



---

## FISICA II

FIS/03 - 9 CFU - 1° semestre

### Docente titolare dell'insegnamento

#### ELISABETTA PALADINO

**Email:** elisabetta.paladino@dmfci.unict.it

**Edificio / Indirizzo:** Viale A. Doria 64, Edificio 6

**Telefono:** 0953785501

**Orario ricevimento:** L'orario di ricevimento verrà pubblicato sul sito del DIEEI e del DFA

---

### OBIETTIVI FORMATIVI

Il corso ha la finalità di fornire conoscenze di base di elettromagnetismo nel vuoto, in presenza di conduttori e di materiali dielettrici e magnetici sia in condizioni stazionarie che in presenza di fenomeni dipendenti dal tempo, compresi i fenomeni propagazione delle onde elettromagnetiche. Alla fine del corso lo studente sarà in grado di risolvere semplici problemi di elettromagnetismo a partire dalle equazioni di Maxwell e di relazioni costitutive relative ai diversi materiali.

### PREREQUISITI RICHIESTI

Comprensione del testo.

Nozioni di geometria e calcolo vettoriale: distinzione fra grandezze scalari e vettoriali, somma di vettori, prodotto scalare e prodotto vettore.

Conoscenza di algebra e trigonometria elementari: soluzione di equazioni algebriche di primo e secondo grado, funzioni trigonometriche e formule goniometriche.

Calcolo differenziale ed integrale di funzioni ad una variabile.

Equazioni differenziali del primo e del secondo ordine.

Leggi di Newton ed equazioni del moto. Forze conservative e principio di conservazione dell'energia meccanica. Dinamica traslazionale e rotazionale: moto rettilineo uniforme e moto uniformemente accelerato, velocità angolare. Campo di forze.

---

### FREQUENZA LEZIONI

Frequenza fortemente consigliata. La frequenza è obbligatoria per accedere alle prove in itinere (limite

minimo di presenze pari al 65%).

---

## **CONTENUTI DEL CORSO**

Premessa: Richiami di notazione vettoriale e definizione di gradiente, divergenza, rotore. Teorema della divergenza e teorema di Stokes.

Campo elettrostatico: Cariche elettriche: fenomenologia e legge di Coulomb. Principio di sovrapposizione. Campo elettrostatico generato da un insieme discreto di cariche. Linee di forza. Legge di Gauss. Campo elettrostatico prodotto da distribuzioni continue di cariche. Moto di cariche in un campo elettrostatico. Potenziale elettrostatico: Lavoro della forza elettrica e potenziale elettrostatico. Energia potenziale elettrostatica, superfici equipotenziali. Tensione. Dipolo elettrico. Equazioni di Maxwell per il campo elettrostatico.

Conduttori e capacità elettrica: Conduttori in equilibrio. Capacità di un conduttore isolato. Schermo elettrostatico. Condensatori, collegamenti in serie e parallelo. Energia immagazzinata in un condensatore.

Dielettrici : Fenomenologia dei dielettrici e vettore polarizzazione. Descrizione qualitativa della polarizzazione elettronica e per orientamento. Equazioni di Maxwell nei dielettrici. Condizioni di raccordo dei campi. Energia del campo elettrico in presenza di dielettrici. Trattazione microscopica della polarizzabilità elettronica.

Corrente elettrica continua: Conduzione elettrica. Corrente elettrica. Principio di conservazione della carica ed equazione di continuità. Modello di Drude per la conduzione e legge di Ohm (effetto Joule). Resistori in serie e in parallelo. Circuiti RC.

Campo magnetico: Forza magnetica: fenomenologia. Linee di forza e legge di Gauss per il campo magnetico. Legge di Lorentz. Forza su conduttori percorsi da corrente: leggi elementari di Laplace. Principio di equivalenza di Ampere. Campo magnetico prodotto da correnti. Legge di Ampere. Azioni elettrodinamiche fra circuiti. Equazioni di Maxwell campo magnetostatico.

