

# INGEGNERIA INDUSTRIALE (LB09)

(Lecce - Università degli Studi)

## Insegnamento FISICA GENERALE II

**Insegnamento** FISICA GENERALE II

**Anno di corso** 2

**Insegnamento in inglese** PHYSICS II

**Lingua** ITALIANO

**Settore disciplinare** FIS/01

**Percorso** PERCORSO COMUNE

GenCod A000026

**Docente titolare** Pantaleo Davide  
COZZOLI

**Corso di studi di riferimento**  
INGEGNERIA INDUSTRIALE

**Tipo corso di studi** Laurea

**Sede** Lecce

**Crediti** 9.0

**Periodo** Primo Semestre

**Ripartizione oraria** Ore Attività frontale: 81.0

**Tipo esame** Orale

**Per immatricolati nel** 2016/2017

**Valutazione** Voto Finale

**Erogato nel** 2017/2018

**Orario dell'insegnamento**

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

### BREVE DESCRIZIONE DEL CORSO

Il corso propone un'ampia e rigorosa panoramica dei concetti principali dell'elettromagnetismo classico, fornendo 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 di vario tipo, conduttori carichi in equilibrio, condensatori, 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 di induzione magnetica 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.

### PREREQUISITI

**Prerequisiti** - Si richiede la conoscenza di nozioni di Analisi Matematica 1 e di Analisi Matematica 2 ed il superamento dell'esame di Fisica Generale 1.

---

## OBIETTIVI FORMATIVI

### **Risultati di apprendimento.**

Dopo il corso lo studente dovrebbe dimostrare di:

- Conoscere le equazioni di Maxwell in forma integrale e differenziale, avendone assimilato il significato, e dimostrarne l'applicazione alla descrizione ed interpretazione di sistemi e fenomeni elettrici e magnetici, sia statici che dinamici.
  - 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 contenenti 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.
- 

## METODI DIDATTICI

Lezioni frontali (metodo tradizionale)

---

## MODALITA' D'ESAME

**Modalità d'esame** - L'esame consiste in:

- (1) una prova scritta (3-4 esercizi da svolgere in 3-3.5 ore (uno dei quesiti della prova scritta potrà richiedere l'esposizione di un argomento di teoria, tra quelli proposti durante il corso) ;
- (2) una prova orale (rivolta ad un'approfondita verifica della conoscenza delle nozioni teoriche).

Entrambe le prove sono obbligatorie. La validità della prova scritta, se superata positivamente, si estende al solo appello immediatamente successivo a quello in cui si è sostenuta la prova scritta, purchè entro la sessione d'esame. Per sostenere la prova scritta occorre prenotarsi presso l'apposito portale; non sono accettate prenotazioni via email. Durante la prova scritta sono consentiti solo 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.

---

## APPELLI D'ESAME

**Tracce e soluzioni sintetiche (aggiornate) di Prove Scritte di "Fisica Generale 2"/ "Fisica 2" sono disponibili al link:**

<https://www.unisalento.it/people/pantaleo.cozzoli/didattica/1058002017/materiale>

**Agli studenti del CdL in Ing. Industriale ed in Ingegneria Civile del III Anno e fuori corso:**

Vi informo che, anche **quest'anno accademico 2018/19**, ho deciso di accordare agli studenti dei CdL in Ing. Industriale ed Ing. Civile, che hanno seguito il corso di Fisica Generale 2 nei due semestri precedenti o negli anni passati, ma che non hanno ancora superato l'esame, la possibilità di sostenere le prove parziali in itinere (esoneri) che sono riservate agli studenti di Ing. Industriale del II anno (a cui il corso di Fisica II viene erogato nel semestre corrente). Ricordo che 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 2019.

Il primo esonero avrà luogo, orientativamente, alla fine del mese di **novembre 2018**.

Gli studenti potenzialmente interessati a sostenere gli esoneri sono pregati di darmene comunicazione via email, **entro il giorno 30 ottobre 2018** fornendomi: NOME/COGNOME, NUMERO di MATRICOLA e contatto E-MAIL (se diverso da quello usato per l'invio del messaggio), indicando nell'oggetto della email: **"ISCRIZIONE MAILING LIST per ESONERI DI FISICA GENERALE 2 - Prof. Cozzoli"**

Il docente titolare dell'insegnamento (Prof. P. D. Cozzoli)

**Campi vettoriali: generalità**

Campi vettoriali e scalari: richiami e definizioni. Relazione fra i concetti di campo vettoriale, sorgente di campo, cariche/masse di prova, e forze del campo. Rappresentazione di un campo vettoriale mediante linee di flusso. Discontinuità di campo.

Integrale di linea di un campo vettoriale. Circuitazione. Campi conservativi: definizione e proprietà. Funzione potenziale e sue proprietà. Vettore gradiente sue proprietà. Superfici equipotenziali.

Vettore superficie orientata. Integrali di superficie: flusso di un campo vettoriale e relazione con le sue sorgenti. Campi solenoidali: definizione e proprietà.

