

ESERCIZI DI MAGNETOSTATICA

Mauro Saita

Versione provvisoria. Dicembre 2017

Per commenti o segnalazioni di errori scrivere, per favore, a:

maurosaita@tiscalinet.it

Questi esercizi possono essere utili per la preparazione della prova orale (e di una eventuale terza prova) dell'esame di stato. I quesiti proposti riguardano argomenti trattati durante il quinto anno. Per quelli in cui compare il simbolo $\boxed{R}$, nella sezione "Suggerimenti", si propone una possibile risposta oppure qualche suggerimento per costruirla. Si tenga presente che nella maggior parte dei casi esistono diverse risposte possibili; compito dello studente è fare le giuste scelte per trovare quella più consona alle proprie conoscenze e competenze.

1

Indice

1	Magnetostatica	2
2	Suggerimenti	4

¹ File: "Magnetostatica_esercizi.tex"

1 Magnetostatica

Quesito 1.1. *Che cosa si intende per corrente elettrica? Come si definisce l'intensità di corrente? Qual è l'unità di misura della corrente elettrica nel Sistema Internazionale?* R

Quesito 1.2. *Quali sono le sorgenti di campi magnetici? È possibile spiegare l'esistenza del campo magnetico mediante un'unica causa? In caso affermativo fornire una breve descrizione.* R

Quesito 1.3. *Sia $\mathbf{F}$ un campo vettoriale qualsiasi. Quali sono le proprietà che caratterizzano le linee di campo di $\mathbf{F}$? Quali condizioni permettono di distinguere le linee di campo elettrico da quelle di campo magnetico?*

Quesito 1.4. *Descrivere le linee di campo magnetico nel caso di un filo rettilineo percorso da corrente. Determinare intensità, direzione e verso del vettore $\mathbf{B}$.*

Quesito 1.5. *Qual è la forza che agisce su una carica q che si trova immersa in un campo elettromagnetico?*

Quesito 1.6. *Enunciare la legge di Biot-Savart e spiegarne il significato in termini infinitesimali.*

Quesito 1.7. *Descrivere l'esperimento di Oersted. È possibile spiegare l'esistenza del campo magnetico mediante un'unica causa? In caso affermativo fornire una breve descrizione.* R

Quesito 1.8. *Descrivere il campo magnetico generato da un solenoide percorso da corrente elettrica.*

Quesito 1.9. *Una carica elettrica q si trova vicino a un filo rettilineo percorso da corrente di intensità i . Se la carica è in quiete rispetto al filo si dica se sulla carica agiscono forze e, in caso affermativo, si descriva l'eventuale traiettoria descritta dalla carica.* R

Quesito 1.10. *I due fili mostrati in figura sono paralleli. Nel filo 1 scorre corrente di intensità $i_1 = 2,0$ A mentre nel filo 2 $i_2 = 5,2$ A. I versi delle correnti sono i medesimi (da sinistra verso destra). Determinare intensità direzione e verso del campo magnetico nel punto P e nel punto Q .* R

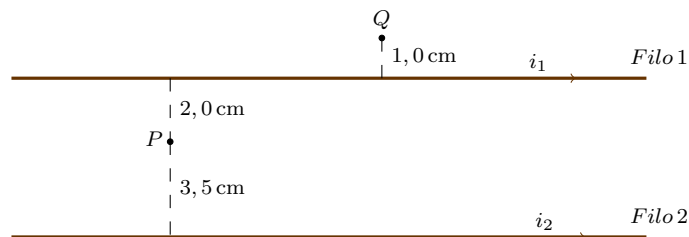


Figura 1: Due fili paralleli percorsi da correnti con lo stesso verso.

