

**ISTITUTO DI ISTRUZIONE
SUPERIORE "VOLTA"**
strada per Abbiategrasso 27100 PAVIA

**A.I.F.
SEZIONE DI PAVIA**
via Bassi, 6 27100 Pavia

**UNIVERSITÀ DI PAVIA
Piano Lauree Scientifiche**

**XXXIII CORSO DI AGGIORNAMENTO IN FISICA
ANNO 2010**
Elettromagnetismo e onde elettromagnetiche

Alessandro Iscra

Legge di Biot Savart, misura del campo magnetico terrestre

Pavia - Autunno 2010

Liceo Scientifico Statale "Enrico Fermi"
via Ulanowski, 56 - 16151 Genova
Tel. 0106459928, Fax 010416861
e-mail: geps02000c@istruzione.it

50^{mo}
anniversario

Dalla divulgazione al rigore scientifico - cinque tappe di

Elettromagnetismo in cifre

Nel cinquantesimo anniversario del Liceo Scientifico Fermi di Genova, si propone un'attività laboratoriale rivolta particolarmente agli studenti del quinto anno di liceo scientifico, ma estesa a tutti gli altri indirizzi di studio liceali e non, che affrontano il tema dell'elettromagnetismo nei corsi di fisica, sviluppando la capacità di risolvere problemi. L'attività si discosta volutamente dai tradizionali momenti di divulgazione scientifica, articolando il percorso in cinque tappe, ciascuna delle quali è caratterizzata da un problema, di cui quasi tutti i risultati possono essere anticipati o verificati realizzando l'esperimento oggetto del problema.

Prof.ssa Adele Giani, docente di Matematica e Fisica
con il supporto del Prof. Alessandro Iscra, nel ruolo di tutor per il piano
ISS - Presidio di Genova, IIS Deambrosis - Natta di Sestri Levante (GE)
Anno Scolastico 2009/'10

Elettromagnetismo in cifre

Prima tappa: correnti e forze

Problema: un filo conduttore rettilineo di lunghezza infinita è percorso da una corrente continua I_1 di intensità pari a 10 A (Figura 1.1).

1. Come sono fatte le linee di forza del campo magnetico?
2. Quanto vale l'intensità del vettore induzione B alla distanza $d = 8$ mm dal filo?
3. Se al posto del filo si sostituisce un tubicino di sezione circolare di raggio $r = 4$ mm cosa si può dire del campo magnetico per distanze dall'asse del tubicino maggiori di r , rispetto ai risultati ottenuti dallo svolgimento del Punto 2?
4. Alla distanza $d = 8$ mm dal filo si pone un altro filo parallelo, di lunghezza $l = 26$ cm attraversato dalla corrente $I_2 = 3$ A (Figura 1.2). Quanto vale il modulo della forza che agisce su tale conduttore?
5. Con riferimento ai risultati del Punto 4, se si pesa il conduttore attraversato da I_2 con una bilancia o dinamometro che misura la massa tramite il peso (Figura 1.3), se in assenza di corrente la bilancia segna una massa m , di quanti milligrammi varia l'indicazione della bilancia? Tale variazione si presenta come un aumento oppure come una diminuzione?

$I_1 = 10$ A



$I_1 = 10$ A



Figura 1.1

$d = 8$ mm, $l = 26$ cm

$I_2 = 3$ A

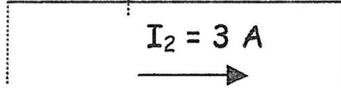
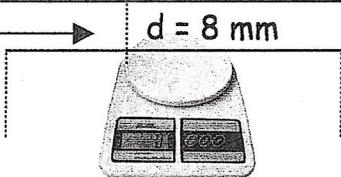


Figura 1.2

$I_1 = 10$ A



$I_2 = 3$ A



$d = 8$ mm

Figura 1.3

Seconda tappa: il campo magnetico prodotto da un filo rettilineo e il campo elettromagnetico terrestre

Problema: la Figura 2.1 mostra un filo visto dall'alto. Alla distanza $d = 6$ cm è collocata una bussola, posizionata nel Punto A come in Figura, che sta indicando il nord. Si imprime una corrente continua entrante dal filo, di intensità I .

1. Dire se il campo magnetico generato dalla corrente I è ortogonale a quello terrestre motivando la risposta.
2. Dire quale deviazione subisce l'ago della bussola se l'intensità del campo prodotto dalla corrente è uguale a quello terrestre.
3. Con riferimento al Punto 2, facendo deviare l'ago come stabilito, misurato il valore dell'intensità di corrente I corrispondente, quanto vale l'intensità del campo magnetico terrestre? Se la corrente I è positiva entrante, l'ago devia in senso orario oppure antiorario?
4. Quanto dovrebbe valere la deviazione dell'ago della bussola se si dimezzasse l'intensità della corrente rispetto a quanto rilevato al Punto 3?
5. Posizionando la bussola nel Punto B, alla distanza $d = 6$ cm dal filo, quale valore deve assumere la corrente per ribaltare l'indicazione dell'ago. Tale corrente deve essere positiva entrante oppure positiva uscente?

