

3)

- a) Si enunci la prima equazione di Maxwell in forma locale ed integrale, specificando le unità di misura nel Sistema Internazionale per tutte le grandezze coinvolte.
- b) Si enuncino le condizioni di validità delle due forme, chiarendo le cause delle differenze tra le due.

4)

- a) Si specifichi quali condizioni devono soddisfare due onde perché si verifichi il fenomeno dell'interferenza.
- b) Si descriva l'esperimento di interferenza di Young.

2)

a) Si enunci il teorema di Poynting, spiegando il significato fisico di ogni termine.

Si consideri poi un condensatore piano con armature circolari (di superficie S , poste a distanza h), caricato alla ddp V_o . Il condensatore viene lasciato scaricare attraverso una resistenza R_o . Supponendo di essere in condizioni lentamente variabili, si determini:

b) il vettore di Poynting \mathbf{P} (*modulo, direzione e verso*);

c) il flusso totale di energia che attraversa la superficie che idealmente limita il condensatore durante la sua scarica.

3)

a) Si definiscano la velocità di fase v_f e la velocità di gruppo v_g di un'onda elettromagnetica e se ne discuta il significato fisico.

b) Si ricavi la relazione che le lega e si discuta la possibilità che si verifichi la situazione in cui $v_f > c$ e/o $v_g > c$.

- 2) Una carica elettrica Q è distribuita uniformemente nelle due seguenti configurazioni:
- i) Sulla superficie di un'unica goccia d'acqua sferica di volume V
 - ii) Sulla superficie di N gocce d'acqua sferiche di volume V/N , poste a distanza infinita una dall'altra.
- a) Si determini l'energia elettrostatica delle due configurazioni di carica.
- b) Si dica, giustificando la risposta, quale delle due configurazioni è energeticamente favorita.
- c) *Si spieghi cosa cambierebbe dal punto di vista energetico, se le gocce della seconda configurazione fossero portate a distanza finita una dall'altra.*
- [Il punto c) è facoltativo.]

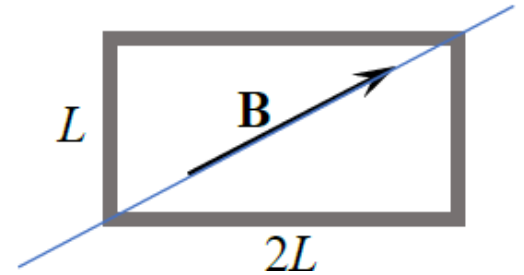
3) Si enuncino le equazioni di Maxwell in presenza di materiali e se ne discuta il significato. Si dia in particolare la definizione di tutte le grandezze che compaiono nelle equazioni.

2) Si consideri un conduttore neutro, in condizioni di equilibrio elettrostatico, immerso in un campo elettrico esterno E_o . Si descriva lo stato del sistema in termini di campo elettrostatico, potenziale e distribuzione di carica di superficie e di volume). Si giustificino tutte le affermazioni fatte.

3) Si enuncino le formule di Laplace, chiarendo il significato di ogni grandezza che vi compare, e se ne commentino il significato fisico e l'utilità.

2)

- a) Si scriva l'espressione della forza F a cui è soggetto un conduttore γ , percorso da una corrente di intensità I ed immerso in un campo magnetico B , specificando la definizione e l'unità di misura (nel S.I.) di tutte le grandezze che compaiono nell'espressione.
- b) Si descrivano le eventuali limitazioni sulle condizioni di validità.
- c) Si ricavi la forza risultante (modulo, direzione e verso) agente su una spira rettangolare, di lati L e $2L$, quando questa è immersa in un campo magnetico B uniforme, diretto lungo la diagonale della spira, come indicato in figura.



3)

- a) Si enunci la legge di continuità della corrente elettrica e se ne discuta il significato fisico, dopo aver specificato la definizione di ogni grandezza e la sua unità di misura nel Sistema Internazionale.
- b) Si dimostri che questa legge è incompatibile con la legge di Ampere, mentre è in accordo con le equazioni di Maxwell.

- 1) Una carica elettrica Q è distribuita uniformemente nelle due seguenti configurazioni:
- i) Sulla superficie di un'unica goccia d'acqua sferica di volume V
 - ii) Sulla superficie di N gocce d'acqua sferiche di volume V/N , poste a distanza infinita una dall'altra.
- a) Si dia la definizione di energia elettrostatica.
- b) Si determini l'energia elettrostatica delle due configurazioni di carica.
- c) Si dica, giustificando la risposta, quale delle due configurazioni è energeticamente favorita.
- d) Si spieghi cosa cambierebbe dal punto di vista energetico, se le gocce della seconda configurazione fossero portate a distanza finita una dall'altra.*
- [Il punto d) è facoltativo.]