Quesito 1.11. *Il campo magnetico è conservativo? Spiegare.*

R

Quesito 1.12. *Enunciare e spiegare il teorema di Gauss per il campo magnetico.*

R

Quesito 1.13. *Quali valori può assumere la permeabilità magnetica relativa? Che cosa distingue i materiali paramagnetici, diamagnetici e ferromagnetici?*

Quesito 1.14. *Enunciare e commentare le equazioni di Maxwell per campi elettrici e magnetici stazionari.*

2 Suggerimenti

Quesito 1.1 In un conduttore vi è passaggio di corrente elettrica tutte le volte che vi sono cariche elettriche in moto. Con il termine *intensità di corrente* si indica la velocità con cui le cariche fluiscono nel conduttore, $i = \frac{dQ}{dt}$. L'ultima uguaglianza può essere precisata con considerazioni infinitesimali (i è la derivata della carica rispetto al tempo). L'intensità di corrente si misura in Ampere.

Quesito 1.2 Oersted scoprì che una corrente genera un campo magnetico. Secondo l'interpretazione di Ampère tutte le manifestazioni macroscopiche del magnetismo nella materia sono riconducibili a un gran numero di piccoli magneti presenti a livello atomico (per esempio, l'atomo di idrogeno si comporta come una piccola spira percorsa da corrente elettrica). Quindi il magnetismo è dovuto alla presenza di correnti.

Quesito 1.7 Le sorgenti di campi magnetici sono i magneti naturali e le correnti (Oersted scoprì che un filo percorso da corrente genera un campo magnetico). Secondo l'interpretazione di Ampère tutte le manifestazioni macroscopiche del magnetismo nella materia sono riconducibili a un gran numero di piccoli magneti presenti a livello atomico (per esempio, l'atomo di idrogeno si comporta come una piccola spira percorsa da corrente elettrica). Quindi il magnetismo è dovuto alla presenza di correnti.

Quesito 1.9 La carica non subisce interazioni elettriche perchè il filo è globalmente neutro anche se in esso scorre una corrente di intensità i . Il filo genera un campo magnetico $\mathbf{B}$ ma esso esercita forza solamente su cariche in moto. Più precisamente, se $\mathbf{v}$ è la velocità della carica e $\mathbf{B}$ è il campo magnetico, la forza esercitata sulla carica è

$$\mathbf{F} = q\mathbf{v} \times \mathbf{B} \quad (2.1)$$

Se la carica è ferma la sua velocità $\mathbf{v}$ è zero e, di conseguenza, la carica rimane nello stato di quiete.

Quesito 1.10

Campo magnetico nel punto Q. Il campo magnetico in Q è la somma dei campi magnetici $\mathbf{B}_1$ e $\mathbf{B}_2$ generati dai due fili percorsi da corrente

$$\mathbf{B} = \mathbf{B}_1 + \mathbf{B}_2 \quad (2.2)$$

I vettori $\mathbf{B}_1$ e $\mathbf{B}_2$ risultano entrambi perpendicolari e uscenti dal foglio. Pertanto, indicate con r_1 e r_2 le distanze del punto Q dal filo 1 e 2, l'intensità del campo magnetico risultante nel punto Q è

$$B = B_1 + B_2 = \frac{\mu_0}{4\pi} \left(\frac{i_1}{r_1} + \frac{i_2}{r_2} \right) \quad (2.3)$$

La direzione e il verso di $\mathbf{B}$ coincidono con le direzioni e il verso di $\mathbf{B}_1$ e $\mathbf{B}_2$.

Si ottiene

$$B = 5,6 \cdot 10^{-5} \text{ T} \quad (2.4)$$

Campo magnetico nel punto P. L'intensità del campo magnetico $\mathbf{B}_1$, generato dal filo 1, è

$$B_1 = \frac{\mu_0 i_1}{4\pi r_1} = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Tm/A} \cdot \frac{2,0 \text{ A}}{2\pi \cdot 0,02 \text{ m}} = 2 \cdot 10^{-5} \text{ T} \quad (2.5)$$

La direzione di $\mathbf{B}_1$ è perpendicolare al foglio, il verso entrante (nel foglio).