Mezzi magnetici: Fenomenologia delle sostanze magnetiche e vettore magnetizzazione. Equazioni di Maxwell nei mezzi magnetici. Condizioni di raccordo dei campi. Energia del campo magnetico nei mezzi materiali. Trattazione microscopica di Larmor del diamagnetismo. Paramagnetismo di Langevin. Discussione qualitativa del ferromagnetismo: isteresi e schermi magnetici.

Campi elettrici e magnetici variabili nel tempo: Induzione elettromagnetica, legge di Faraday Lenz. Forza elettromotrice indotta. Fenomeni di induzione. Corrente di spostamento e legge di Ampere Maxwell. Energia magnetica.

Equazioni di Maxwell e onde elettromagnetiche nel vuoto: Equazioni di Maxwell nel vuoto in forma integrale e differenziale. Introduzione alle onde elettromagnetiche. Equazione di d'Alambert. Notazione simbolica. Onde piane. Onde armoniche. Polarizzazione di onde elettromagnetiche. Densità di energia di onde elettromagnetiche, intensità e vettore di Poynting.

Equazioni di Maxwell nella materia e onde elettromagnetiche nei mezzi: Onde elettromagnetiche nei mezzi materiali lineari. Indice di rifrazione e velocità di propagazione. Relazione tra indice di rifrazione, funzione dielettrica e coefficiente di assorbimento. Dispersione nei dielettrici. Propagazione e assorbimento di onde elettromagnetiche nei metalli.

---

## TESTI DI RIFERIMENTO

P. Mazzoldi, M. Nigro, C. Voci, Fisica volume II Seconda edizione, EdiSES 2000.

Fisica 2, D. Halliday, R. Resnick, K. S. Krane, Zanichelli

Testo di approfondimento: Edward M. Purcell, La Fisica di Berkley 2, Elettività e Magnetismo, Zanichelli.

## ALTRO MATERIALE DIDATTICO

Il materiale didattico eventualmente consegnato (in aula o via Studium) e gli appunti del corso sono una guida per lo studente che dovrà comunque studiare sui testi di Fisica consigliati. Compiti d'esame disponibili al sito <http://www.quinfo.altervista.org/>

---

## PROGRAMMAZIONE DEL CORSO

	<b>* Argomenti</b>	<b>Riferimenti testi</b>
1	* Cariche elettriche; legge di Coulomb; Campo elettrostatico.	Cap. 1
2	* Potenziale elettrostatico; energia potenziale associata al campo elettrico.	Cap. 2
3	* Legge di Gauss	Cap. 3
4	* Conduttori; induzione elettrostatica; schermo elettrostatico; capacità di un conduttore isolato. Capacitori, collegamenti in serie e in parallelo.	Cap. 4
5	* Dielettrici; Polarizzazione; Equazioni di Maxwell in presenza di dielettrici.	Cap. 5
6	Trattazione microscopica della polarizzabilità elettronica.	Cap. 5
7	* Conduzione elettrica; modello di Drude, legge di Ohm, corrente continua. Resistori in serie ed in parallelo.	Cap. 6
8	* Campo magnetico; forza di Lorentz, leggi elementari di Laplace.	Cap. 7
9	* Legge di Ampere	Cap. 8
10	* Mezzi magnetici, magnetizzazione, correnti amperiane.	Cap. 9
11	Trattazione microscopica di Larmor del diamagnetismo e del paramagnetismo di Langevin.	Cap. 9
12	* Campi elettrici e magnetici variabili nel tempo: legge di Faraday e legge di Ampere Maxwell	Cap. 10
13	* Equazioni di Maxwell e onde elettromagnetiche nel vuoto	Cap. 13
14	Onde elettromagnetiche nei mezzi, modelli microscopici della propagazione di onde elettromagnetiche nei materiali.	Cap. 18

---

\* Conoscenze minime irrinunciabili per il superamento dell'esame.

