

Induzione elettromagnetica

Rispondere per iscritto ai seguenti quesiti sul foglio protocollo.

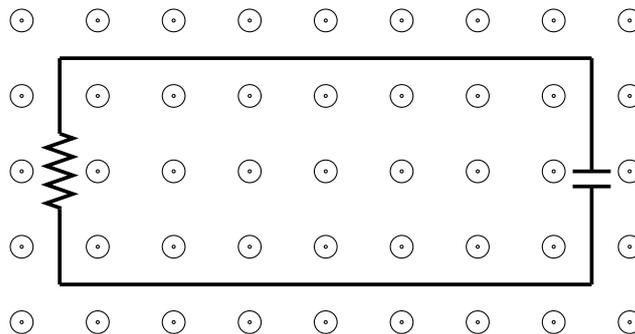
Tempo della prova: 55 minuti.<sup>1</sup>

**Esercizio 1.** Con un filo conduttore è stata realizzata una spira circolare di area  $8,1 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2$  e resistenza  $R = 120 \Omega$ . Essa viene immersa in un campo magnetico ortogonale al piano della spira e di intensità  $0,52 \text{ T}$ . Con quale rapidità deve variare il campo magnetico affinché la corrente indotta nella spira sia di  $0,41 \text{ A}$ ? (Esprimere la rapidità di variazione di  $B$  in  $\text{T/s}$ ).

**Esercizio 2.** Un solenoide rettilineo è lungo  $100 \text{ cm}$ , ha sezione circolare di diametro  $8,00 \text{ cm}$  e è costituito da  $1500$  spire strettamente affiancate. Esso è percorso da una corrente (continua) di  $5 \text{ A}$ . Determinare

1. l'intensità del campo magnetico all'interno del solenoide;
2. il flusso del campo magnetico autoconcatenato con il solenoide;
3. l'induttanza  $L$  del solenoide;
4. se il solenoide viene avvolto attorno a un cilindro (pieno) costituito da un materiale di permeabilità relativa  $\mu_r = 800$ , di quanto aumenta il campo magnetico all'interno del solenoide? Di quanto aumenta la sua induttanza?

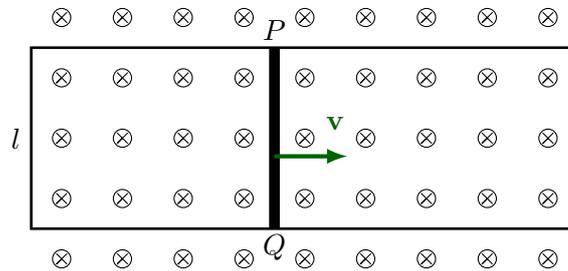
**Esercizio 3.** Un circuito è costituito da una resistenza e da un condensatore. Esso è immerso in un campo magnetico  $\mathbf{B}$  avente direzione perpendicolare al piano contenente il circuito e verso *uscente* dal foglio (si veda la figura). Se l'intensità del campo magnetico aumenta quale armatura del condensatore (inferiore/superiore) acquista una carica positiva?



**Figura 1:** Circuito con resistenza e condensatore immerso in un campo magnetico la cui intensità aumenta nel tempo.

<sup>1</sup>File tex: verifica02\_magnetismo.5e.2018.tex

**Esercizio 4.** Una barretta metallica di lunghezza 30 cm viene posta su due rotaie di un conduttore a “U” avente resistenza trascurabile. Il sistema è immerso in un campo magnetico uniforme e costante di intensità  $\mathbf{B} = 2,4 \text{ T}$ , direzione perpendicolare alle rotaie e verso quello mostrato in figura. La barretta ha resistenza  $R = 1,2 \Omega$ .



**Figura 2:**

Determinare la forza esterna che si deve applicare alla barretta affinché si muova con velocità costante di  $0,35 \text{ m/s}$ .

**Esercizio 5.** La massima forza elettromotrice di un generatore che ruota a 300 giri/min è di 50 V. A quale velocità deve ruotare il rotore del generatore se si vuole che la massima f.e.m. indotta sia di 65 V

## Soluzioni

**Esercizio 1.** Dalla legge di Faraday:  $f_i = \frac{d\Phi(\mathbf{B})}{dt}$  e da:  $f_i = R i$  si ricava:

$$i = \frac{1}{R} \frac{d\Phi(\mathbf{B})}{dt}$$

Ricordando che  $\Phi(\mathbf{B}) = BA$  e che l'area  $A$  è costante nel tempo

$$i = \frac{1}{R} \frac{d(BA)}{dt} = \frac{A}{R} \frac{d(B)}{dt}$$

Pertanto la rapidità di variazione del campo magnetico  $B$  è

$$\frac{d(B)}{dt} = \frac{Ri}{A} = \frac{120 \Omega \cdot 0,41 \text{ A}}{8,1 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2} = 607 \text{ T/s}$$