Divergenza di un vettore: definizione e significato fisico. Teorema della divergenza (o di Gauss-Green). Campi indivergenti. Rotore di un vettore: definizione e significato fisico. Teorema del rotore (o di Stokes). Campi irrotazionali. Potenziale vettore. Esempi di uso formale degli operatori differenziali.

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

**Elettrostatica**

**Carica elettrica e legge di Coulomb.** Introduzione all'elettrostatica. Proprietà della carica elettrica. Legge di conservazione della carica elettrica. Funzione densità di carica. Distribuzioni di carica discrete e continue. Legge di Coulomb. Principio di sovrapposizione degli effetti e sua applicazione alla determinazione analitica della forza scambiata fra sistemi discreti e continui di cariche (distribuite su segmenti, fili rettilinei, anelli, corone e settori circolari, dischi, piani, superfici sferiche, ed entro gusci sferici/cilindrici, volumi sferici e cilindrici).

**Campo elettrico (statico).** Campo elettrico: definizione, significato fisico e sua rappresentazione mediante linee di forza. Principio di sovrapposizione e sua applicazione alla determinazione analitica del campo elettrostatico generato da distribuzioni discrete e continue di cariche (distribuite su segmenti, fili rettilinei, anelli, corone e settori circolari, dischi, piani, superfici sferiche, ed entro gusci sferici/cilindrici, volumi sferici e cilindrici.)

**Legge di Gauss.** Flusso del vettore campo elettrico. Legge di Gauss. Verifica (derivazione) della legge di Gauss a partire dalla Legge di Coulomb. 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 della legge di Gauss (prima equazione di Maxwell per l'elettrostatica in forma locale)

**Potenziale elettrostatico, energia del campo elettrostatico.** Richiamo dei concetti di: lavoro di una forza, forze conservative, energia potenziale. Lavoro compiuto dal campo elettrostatico. Energia potenziale elettrostatica. Potenziale elettrostatico. Approccio generale alla determinazione del potenziale generato da sistemi discreti e continui di cariche. Conservatività del campo elettrostatico. Superfici equipotenziali. Relazione tra potenziale e campo elettrostatico. Rappresentazione del campo elettrostatico mediante linee di forza e superfici equipotenziali. Conservazione dell'energia in presenza di forze elettrostatiche.

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

Formulazione differenziale della conservatività del campo elettrostatico (seconda equazione di Maxwell per l'elettrostatica in forma locale). Irrotazionalità del campo elettrostatico.

Equazioni di Poisson e Laplace per il potenziale elettrostatico. Soluzioni dell'equazione di Laplace: caratteristiche del potenziale elettrostatico come funzione armonica.

**Dipolo elettrico.** Dipolo elettrico. Potenziale e del campo elettrostatico generati da un dipolo puntiforme. Energia potenziale di un dipolo puntiforme in un campo elettrostatico esterno. Relazione fra energia potenziale e momento meccanico di un dipolo in un campo elettrostatico

esterno.

Analisi e determinazione delle forze agenti su un dipolo: rotazione e trascinamento in un campo elettrostatico esterno. Determinazione delle forze agenti su un dipolo a partire dalla conoscenza della sua energia potenziale. Determinazione dell'energia potenziale di un dipolo a partire dall'analisi delle forze agenti su di esso.

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

**Dielettrici.** Materiali dielettrici polari ed apolari. Fenomenologia della polarizzazione. Carica di polarizzazione. Vettore densità di polarizzazione. Campo e potenziale prodotti dalla polarizzazione in dielettrici non omogenei: cariche superficiali e volumetriche equivalenti in un dielettrico polarizzato. Derivazione formale delle distribuzioni di carica equivalenti. Vettore spostamento elettrico. Dielettrici lineari ed isotropi. Costante dielettrica relativa. Suscettibilità dielettrica.

Formulazione integrale e differenziale delle leggi dell'elettrostatica in presenza di dielettrici.

Energia potenziale elettrostatica in presenza di dielettrici. Condizioni di raccordo all'interfaccia fra due dielettrici.

**Conduttori.** Conduttori ed isolanti. Induzione elettrostatica parziale e completa. Proprietà di conduttori metallici in equilibrio elettrostatico: potenziale e campo elettrostatico all'interno e sulla superficie (teorema di Coulomb); pressione elettrostatica agente sulla superficie di un conduttore in equilibrio; effetto delle "punte" e relative applicazioni. Proprietà di conduttori con cavità in equilibrio elettrostatico. Schermo elettrostatico.

**Capacità elettrica e condensatori.** Capacità elettrostatica di conduttori isolati: definizione e calcolo. Capacità di sistemi di conduttori in configurazione di induzione parziale e completa. Coefficienti di capacità e di induzione. Simmetria dei coefficienti di induzione (cenni).

Condensatori: definizione. Calcolo della capacità di condensatori sferici, cilindrici e piani. Energia potenziale elettrostatica per sistemi di conduttori carichi. Lavoro di caricamento di un condensatore (energia elettrostatica immagazzinata). Collegamento di condensatori in serie ed in parallelo. Reti 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 dielettrici. Condensatori con dielettrici a carica costante e a differenza di potenziale costante.