NORD

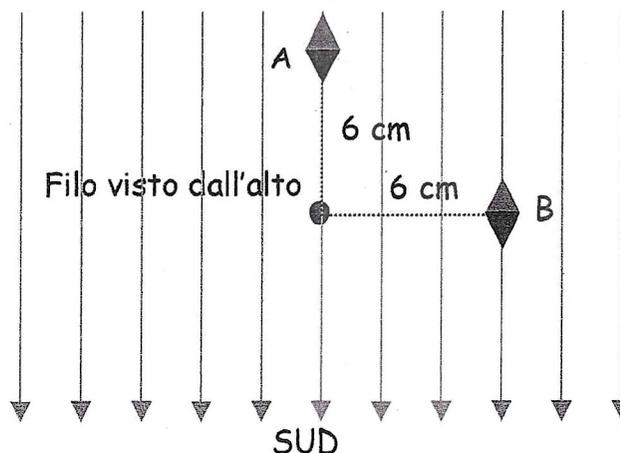
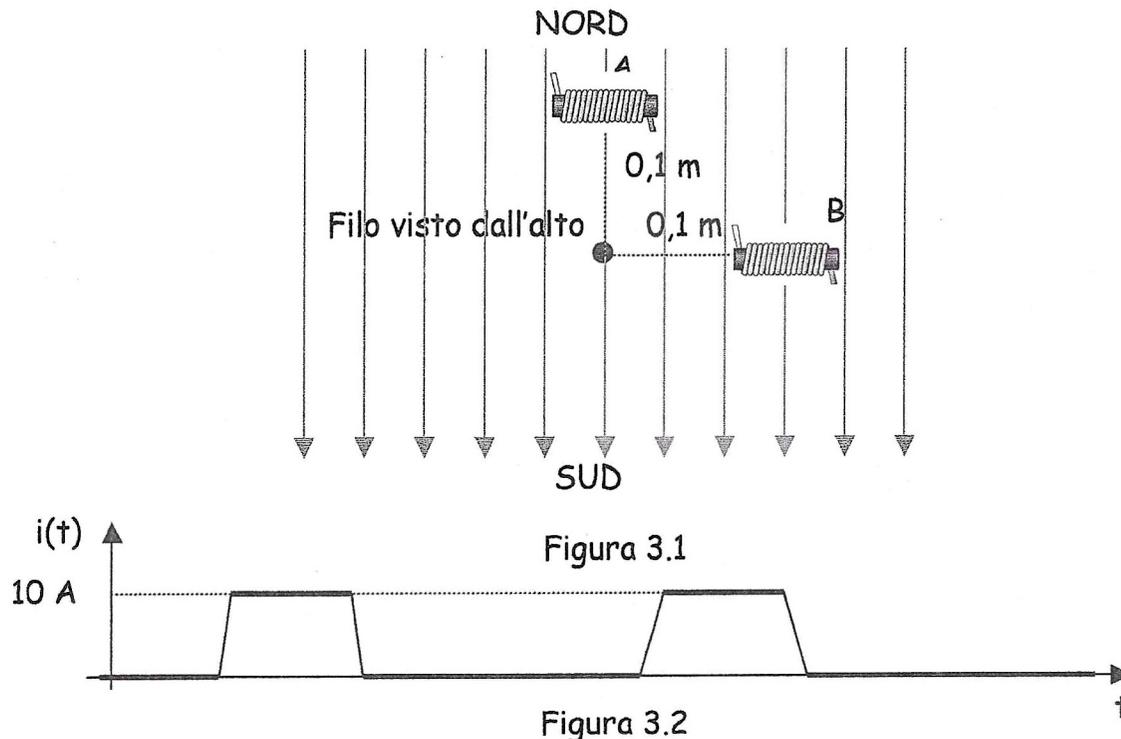


Figura 2.1

Terza tappa: l'induzione elettromagnetica dal campo magnetico generato da un filo rettilineo

Problema: la Figura 3.1 mostra la stessa configurazione della Figura 2.1 e rappresenta quindi un conduttore visto dall'alto. Alla bussola è però sostituito un solenoide avente $N = 300$ spire e una sezione di area $0,002 \text{ m}^2$. Il solenoide è posizionato nel Punto A come in figura ed è mantenuto fermo, alla distanza questa volta pari a $0,1 \text{ m}$ dal filo.

