

Fisica Generale II	
Cds	Matematica
CFU	9
Ore	84/90
Semestre	I
Anno	III
Numero medio di studenti	70
Canalizzazione	2 canali
Referente del Gruppo di Lavoro	Lara Benfatto

1. RESOCONTO

Calendario degli incontri

6/9/2021: incontro con i/le rappresentanti degli studenti e delle studentesse
 7/9/2021: incontro con i/le docenti
 16/9/2022: discussione e delibere CAD

Criticità emerse

Difficoltà di apprendimento: adeguarsi alle notazioni dei testi classici di fisica.
 Difficoltà nelle prove di esame: superamento degli scritti. Le studentesse e gli studenti hanno difficoltà ad individuare la strategia di risoluzione dei problemi. Tale criticità si accentua in compiti di esame con struttura “concatenata”, in cui eventuali errori al primo punto (es. calcolo del campo elettrico) si riflettono nei punti successivi. Una seconda difficoltà è la differenza di struttura tra le esercitazioni – basate su singoli esercizi brevi - e i compiti di esami – un singolo problema a domande concatenate.

Azioni correttive proposte

Implementazione di prove di esame con punti possibilmente svincolati tra loro.
 Utilizzo delle ore di tutorato per discutere prove di esame degli anni precedenti, discutendo quindi nella sua interezza l'approccio problema- strategia- soluzione.

Buone pratiche

È opportuno nella fase iniziale aiutare le studentesse e gli studenti a capire come il calcolo differenziale verrà applicato nel corso. Conviene far vedere in modo esplicito i casi-tipo (flusso attraverso superficie sferica di un vettore radiale, circuitazione su una circonferenza di un vettore tangenziale, ecc.). Bisogna chiarire le notazioni ed essere coerenti con esse per tutta la durata del corso. Se si adotta un testo di riferimento è opportuno usare le stesse notazioni. Conviene riderivare i teoremi fondamentali del calcolo (Gauss, Stokes) chiarendo l'equivalenza con quanto hanno visto ad Analisi 2.

Le esercitazioni sono di fondamentale importanza. Può essere utile assegnare dei fogli di esercizi periodicamente in modo che provino a risolverli da soli. In genere non lo fanno, quindi durante l'esercitazione si può lasciare una prima mezz'ora o più a loro per tentare di risolverli, anche lavorando in gruppi. Questo consente anche di dare suggerimenti ai singoli e rendersi conto delle difficoltà. Un primo foglio di esercizi viene assegnato ad inizio corso (e non necessariamente corretto in classe) con i prerequisiti di analisi necessari, di modo che le studentesse e gli studenti abbiano un'idea di cosa devono essere in grado di fare.

Note e commenti

Programma concordato

RICHIAMI DI CALCOLO DIFFERENZIALE

- Definizione di prodotto scalare e vettoriale.
- Gradiente di uno scalare, divergenza e rotore di un vettore
- Integrale di linea e definizione di flusso.
- Teorema di Stokes
- Teorema della divergenza
- Campi conservativi e campi solenodiali

ELETTROSTATICA NEL VUOTO

- Elettrizzazione, isolanti e conduttori.
- Legge di Coulomb. Esempi di calcolo di campo elettrico: campo di un dipolo perpendicolarmente all'asse, campo di un filo di lunghezza finita
- Teorema di Gauss, prima equazione di Maxwell. Applicazioni: sfera e superficie sferica.
- Potenziale elettrico, terza equazione di Maxwell, equazione di Poisson per il potenziale. Applicazioni: filo indefinito, piano indefinito
- Lavoro ed energia potenziale.
- Espansione del potenziale in serie di multipoli.
- Campo elettrico e potenziale di un dipolo. Forza, momento angolare ed energia potenziale di un dipolo posto in campo esterno.
- Energia elettrostatica di un sistema di cariche.