2)

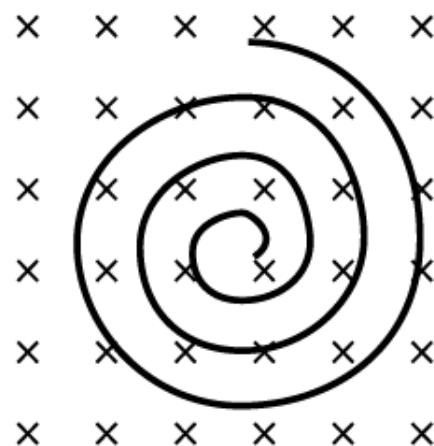
a) Una particella carica è immersa in un campo magnetico \mathbf{B} uniforme. Si descriva il moto della particella in funzione delle condizioni iniziali. Si specifichi in particolare quale condizione iniziale porta a una traiettoria piana.

Si supponga poi che \mathbf{B} sia perpendicolare al piano del foglio e abbia verso entrante. La particella durante il moto perde energia cinetica per attrito. Il moto risultante avviene lungo la traiettoria a spirale indicata in figura.

Giustificando adeguatamente le risposte, si determini:

b) il verso di percorrenza della traiettoria e quale parte di essa corrisponde ad una più elevata energia cinetica della particella;

c) il segno della carica della particella.



2)

- a) Si enunci e si discuta la legge di Ampere in regime stazionario sia in forma integrale che in forma locale.
- b) Si spieghi perché la stessa espressione non può più essere valida in condizioni non stazionarie.
- c) Si illustri quali modifiche debbano essere apportate di conseguenza e se ne discuta il significato fisico.

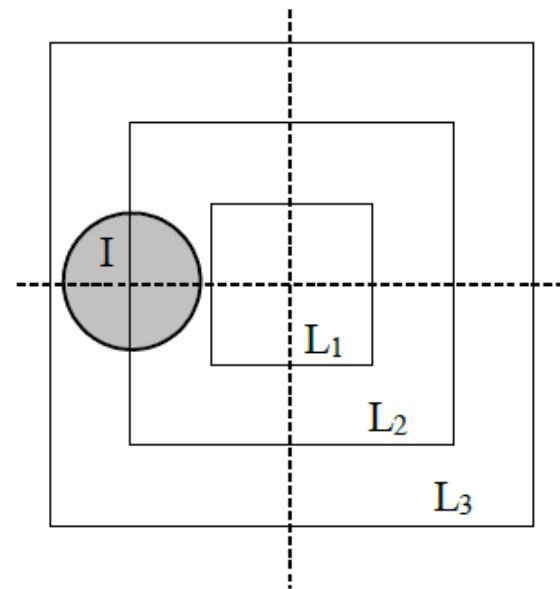
3)

- a) Si enuncino le condizioni al contorno per il campo elettromagnetico in regime non stazionario alla superficie di separazione tra due mezzi.
- b) Sulla base di tali condizioni, si discuta il caso di un'onda piana polarizzata linearmente incidente normalmente sulla superficie piana di un conduttore perfetto.
[Si consideri indefinitamente estesa la superficie piana del conduttore.]

2)

a) Si enunci la legge di Ampère per il campo magnetostatico, spiegando il significato di tutti i simboli utilizzati. Se ne discuta il significato fisico e l'utilità nelle applicazioni pratiche.

b) Si consideri poi un filo di sezione circolare sede di una corrente I uniformemente distribuita e si determini il valore della circuitazione del campo \mathbf{B} lungo i perimetri dei tre quadrati mostrati nella figura.



3)

a) Si dia la definizione di coefficiente di mutua induzione e se ne specifichino le condizioni di validità, spiegandone le ragioni.

b) Si considerino poi due bobine. La prima è percorsa dalla corrente $i_1 = at^2$, che induce una forza elettromotrice $f_2 = bt$ nella seconda bobina (a e b sono costanti positive). Si determini il coefficiente di mutua induzione.

1)

a) Si enuncino le condizioni al contorno per il campo elettrico alla superficie di separazione tra due mezzi dielettrici, specificando la definizione di tutte le grandezze coinvolte.

b) Si consideri poi una lastra piana, di spessore d , posta nel vuoto e costituita da un dielettrico omogeneo ed isotropo con costante dielettrica ε_d . Su di essa incide un campo elettrico \mathbf{E}_1 uniforme, le cui linee di forza formano un angolo θ_i con la normale alla lastra. Si determini il campo elettrico \mathbf{E}_2 all'interno della lastra ed \mathbf{E}_3 all'uscita da essa, specificandone modulo, direzione e verso.

3) Si enuncino le formule di Laplace, chiarendo il significato di ogni grandezza che vi compare, e se ne commenti il significato fisico.