## Esercizio 2.

1. All'interno del solenoide il campo magnetico è costante e vale

$$B = \mu_0 n i = \mu_0 \frac{N}{l} i = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{1500}{1 \text{ m}} 5 \text{ A} = 9,42 \cdot 10^{-3} \text{ T}$$

2. L'area della sezione circolare del solenoide è  $S = \pi (0,04)^2 \text{ m}^2$ . Il flusso autoconcatenato con il solenoide è

$$\Phi(\mathbf{B}) = N B S = 1500 \cdot (9,42 \cdot 10^{-3} \text{ T}) \cdot (5,02 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2) = 7,1 \cdot 10^{-2} \text{ Wb}$$

3. Induttanza =  $L = \frac{\Phi(\mathbf{B})}{i} = \frac{7,1 \cdot 10^{-2} \text{ Wb}}{5 \text{ A}} = 1,4 \cdot 10^{-2} \text{ H}$

4. Nel caso in cui il solenoide sia avvolto attorno a un cilindro di permeabilità relativa  $\mu_r = 800$ , il campo magnetico, e di conseguenza il flusso aumenta di 800 volte. Segue che anche l'induttanza aumenta di 800 volte.

**Esercizio 3.** La variazione di intensità del campo magnetico  $\mathbf{B}$  (che sta aumentando) causa una variazione del flusso  $\Phi(\mathbf{B})$  concatenato con il circuito che a sua volta (legge di Faraday) genera una corrente indotta. Per la legge di Lenz tale corrente deve circolare nel circuito in modo da opporsi al cambiamento che l'ha generata. Quindi la corrente deve circolare in senso *orario* in modo da generare un campo magnetico indotto opposto a  $\mathbf{B}$ , ossia entrante nel foglio. Il condensatore inizia a caricarsi e la sua l'armatura *superiore* acquista carica positiva.

## Esercizio 4.

Il flusso  $\Phi(\mathbf{B})$  concatenato con il circuito varia perchè varia l'area del circuito e di conseguenza, nel circuito si genera una forza elettromotrice indotta

$$f_i = Blv$$

e una corrente  $i$  dipendente solo dalla resistenza della barretta (il resto del circuito ha resistenza trascurabile)

$$i = \frac{f_i}{R} = \frac{Blv}{R}$$

Per quanto riguarda le forze esterne che agiscono sulla barretta la situazione è questa: essa è immersa in un campo magnetico  $\mathbf{B}$  e è percorsa da corrente  $i$ . Allora sulla barretta agisce la forza

$$\mathbf{F}_m = i\mathbf{l} \times \mathbf{B}$$

Verso e direzione sono quelli indicati in figura.

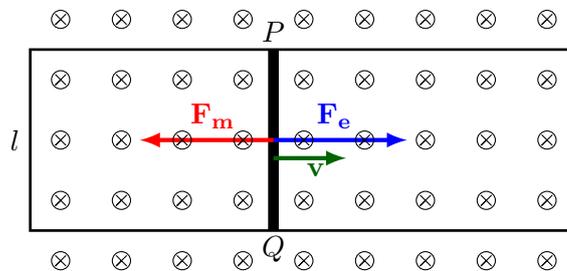
Quindi per mantenere in moto la barretta a velocità costante è necessario utilizzare una forza esterna  $\mathbf{F}_e$  che sia esattamente opposta a  $\mathbf{F}_m$ .

Facendo i conti si ottiene:

$$f_i = 2,4 \text{ T} \cdot 0,30 \text{ m} \cdot 0,35 \text{ m/s} = 0,252 \text{ V}$$

$$i = \frac{0,252 \text{ V}}{1,2 \Omega} = 0,21 \text{ A}$$

$$\mathbf{F}_m = 2,4 \text{ T} \cdot 0,21 \text{ A} \cdot 0,30 \text{ m} = 0,15 \text{ N}$$



**Figura 3:**

**Esercizio 5.** Da  $f = NBA\omega \sin(\omega t)$  si ricava che la forza elettromotrice massima è

$$f_{\max} = NBA\omega$$

Segue che

$$NBA = \frac{f_{\max,1}}{\omega_1} = \frac{f_{\max,2}}{\omega_2}$$

Quindi

$$\omega_2 = \frac{f_{\max,2}}{f_{\max,1}} \omega_1 = \frac{65 \text{ V}}{50 \text{ V}} 300 \text{ giri/min} = 390 \text{ giri/min}$$