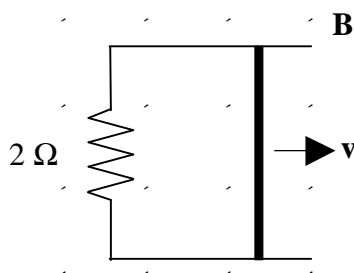
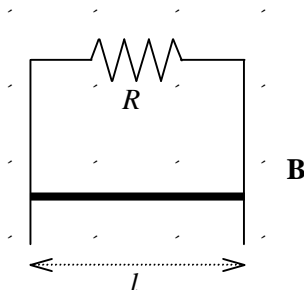


Inducció electromagnètica

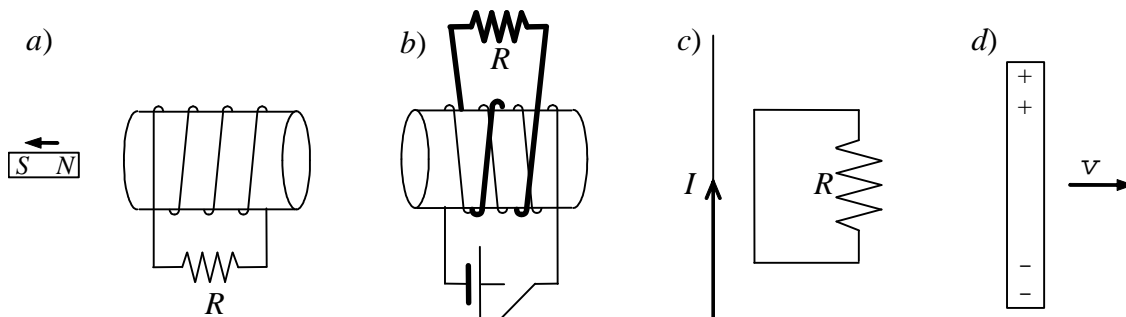
- La vareta metàl·lica de la figura té 2 m de longitud i es mou amb una velocitat constant. El circuit que tanca la vareta es troba en presència d'un camp magnètic uniforme de 4 G perpendicular al pla del circuit. Si la fem induïda és de 2 mV, calculeu:
 - La velocitat de la vareta.
 - El sentit i la intensitat del corrent induït.
 - La força externa que cal aplicar per mantenir la velocitat de la vareta.
 - La potència dissipada al circuit.



- Dues guies conductores, de resistència negligible, verticals i paral·leles, separades una distància l , estan connectades per la part superior, tal com indica la figura, per una resistència R . Aquest circuit està tancat per una barra conductora, de resistència negligible i massa m , que pot anar lliscant, amb un fregament negligible i sense deixar de mantenir el contacte amb les dues guies conductores. Si tot el sistema està en presència d'un camp magnètic B uniforme i perpendicular a la superfície determinada pel circuit, demostreu que la barra acaba caient amb una velocitat constant $v = mgR / (B^2 l^2)$.

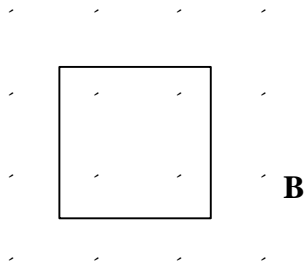


- Utilitzeu la llei de Lenz per respondre les següents qüestions:
 - Quin és el sentit del corrent induït a la resistència de la figura *a* quan l'imant es mou cap a l'esquerra.
 - Ídem per la resistència de la figura *b* quan es tanca l'interruptor.
 - Ídem per la de la figura *c* quan el corrent decreix ràpidament.
 - La barra conductora de la figura *d* es mou cap a la dreta. Determineu el sentit del camp magnètic perpendicular al paper i responsable de la distribució de càrregues.

