

## **Programma del corso di FISICA 2 - GR3 (proff. Merola - Scudellaro)**

### **Modulo 1 ( 9 CFU → 72 ore = 48 ore lezione + 24 ore esercitazioni)**

#### **Elettrostatica nel vuoto (14 ore)**

Osservazioni sperimentali di fenomeni elettrici. Carica elettrica. Legge di Coulomb. Campo elettrico, linee di campo. Densità di carica. Principio di sovrapposizione. Campo di una carica puntiforme. Potenziale elettrico. Dimensioni fisiche e unità di misura delle grandezze elettriche. Dipolo elettrico. Campo e potenziale di dipolo. Energia potenziale di un dipolo. Forze e momenti agenti su un dipolo. Cenni sul quadrupolo elettrico e sullo sviluppo in serie di multipoli. Flusso del campo elettrico. Teorema di Gauss e applicazioni: filo carico indefinito, strato carico piano, doppio strato, distribuzione di carica a simmetria sferica. Divergenza e rotore del campo elettrico. Prima equazione di Maxwell, equazione di Poisson, equazione di Laplace. Continuità della componente tangenziale del campo elettrico. Conduttori. Teorema di Coulomb. Induzione elettrostatica. Conduttore cavo e gabbia di Faraday. Induzione completa. Relazioni fra potenziali e cariche sui conduttori: cenni sui coefficienti di potenziale e di capacità. Condensatori. Capacità del condensatore sferico e del condensatore piano. Condensatori in serie ed in parallelo.

#### **Elettrostatica nei dielettrici (6 ore)**

I dielettrici. Il fenomeno della polarizzazione per deformazione e per orientamento. Polarizzabilità elettrica. Vettore intensità di polarizzazione. Cariche di polarizzazione e legame con il vettore polarizzazione. Suscettività elettrica. Il vettore spostamento elettrico e legame con le cariche libere. Permittività elettrica relativa. Equazioni di Maxwell per E e per D. Interfaccia fra due dielettrici. Condizioni per E e D. Leggi della rifrazione.

#### **Corrente elettrica stazionaria (2 ore)**

Conduzione elettrica. Intensità di corrente. Densità di corrente. Modello classico della conduzione elettrica. Conduttori metallici. Leggi di Ohm. Resistenza elettrica e resistività. Dipendenza dalla temperatura. Circuiti elettrici in regime stazionario. Leggi di Kirchhoff. Energia e potenza associata al passaggio di corrente. Effetto Joule. Forza elettromotrice e cenni sui generatori di forza elettromotrice.

#### **Magnetismo nel vuoto (10 ore)**

Fenomeni magnetici nel vuoto. Fatti sperimentali. Il campo di induzione magnetica B. Forze su un circuito percorso da corrente. Il formula di Laplace. Forza di Lorentz. Azioni meccaniche su una spira percorsa da corrente. Momento magnetico di una spira percorsa a corrente. Legge di Biot e Savart. I formula di Laplace. Campo di induzione magnetica generato da un filo rettilineo e da una spira circolare piana percorsi da corrente. Campo all'interno di un solenoide. Teorema di equivalenza di Ampere. Forze tra circuiti percorsi da corrente. Definizione dell'Ampere come unità di misura della corrente. Teorema di circuitazione di Ampere per il campo B. Proprietà locali di B. Potenziale vettore e potenziale scalare magnetico.

#### **Magnetismo nella materia (4 ore)**

Fenomeni magnetici nella materia. Materiali magnetici. Vettore intensità di magnetizzazione. Correnti di magnetizzazione di volume e superficiali. Definizione del campo magnetico H e sue proprietà locali. Teorema della circuitazione di H. Condizioni di raccordo di B e H su superfici di due mezzi diversi. Permeabilità magnetica. Suscettività magnetica. Sostanze diamagnetiche, paramagnetiche e ferromagnetiche. Ciclo di isteresi. Teoria di Weiss. Magneti permanenti. Elettromagneti. Circuiti magnetici. Legge di Hopkinson.

### **Induzione elettromagnetica e corrente alternata (6 ore)**

Il fenomeno dell'induzione elettromagnetica. Legge di Faraday-Neumann. Legge di Lenz. Flusso tagliato e flusso concatenato. Equazione di Maxwell per il rotore di E. Il fenomeno dell'autoinduzione. Coefficiente di autoinduzione. Il fenomeno dell'induzione mutua. Coefficiente di mutua induzione. Circuiti accoppiati. Circuiti in corrente alternata. Metodo simbolico. Potenza scambiata con elementi resistivi, induttivi, capacitivi. Il trasformatore statico. Produzione, trasporto e utilizzazione dell'energia elettrica. Densità di energia magnetica. Forze magnetiche. Correnti di Foucault o correnti parassite.

### **Equazioni di Maxwell e onde elettromagnetiche (4 ore)**

Corrente di spostamento ed equazione di Maxwell per il rotore di B. Le equazioni di Maxwell nel vuoto e nei mezzi materiali omogenei ed isotropi. Equazione delle onde per E e B. Equazione di D'Alembert. Onde elettromagnetiche piane. Caratteristiche e proprietà. Relazioni fra i vettori E e B. Onde elettromagnetiche sferiche. Energia ed intensità di un'onda elettromagnetica. Vettore di Poynting.