CONDUTTORI E CAMPO ELETTROSTATICO

- Proprietà dei conduttori: induzione, schermo elettrostatico, gabbia di Faraday e potere delle punte.
- Teorema di Coulomb.
- Capacità di un conduttore isolato.
- Sistemi di conduttori. Coefficienti di potenziale, capacità e induzione. Problema generale dell'elettrostatica. Applicazioni: guscio sferico.
- Condensatori (piano, sferico, cilindrico). Condensatori in serie e parallelo.
- Energia elettrostatica di conduttori e condensatori. Applicazioni: guscio sferico.
- Pressione elettrostatica.
- **Metodo delle cariche immagini; caso della carica puntiforme con piano indefinito.**

ELETTROSTATICA IN PRESENZA DI DIELETTRICI

- Polarizzazione per induzione (modello sferico di atomo) e per orientamento (cenni).
- Densità di polarizzazione. Densità volumetrica e superficiale di cariche di polarizzazione

- Definizione del vettore spostamento elettrico. Derivazione della prima equazione di Maxwell nei dielettrici.
- Dielettrici omogenei ed isotropi. Caso del condensatore piano riempito di dielettrico e della sfera conduttrice immersa nel dielettrico.
- Energia elettrostatica in presenza di dielettrici.
- Legge di rifrazione delle linee di forza del campo elettrico alla superficie di separazione tra due dielettrici. Applicazioni: condensatore piano riempito con due dielettrici e interfaccia parallela/perpendicolare alle armature.

CORRENTE ELETTRICA STAZIONARIA

- Definizione di intensità e densità di corrente.
- Equazione di continuità e corrente stazionaria. Prima legge di Kirchoff.
- **Modello di Drude del trasporto.**
- Legge di Ohm per conduttori ohmici macroscopici a sezione costante. Resistenza.
- Resistori in serie e in parallelo
- Legge di Joule.
- Forza elettromotrice, generatore di Van der Graff.
- Corrente quasi stazionaria: carica e scarica di un condensatore con circuiti RC.

MAGNETOSTATICA NEL VUOTO

- Forza di Lorentz. Moto di una particella carica in campo magnetico costante.
- Forza agente su un circuito percorso da corrente (seconda formula di Laplace).
- Legge di Biot-Savart (prima formula di Laplace). Applicazioni: calcolo di B per filo rettilineo indefinito, spira circolare e per solenoide finito.
- Forza tra fili rettilinei.
- Proprietà del campo magnetico, definizione di potenziale vettore, seconda equazione di Maxwell.
- Quarta equazione di Maxwell e teorema della circuitazione di Ampere. Applicazioni: corrente in un cilindro, su un piano indefinito, in un solenoide indefinito, in un solenoide toroidale.

INDUZIONE MAGNETICA E CAMPI LENTAMENTE VARIABILI

- Forza elettromotrice indotta. Legge di Faraday-Neumann e legge di Lenz.
- Prima esperienza di Faraday: flusso tagliato e forza di Lorentz.
- Seconda e terza esperienza di Faraday.
- Terza equazione di Maxwell. Applicazioni: campo E generato da solenoide percorso da corrente variabile
- Mutua induttanza: Dimostrazione che $M_{12}=M_{21}$
- Autoinduttanza. Applicazioni: calcolo per solenoide infinito.
- Circuito LR con generatore, energia del campo. Generalizzazione al caso di più circuiti. Applicazioni: calcolo di L per cavo coassiale tramite l'energia magnetica.
- **Circuito LC libero.**
- Corrente di spostamento e quarta equazione di Maxwell. Applicazioni: scarica di un condensatore, calcolo della corrente di spostamento per un cavo coassiale.