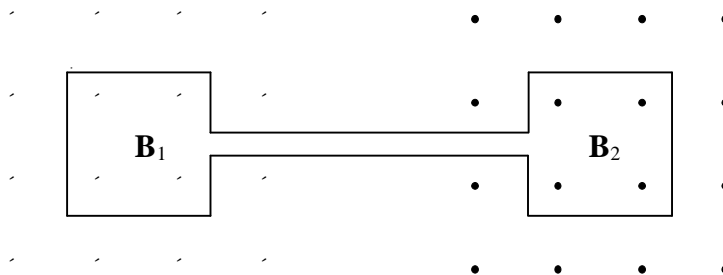


4. A la figura, el flux magnètic que travessa l'espira perpendicularment al seu pla i cap a dintre del paper varia segons la funció $f_B = 6t^2 + 7t + 1$, on f_B ve donat en mWb i t en segons.

- a) Quant val la fem induïda a l'instant $t = 2$ s?
- b) En quin sentit circula el corrent per l'espira?



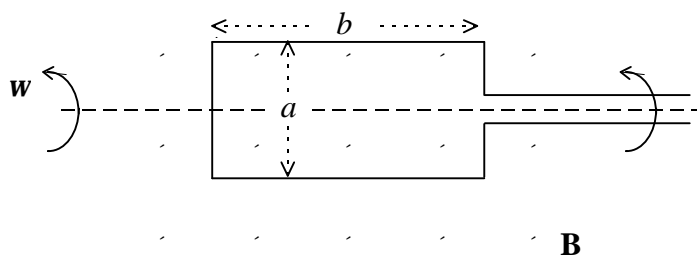
5. En el circuit de la figura tenim dues espises de 1 m^2 cadascuna, situades en diferents camps magnètics variables amb el temps. Si és $B_1 = 2t^2 + 4t$ i $B_2 = 5t^2$ (en unitats SI), determineu la magnitud i el sentit de la intensitat del corrent que circula en l'instant $t = 4$ s si la resistència total del circuit és de 20Ω .



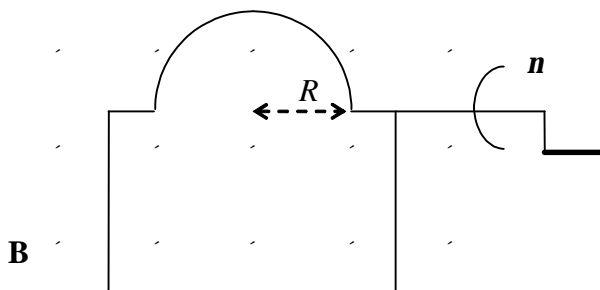
6. Una bobina formada per 100 espises rectangulars de 10 cm de costat i 20 cm d'alçada es troba en presència d'un camp magnètic uniforme de 0.6 T perpendicular al pla de la bobina. En un instant determinat, que nosaltres considerarem com l'instant inicial $t = 0$ s, el camp magnètic disminueix uniformement de 0.6 T a 0.3 T en un interval de 0.1 s. Quina és la força electromotriu induïda a la bobina durant aquest interval de temps? I abans i després que el camp magnètic canviï?

7. L'espisa rectangular d'un generador de corrent altern de dimensions a i b té N voltes. Aquesta espisa es connecta amb uns anells col·lectors i gira amb una velocitat angular w a l'interior d'un camp magnètic uniforme B .

- a) Demostreu que la diferència de potencial entre els dos anells és $e = NBabw \sin(wt)$.
- b) Si $a = 1$ cm, $b = 2$ cm, $N = 1000$ i $B = 2$ T, amb quina freqüència angular w haurà de girar la bobina per generar una fem de valor màxim 110 V?



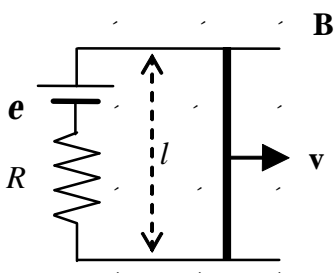
8. Un filferro rígid, doblegat en forma de semicircumferència de radi R es fa girar amb una freqüència n en un camp magnètic uniforme \mathbf{B} , com s'indica a la figura. Calculeu el voltatge i el corrent induïts si la resistència interna de l'aparell de mesura és r_m i la resta del circuit té una resistència negligible.



9. Una bobina cilíndrica de 400 voltes, 25 cm de longitud i 0.8 cm de radi està en un camp magnètic uniforme extern de 600 G que forma un angle de 50° amb el seu eix longitudinal.