2)

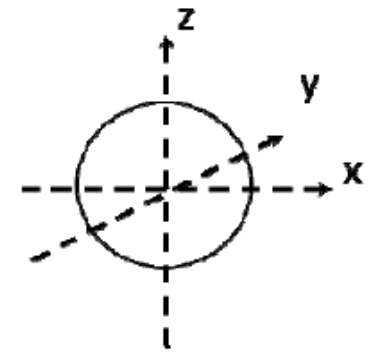
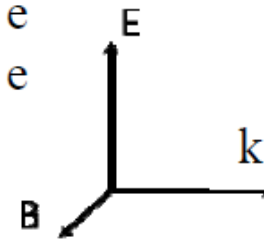
a) Si dia la definizione di potenziale elettrostatico.

b) Si consideri una sfera conduttrice A di raggio r , isolata e posta inizialmente al potenziale V_0 . La sfera viene poi circondata da una sfera cava conduttrice B, concentrica con A, di raggio interno r_1 ed esterno r_2 . Si calcoli il nuovo valore V_1 del potenziale di A.

3) Un'onda piana polarizzata linearmente si propaga nel vuoto lungo l'asse x (vedi figura). Il suo campo elettrico ha ampiezza con E_0 e frequenza ν . Una spira circolare di raggio R è posta nell'origine e giace sul piano xz . Si determinino:

- l'intensità media I dell'onda;
- la fem indotta nella spira al passare del tempo t ;
- la fem indotta nella spira qualora essa giacesse nel piano yz , giustificando la risposta.

[Si suppongano le dimensioni della spira molto piccole rispetto alla lunghezza d'onda.]



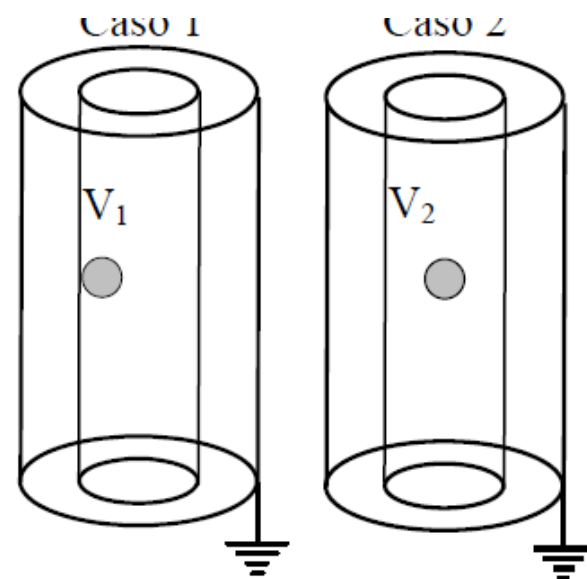
1) Un condensatore cilindrico scarico ha l'armatura esterna (E) collegata a terra. Una sferetta di metallo carica viene inserita nel condensatore e posta in contatto con l'armatura interna (I), che si porta ad un potenziale $V_1 = -6 \text{ V}$. Dopo aver estratto la prima sfera, ne viene inserita una seconda (di uguale materiale e dimensioni), senza portarla in contatto con le armature, e si osserva che il potenziale dell'armatura interna diventa $V_2 = -4 \text{ V}$.

a) Si descrivano i fenomeni fisici che avvengono e si spieghi l'origine delle d.d.p. misurate.

b) Si indichi il segno della carica presente sulla prima sfera metallica, giustificando la risposta.

c) Si indichi il segno della carica presente sulla seconda sfera metallica, giustificando la risposta.

d) Si calcoli il rapporto tra le cariche inizialmente presenti sulle due sfere.



3) Una corrente di intensità I fluisce in una spira circolare di raggio R .

a) Si determini il flusso del campo magnetico creato dalla corrente attraverso il piano che contiene la spira.

b) Si dica inoltre se il flusso sarebbe maggiore o minore nel caso in cui la spira percorsa dalla corrente I fosse rettangolare di lati R e $2R$.

Si giustifichino entrambe le risposte.

2)

- a) Si definisca il coefficiente di autoinduzione di un circuito, specificando il significato fisico e discutendo le condizioni di validità della definizione.
- b) Si calcoli il coefficiente di autoinduzione di un solenoide rettilineo di lunghezza H , costituito da N spire di sezione circolare di raggio R ($R \ll H$).

3)

- a) Si dia la definizione di intensità di un'onda elettromagnetica e di pressione di radiazione. Sapendo che l'intensità media della radiazione solare incidente sulla superficie terrestre è $I = 1.53 \cdot 10^3 \text{ Wm}^{-2}$ e supponendo che si tratti di un'onda piana incidente normalmente, si calcolino:
 - b) l'ampiezza B_0 del suo campo magnetico;
 - c) la pressione di radiazione p_{em} approssimando la superficie terrestre come riflettente.
- $[\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \text{ kg}^2/\text{N m}^2]$

3. Discutere le condizioni al contorno per i campi elettromagnetici e ricavare le leggi della riflessione e rifrazione per un'onda piana incidente sulla superficie di separazione tra due mezzi dielettrici.