ONDE ELETTROMAGNETICHE E RELATIVITA' RISTRETTA

- Equazioni di Maxwell.
- Onde piane monocromatiche nel vuoto.
- Trasformazioni di Galileo e di Lorentz.
- Postulati della relatività ristretta.
- Legge di composizione delle velocità

2. TABELLA SYLLABUS

1. Elettrostatica nel vuoto

	Prerequisito	Richiesto	Argomenti correlati nel CdS	Non necessario
Gradiente di uno scalare, divergenza e rotore di un vettore	X			
Integrale di linea e definizione di flusso	X			
Teorema di Stokes e della divergenza	X			
Campi conservativi e campi solenoidali		X	Forze conservative (Fisica Generale 1)	
Cariche elettriche, legge di Coulomb, principio di sovrapposizione		X		
Teorema di Gauss, prima equazione di Maxwell		X		
Determinazione del campo elettrico per distribuzioni di carica planari, cilindriche e sferiche		X		
Potenziale elettrico, terza equazione di Maxwell, equazione di Poisson		X		
Lavoro ed energia potenziale		X		
Dipolo		X		
Energia elettrostatica di un sistema di cariche (discreto o continuo)		X		

2. Conduttori

	Prerequisito	Richiesto	Argomenti correlati nel CdS	Non necessario
Proprietà dei conduttori: induzione, schermo elettrostatico, teorema di Coulomb		X	Teoremi di unicità per l'equazione di Poisson (Fisica Matematica)	
Capacità di un conduttore		X		
Condensatori (serie e parallelo), energia elettrostatica		X		

Metodo delle cariche immagine		X	Soluzione dell'equazione di Poisson (Fisica Matematica)	
-------------------------------	--	---	---	--

3. Elettrostatica in presenza di dielettrici

	Prerequisito	Richiesto	Argomenti correlati nel CdS	Non necessario
Cenni ai meccanismi di polarizzazione		X		
Polarizzazione dei dielettrici		X		
Equazioni generali dell'elettrostatica in presenza di dielettrici		X		
Dielettrici omogenei ed isotropi		X		
Separazione tra due dielettrici		X		

4. Corrente elettrica stazionaria

	Prerequisito	Richiesto	Argomenti correlati nel CdS	Non necessario
Densità ed intensità di corrente		X		
Equazione di continuità e corrente stazionaria		X		
Modello classico della conduzione elettrica		X		
Legge di Ohm, resistenza (serie e parallel)		X		
Leggi di Kirchoff				X
Legge di Joule		X		
Forza elettromotrice		X		
Carica e scarica di un condensatore		X		

5. Magnetostatica nel vuoto

	Prerequisito	Richiesto	Argomenti correlati nel CdS	Non necessario
Forza di Lorentz		X		
Moto di una particella carica in campo magnetico costante		X		
Forza agente su un circuito percorso da corrente (seconda formula di Laplace).		X		
Legge di Biot-Savart (prima formula di Laplace).		X		
Forza tra fili rettilinei		X		
Definizione di potenziale vettore, seconda equazione di Maxwell.		X		

Teorema della circuitazione di Ampere (forma integrale e differenziale)		X		
---	--	---	--	--

6. Magnetismo nella materia

	Prerequisito	Richiesto	Argomenti correlati nel CdS	Non necessario
Permeabilità e suscettività magnetica				X
Meccanismi di magnetizzazione				X
Equazioni generali della magnetostatica				X
Le sostanze diamagnetiche, paramagnetiche, ferromagnetiche				X

7. Campi elettrici e magnetici variabili nel tempo

	Prerequisito	Richiesto	Argomenti correlati nel CdS	Non necessario
Esperienze di Faraday. Legge di Lenz		X		
Terza equazione di Maxwell		X		
Mutua induttanza e autoinduttanza		X		
Circuito RL in chiusura ed apertura		X		
Energia di una induttanza		X		
Densità di energia del campo magnetico		X		
Quarta equazione di Maxwell e corrente di spostamento		X		
Circuito LC libero		X		

