

Fisica II	
CdS	L-27 Scienze Chimiche
CFU	9
ore	88
Semestre	I
Anno	II
Numero medio di studenti	250
Canalizzazione	Sì (3 canali)
Referente del Gruppo di Lavoro	Paola Leaci

1. RESOCONTO

Calendario degli incontri

17.02.2022 Incontro tra i docenti degli Insegnamenti di Base e la Presidente del CAD per confrontarsi sui programmi e stilare le schede.

Criticità emerse

In ingresso, si riscontrano più frequentemente le seguenti criticità: scarsa conoscenza dell'algebra lineare, difficoltà nell'utilizzo del calcolo differenziale ed integrale e nella comprensione ed impiego delle unità di misura, lacune rilevanti in riferimento alla meccanica classica ed una scarsa capacità nell'utilizzo degli strumenti matematici.

Ai fini del superamento dell'esame, le maggiori difficoltà si riscontrano per quegli studenti che tendono ad imparare tutto mnemonicamente, trovando quindi dei grossi impedimenti nell'applicare quanto apparentemente appreso per lo svolgimento di esercizi.

Azioni correttive proposte

Per risolvere le criticità in ingresso, risulta indispensabile richiamare tutte quelle competenze che dovrebbero essere parte dei prerequisiti sopra elencati, soprattutto in corrispondenza della trattazione di argomenti per i quali queste risultino propedeutiche.

Per quelle relative al superamento dell'esame, risulta essenziale dedicare una quantità di tempo adeguata alle ore di esercitazione.

Buone pratiche

Si ribadisce quanto sia fondamentale il coinvolgimento degli studenti nello svolgimento degli esercizi in aula. Risulta utile anche l'assegnazione periodica di esercizi, da svolgere comunque in aula, dato che non tutti si cimenteranno nel provare a risolverli singolarmente. Durante la risoluzione è opportuno commentare su quanta attenzione si debba prestare alla lettura del testo,

esplicitando tutte le informazioni note, sul perché si scelga un dato approccio risolutivo e quali siano i punti chiave da considerare per lo svolgimento in questione, nonché per una corretta e completa esposizione quantitativa.

Note e commenti

Programma concordato

PROGRAMMA DETTAGLIATO

Elettrostatica nel vuoto: Interazioni elettriche e carica elettrica. Induzione elettrostatica. Legge di Coulomb. Campo elettrostatico (varie configurazioni). Linee di forza. Strato uniformemente carico. Doppio strato. Moto di una carica in un campo elettrostatico. Potenziale ed energia potenziale elettrostatica. Superfici equipotenziali. Dipolo elettrico: forze ed energia in un campo esterno. Teorema di Gauss: sue applicazioni nei casi di simmetria sferica, cilindrica e piana. La divergenza del campo elettrostatico. Conduttori ideali (potenziale e distribuzione di carica). Teorema di Coulomb. Schermo elettrostatico. Condensatori (serie e parallelo). Capacità di un conduttore e di un condensatore (caso sferico, cilindrico e piano). Energia di un condensatore. Densità di energia elettrostatica.

Dielettrici: La costante dielettrica. Polarizzazione dei dielettrici. Equazioni generali dell'elettrostatica in presenza di dielettrici. Meccanismi di polarizzazione di molecole in gas, liquidi e solidi (cenni).

Corrente elettrica: Densità ed intensità di corrente. Legge di Ohm in forma integrale e locale. Resistenza e resistività. Modello classico della conduzione elettrica. Mobilità di cariche elettriche in vari conduttori: resistività e temperatura in metalli e semiconduttori. Superconduttori. Resistenze in serie e in parallelo. Potenza dissipata. Forza elettromotrice. Carica e scarica di un condensatore. Corrente di spostamento. Leggi di Kirchhoff per le reti elettriche. Misure di intensità di corrente e di differenze di potenziale.

Campo magnetico costante nel vuoto: Magneti permanenti. Eletticità e magnetismo. Forza di Lorentz. Forza magnetica su un conduttore percorso da corrente. Il formula di Laplace. Forze su una spira in un campo magnetico. Momento magnetico di una spira. Energia di una spira in un campo magnetico. Teorema di equivalenza di Ampère. Moto di una particella in un campo magnetico costante. Legge di Biot e Savart. I formula di Laplace. Campo magnetico di una spira sul proprio asse. Forze fra fili percorsi da correnti. Teorema della circuitazione di Ampère. Solenoide indefinito. Solenoide toroidale.

