

# INGEGNERIA INDUSTRIALE (LB09)

(Lecce - Università degli Studi)

## Insegnamento FISICA GENERALE II

GenCod A002754

**Docente titolare** Pantaleo Davide  
COZZOLI

**Insegnamento** FISICA GENERALE II

**Insegnamento in inglese** PHYSICS II

**Settore disciplinare** FIS/01

**Corso di studi di riferimento**  
INGEGNERIA INDUSTRIALE

**Tipo corso di studi** Laurea

**Crediti** 9.0

**Ripartizione oraria** Ore Attività frontale: 81.0

**Per immatricolati nel** 2019/2020

**Erogato nel** 2020/2021

**Anno di corso** 2

**Lingua** ITALIANO

**Percorso** PERCORSO COMUNE

**Sede** Lecce

**Periodo** Primo Semestre

**Tipo esame** Orale

**Valutazione** Voto Finale

**Orario dell'insegnamento**

<https://easyroom.unisalento.it/Orario>

### BREVE DESCRIZIONE DEL CORSO

Il corso propone un'ampia e rigorosa panoramica dei fenomeni elettrici e magnetici nel vuoto e nella materia, inquadrati nell'elettromagnetismo classico come "teoria di campo", ed offre un approccio metodologico alla risoluzione dei relativi problemi. Allo scopo il programma è integrato da esercizi che permettono di comprendere le diversificate applicazioni delle nozioni teoriche proposte.

Il corso esordisce con l'introduzione del concetto di "campo" in fisica, richiamando gli strumenti matematici necessari alla rappresentazione e caratterizzazione delle proprietà di campi vettoriali conservativi e solenoidali. Vengono fornite le nozioni di campo elettrico, potenziale elettrico e densità di energia del campo, per mezzo dei quali vengono analizzate le proprietà di sistemi di cariche statiche (distribuzioni allocate nel vuoto, su conduttori in equilibrio, inclusi condensatori, ed in mezzi dielettrici). Vengono trattati i fenomeni relativi al passaggio di corrente elettrica in conduttori ohmici e si forniscono gli strumenti per l'analisi di circuiti capacitivi in regime stazionario e quasi-stazionario. Si fornisce il concetto di campo magnetico e si descrivono le leggi che governano i fenomeni magnetostatici. Si tratta il fenomeno dell'induzione elettromagnetica e si analizzano le relazioni tra campi elettrici e magnetici nel dominio del tempo. Si effettua l'analisi di circuiti induttivi in regime stazionario e quasi-stazionario. Infine, dalle equazioni di Maxwell si deducono l'esistenza e le principali proprietà delle onde elettromagnetiche nel vuoto.

### PREREQUISITI

Si richiedono la conoscenza di nozioni di Analisi Matematica/Geometria 1 e di Analisi Matematica /Geometria 2 ed il superamento degli esami di Analisi Matematica/Geometria 1 e di Fisica 1.

---

## OBIETTIVI FORMATIVI

Dopo il corso lo studente dovrebbe dimostrare di:

**Conoscenze e comprensione:** aver assimilato i concetti fondamentali dell'elettromagnetismo classico ed il relativo approccio metodologico, avendo compreso le equazioni di Maxwell e le modalità della loro applicazione alla descrizione e all'interpretazione di processi e fenomeni elettrici e magnetici, sia statici che dinamici.

**Capacità di applicare conoscenze e comprensione:** essere in grado di risolvere problemi classici di elettrostatica, elettrodinamica, magnetostatica ed induzione elettromagnetica, previa identificazione dei fenomeni fisici che intervengono nel problema. In particolare, lo studente dovrebbe:

- saper determinare i campi elettrici e magnetici generati da differenti distribuzioni di cariche statiche ed in moto (correnti).
- saper analizzare gli effetti ed i fenomeni energetici connessi con l'esistenza di campi elettrici e magnetici.
- saper risolvere circuiti in corrente continua a base di resistori, condensatori ed induttori, sia in regime stazionario che transiente nell'ipotesi di quasi-stazionarietà
- aver compreso l'origine e le caratteristiche principali delle onde elettromagnetiche.

**Autonomia di giudizio:** essere in grado di analizzare autonomamente un fenomeno fisico di natura elettromagnetica con rigore scientifico e di stabilire quali leggi fondamentali lo governano;

**Abilità comunicative:** saper esprimere e discutere, con proprietà di linguaggio e con l'uso degli strumenti matematici opportuni, le principali nozioni teoriche alla base dell'elettromagnetismo classico.