**N.B.** La conoscenza degli argomenti contrassegnati con l'asterisco è condizione necessaria ma non sufficiente per il superamento dell'esame. Rispondere in maniera sufficiente o anche più che sufficiente alle domande su tali argomenti non assicura, pertanto, il superamento dell'esame.

---

## VERIFICA DELL'APPRENDIMENTO

### MODALITÀ DI VERIFICA DELL'APPRENDIMENTO

Scritto e orale.

### PROVE IN ITINERE

Si prevede di svolgere due prove in itinere durante il corso, ciascuna consistente in due esercizi della stessa tipologia delle prove d'esame. Durata: 2 ore. Punteggio: 30 punti. Il superamento delle due prove con voto medio superiore a 18/30 esonera dalla prova finale scritta. Le prove in itinere sono riservate **esclusivamente** agli studenti che frequentano il corso. Le date delle due prove sono pubblicate sul sito del Corso di Studi.

### PROVE DI FINE CORSO

Prova finale (scritta con quesiti e esercizi). Durata: 2.30 ore. Punteggio: 30 punti. Soglia: 18 punti. Nella prova orale (cui si accede con voto scritto non inferiore a 18) saranno verificate le conoscenze di teoria attraverso domande generali sugli argomenti del corso. L'esame si ritiene superato se lo studente totalizza più di 18. La prova orale viene sostenuta in una data definita dal docente entro lo stesso appello della prova scritta. In via eccezionale si può concedere di sostenere l'orale durante l'appello successivo, ma sempre entro la **stessa sessione di esami**.

Per sostenere l'esame (prova scritta e prova orale) occorre obbligatoriamente prenotarsi all'appello scelto usando gli strumenti telematici previsti.

### ESEMPI DI DOMANDE E/O ESERCIZI FREQUENTI

Esercizio tipo prima parte del programma:

Tra due superfici sferiche concentriche di raggi  $a = 1\text{ cm}$  e  $b = 30\text{ cm}$  è distribuita una carica elettrica con densità uniforme  $\rho = 31.2 \times 10^{-8}$  in unità del S.I.

1) Determinare il campo elettrostatico in tutti i punti dello spazio ed il potenziale ponendo lo zero del potenziale all'infinito. Calcolare il valore del potenziale nel punto  $r = 35\text{ cm}$ .

2) Calcolare con quale velocità arriva al centro della sfera un elettrone inizialmente in quiete sulla superficie di raggio  $r = 2\text{ cm}$ .

Esercizio tipo seconda parte del programma:

In una spira quadrata di lato  $l = 33\text{ cm}$ , posta sul piano x-y di un sistema cartesiano, scorre una corrente  $i = 26\text{ mA}$ . All'istante  $t = 0$  la spira è per metà soggetta all'azione di un campo magnetico  $\mathbf{B} = B_0 \mathbf{z}$  con  $B = 35\text{ mT}$

1) Calcolare la forza (vettoriale) che deve essere applicata alla spira perchè essa sia in quiete nel sistema

di riferimento indicato.

2) Calcolare la corrente indotta nella spira quando essa a  $t=0$  è in moto a velocità costante  $\mathbf{v}_0 = 0.5 \mathbf{x} \text{ m/s}$  ed ha resistenza  $R=5 \times 10^3$  unità SI.

Domande frequenti:

Equazioni di Maxwell in forma integrale;

Equazioni di Maxwell in forma locale;

Campo elettrostatico e campo elettrico;

Induzione elettrostatica;

Modello di Drude;

Legge di Ohm;

Polarizzazione materiali dielettrici;

Magnetizzazione materiali magnetici;

Relazioni costitutive;

Campo magnetico;

Equazione onda e proprietà onde elettromagnetiche;

Polarizzazione onde elettromagnetiche.

---