Materiali Magnetici: Permeabilità e suscettività magnetica. Meccanismi di magnetizzazione. La legge di Gauss per il campo magnetico. Equazioni generali della magnetostatica. Le sostanze diamagnetiche, paramagnetiche, ferromagnetiche (gas, liquidi e solidi).

Campi elettrici e magnetici variabili nel tempo: Esperienze di Faraday. Legge di Faraday-Neumann-Lenz in forma integrale e differenziale. Campo elettrico generalizzato. Coefficiente di autoinduzione. Circuito RL in chiusura ed apertura. Energia di una induttanza. Densità di energia del campo magnetico. Legge di AmpèreMaxwell. Equazioni di Maxwell in forma integrale e differenziale.

Onde elettromagnetiche e ottica fisica: Onde piane. Onde piane sinusoidali. Vettore di Poynting. Intensità media di un'onda. Polarizzazione delle onde elettromagnetiche. Spettro delle onde

elettromagnetiche. Luce e indice di rifrazione. Principio di Huygens-Fresnel. Riflessione, rifrazione, dispersione. Polarizzazione per riflessione, per assorbimento selettivo e per diffusione. Rifrazione anomala e attività ottica. Interferenza di Young e da lamine sottili. Diffrazione di Fraunhofer e Fresnel. Il reticolo di diffrazione.

2. TABELLA SYLLABUS

6. 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 (argomenti svolti in Ist. Mat II)	X (ripresi da Fis II e Chim Fis II)	Fisica II e Chimica Fisica II	
Campi conservativi e campi solenodiali		X		
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		

7. Conduttori

	Prerequisito	Richiesto	Argomenti correlati nel CdS	Non necessario
Proprietà dei conduttori: induzione, schermo elettrostatico, teorema di Coulomb		X		
Capacità di un conduttore		X		
Condensatori (serie e parallelo), energia elettrostatica		X		

Metodo delle cariche immagine				X
-------------------------------	--	--	--	---

8. 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

9. 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		

10. 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		E' probabile che non sia fondamentale per Scienze Chimiche. E' utile per chiarire altri argomenti attraverso esercizi
Definizione di potenziale vettore, seconda equazione di Maxwell.		X		E' probabile che non sia fondamentale per Scienze Chimiche. E' utile per chiarire altri argomenti attraverso esercizi
Teorema della circuitazione di Ampere (forma integrale e differenziale)		X		

11. Magnetismo nella materia

	Prerquisito	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		

12. Campi elettrici e magnetici variabili nel tempo

	Prerequisito	Richiesto	Argomenti correlati nel CdS	Non necessario
Esperienze di Faraday. Legge di Lenz		X		E' possibile eliminare questo argomento senza che l'insegnamento di Fisica II perda di significato?

Terza equazione di Maxwell		X		E' possibile eliminare questo argomento senza che l'insegnamento di Fisica II perda di significato?
Mutua induttanza e autoinduttanza		X		E' possibile eliminare questo argomento senza che l'insegnamento di Fisica II perda di significato?
Circuito RL in chiusura ed apertura		X		E' possibile eliminare questo argomento senza che l'insegnamento di Fisica II perda di significato?
Energia di una induttanza		X		E' possibile eliminare questo argomento senza che l'insegnamento di Fisica II perda di significato?
Densità di energia del campo magnetico		X		E' possibile eliminare questo argomento senza che l'insegnamento di Fisica II perda di significato?
Quarta equazione di Maxwell e corrente di spostamento		X		E' possibile eliminare questo argomento senza che l'insegnamento di Fisica II perda di significato?
Circuito LC libero		X		E' possibile eliminare questo argomento senza che l'insegnamento di Fisica II perda di significato?

13. Onde elettromagnetiche e ottica fisica

	Prerequisito	Richiesto	Argomenti correlati nel CdS	Non necessario
Onde sonore				x

L'effetto Doppler				(viene trattato in Chim Fis III con Lab (spettroscopia))
Sovrapposizione e interferenza		X	Spettroscopia	
Onde stazionarie		X	Spettroscopia	
Onde elettromagnetiche e polarizzazione		X	Spettroscopia	
Spettro delle onde elettromagnetiche		X	Spettroscopia	
Luce e indice di rifrazione		X	Spettroscopia	
Principio di Huygens-Fresnel		X	Spettroscopia	
Riflessione, rifrazione, dispersione		X	Spettroscopia	
Lenti e equazioni delle lenti sottili				x
Diffrazione di Fraunhofer e Fresnel		X	Spettroscopia	
Il reticolo di diffrazione.		X	Spettroscopia	

14. Relatività 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

15. Altro argomento da segnalare

	Prerequisito	Richiesto	Argomenti correlati nel CdS	Non necessario

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

Sono riportati di seguito alcuni esempi di esercizi d'esame forniti dai docenti e dalle docenti del corso e svolti negli ultimi anni accademici.