3)

- a) Si dia la definizione di flusso concatenato di un vettore. Si dica in particolare se e perché ha senso definirlo per il campo elettrico \mathbf{E} e per il campo magnetico \mathbf{B} .
- b) Si enunci una legge relativa al flusso concatenato di uno dei due vettori o alla sua variazione nello spazio o nel tempo, chiarendo la definizione di tutte le grandezze che vi compaiono e le sue condizioni di validità.

4)

- a) Si enunci il criterio di Rayleigh (sia a parole che riportando la relazione matematica che lo sintetizza).

3)

- a) Si enunci il teorema di Gauss per il campo elettrico \mathbf{E} in un mezzo lineare e omogeneo.
- b) Se ne chiarisca il significato fisico e l'utilità, anche con esempi.

4b)

a) Si enunci il criterio di Rayleigh (sia a parole che riportando la relazione matematica che lo sintetizza).

3)

- a) Partendo dalla definizione di intensità di corrente, si ricavi l'equazione di continuità della corrente in un generico materiale.
- b) Si discutano le eventuali limitazioni alla validità dell'equazione.
- c) Da essa si ricavi poi la relazione che lega la variazione temporale della densità di carica libera ρ_{lib} alla conducibilità elettrica σ del materiale, supposto lineare e omogeneo.

4)

- a) Data una corrente superficiale di densità \mathbf{J}_s , si ricavino le condizioni al contorno per \mathbf{B} .
- b) Supponendo poi che sia $\mathbf{J}_s = ax\mathbf{u}_y$ (con $a = \text{cost}$ positiva), si determinino le discontinuità delle componenti di \mathbf{B} in direzione x , in direzione y e in direzione z .

3)

a) Si scriva l'espressione vettoriale della forza \mathbf{F} agente su una particella di carica q e massa m in moto con velocità \mathbf{v} all'interno di un campo magnetostatico uniforme \mathbf{B} . Si dica, giustificando la risposta, se durante il moto della carica si conservano l'energia cinetica e la quantità di moto.

4)

a) Si dia la definizione dei vettori campo elettrico \mathbf{E} (definizione operativa), spostamento elettrico \mathbf{D} e polarizzazione \mathbf{P} , specificandone le unità di misura nel Sistema Internazionale, e si esprima il loro legame in un generico dielettrico.

b) Si spieghi poi quali sono le sorgenti di ognuno dei vettori, chiarendone il significato.

3)

- a) Si enunci la legge di continuità della corrente elettrica e se ne discuta il significato fisico, dopo aver specificato la definizione di ogni grandezza e la sua unità di misura nel Sistema Internazionale.
- b) Si dimostri che questa legge è incompatibile con la legge di Ampere, mentre è in accordo con le equazioni di Maxwell.

4)

- a) Si enunci la seconda legge di Laplace. In particolare, si definiscano le grandezze coinvolte e le loro unità di misura nel S.I. e si specifichi il campo di validità della legge.
- b) La si ricavi a partire dall'espressione della forza di Lorentz.

4. Ricavare e discutere le relazioni che legano il vettore polarizzazione alle densità di carica di polarizzazione di volume e di superficie. Verificare che la somma delle cariche di polarizzazione sia nulla.

2)

a) Si enunci e si commenti il teorema di Poynting, chiarendo il significato fisico di ogni termine.

3. Dimostrare le condizioni al contorno per i campi elettromagnetici. Ricavare l'espressione della pressione di radiazione determinata da un'onda piana polarizzata linearmente che incide normalmente alla superficie di un conduttore perfetto.

4. Siano date due fenditure uguali di ampiezza a poste a distanza d . Si determini il valore del rapporto d/a affinché il lobo centrale dell'involuppo della relativa figura di interferenza contenga esattamente 11 frange.

3. Ricavare e discutere le relazioni tra campo elettrico, campo elettromotore e corrente in un circuito in regime stazionario.

3. Dimostrare le condizioni al contorno per i campi elettromagnetici. Ricavare l'espressione della pressione di radiazione determinata da un'onda piana polarizzata linearmente che incide normalmente alla superficie di un conduttore perfetto.

3. Discutere le condizioni al contorno per i campi elettromagnetici e ricavare le leggi della riflessione e rifrazione per un'onda piana incidente sulla superficie di separazione tra due mezzi dielettrici.

3. Si discuta la legge di Ohm in forma locale e integrale ricavando il legame che esiste tra le due formulazioni. Si illustri inoltre come tale leggi vadano modificate nel caso in cui nel tratto del circuito considerato sia presente un generatore.

3. Discutere le proprietà dello schermo elettrostatico carico e scarico e dimostrare la relazione tra carica e differenza di potenziale per due conduttori in induzione completa.

4. Discutere le proprietà del potenziale vettore in magnetostatica.

3. Si ricavi l'equazione generale delle onde piane e si dimostrino le loro proprietà.
4. Si discutano le ipotesi alla base della formulazione della teoria scalare della diffrazione. Si ricavi inoltre l'espressione dell'intensità della figura di diffrazione di Fraunhofer di una apertura, discutendone le approssimazioni.