8. Onde elettromagnetiche e ottica fisica

	Prerequisito	Richiesto	Argomenti correlati nel CdS	Non necessario
Onde sonore				X
L'effetto Doppler				X
Sovrapposizione e interferenza				X
Onde stazionarie				X
Onde elettromagnetiche e polarizzazione		X		
Spettro delle onde elettromagnetiche		X		
Luce e indice di rifrazione				X
Principio di Huygens-Fresnel				X
Riflessione, rifrazione, dispersione				X
Lenti e equazioni delle lenti sottili				X
Diffrazione di Fraunhofer e Fresnel				X

Il reticolo di diffrazione.				X
-----------------------------	--	--	--	---

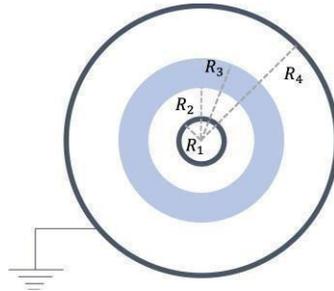
9. Relativita' ristretta

	Prerequisito	Richiesto	Argomenti correlati nel CdS	Non necessario
Trasformazioni di Galileo e di Lorentz		X		
Postulati della relatività ristretta		X		
Legge di composizione delle velocità		X		

3. Esempi di esercizi d'esame/fogli di esercizi

Provascritta 21/02/2022

1 Esercizio di elettrostatica



Un condensatore sferico è composto da un'armatura metallica interna sottile di raggio $R_1 = 0.5\text{mm}$, uno strato di dielettrico sferico con raggio interno $R_2 = 3.5\text{mm}$, raggio esterno $R_3 = 4.0\text{mm}$ e costante dielettrica relativa $\epsilon_r = R_3/r$ e da un'armatura metallica esterna sottile di raggio $R_4 = 5.0\text{mm}$ collegata a terra. Sull'armatura interna è presente una carica Q e le armature sono in condizione di induzione completa. Sapendo che la superficie esterna del dielettrico è una superficie equipotenziale con $V = 100\text{V}$, calcolare numericamente:

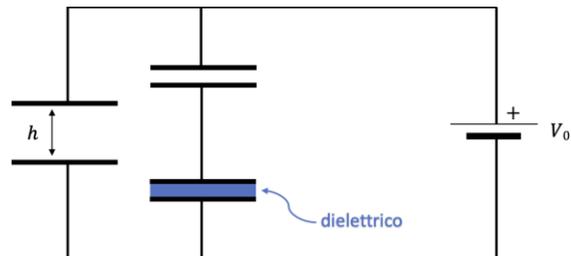
1. la carica presente sull'armatura esterna;
2. la differenza di potenziale fra le pareti del dielettrico;
3. la capacità del condensatore;
4. la carica di polarizzazione sulle superfici del dielettrico;
5. la carica totale di polarizzazione di volume del dielettrico.

Formulario

- Capacità di un condensatore: $C = Q/\Delta V$
- Spostamento elettrico: $D = \epsilon_0 E + P$
- Polarizzazione elettrica: $P = \epsilon_0(\epsilon_r - 1)E$
- Divergenza in coordinate sferiche: $\nabla \cdot v = r^{-2} \partial(r^2 v_r) + r^{-1} \sin^{-1} \partial(\sin \theta v_\theta) + \partial v_\phi$

Prova scritta 31/01/2022

1 Esercizio di elettrostatica



Un circuito contiene tre condensatori piani disposti come in due armature quadrate di lato $L = 20 \text{ cm}$ parallele fra loro. L di $h = 5.0 \text{ mm}$ per uno dei condensatori (si veda la figura) ed lastra di materiale dielettrico omogeneo ed isotropo di c riempie tutto lo spazio fra le armature di uno dei tre generatore che eroga la differenza di potenziale $V_0 =$ calcolare:

1. il valore della capacità totale del sistema
2. i valori della differenza di potenziale a
3. il valore e il segno della densità d della lastra di dielettrico e della dielettrico;
4. il valore e il segno della densità di carica;
5. il valore del lavoro w sulla lastra di dielettrico f

Formulario

- Capacità
- Lavoro
- Sp