**Capacità di apprendimento:** aver maturato un approccio metodologico rigoroso ed idoneo allo studio di diversificate nozioni e problematiche connesse con l'elettromagnetismo, propedeutico all'apprendimento autonomo di argomenti più avanzati, che non possono essere abbracciati dal programma del corso.

---

## METODI DIDATTICI

Lezioni frontali, condotte mediante spiegazioni alla lavagna.

Se l'insegnamento verrà erogato interamente in "modalità teledidattica" a causa dell'emergenza Covid-19, il docente condurrà le lezioni mediante proiezione di diapositive animate, un estratto delle quali potrà essere reso eventualmente disponibile agli studenti soltanto al termine del corso. Il docente guida gli studenti nella selezione del materiale per lo studio, reperibile nei testi consigliati, fornendo precise indicazioni in merito ai contenuti teorici e agli esercizi di consolidamento utili per la preparazioni all'esame.

---

## MODALITA' D'ESAME

L'esame prevede due prove, entrambe obbligatorie:

(1) una prova scritta, della durata di 2.5-3 h, che consiste nello svolgimento di 3-4 problemi (uno dei quesiti potrebbe riguardare l'esposizione/discussione di un argomento di teoria).

Per sostenere la prova scritta, occorre prenotarsi presso l'apposito portale on line; durante la prova scritta sono consentiti soltanto l'uso di una calcolatrice scientifica e la consultazione di tavole di derivate/integrali notevoli. Non è permessa la consultazione di testi o di appunti relativi agli argomenti del corso.

La validità della prova scritta, se superata positivamente, si estende ai due appelli immediatamente successivi a quello in cui si è sostenuta la suddetta prova (incluso, nel computo, gli appelli delle sessioni straordinarie di Marzo-Aprile 2021 ed ottobre-Novembre 2021); l'eventuale verbalizzazione dell'esame superato avverrà, di conseguenza, in occasione del primo appello utile allo scopo.

(2) una prova orale (a cui lo studente accede solo in caso di superamento della prova scritta), finalizzata ad un'approfondita verifica della conoscenza delle nozioni teoriche proposte. In caso di esito negativo, la prova orale potrà essere sostenuta al massimo una seconda volta nell'appello successivo; in caso di mancato superamento della prova orale per la seconda volta, lo studente dovrà ripresentarsi a sostenere una nuova prova scritta.

---

## APPELLI D'ESAME

Sia gli studenti del II anno che seguiranno il corso di Fisica Generale 2 nel primo semestre dell'A.A. 2020/2021, sia gli studenti che hanno seguito le lezioni negli scorsi anni accademici, ma che non hanno ancora superato l'esame, potranno sostenere **prove parziali in itinere (esoneri) solo se le suddette prove potranno essere condotte in presenza**. Il superamento delle (due) prove scritte in itinere darà la possibilità di accedere direttamente alla prova **orale**, che dovrà però essere sostenuta necessariamente **in occasione del primo o del secondo appello** della Sessione d'esame di **Gennaio-Febbraio 2021**.

Il **primo esonero** avrà luogo, orientativamente, **entro la prima decade di dicembre 2020**.

Il **secondo esonero** avrà luogo, orientativamente, **entro la prima decade di gennaio 2021** (in ogni caso, prima dell'inizio della sessione d'esame di Gennaio-Febbraio 2021).

---

## ALTRE INFORMAZIONI UTILI

1) Gli studenti (frequentanti e non) che desiderano ricevere informazioni sul corso in itinere (argomenti svolti, suggerimenti per lo studio e le esercitazioni, eventuali sospensioni, spostamenti o recupero di lezioni, ecc.) sono pregati di inviarmi una email all'indirizzo: [davide.cozzoli@unisalento.it](mailto:davide.cozzoli@unisalento.it) dal proprio indirizzo istituzionale [nome.cognomeXY@studenti.unisalento.it](mailto:nome.cognomeXY@studenti.unisalento.it), indicando i seguenti contenuti:  
Oggetto della email: Fisica Generale 2 – CdL in Ing. Industriale  
Testo della email: Cognome/Nome, Matricola

2) Considerata la modalità corrente "teledidattica" di erogazione delle lezioni disposta in seguito all'emergenza Covid-19, l'orario delle lezioni (visibile sul sito web dell'università al link: [https://easycourse.unisalento.it//Orario/Dipartimento\\_di\\_Ingegneria\\_dellInnovazione/2020-2021/index.html](https://easycourse.unisalento.it//Orario/Dipartimento_di_Ingegneria_dellInnovazione/2020-2021/index.html)) potrebbe subire variazioni che saranno comunicate tempestivamente agli studenti frequentanti e quelli che avranno fatto richiesta di essere inseriti nella mailing list degli interessati al corso. Si consiglia, in ogni caso, di fare riferimento alle lezioni calendarizzate sulla piattaforma TEAMS.