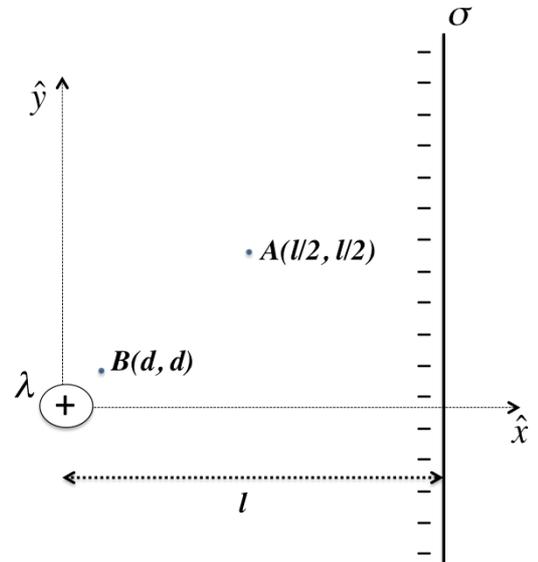
- **TEMPO A DISPOSIZIONE PER LO SVOLGIMENTO: 2h**
- **Non è permesso l'utilizzo di libri o appunti**

ESERCIZIO 1

Un filo isolante rettilineo indefinito, perpendicolare al piano xy e posto nell'origine, viene caricato con una distribuzione uniforme di carica positiva, avente densità lineare $\lambda = 200 \text{ nC/m}$. Un piano parallelo all'asse y , che si trova a distanza $l = 3 \text{ cm}$ dal filo, viene caricato invece negativamente con una distribuzione uniforme di densità superficiale $\sigma = -2 \text{ }\mu\text{C/m}^2$ (si veda figura).

Si chiede di:

- derivare le espressioni del campo elettrostatico prodotto dal filo indefinito e dal piano indicati in figura;
- calcolare il modulo del campo elettrostatico nel punto $A(l/2, l/2)$;
- calcolare la differenza di potenziale elettrostatico tra il punto $B(d, d)$, con $d = 2 \text{ mm}$, ed il punto $A(l/2, l/2)$.



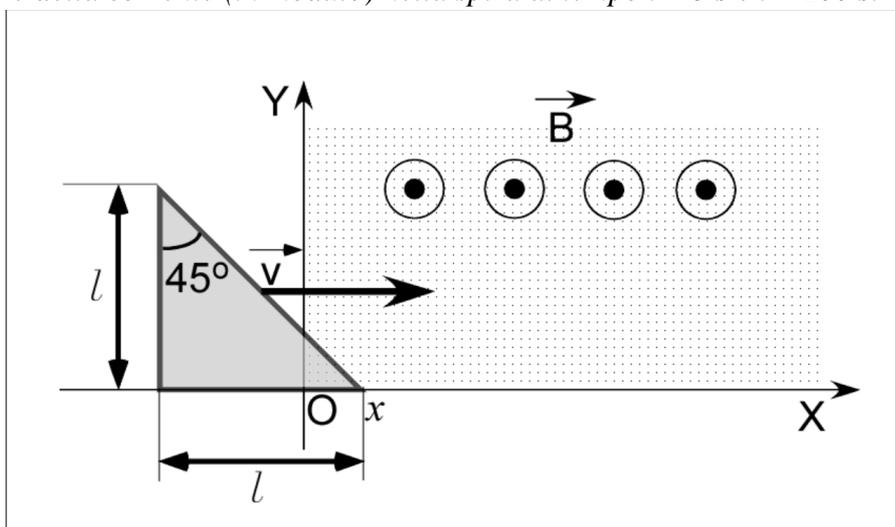
Si ricordi che il valore della costante dielettrica nel vuoto è $\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \frac{\text{C}^2}{\text{Nm}^2}$.