3. Si ricavi l'equazione generale delle onde piane e si dimostrino le loro proprietà.

4. Si discutano le ipotesi alla base della formulazione della teoria scalare della diffrazione. Si ricavi inoltre l'espressione dell'intensità della figura di diffrazione di Fraunhofer di una apertura, discutendone le approssimazioni.

3. Discutere le proprietà dei potenziali vettore e scalare per il campo elettromagnetico e ricavare le equazioni dei potenziali per onde elettromagnetiche in presenza di sorgenti.

3)

- a) Si dia la definizione di flusso concatenato di un vettore. Si dica in particolare se e perché ha senso definirlo per il campo elettrico \mathbf{E} e per il campo magnetico \mathbf{B} .
- b) Si enunci una legge relativa al flusso concatenato di uno dei due vettori o alla sua variazione nello spazio o nel tempo, chiarendo la definizione di tutte le grandezze che vi compaiono e le sue condizioni di validità.

4)

- a) Si enunci il criterio di Rayleigh (sia a parole che riportando la relazione matematica che lo sintetizza).
- b) Si applichi poi il criterio per ricavare la distanza x limite alla quale si deve trovare un osservatore perché il criterio sia rispettato, quando la pupilla dell'osservatore ha diametro $D = 5 \text{ mm}$ e egli osserva due sorgenti puntiformi, che emettono radiazione alla lunghezza d'onda $\lambda = 600 \text{ nm}$ e sono poste alla distanza $L = 100 \text{ }\mu\text{m}$ una dall'altra.
Si specifichi se il valore di x trovato corrisponde a una distanza limite minima o massima.

3) Si enuncino le leggi di Maxwell in forma locale per il campo elettrostatico in presenza di un **generico mezzo dielettrico** e se ne chiarisca il significato fisico.

Nel caso particolare di un dielettrico lineare ed omogeneo, si derivi la relazione che lega densità di carica totale ρ , libera ρ_{lib} e di polarizzazione ρ_{pol} .

4)

a) Si enuncino le condizioni al contorno per il campo magnetostatico al passaggio tra due mezzi, ricavandone almeno una delle equazioni di Maxwell.

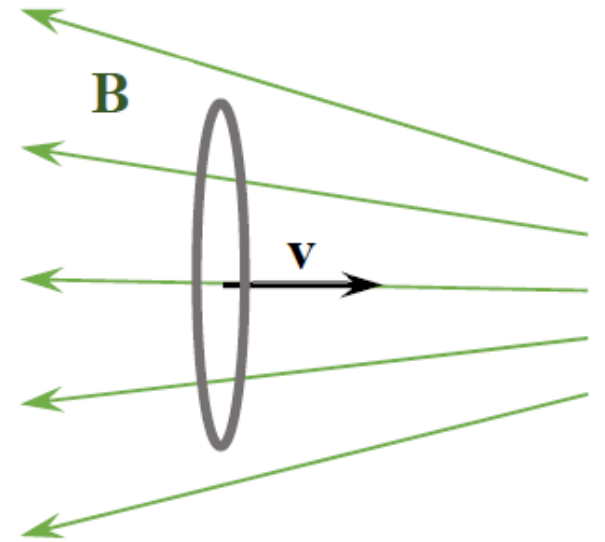
b) Un sottile filo ed un sottile disco di materiale diamagnetico (con permeabilità magnetica μ_r) sono posti in un campo magnetostatico uniforme \mathbf{B}_0 . il campo è parallelo all'asse del filo e del disco. Si determinino, spiegando chiaramente il procedimento seguito, il campo magnetico (\mathbf{B}_F e \mathbf{B}_D , rispettivamente nel filo e nel disco) e il campo coercitivo (\mathbf{H}_F e \mathbf{H}_D , rispettivamente).

3)

a) Si descriva il fenomeno dell'induzione elettromagnetica, specificando (anche con esempi) le diverse cause possibili.

b) Si descriva poi cosa sono le correnti di Foucault (correnti parassite) e se ne determini (*giustificandolo dal punto di vista fisico*) il verso nel caso di una spira che si muove in un campo magnetico \mathbf{B} non uniforme, come in figura.

[Si consideri positivo il verso antiorario rispetto a \mathbf{B} .]



4) In uno schermo opaco sono praticate N fenditure. La distanza fra due fenditure adiacenti è pari a D . Le fenditure sono illuminate da un'onda piana monocromatica, di lunghezza d'onda λ , incidente ortogonalmente allo schermo.

3)

- a) Si dia la definizione di flusso concatenato di un vettore. Si dica in particolare se e perché ha senso definirlo per il campo elettrico \mathbf{E} e per il campo magnetico \mathbf{B} .
- b) Si enunci una legge relativa al flusso concatenato di uno dei due vettori o alla sua variazione nello spazio o nel tempo, chiarendo la definizione di tutte le grandezze che vi compaiono e le sue condizioni di validità.