1. Quale espressione assume la tensione indotta dal campo magnetico terrestre $e(t)$?
2. Facendo passare nel filo una corrente continua del valore di 10 A , quale espressione assume la forza elettromotrice indotta nel solenoide?
3. Facendo passare nel filo una corrente costante ad intervalli in cui assume i valori 0 A o 10 A , (Figura 3.2) evidenziare in quali intervalli di tempo è prevedibile una forza elettromotrice indotta significativa.
4. Facendo passare nel filo una corrente sinusoidale entrante dall'alto di espressione $i(t) = 0,141 \text{ sen}(2\pi 5000t) \text{ A}$, scrivere l'espressione della forza elettromotrice indotta. Determinare inoltre: il valore efficace di $i(t)$ e la sua frequenza.
5. Ripetere il Punto 4 se $i(t)$ ha frequenza pari a 10000 Hz (gli altri parametri rimangono invariati).
6. Ripetere i punti precedenti con il solenoide posizionato nel Punto B.
7. Con i dati disponibili, le espressioni ottenute per $e(t)$ potrebbero essere corrette a meno del segno: in altre parole, la soluzione vera potrebbe essere $-e(t)$ anziché $e(t)$, perché? Che cosa bisogna conoscere per determinare univocamente $e(t)$?



Quarta tappa: il campo magnetico vicino al dielettrico di un condensatore

Problema: la Figura 4.1 rappresenta un conduttore rettilineo di lunghezza infinita percorso dalla corrente $I(t)$; nella Figura 4.2 il conduttore è interrotto da un condensatore aventi armature circolari, separate da un dielettrico, e capacità C . Si misura il campo magnetico nel Punto P a distanza r dal filo ed esterno al condensatore, ad un'adeguata distanza da questo, da poter considerarsi nullo in campo elettrico che deborda dai confini del condensatore.

1. A parità di funzione $I(t)$, cosa si può dire del campo magnetico misurato nel punto P in presenza del condensatore, rispetto a quello misurato in sua assenza?
2. Se $I(t) = \bar{I}_m \text{ sen}(\omega t)$, C è la capacità del condensatore, d è la distanza fra le armature, che espressione assume la differenza di potenziale ai capi del condensatore?
3. Con riferimento al concetto di corrente di spostamento, determinare l'espressione dell'intensità del campo magnetico $B(t)$ nel punto P in presenza del condensatore, in funzione dell'intensità del campo elettrico $E(t)$ fra le armature.

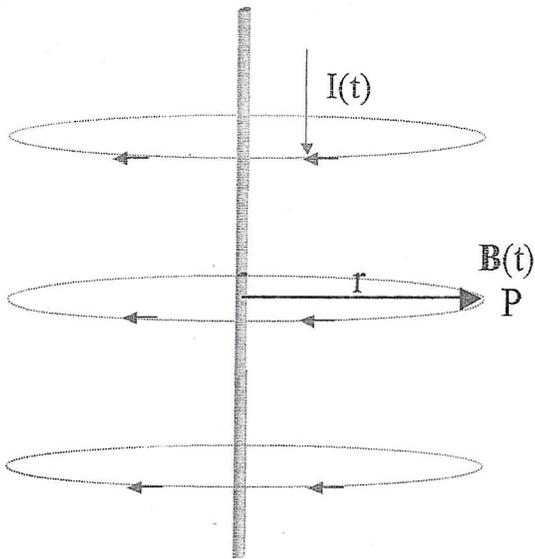


Figura 4.1

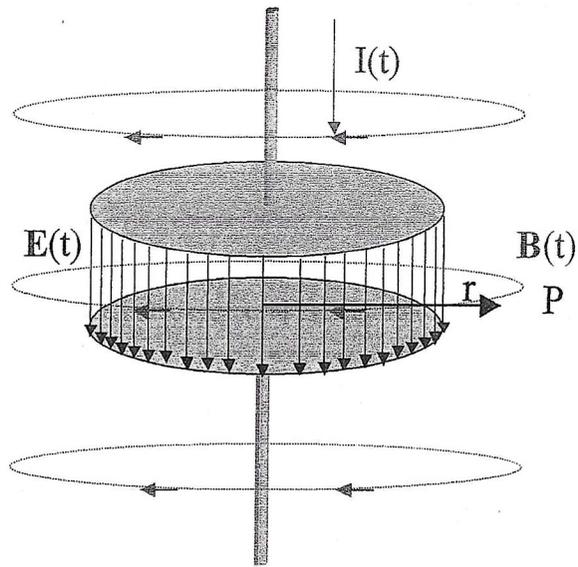


Figura 4.2

Quinta tappa: la conservazione dell'energia e l'induzione

Problema: un magnete viene lasciato cadere all'interno di un tubo di alluminio (Figura 5.1). Durante la caduta, il magnete provoca delle variazioni di flusso magnetico che si concatenano con il segmento di tubo in prossimità del quale transita il magnete stesso. Le correnti indotte provocano, per effetto della resistenza elettrica offerta dall'alluminio, produzione di calore.

1. Da dove viene prelevata l'energia convertita in calore?...
2. Che cosa ci aspettiamo accada, in termini di caratteristiche del moto e, soprattutto, di velocità all'uscita del tubo, durante la caduta del magnete rispetto a una caduta libera?
3. Che cosa ci aspettiamo accada, in termini di caratteristiche del moto, durante la caduta del magnete in un tubo di plastica elettricamente isolante avente la stessa lunghezza di quello di alluminio?

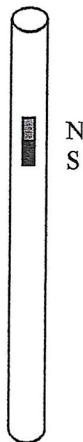


Figura 5.1