### Correnti continue

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

**Circuiti in corrente continua.** Prima Legge di Kirchhoff e sua interpretazione sulla base del bilancio energetico e della circuitazione del campo elettrico in circuiti resistivi in corrente continua. Seconda Legge di Kirchhoff. Approcci per la risoluzione di reti circuitali complesse a base di generatori e resistori in corrente continua.

**Circuiti RC.** Analisi di circuiti RC in regime stazionario. Regime quasi-stazionario: generalità. Collegamento di resistenze e condensatori: analisi dei processi di carica e scarica in circuiti RC in regime quasi-stazionario, e relativo bilancio energetico.

### Magnetostatica

**Forza magnetica.** Introduzione ai fenomeni magnetici. Forza magnetica agente su cariche in moto: Forza di Lorentz. Moto di cariche in campi magnetici. Applicazioni di campi magnetici ed elettrici combinati su particelle cariche: selettori di velocità e massa; effetto Hall. Forza magnetica agente su

correnti: 2a Legge Elementare di Laplace. Principio di equivalenza di Ampere (parte I): momento meccanico agente su una spira percorsa da corrente in un campo magnetico; momento (di dipolo) magnetico di una spira. Energia potenziale di una spira in un campo magnetico.

**Sorgenti di campi magnetici.** Cariche in moto e correnti stazionarie come sorgenti di campi magnetostatici: 1a Legge Elementare di Laplace (o Legge di Biot-Savart). Relazione tra forze magnetostatiche e Terzo Principio della Dinamica. Calcolo del campo magnetostatico generato da differenti configurazioni di correnti: segmenti, spire, fili/strisce infiniti percorsi da corrente.

Principio di equivalenza di Ampere (parte II): campo magnetostatico prodotto da una spira percorsa da corrente; relazione fra momento magnetico della spira e campo magnetostatico generato a grande distanza (spira puntiforme).

**Flusso e circuitazione del campo magnetico.** Legge di Gauss per il campo magnetostatico: formulazione integrale e differenziale (prima equazione di Maxwell per il campo magnetostatico). Circuitazione del campo magnetostatico generato da correnti stazionarie: Legge di Ampere in forma integrale e differenziale (seconda equazione di Maxwell per il campo magnetostatico) e suoi limiti di validità. Verifica della legge di Ampere a partire dalla 1a Legge Elementare di Laplace. Applicazione della legge di Ampere e della 2a Legge di Laplace alla determinazione del campo magnetostatico generato da diverse configurazioni di correnti: solenoidi, toroidi, lamine estese, strisce.

### **Induzione elettromagnetica**

**Legge di Faraday-Henry-Neuman-Lenz.** Induzione elettromagnetica: Legge di Faraday-Henry-Neuman-Lenz in forma integrale e differenziale (prima equazione di Maxwell per il caso non-stazionario) e convenzioni relative alla sua applicazione. Giustificazione energetica della legge di Lenz. Induzione elettromagnetica dovuta a campi magnetici variabili nel tempo. Induzione elettromagnetica su circuiti in movimento. Elettromagnetismo e relatività: cenni. Caratteristiche dei campi elettrici generati mediante il meccanismo dell'induzione elettromagnetica.

**Legge di Ampere-Maxwell.** Legge di Ampere-Maxwell (Legge di Ampere generalizzata) in forma integrale e differenziale (seconda equazione di Maxwell per il caso non-stazionario). Corrente di spostamento. Equazioni di Maxwell: riepilogo e concettualizzazione.

**Autoinduzione.** Flusso magnetico autoconcatenato ed autoinduzione. Coefficiente di autoinduzione (induttanza). Calcolo dell'induttanza di semplici dispositivi (bobine solenoidali e toroidali; cavi coassiali). Localizzazione dell'energia del campo magnetico.

**Circuiti RL** Bilancio energetico nei circuiti induttivi. Analisi di circuiti LR in regime stazionario ed in regime transiente (quasi stazionario); processi di "carica", apertura e "scarica". Analisi di circuiti RLC in regime stazionario.

### **Onde elettromagnetiche**

Perturbazioni ondose: definizione. Equazione d'onda. Onde progressive/regressive. Onde armoniche. Onde piane. Polarizzazione. Deduzione delle onde elettromagnetiche dalle equazioni di Maxwell. Caratteristiche delle onde elettromagnetiche: relazione fra campo elettrico, campo magnetico e direzione di propagazione di un'onda elettromagnetica. Densità di energia di un'onda elettromagnetica. Teorema di Poynting: cenni.

Sorgenti di onde elettromagnetiche: cenni. Trasmissione dei segnali, linee di trasmissione: cenni

---

## 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 ' Ottica (Liguori Editore)

### **Esercitazioni**

- **L. Mistura, N. Sacchetti PROBLEMI DI FISICA -Elettromagnetismo ed Ottica (Edizioni KAPPA)**

- 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" sono disponibili al link:**

<https://www.unisalento.it/people/pantaleo.cozzoli/didattica/1058002017/materiale>