4)

a) Si enunci il criterio di Rayleigh (sia a parole che riportando la relazione matematica che lo sintetizza).

b) Si applichi poi il criterio per ricavare la distanza x limite alla quale si deve trovare un osservatore perché il criterio sia rispettato, quando la pupilla dell'osservatore ha diametro $D = 5 \text{ mm}$ e egli osserva due sorgenti puntiformi, che emettono radiazione alla lunghezza d'onda $\lambda = 600 \text{ nm}$ e sono poste alla distanza $L = 100 \text{ }\mu\text{m}$ una dall'altra.

Si specifichi se il valore di x trovato corrisponde a una distanza limite minima o massima.

1)

a) Si discutano gli effetti meccanici di un campo elettrico esterno \mathbf{E} (non necessariamente uniforme) su un dipolo elettrico. In particolare, si ricavino l'espressione della forza risultante \mathbf{F} e del momento risultante $\boldsymbol{\tau}$ agenti sul dipolo.

Un cilindretto di materiale dielettrico di volume molto piccolo (con altezza molto maggiore del raggio) si trova a distanza L da una carica Q puntiforme e positiva. Sapendo che il momento $\boldsymbol{\tau}$ risultante delle forze agenti sul cilindretto è nullo, si dica (giustificando la risposta):

b) che direzione e verso ha la forza \mathbf{F} che agisce sul cilindretto.

c) se possono essere raggiunte posizioni di equilibrio stabile o instabile ed eventualmente quali.

4)

- a) Si definisca la condizione di deviazione minima per un prisma di indice di rifrazione n .
- b) Si enuncino le relazioni che legano gli angoli di incidenza e rifrazione sulle due superfici del prisma nella condizione di deviazione minima.
- c) Si descriva brevemente almeno una possibile applicazione di un prisma.

2)

- a) Si descrivano le principali differenze tra le caratteristiche del campo elettrostatico e di quello magnetostatico nel vuoto.
- b) Si mostri come queste differenze siano evidenti nelle equazioni che regolano il comportamento dei due campi.
- c) Si discuta cosa cambia in condizioni non stazionarie.

3)

- a) Si dia la definizione di onda.
- b) Si ricavi l'equazione delle onde elettromagnetiche a partire dalle equazioni di Maxwell.
- c) Si enuncino le proprietà delle onde piane.

1)

a) Si enuncino le condizioni al contorno per il campo elettrico alla superficie di separazione tra due mezzi dielettrici, specificando tutte le grandezze coinvolte e la loro unità di misura nel SI.

b) Si consideri poi una lastra piana, di spessore d , posta nel vuoto e costituita da un dielettrico omogeneo ed isotropo con costante dielettrica relativa ϵ_r . Su di essa incide un campo elettrico E_1 uniforme, le cui linee di forza formano un angolo θ_1 con la normale alla lastra. Si determini il campo elettrico E_2 all'interno della lastra ed E_3 all'uscita da essa, specificandone modulo, direzione e verso.

3)

a) Partendo dall'espressione della forza di Lorentz, si ricavi la II formula di Laplace e se ne chiariscano le condizioni di validità e l'utilità.

L

3)

- a) Si dia la definizione di onda.
- b) Si ricavi l'equazione delle onde elettromagnetiche a partire dalle equazioni di Maxwell.
- c) Si enuncino le proprietà delle onde piane.

2)

- a) Si discutano gli effetti meccanici di un campo elettrico esterno \mathbf{E} (non necessariamente uniforme) su un dipolo elettrico di momento \mathbf{p} .
- b) Si determini l'energia U di interazione del dipolo con il campo.
- c) Si dica (*giustificando la risposta*) se esiste una posizione di equilibrio stabile per un dipolo libero di muoversi in un campo elettrico $\mathbf{E} = kx\mathbf{u}_x$ (dove k è una costante positiva).

4)

a) Si dia la definizione di intensità I di un'onda elettromagnetica piana e si esprima l'intensità in funzione dei campi elettrico \mathbf{E} e magnetico \mathbf{B} .

1)

- a) A partire dalle equazioni di Maxwell e dalle condizioni al contorno, si ricavi l'espressione (*modulo, direzione e verso*) del campo elettrico in prossimità della superficie di un conduttore carico in equilibrio. [Si consideri nota la densità di carica in ogni punto del conduttore.]

4)

- a) Si dia la definizione di coefficiente di autoinduzione, specificando il significato fisico e discutendo le condizioni di validità della definizione.
- b) Si consideri poi una spira quadrata di lato L , percorsa dalla corrente $i = at^2$. Sapendo che la forza elettromotrice indotta è $f = bt$ (con a e b costanti), si determini il coefficiente di autoinduzione.