3) RICEVIMENTO: Il Docente è sempre disponibile a ricevere gli studenti, previo appuntamento da concordare via email.

Il ricevimento è sospeso, per i candidati ad un dato appello d'esame, nella settimana in cui si svolge la prova scritta e fino alla conclusione delle prove orali relative allo stesso appello.

**L'ELETTROMAGNETISMO CLASSICO COME TEORIA DI CAMPO - Elementi di teoria dei campi**

Richiami di algebra ed analisi vettoriale (operazioni con vettori e scalari; derivata di un vettore dipendente da un parametro scalare; regole di derivazione di funzioni vettoriali).

Campi scalari: definizione, rappresentazione mediante curve di livello; operatori differenziali del primo ordine: derivata direzionale, gradiente; integrali semplici, doppi e tripli (di volume); parametrizzazione di una linea e di una superficie; integrali di linea e di superficie.

Campi vettoriali e loro rappresentazione mediante linee di flusso; tubi di flusso; punti singolari e discontinuità di campo. Operatori differenziali del primo ordine: rotore, divergenza. Integrali semplici, doppi e tripli (di volume). Linee orientate e loro parametrizzazione; integrali di linea (circolazione, circuitazione) e relativo significato fisico. Superfici orientabili; convenzioni per l'orientamento di una superficie; integrale di superficie (flusso) attraverso una superficie aperta e chiusa, e relativo significato fisico. Flusso concatenato.

Campi conservativi: definizione e proprietà. Funzione potenziale (scalare). Espressione in forma integrale della conservatività di un campo: invarianza della circolazione, circuitazione identicamente nulla. Vettore gradiente (di un potenziale scalare) e sue proprietà. Superfici equipotenziali. Caratteristiche delle linee di forza di un campo conservativo e loro deduzione. Rotore di un campo vettoriale: definizione e significato fisico. Teorema del rotore (o di Stokes). Campi irrotazionali. Espressione in forma differenziale (locale) della conservatività di campo: circolazione elementare, circuitazione specifica ed irrotazionalità. Requisiti per la conservatività di un campo irrotazionale. Campi solenoidali: definizione e proprietà. Espressione in forma integrale della solenoidaleità di un campo: flusso attraverso una superficie chiusa, invarianza del flusso concatenato; costanza del flusso attraverso le sezioni di un tubo di flusso; deduzione delle caratteristiche delle linee di forza. Divergenza di un campo vettoriale: definizione e significato fisico. Teorema della divergenza (o di Gauss-Green): enunciato e dimostrazione. Campi indivergenti. Divergenza di un campo solenoidale. Espressione in forma differenziale (locale) della solenoidaleità di campo: flusso specifico, rotazionalità, ed indivergenza. Requisiti per la solenoidaleità di un campo indivergente. Potenziale vettore.

Operatori differenziali del secondo ordine: operatore laplaciano; equazioni di Poisson e Laplace scalari e vettoriali; funzioni armoniche.

Campi vettoriali armonici (cenni).

Uso formale degli operatori differenziali: identità vettoriali.

Ricostruzione di un campo vettoriale a partire dalla conoscenza della divergenza e del rotore del campo (teorema di Helmholtz in forma differenziale): esempi di campi caratterizzati da divergenza nulla, da rotore nullo, e da divergenza e rotore non nulli.

L'elettromagnetismo classico come teoria di campo: formulazione integrale e differenziale (locale) delle sue leggi fondamentali.

