



# UNIVERSITÀ DI PISA

---

## FISICA 2

**ANDREA VERLICCHI**

Anno accademico

2021/22

CdS

SCIENZE MARITTIME E NAVALI

Codice

293BB

CFU

6

Moduli	Settore/i	Tipo	Ore	Docente/i
FISICA 2	FIS/01	LEZIONI	65	ANDREA VERLICCHI

### Obiettivi di apprendimento

#### *Conoscenze*

Strumenti di base per la comprensione delle leggi di Maxwell dell'elettromagnetismo, e loro applicazione a casi pratici semplici, quali conduttori, circuiti, magnetismo della materia.

#### *Modalità di verifica delle conoscenze*

Esercitazione scritta durante il corso su argomenti concordati.

#### *Capacità*

Risolvere problemi di elettrostatica, calcolare andamento di circuiti di tipo RC, LC. Valutare effetti legati alla legge di Faraday e relativi ad auto e mutua induzione.

#### *Modalità di verifica delle capacità*

Esecitazione scritta.

#### *Comportamenti*

Migliore comprensione del mondo fisico.

#### *Modalità di verifica dei comportamenti*

Esercitazione scritta.

### Prerequisiti (conoscenze iniziali)

Preparazione di scuola media superiore con elementi base di analisi matematica: studio di funzione, derivata e integrale di funzioni elementari.

### Programma (contenuti dell'insegnamento)

#### **ELETTROSTATICA:**

Legge di Coulomb - Campo elettrico di una carica puntiforme  $E=(kq/r^2)$  Principio di sovrapposizione:  $E = \sum E_k$ . Campo elettrico di una distribuzione continua di carica: filo rettilineo; disco e passaggio al limite al piano indefinito.

Circuitazione del campo elettrostatico e definizione di differenza di potenziale:  $V_a - V_b =$  Potenziale di una carica puntiforme  $V = kq/r$ . Il campo come gradiente del potenziale in una dimensione:  $E = -dV/dx$ .

1a equazione di Maxwell: Teorema di Gauss:  $\oint \mathbf{E} \cdot d\mathbf{A} = q_{int}/\epsilon_0$

Elettrostatica dei conduttori. Capacità del conduttore isolato  $C = Q/V$ . Capacità di un condensatore: sferico, cilindrico e piano. Condensatori in serie ed in parallelo. Dielettrici e costante dielettrica. Energia elettrostatica di un sistema di cariche. Energia di un conduttore carico, energia del condensatore carico. Densità di energia elettrostatica  $u_e = \epsilon_0 E^2/2$ .

#### **CORRENTE ELETTTRICA:**

Intensità di corrente:  $i=dq/dt$  e vettore densità di corrente  $J$ . Conducibilità, resistività e resistenza elettrica. Legge di Ohm:  $\mathbf{J}=\sigma\mathbf{E}$  e sua forma per i circuiti:  $\sum V = \sum Ri$ . Legge di Davy:  $R = \rho l/A$ . Potenza  $P=Vi$  erogata da un generatore di corrente e legge di Joule  $W = \int Ri^2 dt$ . Conservazione della carica e teorema di continuità. Carica e scarica del condensatore: circuito RC e sua costante tempo  $t = RC$ . Principi di Kirchhoff per le maglie  $\sum V_k = 0$  e per i nodi  $\sum i_k = 0$ . Resistenze in serie ed in parallelo.

#### **CAMPO MAGNETICO:**

Campo magnetico generato da una corrente. Legge di Biot-Savart. Teorema di Ampère.

2a equazione di Maxwell: Teorema di Gauss per il campo magnetico.



## UNIVERSITÀ DI PISA

Forza di Ampère:  $\mathbf{F} = \int \mathbf{id} \times \mathbf{B}$ . Definizione di ampere (unità di misura di corrente). Forza di Lorentz agente su una particella carica in moto:  $\mathbf{F} = q \mathbf{v} \times \mathbf{B}$ . Moto di particelle cariche in campo elettrico e magnetico. Ciclotrone e suoi limiti. Unità di misura: il tesla, il gauss e l'ev. Sbarretta conduttrice in moto in campo magnetico.

### INDUZIONE ELETTROMAGNETICA:

Legge di Faraday-Neumann-Lenz:  $\epsilon = -d\text{Flux}(B)/dt$ . Forza elettromotrice indotta.

#### 3a equazione di Maxwell:

Autoinduzione: auto-flusso  $\Phi_a$  e coefficiente di autoinduzione  $L = \Phi_a / i$ . Circuito  $RL$  e sua costante tempo  $\tau = L/R$ ; grafico. Circuito  $LC$ : sfasamento tra carica e corrente. Energia magnetica nell'induttore. Densità di energia magnetica  $u_{\text{magn}} = B^2/2\mu_0$ .

Mutua induzione e coefficiente di mutua induzione  $M = \int \mathbf{r}_2 / r_1^2 |j_2 = 0$ . Calcolo di  $M$  per due solenoidi con accoppiamento magnetico perfetto.

Espressione  $M = \int \mathbf{r}_1 \cdot \mathbf{r}_2$ , dove  $0 \leq \theta \leq \pi$ .

Rocchetto di Rumkhorff: principio del trasformatore. Principio di funzionamento del motore elettrico.

Effetto pellicolare (effetto Kelvin).

#### 4a equazione di Maxwell:

Corrente di spostamento: esempio con la carica di un condensatore.

### EQUAZIONI DI MAXWELL E LORO SOLUZIONE: onde elettromagnetiche

Le quattro equazioni di Maxwell e loro forma nel vuoto: esistenza di un'equazione d'onda.

Soluzione delle onde piane del tipo  $F(x \pm ct)$ . Caratteristiche generali delle onde piane: lunghezza d'onda, numero d'onda  $k$ , frequenza e frequenza angolare  $\omega$ . Velocità di fase per mezzi non dispersivi:  $V = \omega/k$ . Spettro elettromagnetico. Energia trasportata da un'onda e.m. e definizione del vettore di Poynting. Applicazione del vettore di Poynting per un semplice circuito con batteria e resistenza e per un solenoide rettilineo con corrente variabile nel tempo  $i(t)$ . Antenna quadrata e antenna  $U$ .

### Bibliografia e materiale didattico

**SERWAY - JEVETT : FISICA per SCIENZE ed INGEGNERIA vol.secondo**

**Dispense del docente: Lezioni di Fisica (Masini-Verlicchi)**

**Capitolo 1°:** tutto ad esclusione del §1.3.

**Capitolo 2°:** tutto ad esclusione dei §2.9 e §2.10.

**Capitolo 3°:** Tutto, del §3.10 solo pag. 185-186.

**Capitolo 4°:** Tutto ad esclusione dei §4.3, §4.4, §4.5

**Capitolo 5°:** §5.1, §5.2, §5.3, §5.4.

### Modalità d'esame

Esame orale

Ultimo aggiornamento 23/03/2022 09:48