3) Si ricavi l'equazione delle onde dalle equazioni di Maxwell e si discutano le proprietà delle sue soluzioni.

4)

- a) Si enuncino le leggi di Snell e le si ricavino dalle condizioni al contorno per il campo elettromagnetico.
- b) A partire dalle leggi di Snell, si ricavi, almeno in un caso, l'angolo di incidenza per cui si osserva una particolare condizione di riflessione e/o trasmissione e la si discuta.

4)

a) Si dia la definizione di polarizzazione di un'onda elettromagnetica.

b) Si descriva un metodo per ottenere luce polarizzata linearmente.

Si consideri poi un fascio di luce naturale (depolarizzata), che incide sulla superficie di un blocco di vetro con angolo $\theta = 60^\circ$. La luce riflessa risulta linearmente polarizzata. Si determini:

c) l'indice di rifrazione n del vetro;

d) il piano di polarizzazione della luce riflessa;

e) la percentuale di luce incidente che viene riflessa.

2)

- a) Si ricavi l'espressione (*modulo, direzione e verso*) del campo elettrico in prossimità della superficie di un conduttore carico in equilibrio, supponendo nota la densità di carica in ogni punto del conduttore.
- b) Si consideri una sfera conduttrice di raggio R , con una carica Q ($Q < 0$), circondata da un guscio sferico conduttore, di raggio interno $2R$ ed esterno $3R$, con una carica uguale e contraria a quella della sfera e concentrico con essa. Si determini la densità di carica (specificando *modulo e segno*) sulle superfici di raggio R , $2R$ e $3R$.

4)

- a) Si descrivano le proprietà fondamentali del campo magnetico nel vuoto in regime stazionario. In particolare, si discuta il significato fisico delle leggi di Maxwell per il vettore \mathbf{B} in assenza ed in presenza di correnti.
- b) Giustificandolo alla luce di quanto discusso nel punto precedente, si descriva e si disegni l'andamento qualitativo delle linee di forza del campo magnetico generato da due correnti rettilinee di intensità I_1 ed $I_2 = 2I_1$, parallele ed equiverse, poste a distanza d . Si specifichi inoltre se ci sono posizioni (ed eventualmente quali sono) in cui il campo si annulla o raggiunge un massimo.

3) Si ricavi l'equazione delle onde dalle equazioni di Maxwell e si discutano le proprietà delle sue soluzioni.

4)

- a) Si enuncino le leggi di Snell e le si ricavino dalle condizioni al contorno per il campo elettromagnetico.
- b) A partire dalle leggi di Snell, si ricavi, almeno in un caso, l'angolo di incidenza per cui si osserva una particolare condizione di riflessione e/o trasmissione e la si discuta.

3)

Un cilindro di raggio R , infinitamente lungo, di un materiale lineare e omogeneo, ha permeabilità magnetica relativa μ_r ed è magnetizzato con magnetizzazione \mathbf{M} uniforme e parallela all'asse del cilindro.

Sia nel caso di un materiale diamagnetico che di uno paramagnetico, si determinino in ogni punto dello spazio (specificando *modulo, direzione e verso*):

- a) i vettori \mathbf{B} e \mathbf{H} ;
- b) le correnti di magnetizzazione di volume \mathbf{J}_m e di superficie $\mathbf{J}_{s,m}$.

Si rappresenti inoltre graficamente:

- c) l'andamento delle linee di campo di tutti i vettori valutati precedentemente.

4)

- a) Si dia la definizione di coefficiente di mutua induzione e se ne specifichino le condizioni di validità (*giustificando la risposta*).

In particolare, si specifichi se il segno del coefficiente è positivo o negativo e cosa lo determina.

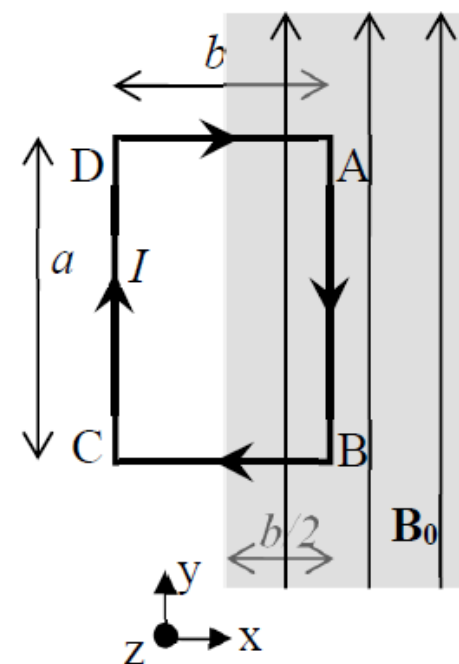
- b) Si considerino poi due bobine. La prima è percorsa dalla corrente $i_1 = at^2$, che induce una forza elettromotrice $f_2 = bt$ nella seconda bobina (con a e b sono costanti positive). Si determini il coefficiente di mutua induzione.