**ELETTROSTATICA**

**Carica elettrica e legge di Coulomb.** Elettrostatica: scopi e contenuti. Tribolellettricità. Proprietà della carica elettrica. Unità di misura. Legge di conservazione della carica elettrica. Funzione densità di carica. Configurazioni di carica discrete e continue. Legge di Coulomb. Principio di sovrapposizione e sua applicazione alla determinazione analitica della forza scambiata fra sistemi discreti e continui di cariche (distribuite su segmenti, linee, anelli, corone e settori circolari, dischi, piani, superfici sferiche, ed entro gusci sferici/cilindrici, volumi sferici e cilindrici). Limiti della legge di Coulomb e del concetto di "azione a distanza".

**Campo elettrico (statico).** Campo elettrico (statico): definizione e significato fisico; relazione fra i concetti di campo, sorgente di campo, carica di prova, e forza agente sulla carica di prova. Unità di misura. Rappresentazione mediante linee di forza. Principio di sovrapposizione e sua applicazione alla determinazione analitica del campo elettrostatico generato da configurazioni discrete e continue di cariche (distribuite su segmenti, fili rettilinei infinitamente lunghi, anelli, corone e settori circolari, dischi, piani, superfici sferiche, ed entro gusci sferici/cilindrici, volumi sferici e cilindrici);

sistemi di carica distribuita su superfici e entro volumi con "interruzioni")

**Legge di Gauss.** Angolo solido. Flusso del vettore campo elettrico e sue proprietà. Unità di misura. Calcolo del flusso elettrostatico attraverso una superficie chiusa a partire dalla legge di Coulomb (teorema di Gauss). Legge di Gauss in forma integrale (prima equazione di Maxwell in forma integrale). Applicazione della legge di Gauss al calcolo del campo elettrostatico generato da varie distribuzioni di carica continue con elevato grado di simmetria. Derivazione della legge di Coulomb dalla legge di Gauss. Discontinuità del campo elettrostatico. Formulazione differenziale (locale) della legge di Gauss (prima equazione di Maxwell in forma differenziale). Assenza di punti d'equilibrio in un campo elettrostatico nel vuoto. Applicazione della legge di Gauss in forma differenziale alla determinazione della carica contenuta in specificate regioni dello spazio (con particolare riferimento a distribuzioni continue con elevato grado di simmetria).

**Energia potenziale elettrostatica; potenziale elettrico; energia del campo elettrico.** Richiamo dei concetti di: lavoro di una forza, forze conservative, funzione energia potenziale. Dimensioni, unità di misura. Conservatività della forza coulombiana. Energia potenziale elettrostatica (di posizione). Relazione differenziale (locale) fra energia potenziale elettrostatica e forza coulombiana: proprietà del vettore gradiente della funzione energia potenziale. Calcolo dell'energia potenziale elettrostatica (di posizione) di sistemi discreti e continui di cariche. Conservatività del campo elettrostatico: espressione in forma integrale e differenziale (terza equazione di Maxwell per l'elettrostatica). Potenziale elettrostatico. Unità di misura. Relazione differenziale (locale) fra potenziale elettrostatico e campo elettrostatico: proprietà del vettore gradiente della funzione potenziale. Approcci per la determinazione del potenziale generato da sistemi discreti e continui di cariche. Superfici equipotenziali. Rappresentazione del campo elettrostatico mediante linee di forza e superfici equipotenziali. Conservazione dell'energia (meccanica) in presenza di forze elettrostatiche. Energia potenziale elettrostatica totale di una distribuzione di carica: energia potenziale di posizione ed energia potenziale (interna) di configurazione

Energia potenziale elettrostatica di configurazione di distribuzioni discrete e continue di cariche. Auto-energia. Densità di energia del campo elettrico e sua localizzazione. Energia di una carica puntiforme. Raggio classico dell'elettrone (cenni).

Equazioni di Poisson e Laplace per il potenziale elettrostatico. Soluzioni dell'equazione di Laplace: caratteristiche del potenziale elettrostatico come funzione armonica (teorema della "media"). Assenza di punti d'equilibrio in un campo di potenziale (elettrostatico) nel vuoto.

**Dipolo elettrico.** Dipolo elettrico. Momento di dipolo. Unità di misura. Potenziale e campo elettrostatico generati da un dipolo a grande distanza (approssimazione di dipolo puntiforme), espressi in diversi sistemi di coordinate. Energia potenziale di un dipolo puntiforme in un campo elettrostatico.

Analisi delle forze agenti su un dipolo in un campo elettrico: rotazione e trascinarsi. Relazione fra le forze agenti su un dipolo e la sua energia potenziale. Derivazione dell'espressione del momento meccanico agente su un dipolo per via energetica e dinamica.