## **Modulo 2 ( 7 CFU → 56 ore = 34 ore lezione + 22 ore esercitazioni)**

### **Onde elettromagnetiche nel vuoto (6 ore)**

Onde elettromagnetiche nel vuoto. Onde piane. Onde sferiche. Onde piane polarizzate linearmente, circolarmente ed ellitticamente. Energia delle onde e.m. Vettore di Poynting. Impedenza caratteristica. Spettro elettromagnetico. Quantità di moto e momento angolare di un'onda e.m. Pressione di radiazione. Radiazione emessa da un dipolo elettrico oscillante. Radiazione emessa da una carica accelerata. Formula di Larmor. Potenziali del campo e.m. Trasformazioni di gauge. Gauge di Lorentz. Gauge di Coulomb. Potenziali ritardati.

### **Onde elettromagnetiche nei mezzi (6 ore)**

Onde elettromagnetiche nei dielettrici. Dipendenza dell'indice di rifrazione dalla frequenza dell'onda. Dispersione normale ed anomala. Cenni sulle onde e.m. nei conduttori. Condizioni di raccordo per i campi tra due mezzi. Riflessione e rifrazione delle onde e.m. nei dielettrici. Polarizzazione e sfasamenti delle onde riflesse e trasmesse. Relazioni di Fresnel. Riflettanza e Trasmittanza. Cenni sulla riflessione sulle superfici metalliche.

### **Ottica ondulatoria e Interferenza della luce (4 ore)**

Il principio di Huygens-Fresnel ed il teorema di Kirchhoff. I fenomeni di Interferenza della luce. Sorgenti di luce naturali. Coerenza spaziale e coerenza temporale. Esperimento di Young. Interferenza da due sorgenti puntiformi. Dispositivi interferenziali. Doppio prisma di Fresnel, specchio di Lloyd, specchi di Fresnel. Metodo complesso per la sovrapposizione di onde armoniche. Curva di vibrazione e metodo dei fasori. Interferenza da N sorgenti puntiformi. Interferenza da lamina sottile. Anelli di Newton.

### **Diffrazione della luce (4 ore)**

I fenomeni di Diffrazione della luce. Diffrazione di Fraunhofer da una, due e da N fenditure rettilinee. Reticolo di diffrazione. Diffrazione da un foro circolare. Criterio di Rayleigh e potere risolutivo di una fenditura e di un foro circolare. Cenni sui fenomeni di diffrazione di Fresnel da un foro, una fenditura, uno spigolo.

### **Polarizzazione della luce e cenni di ottica nei mezzi anisotropi (2 ore)**

I fenomeni di Polarizzazione della luce. Birifrangenza naturale. Esperienze di Bartolino. Esperienze di Malus, Esperienze di Wiener sulla natura del vettore ottico. Cristalli e anisotropia ottica. Tensore

delle permittività elettriche. Assi ottici, Ellissoide di Fresnel degli indici e delle velocità di fase. Cenni sulla propagazione della luce nei mezzi anisotropi. Lamine di ritardo e lamina a quarto d'onda. Attività ottica e potere rotatorio. Velocità di fase, velocità di gruppo e velocità dei segnali elettromagnetici.

### **Misure della velocità della luce (1 ora)**

Misure storiche della velocità della luce: metodo di Roemer, metodo di Foucault e metodo di Fizeau.

### **Ottica geometrica (1 ora)**

Approssimazione dell'ottica geometrica. Formazione delle immagini. Approssimazione di Gauss. Aberrazioni ottiche. Occhio umano. Sistemi e strumenti ottici. Ingrandimenti e potere risolutivo degli strumenti. Grandezze fotometriche e radiometriche.

### **Relatività ristretta (10 ore)**

Trasformazioni di Galileo e relatività galileiana. Ipotesi dell'etere e difficoltà della fisica classica. Esperimento di Michelson-Morley. I postulati della relatività ristretta di Einstein. Trasformazioni di Lorentz e loro conseguenze: contrazione delle lunghezze, dilatazione dei tempi, aberrazione della luce, effetto Doppler relativistico. Cinematica e dinamica relativistica. Impulso, Energia. Massa relativistica. Equivalenza massa-energia. Forza e legge del moto. Massa longitudinale e massa trasversale. Quadri vettori. Spazio di Minkowski. Intervallo di tipo spazio, di tipo tempo e degenerare. Cinematica relativistica dei decadimenti e degli urti. Sistema del laboratorio e sistema del centro di massa. Collisioni binarie elastiche e collisioni binarie anelastiche. Energia di soglia di una reazione. Relatività ed elettromagnetismo. Potenza irraggiata da una carica accelerata: formula di Lienard. Quadricorrente. Trasformazioni di Lorentz dei campi E e B. Covarianza relativistica dell'elettrodinamica. Quadripotenziale. Tensore elettromagnetico. Cenni sul principio di equivalenza e la relatività generale.

### **Testi consigliati:**

Mencuccini e Silvestrini, Fisica II: Elettromagnetismo Ottica, Liguori.  
Resnik: Introduzione alla relatività ristretta, Zanichelli.

### **Altri testi di consultazione:**

Blum e Roller, Fisica: Elettromagnetismo Ottica, Zanichelli.  
Lowitch e Rosati, Fisica generale: Elettromagnetismo Ottica, Ambrosiana.  
G. Gialanella, Fondamenti di elettromagnetismo e ottica, UTET  
M. Napolitano: appunti di cinematica relativistica.