- Trobeu el flux magnètic a través de la bobina.
- Determineu quan valdria la força electromotriu induïda en la bobina si el camp magnètic es reduís a zero en 1.4 s.

10. Considereu una barra de longitud l i resistència negligible que llisca sobre uns rails paral·lels de resistència també negligible sota l'acció d'un camp magnètic perpendicular al pla del conjunt, tal com s'indica al dibuix. Una pila de força electromotriu e en sèrie amb una resistència R tanca el circuit per l'esquerra de manera que el corrent circula per la barra en sentit descendent. La barra està en repòs a l'instant $t = 0$.



- Trobeu la força sobre la barra en funció de la velocitat v .
- Demostreu que la barra assoleix una velocitat límit constant i trobeu la seva expressió.
- Quan val la intensitat que circula per la barra quan aquesta assoleix la velocitat límit?

11. Considereu una espira circular de 5 cm de radi en presència d'un camp magnètic perpendicular al seu pla (sortint del paper) i aproximadament constant en tota l'espira, de magnitud variable en el temps $B(t) = (1.8 \times 10^{-6} \text{ T})(3t^2 + 2t + 6)$, amb el temps expressat en segons. Trobeu la intensitat induïda (valor i sentit) a l'espira al cap de 3 minuts sabent que la seva resistència es de 6Ω .

12. Considereu l'esquema representat a la figura.

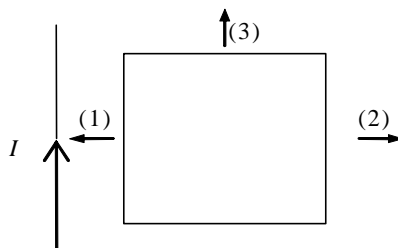
a) Indiqueu el sentit del corrent induït a l'espina quadrada quan aquesta es mou amb velocitat uniforme de 1 m/s, en les següents situacions:

a1) Apropant-se al fil (1).

a2) Allunyant-se (2).

a3) Paral·lelament al fil (3).

b) Si l'espina es manté quieta i el corrent que passa pel fil indefinit augmenta, indiqueu el sentit del corrent.



13. Calculeu l'autoinductància d'un solenoide de 50 cm de llargària i $4 \times 10^{-3} \text{ m}^2$ de secció amb una densitat d'espines igual a 1200 m^{-1}

14. Una bobina de 5 mH d'autoinducció està connectada en sèrie amb una resistència de 15Ω i el conjunt es connecta amb una pila de fem 12 V i resistència interna 1Ω .

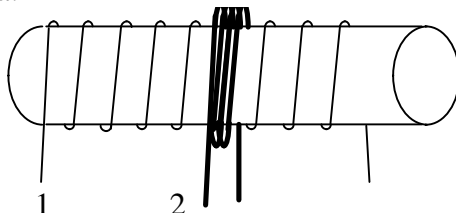
a) Calculeu el corrent al cap de $100 \mu\text{s}$.

b) Si tallem la connexió amb la pila, quin serà el corrent al cap de $20 \mu\text{s}$ després d'assolir el règim estacionari?

15. Per un solenoide de longitud l , àrea de secció recta A i n voltes per unitat de longitud hi circula un corrent d'intensitat I . Si omplim el seu interior amb ferro de permeabilitat magnètica relativa μ_r , trobeu l'autoinducció del solenoide.

16. Un tor de secció S està format per N espines i té un radi mitjà R . El seu nucli està ple de ferro de permeabilitat magnètica relativa μ_r . Quant val la seva autoinducció? Quant val el quocient $L_{\text{amb nucli}}/L_{\text{sense nucli}}$?

17. Una bobina de 20 espines està enrotllada sobre un solenoide. Si el solenoide té una secció de $4 \times 10^{-3} \text{ m}^2$ i una densitat d'espines per unitat de longitud de 1200 voltes/m, calculeu la inducció mútua.