**Sviluppo del potenziale in serie di multipoli.** Momento di dipolo di una distribuzione di carica (discreta o continua). Sviluppo del potenziale in serie di multipoli. Calcolo del potenziale e del campo elettrostatico nella "approssimazione di dipolo".

**Dielettrici.** Mezzi dielettrici polari ed apolari. Fenomenologia della polarizzazione. Vettore densità di polarizzazione. Cariche di polarizzazione superficiali e volumetriche. Campo e potenziale prodotti dalla polarizzazione in dielettrici polarizzati uniformemente e non uniformemente: derivazione formale della relazione fra cariche di polarizzazione e il vettore densità di polarizzazione.

Vettore spostamento elettrico. Legge di Gauss per i dielettrici. Relazione fra il vettore spostamento elettrico, il vettore densità di polarizzazione ed il vettore campo elettrico. Formulazione integrale e differenziale delle leggi dell'elettrostatica in presenza di dielettrici.

Dielettrici lineari ed isotropi. Dielettrici normali. Suscettibilità dielettrica. Relazione fra costante dielettrica relativa e suscettività dielettrica in dielettrici normali. Polarizzazione in dielettrici normali. Energia potenziale elettrostatica e densità di energia del campo elettrico in presenza di dielettrici. Condizioni di raccordo del vettore campo elettrico e del vettore spostamento elettrico all'interfaccia

fra mezzi dielettrici diversi.

**Conduttori.** Mezzi conduttori. Conduttori metallici e modello del gas elettronico di Drude-Lorentz. Induzione elettrostatica parziale e completa. Proprietà di conduttori metallici in equilibrio elettrostatico: distribuzione delle cariche; potenziale e campo elettrostatico all'interno e sulla superficie (teorema di Coulomb); pressione elettrostatica agente sulla superficie; effetto della curvatura e potere disperdente delle punte; applicazioni (cenni). Proprietà di conduttori con cavità in equilibrio elettrostatico. Effetto di schermo elettrostatico. Messa a terra. Potenziale di terra come riferimento e relativa convenzione.

Capacità elettrica di conduttori isolati: definizione, calcolo, significato fisico ed unità di misura. Energia elettrostatica di un conduttore isolato carico.

**Condensatori.** Capacità di sistemi di conduttori in configurazione di induzione parziale e completa; coefficienti di capacità e coefficienti di induzione (cenni). Condensatore: definizione. Capacità elettrica di un condensatore: definizione, calcolo, significato fisico ed unità di misura. Condensatori sferici, cilindrici e piani ideali. Energia potenziale elettrostatica (lavoro di caricamento) di sistemi di conduttori carichi. Lavoro di caricamento di un condensatore (energia potenziale elettrostatica immagazzinata).

Reti di condensatori: capacità equivalente per collegamenti in serie ed in parallelo; analisi di collegamenti di condensatori non riconducibili a collegamenti in serie e/o parallelo. Energia immagazzinata in reti di condensatori.

Effetto della polarizzazione sulla capacità di condensatori riempiti con mezzi dielettrici. Condensatori con dielettrici a carica costante e a differenza di potenziale costante. Reti di condensatori con dielettrici.

## CORRENTI CONTINUE

**Legge di Ohm, resistenza elettrica, forza elettromotrice.** Corrente elettrica: definizione. Vettore densità di corrente. Correnti stazionarie (continue). Equazione di continuità per la carica elettrica. Meccanismo microscopico della conduzione elettrica: modello di Drude-Lorentz e velocità di deriva. Legge di Ohm in forma locale ed integrale: resistenza elettrica. Distribuzioni di carica statica in conduttori ohmici percorsi da corrente. Forza elettromotrice: definizione e proprietà; non-conservatività del campo elettromotore. Legge di Ohm generalizzata. Collegamenti di resistori in serie e parallelo. Reti di resistori non riconducibili a collegamenti in serie e/o parallelo. Reti di resistori non riconducibili a collegamenti in serie e/o parallelo. Bilancio energetico in circuiti resistivi: potenza erogata da un generatore e trasferita al campo elettrico; potenza dissipata per effetto Joule.