3)

- a) Si dia la definizione di condensatore, specificando da cosa dipende il suo comportamento elettrico.
- b) Si dica giustificando la risposta quale/i dei seguenti sistemi, costituiti da due conduttori, risponde alla definizione data al punto a).
 - A) Due lamine quadrate di lato L poste alla distanza $D = L$;
 - B) Due lamine quadrate di lato L poste alla distanza $D = L/10$;
 - C) Una lamina quadrata di lato L posta all'interno di una lamina piegata a forma di cubo di lato $2L$.

4)

- a) Si enunci la II legge elementare di Laplace per un conduttore filiforme e la si ricavi a partire dall'espressione della forza di Lorentz.
- b) Una spira rettangolare, di lati a e b , percorsa da corrente stazionaria di intensità I , è immersa per metà in un campo magnetico \mathbf{B}_0 uniforme e orientato come mostrato in figura. Si determinino le forze che agiscono sui singoli lati della spira e la risultante \mathbf{F} delle forze (*modulo, direzione e verso*).
- c) Si dica inoltre, giustificando la risposta, se la spira si trova in una condizione di equilibrio.



3)

- a) Si enuncino le condizioni al contorno per il campo magnetico in condizioni non stazionarie alla superficie di separazione tra due mezzi, chiarendo il significato di ogni termine.
- b) Si ricavino le relazioni enunciate a partire dalle leggi fondamentali per il campo elettromagnetico.

4)

- a) Si dia la definizione di coefficiente di mutua induzione e se ne specifichino le condizioni di validità (*giustificando la risposta*).

In particolare, si specifichi se il segno del coefficiente è positivo o negativo e cosa lo determina.

- b) Si considerino poi due bobine. La prima è percorsa dalla corrente $i_1 = at^2$, che induce una forza elettromotrice $f_2 = bt$ nella seconda bobina (con a e b costanti positive). Si determini il coefficiente di mutua induzione.

3)

- a) Si enuncino le equazioni di Maxwell in condizioni stazionarie in presenza di materiali e se ne discuta il significato.
- b) Si dia in particolare la definizione di tutte le grandezze che compaiono nelle equazioni e se ne specifichino le unità di misura nel Sistema Internazionale.

4)

- a) Si definisca la condizione di deviazione minima per un prisma e si ricavi la condizione geometrica che permette di individuarla.
- b) Si consideri poi un prisma equilatero per il quale l'angolo di deviazione minima è $\delta = 30^\circ$ e si calcoli l'indice di rifrazione n del vetro di cui è costituito il prisma.

3)

- a) Partendo dalla definizione di intensità di corrente, si ricavi l'equazione di continuità della corrente in un generico materiale.
- b) Si discutano le eventuali limitazioni alla validità dell'equazione.
- c) Da essa si ricavi poi la relazione che lega la variazione temporale della densità di carica libera ρ_{lib} alla conducibilità elettrica σ del materiale, supposto lineare e omogeneo.

4)

- a) Si dia la definizione di intensità I di un'onda elettromagnetica piana, specificandone l'unità di misura e spiegandone il significato fisico.
- b) Si esprima quindi l'intensità in funzione dei campi elettrico \mathbf{E} e magnetico \mathbf{B} dell'onda.
- c) Si calcoli infine la densità media di potenza che investe una superficie piana inclinata di un angolo α rispetto al piano yz quando un'onda piana monocromatica, il cui campo elettrico sia $\mathbf{E} = E_0 \cos(kx - \omega t)\mathbf{u}_y$, incide su di essa propagandosi nel vuoto.
[$E_0 = 2.5 \times 10^3 \text{ Vm}^{-1}$, $\omega = 2 \times 10^{13} \text{ Hz}$, $\alpha = 60^\circ$, $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ NA}^{-2}$]

3)

- a) Si discuta il concetto di pressione di radiazione.
- b) Se ne calcoli poi il valore nel caso di un'onda elettromagnetica che si propaga nel vuoto con campo magnetico \mathbf{B} ed incide normalmente su una superficie argentata.
- c) Si spieghi se la natura della superficie influenza il valore calcolato al punto b) e in che modo.

4)

- a) *Si ricavi*, a grande distanza D , l'andamento della figura di diffrazione di una fenditura rettangolare di larghezza a (e di lunghezza $b \rightarrow \infty$) illuminata con luce di lunghezza d'onda λ .
- b) Si determini la distanza del secondo zero dall'asse del sistema, quando $D = 1 \text{ m}$, $\lambda = 500 \text{ nm}$, $a = 10 \text{ }\mu\text{m}$. In particolare, si specifichi in che direzione viene misurata la distanza rispetto ai lati della fenditura.
- c) *Si descriva cosa cambierebbe se, invece di $b \rightarrow \infty$, fosse $b = 3 \text{ mm}$.*

[Il punto c) è facoltativo.]