L'intensità del campo magnetico $\mathbf{B}_2$, generato dal filo 2, è

$$B_2 = \frac{\mu_0 i_2}{4\pi r_2} = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Tm/A} \cdot \frac{5,2 \text{ A}}{2\pi \cdot 0,035 \text{ m}} = 2,97 \cdot 10^{-5} \text{ T} \quad (2.6)$$

La direzione di $\mathbf{B}_2$ è perpendicolare al foglio, il verso uscente (dal foglio). Poichè $\mathbf{B}_1$ e $\mathbf{B}_2$ hanno stessa direzione e versi opposti, l'intensità del campo magnetico risultante in P è

$$B = B_2 - B_1 = 2,97 \cdot 10^{-5} \text{ T} - 2 \cdot 10^{-5} \text{ A} = 0,97 \cdot 10^{-5} \text{ T} \quad (2.7)$$

Quesito 1.11 Un campo vettoriale $\mathbf{F}$ è conservativo se e solo se la sua circuitazione lungo qualsiasi linea chiusa è nulla. In altri termini $\mathbf{F}$ è conservativo se e solo se

$$\oint \mathbf{F} \cdot d\mathbf{l} = 0 \quad (2.8)$$

Nel caso del campo magnetico $\mathbf{B}$ esistono cammini chiusi lungo cui la circuitazione di $\mathbf{B}$ è diversa da zero. Si consideri per esempio, il caso di un filo rettilineo percorso da corrente di intensità i . Il campo magnetico in un punto P che si trova a distanza r dal filo ha intensità $B = \frac{\mu_0 i}{2\pi r}$, mentre direzione e verso sono quelli mostrati in figura.

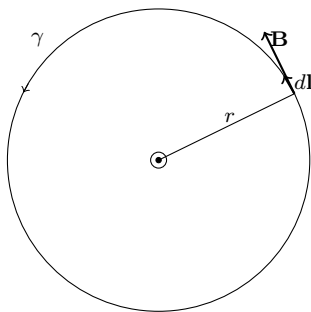


Figura 2: Il filo è perpendicolare al foglio, l'intensità del campo magnetico è $B = \frac{\mu_0 i}{2\pi r}$ e il verso della corrente è entrante nel foglio.

Lungo la circonferenza γ la circuitazione di $\mathbf{B}$ vale

$$\oint \mathbf{B} \cdot d\mathbf{l} = \oint \frac{\mu_0 i}{2\pi r} dl = \frac{\mu_0 i}{2\pi r} \oint dl = \frac{\mu_0 i}{2\pi r} 2\pi r = \mu_0 i \quad (2.9)$$

Segue che $\mathbf{B}$ non è conservativo.

Quesito 1.12 Le linee di campo magnetico sono sempre linee chiuse perchè non esistono singoli poli magnetici (la situazione del campo elettrico è differente: le linee di campo escono dalle cariche positive, le sorgenti, e entrano in quelle negative, i pozzi.)

Pertanto, indicata con S una superficie orientata chiusa, le linee di campo magnetico che entrano in S devono anche uscire da S . Ciò significa che il flusso $\Phi_S(\mathbf{B})$ del campo $\mathbf{B}$ attraverso S è sempre uguale a zero

$$\Phi_S(\mathbf{B}) = \int_S \mathbf{B} \cdot \mathbf{n} dS = 0 \quad (2.10)$$

per qualunque superficie orientata chiusa S . L'uguaglianza (2.10) è vera in magnetostatica (*la magnetostatica è quella parte dell'elettromagnetismo che studia campi magnetici statici ovvero invarianti nel tempo. Corrispondentemente mentre nell'elettrostatica sono le cariche elettriche, generatrici del campo elettrostatico, ad essere approssimativamente stazionarie, nella magnetostatica sono le correnti elettriche, generatrici dei campi magnetici statici, ad essere approssimativamente stazionarie ovvero costanti o invarianti nel tempo.* Citazione tratta da Wikipedia).