**Circuiti in corrente continua** Circuiti: componenti, generalità. Prima Legge di Kirchhoff e sua derivazione dal principio di conservazione della carica elettrica. Seconda Legge di Kirchhoff e sua interpretazione in termini di bilancio energetico e conservatività del campo elettrico stazionario in circuiti in corrente continua. Risoluzione di reti circuitali complesse a base di generatori e resistori in corrente continua (regola di Maxwell).

**Circuiti RC** Correnti quasi-stazionarie: generalità. Collegamento di resistenze e condensatori: analisi dei processi di carica e scarica in circuiti RC in regime transiente, e relativi bilanci energetici. Risoluzione di circuiti RC in regime transiente ed in condizioni di equilibrio

## INTERAZIONI MAGNETICHE NEL VUOTO

**Interazioni magnetiche e campo magnetico.** Fenomenologia delle interazioni magnetiche nel vuoto coinvolgenti cariche in moto, magneti naturali e correnti. Interazioni elettriche e magnetiche fra cariche puntiformi in moto (nel vuoto): legge di Ampere-Biot-Savart. Permeabilità magnetica del vuoto. Caratteristiche della forza magnetica. Confronto fra la forza elettrica e forza magnetica scambiate fra cariche puntiformi in moto. Apparente violazione del Terzo Principio della Dinamica. Forza magnetica esercitata da una distribuzione di carica continua in moto su una carica puntiforme in moto.

Campo magnetico (nel vuoto): definizione operativa; dimensioni, unità di misura; Campo magnetico



generato da una carica puntiforme in moto e sue proprietà. Campo magnetico generato da una distribuzione di carica continua in moto su una carica puntiforme in moto e forza totale ivi agente. Forza di Lorenz generalizzata agente su una carica puntiforme; forza agente su un'arbitraria distribuzione di carica in moto in un campo magnetico.

Moto di cariche elettriche in campi magnetici. Applicazione combinata di campi magnetici ed elettrici a particelle cariche in moto: selettori di velocità e carica/massa; effetto Hall.

**Magnetostatica.** Conduttori metallici percorsi da corrente come sorgenti di campo magnetici. Forza magnetica agente su un conduttore percorso da corrente in un campo magnetostatico. Azioni magnetiche esercitate da/subite da conduttori/circuiti filiformi percorsi da corrente stazionaria: 2a Legge (Formula) Elementare di Laplace e calcolo della forza agente su conduttori di geometria arbitraria in un campo magnetostatico; 1a Legge (formula) Elementare di Laplace (o Legge di Biot-Savart) e calcolo del campo magnetostatico generato da distribuzioni arbitrarie di correnti stazionarie (filiformi, spiriformi, laminari).

Forza magnetica e momento meccanico agenti su una spira piana percorsa da corrente stazionaria in un campo magnetostatico uniforme; energia potenziale meccanica della spira; momento (di dipolo) magnetico. Caso limite di una spira puntiforme. Azioni meccaniche esercitate su una spira non planare in un campo magnetico uniforme. Principio di equivalenza di Ampere: (parte I) equivalenza fra le azioni meccaniche subite da una spira puntiforme (o da una spira macroscopica in un campo magnetostatico uniforme) e quelle subite da un ago (dipolo) magnetico in un campo magnetostatico; (parte II) equivalenza fra il campo magnetostatico generato da una spira puntiforme (e quello generato da una spira macroscopica a grande distanza) ed il campo magnetostatico prodotto da un ago magnetico con identico momento di dipolo.

**Leggi del campo magnetico.** Legge di Gauss per il campo magnetico: formulazione integrale e differenziale (seconda equazione di Maxwell). Circuitazione del campo magnetostatico generato da correnti stazionarie: Legge di Ampere in forma integrale e differenziale (terza equazione di Maxwell per la magnetostatica) e suoi limiti di validità. Verifica della legge di Ampere a partire dalla 1a Legge Elementare di Laplace. Applicazione della legge di Ampere alla determinazione del campo magnetostatico generato da configurazioni di correnti stazionarie con elevato grado di simmetria: conduttori cilindrici, bobine solenoidali e toroidali, lamine infinitamente estese.

Legge di Ampere-Maxwell (o Legge di Ampere generalizzata) in forma integrale e differenziale (quarta equazione di Maxwell in forma integrale e differenziale). Corrente di spostamento: campi elettrici variabili nel tempo come sorgenti di campo magnetico. Soluzione del "paradosso di Maxwell".