ESERCIZIO 2

Un spira conduttrice di resistenza totale $R = 1 \text{ Ohm}$, avente la forma di un triangolo rettangolo isoscele di lato $l = 1 \text{ m}$, giace sul piano xy e si muove lungo l'asse x con velocità costante $v = 0.1 \text{ m/s}$, come mostrato in figura. All'istante $t = 0$ inizia ad entrare in una zona di spazio in cui è presente un campo magnetico $B = 1 \text{ T}$, uniforme e ortogonale al piano della spira.

Calcolare:

- l'espressione del flusso del campo magnetico che attraversa la spira, in funzione del tempo;
- l'espressione della corrente che fluisce nella spira, in funzione del tempo;
- il valore della corrente (in modulo) nella spira al tempo $t = 5 \text{ s}$ e $t = 100 \text{ s}$.



SOLUZIONI

ESERCIZIO 1

a) I campi elettrostatici prodotti dal filo indefinito e dal piano (indicati nella figura di cui sopra) si ricavano entrambi utilizzando la legge di Gauss.

(-) Nel primo caso ci avvaliamo dell'analogia con un cilindro di altezza h , il cui unico contributo viene dalla superficie laterale, la cui normale è parallela al campo elettrostatico generato dal cilindro stesso in un punto distante r dal proprio asse.

Pertanto, il campo elettrostatico prodotto da un filo indefinito risulta pari a

$$\Phi(E) = \int \vec{E}_{filo} \cdot \vec{u}_n d\Sigma = \frac{q_{tot}}{\epsilon_0} \Rightarrow E_{filo} 2\pi r h = \frac{\lambda h}{\epsilon_0} \Rightarrow E_{filo} = \frac{\lambda}{2\pi r \epsilon_0} \hat{r} = \frac{\lambda}{2\pi r^2 \epsilon_0} \vec{r},$$

dove la carica totale contenuta entro la superficie Σ risulta pari a $q_{tot} = \lambda h$.

(-) Il campo elettrostatico prodotto dal piano si ottiene considerando come superficie a cui applicare la legge di Gauss una scatola cilindrica con basi Σ' parallele ad esso, in maniera tale che il flusso sia

$$\Phi(E) = 2\Sigma' E_{piano},$$

dato che ora il contributo attraverso la superficie laterale è nullo, dato che il campo elettrostatico prodotto da un piano è perpendicolare ad esso. Pertanto, si ha

$$2\Sigma' E_{piano} = \frac{\sigma \Sigma'}{\epsilon_0} \Rightarrow E_{piano} = \frac{\sigma}{2\epsilon_0},$$

dove $\sigma \Sigma'$ è la carica totale contenuta nella scatola cilindrica.

b) Il campo elettrostatico totale in A è dato dalla sovrapposizione di quello generato dal filo indefinito e dal piano, ossia:

$$E(A) = E_{filo}(A) + E_{piano}(A),$$

con

$$\vec{E}_{piano}(A) = \frac{|\sigma|}{2\epsilon_0} \hat{x},$$

mentre

$$\vec{E}_{filo}(A) = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0 r_{OA}^2} \vec{r}_{OA} = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0} \frac{l}{l^2} \frac{1}{2} (\hat{x} + \hat{y}) = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0 l} (\hat{x} + \hat{y}),$$

avendo indicato con r_{OA} la distanza tra l'origine $O(0,0)$ ed il punto $A(l/2, l/2)$.

Pertanto, il campo elettrostatico totale in A è pari a

$$\vec{E}(A) = \left(\frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0 l} + \frac{|\sigma|}{2\epsilon_0} \right) \hat{x} + \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0 l} \hat{y} = E_x(A)\hat{x} + E_y(A)\hat{y}.$$

