scientifica degli studi sul miraggio scritta da Biot - Il miraggio - Gaspard Monge - Trattamento teorico del miraggio - Modello specifico - Modello più dettagliato - Dettagli più importanti.

4 - Riflessione totale - Riflessione e rifrazione in un mezzo conduttore

Riflessione totale - Onde superficiali - Calcolo dei coefficienti di riflessione e di trasmissione nel caso di riflessione totale $\theta_0 \geq \theta_L$ - Studio delle fasi dell'onda riflessa quando $\theta_0 > \theta_L$.

5 - Lamine piane (Plane slabs)

Campo elettromagnetico riflesso e trasmesso - Coefficienti di riflessione e trasmissione - Applicazione ai mezzi dielettrici - Protezione di antenne - Modello fisico della riflettività di uno strato dielettrico - Riflessioni multiple.

6 - Plasma - Propagazione di onde elettromagnetiche in plasma omogeneo

Descrizione elettromagnetica dei plasmi - Determinazione dei parametri costitutivi del plasma - Propagazione di onde piane in un plasma omogeneo - Densità di energia in mezzi dispersivi - Velocità di fase, di gruppo e dell'energia in un plasma senza perdite - Velocità di fase, di gruppo e dell'energia in un plasma con piccole perdite - Effetto Doppler in un mezzo omogeneo dispersivo - Indice di rifrazione di un mezzo omogeneo in moto - Fenomeni elettromagnetici non lineari nei plasmi ed in particolare nella ionosfera - Cross modulation o effetto Lussemburgo - Effetto Lussemburgo - Risultati sperimentali sull'effetto Lussemburgo - Richiami sulla teoria della propagazione delle radioonde - Interpretazione dell'effetto Lussemburgo - Teoria dell'effetto Lussemburgo - Descrizione del campo elettromagnetico 'disturbante' - Equazione di bilancio energetico degli elettroni - Variazione di ν_{eff} dovuta al campo modulato - Assorbimento di un'onda elettromagnetica.

8 - Propagazione in un mezzo non omogeneo ed isotropo in approssimazione di frequenza molto alta - Propagazione di onde radio nella ionosfera

Finestra radio - Radiazione infrarossa - Trasmissione atmosferica della radiazione infrarossa - Assorbimento - Il Sole - Emissione di radioonde - La variazione della densità degli elettroni con l'altezza. Lo strato di Chapman - La struttura della ionosfera Influenza della ionosfera sulla propagazione delle radioonde - Traiettoria dei raggi nella ionosfera - Global Positioning System (GPS) - Prestoria - Global Navigation Satellite System - Fondamenti di Navigazione Satellitare - Concetto di distanza (ranging) utilizzando misure del tempo di arrivo (Time of Arrival - TOA) - Determinazione della posizione bidimensionale

- Comune scarto temporale degli orologi e loro compensazione - La matematica del GPS
- Linearizzazione delle equazioni delle pseudodistanze - Valutazione delle equazioni delle distanze con il metodo iterativo.

9 - Caratteristiche dispersive dei dielettrici e dei conduttori

Equazione del moto di un elettrone legato - Dispersione anomala e assorbimento di risonanza - Indice di rifrazione e coefficiente di assorbimento - dell'acqua (liquida) in funzione della frequenza - Dispersione nei conduttori.

10 - La teoria della radiazione

I potenziali elettromagnetici e trasformazioni di gauge - Soluzione della equazione d'onda non omogenea - La soluzione generale dell'equazione di Helmholtz - Derivazione del campo elettrico e del campo magnetico dai potenziali elettromagnetici.

11 - Campo elettromagnetico irradiato da sorgenti elementari - Campi di radiazione

Elemento di corrente filiforme: dipolo elettrico hertziano - Potenza irradiata dal dipolo hertziano - Linee di forza del campo elettrico irradiato da un dipolo hertziano - Radiazione emessa da una piccola spira percorsa da corrente monocromatica - Campi di radiazione.

12 - Teoria delle antenne: I

Parametri di un'antenna - Diagramma di radiazione - Guadagno e direttività di un'antenna - Resistenza di radiazione ed efficienza di un'antenna - Applicazione al caso del dipolo hertziano - Antenne rettilinee con corrente stazionaria - Campo di radiazione emesso dall'antenna rettilinea con corrente stazionaria - Deduzione dei campi di radiazione nell'approssimazione di antenna corta rispetto alla lunghezza d'onda - Antenne rettilinee con distribuzione di corrente progressiva; radiazione Čerenkov - Campi di radiazione di un'antenna ad onda progressiva.

13 - Teoria delle antenne: I

Distribuzione di corrente in un'antenna rettilinea - Modello di Hallen e King.

14 - Teoria dei sistemi di antenne rettilinee

Array di antenne a mezz'onda parallele - Studio dell'array factor nel caso di antenne equidistanziate - Studio dell'array factor nel caso di un sistema uniforme di antenne in fase - Studio dell'array factor nel caso di un sistema uniforme di antenne sfasate - Sistema di antenne rettilinee con distribuzione disuniforme di correnti - Considerazioni ulteriori e scanning elettronico - Sistema di antenne ad alta direttività - Rectangular array.

15 - Calcolo della direttività di alcuni tipi di antenne

Direttività di un'antenna rettilinea con corrente sinusoidale.

- Complementi di Campi elettromagnetici

Teoria di Rayleigh sull'azzurro del cielo - Legge di Brewster dal punto di vista della teoria degli elettroni.

- **Formulario** Valori di alcune costanti e grandezze - Analisi vettoriale - Coordinate cartesiane - Coordinate cilindriche - Coordinate sferiche - Seno e coseno integrali per argomenti πx - Primi cenni sulle equazioni differenziali - Equazioni

differenziali lineari del primo ordine - Equazioni differenziali del secondo ordine a coefficienti costanti - Equazioni differenziali alle derivate parziali - Metodo di integrazione di alcune funzioni irrazionali - Sistemi di riferimento e vettori.

Gli argomenti del programma sono trattati nel libro:

S.Barbarino - Appunti di Campi elettromagnetici - disponibile al seguente indirizzo web:

www.diit.unict.it/users/campi