## INDUZIONE ELETTROMAGNETICA

**Legge di Faraday-Henry-Neuman-Lenz** Induzione elettromagnetica: Legge di Faraday-Henry-Neuman-Lenz in forma integrale (terza equazione di Maxwell in forma integrale) e convenzioni relative alla sua applicazione. Giustificazione energetica (legge di Lenz). Forza elettromotrice indotta.

Induzione elettromagnetica di trasformazione (dovuta a campi magnetici variabili nel tempo); corrispondente espressione differenziale della legge di Faraday-Henry-Neuman-Lenz (terza equazione di Maxwell in forma differenziale); non conservatività dei campi elettrici indotti. Deduzione delle caratteristiche del campo elettrico indotto (nel vuoto) da un campo magnetico variabile nel tempo in casi di elevata simmetria; localizzazione della forza elettromotrice indotta. Induzione elettromagnetica di movimento e sua interpretazione in termini di forza di Lorentz. Deduzione delle caratteristiche del campo elettrico indotto in corpi conduttori/circuiti in moto relativo in un campo magnetico; localizzazione della forza elettromotrice indotta.

**Autoinduzione.** Flusso magnetico autoconcatenato ed autoinduzione: fenomenologia. Coefficiente di autoinduzione (induttanza). Calcolo dell'induttanza di semplici dispositivi (bobine solenoidali e toroidali; cavi coassiali). Bilancio energetico in circuiti induttivi. Densità di energia del campo magnetico e sua localizzazione.

**Circuiti RL** Analisi di circuiti induttivi in regime transiente (quasi stazionario): processi di "carica",

condizioni di equilibrio

### **EQUAZIONI FONDAMENTALI DELL'ELETTROMAGNETISMO: RIEPILOGO**

Riepilogo delle equazioni fondamentali dell'elettromagnetismo classico e concettualizzazione: equazioni di Maxwell in forma integrale e differenziale, forza di Lorentz generalizzata, ed equazione di continuità.

### **ONDE ELETTROMAGNETICHE (facoltativo)**

Perturbazioni ondose: generalità. Funzione d'onda. Equazione di D'Alambert. Rappresentazione di onde progressive/regressive. Onde armoniche. Onde piane.

Deduzione dell'equazione d'onda per le onde elettromagnetiche dalle equazioni di Maxwell nel vuoto. Caratteristiche delle onde elettromagnetiche: relazioni spazio-temporali fra campo elettrico e magnetico associati ad un'onda (piana), e la direzione di propagazione. Energia trasportata da un'onda elettromagnetica. Vettore di Poynting. Teorema di Poynting.

---

## TESTI DI RIFERIMENTO

### *Teoria*

- L. Guerriero: "Lezioni di Elettromagnetismo" (Adriatica Editore)
- S. Focardi, I. Massa, A. Uguzzoni: "Fisica Generale - Elettromagnetismo" (Casa Editrice Ambrosiana, Milano)
- C. Mencuccini, V. Silvestrini: "Elettromagnetismo e Ottica" (Casa Editrice Ambrosiana)

### *Esercitazioni*

- L. Mistura, N. Sacchetti: "PROBLEMI DI FISICA - Elettromagnetismo ed Ottica" (Edizioni KAPPA)
- C. Mencuccini, V. Silvestrini: "Esercizi di Fisica - Elettromagnetismo e Ottica" (Casa Editrice Ambrosiana)
- E. Borchì, R. Nicoletti: "Elettromagnetismo - Volume I : Elettrocità" + "Elettromagnetismo - Volume II: Magnetismo" (Società Editrice Esculapio)
- B. Ghidini, F. Mitrotta: "Problemi di elettromagnetismo" (Adriatica Editrice, Bari)
- M. Nigro, C. Voci: "Problemi di Fisica Generale - Elettromagnetismo. Ottica" (Edizioni Libreria Cortina, Padova)

**Tracce e soluzioni sintetiche (aggiornate) di Prove Scritte di "Fisica Generale 2"/ "Fisica 2" proposte negli A.A. precedenti sono disponibili ai link:**

<https://www.unisalento.it/people/pantaleo.cozzoli/didattica/1097672018/materiale>

**Tracce e soluzioni sintetiche (aggiornate) di Prove Scritte di "Fisica Generale 2"/ "Fisica 2" proposte nell'A.A. 2020/2021 saranno disponibili al link:**

<https://www.unisalento.it/people/pantaleo.cozzoli/didattica/1157402019/materiale>