18. Una bobina plana formada per 5 espines circulars de 10 cm de diàmetre i 0.05Ω cadascuna, és travessada perpendicularment per un bobina cilíndrica (solenoid) de 40 cm^2 de secció i una densitat d'espines per unitat de longitud de 12 cm^{-1} . Si per la bobina cilíndrica circula una intensitat variable $I(t) = (1 \text{ mA})\exp(-1000t)$, on t s'indica en segons, quina és la intensitat induïda a la bobina plana?

19. Disposem de dos solenoides coaxials de longitud l situats l'un a l'interior de l'altre. Quan es fa circular un corrent $I_e(t)$ pel solenoide exterior, s'indueix un corrent $I_i(t)$ al solenoide interior. El solenoide exterior té N_e espires i secció S_e , i el solenoide interior té N_i espires, secció S_i i resistència R .

a) Si el coeficient d'inducció mútua entre els dos solenoides és $M = 3.3$ mH, quina és la seva longitud?

b) Quina és l'expressió del corrent $I_i(t)$ en funció de $I_e(t)$?

c) Si $I_e(t)$ és un corrent triangular amb

$$\begin{aligned} I_e(t) &= I_0 - I_0(4t/T) && \text{per } 0 < t < T/2 \\ I_e(t) &= -3I_0 + I_0(4t/T) && \text{per } T/2 < t < T \end{aligned}$$

quant valdrà el corrent $I_i(t)$ en aquests intervals de temps? Quin tipus de corrent és?

Dades: $N_e = 1100$, $N_i = 1000$, $S_e = 80$ cm², $S_i = 12$ cm², $R = 1$ k Ω , $I_0 = 2$ mA, $T = 0.02$ s

20. El camp magnètic terrestre en un punt de la superfície de la Terra és de 5×10^{-5} T.

a) Quina és la seva densitat d'energia magnètica?

b) Suposant que aquest valor és constant per a distàncies petites comparades amb el radi de la Terra ($R_T = 6400$ km) i ignorant les variacions a les regions properes als pols magnètics, quanta energia magnètica hi ha emmagatzemada en un casquet esfèric comprès entre la superfície de la Terra i 16 km per sobre d'aquesta?

21. Un solenoide es dissenya perquè pugui emmagatzemar 0.1 J d'energia magnètica quan hi passa un corrent de 450 mA. Si la seva secció transversal és de 5 cm² i la seva longitud és de 20 cm, quantes espires té?

Solucions als problemes d'inducció electromagnètica

1. a) 2.5 m/s ; b) 1 mA en sentit antihorari ; c) 8×10^{-7} N cap a la dreta ; d) $2 \mu\text{W}$
- 2.
3. a i b) d'esquerra a dreta ; c) de dalt a baix ; d) cap a dins del paper
4. a) 31 mV ; b) antihorari
5. 1 A en sentit horari
6. 6 V ($0 \text{ s} < t < 0.1 \text{ s}$), 0 V ($t \leq 0 \text{ s}$ i $t \geq 0.1 \text{ s}$)
7. b) 275 rad/s
8. $\mathbf{e}(t) = B\pi^2 R^2 v \sin(2\pi n t)$, $i(t) = \mathbf{e}(t)/r_m$
9. a) 3.1×10^{-3} Wb ; b) 2.22 mV
10. a) $[Bl(\mathbf{e} - v\mathbf{l}B)]/R$ cap a la dreta ; b) $\epsilon/(Bl)$; c) 0
11. 2.5×10^{-6} A en sentit horari
12. a) (1) antihorari, (2) horari, (3) no hi ha corrent ; b) antihorari
13. 3.62 mH
14. a) 0.2054 A ; b) 0.706 A
15. $\mu_0 \mu n^2 A l$
16. $\mu_0 \mu N^2 S / (2\pi R)$, μ
17. 0.12 mH
18. $(0.12 \text{ mA}) \exp(-1000t)$
19. a) 50.3×10^{-2} m ; b) $I_i(t) = -(3.3 \times 10^{-6} \text{ s}) dI_e(t)/dt$;
c) Senyal quadrat d'amplitud $1.32 \mu\text{A}$
20. a) $9.95 \times 10^{-4} \text{ J/m}^3$; b) $8.2 \times 10^{15} \text{ J}$
21. 1.8×10^4