Quindi il suo modulo è

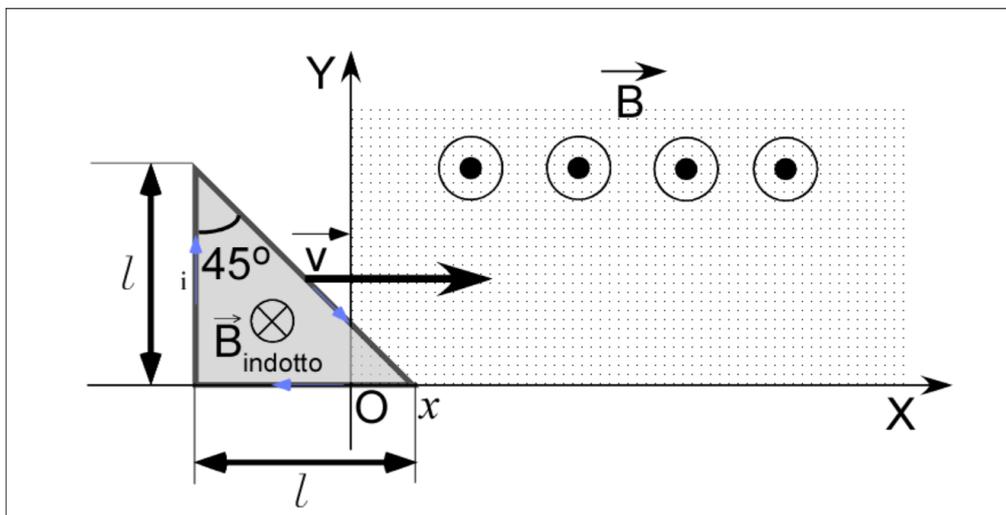
$$E(A) = \sqrt{E_x^2(A) + E_y^2(A)} = 2.6 \times 10^5 \text{ N/C}.$$

c) La differenza di potenziale elettrostatico tra il punto B(d, d) ed il punto A(l/2, l/2) è data da

$$\begin{aligned} V(B) - V(A) &= \int_B^A (\vec{E}_{filo} + \vec{E}_{piano}) \cdot d\vec{s} = \int_{r_{OB}}^{r_{OA}} \frac{\lambda}{2\pi r \epsilon_0} \hat{r} \cdot d\vec{r} + \int_{x_{piano,B}}^{x_{piano,A}} \frac{\sigma}{2\epsilon_0} \hat{x} \cdot dx \hat{x} = \\ &= \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0} [\ln r]_{\sqrt{2}d}^{l/\sqrt{2}} + \frac{\sigma}{2\epsilon_0} [x]_{l-d}^{l/2} = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0} \ln \frac{l}{2d} + \frac{\sigma}{2\epsilon_0} \left(\frac{l}{2} - \frac{l}{2} \right) = 8.7 \text{ kV}, \end{aligned}$$

dove si sono integrati i due campi elettrostatici lungo le rispettive linee di forza e si sono indicate con r_{OB} la distanza tra il filo posto nell'origine $O(0,0)$ ed il punto $B(d, d)$, $x_{piano,B}$ e $x_{piano,A}$ le distanze, rispettivamente, tra il piano e punti B ed A.

ESERCIZIO 2



a) Quando la spira triangolare inizia ad entrare nella zona dove è presente il campo magnetico, il flusso $\Phi(\mathbf{B})$ attraverso la superficie che racchiude comincia a crescere. Identificando con $x=vt$ la coordinata del vertice del triangolo che sta entrando nella zona con B uniforme, l'area $\Sigma(t)$ della spira attraversata da B ad ogni istante è data da:

$$\Sigma(t) = \frac{1}{2} x^2 = \frac{1}{2} (vt)^2.$$

Quindi possiamo scrivere:

$$\Phi(B) = B \Sigma(t) = B \frac{1}{2}(vt)^2.$$

b) Questo flusso aumenterà man mano che la spira entra nella zona con B uniforme. Quando la spira è del tutto entrata nella zona dove è presente il campo B , non si avrà più alcuna variazione di flusso e quindi nella spira non scorrerà più corrente.

L'espressione della corrente nella spira è data dalla legge di Faraday - Neumann - Lenz:

$$i = -\frac{1}{R} \frac{d\Phi(B)}{dt} = -\frac{1}{R} B \frac{1}{2} 2v^2 t = -\frac{1}{R} B v^2 t,$$

dove il segno "-" indica che la corrente scorre in verso orario, rispetto al verso positivo di B (al passare del tempo il flusso aumenta, quindi la corrente indotta deve generare un campo B_{ind} di verso opposto a B).

c) Al tempo $t = 5 \text{ s}$ la spira è entrata soltanto per metà nella zona con il campo magnetico:

$x = vt = 0.1 * 5 = 0.5 \text{ m}$ e la corrente in questo caso avrà il valore, in modulo:

$$|i(5 \text{ s})| = 0.05 \text{ A}.$$

Al tempo $t = 100 \text{ s}$ la spira è già entrata completamente nella zona con B , e quindi è $i = 0$.