

8. Electromagnetisme (2): inducció

Objectius

- Induir corrent movent un imant dins d'una bobina.
- Observar el sentit altern del corrent obtingut.
- Descriure el funcionament de l'alternador i de la dinamo.
- Observar la transmissió d'energia a través de bobines

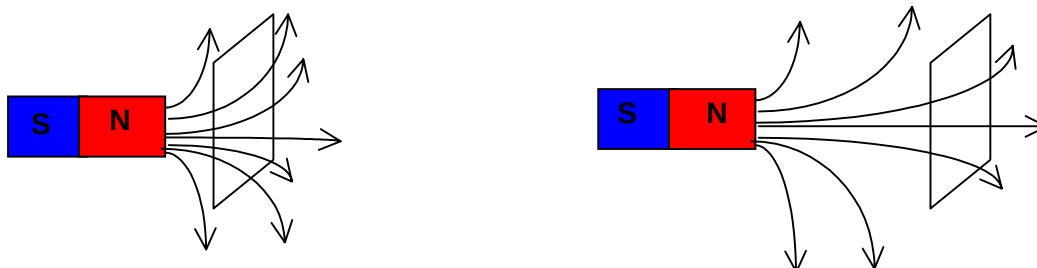
Introducció

Quan circula un corrent per un circuit s'origina un camp magnètic. Ara ens fem la pregunta contrària: Pot un camp magnètic produir un corrent elèctric?

Aquesta pregunta es respon afirmativament només quan el camp magnètic sigui variable o d'una manera més general sempre que hi hagi variació del flux magnètic en el circuit.

El flux es defineix com el nombre de línies de força que travessen una superfície.

El nombre de línies de força que travessen un circuit es pot variar si es modifica la distància o en general la posició relativa entre el camp i el circuit. En el dibuix es pot veure que el nombre de línies interceptades és més gran a (a) que a (b).



Per tant, hi ha tres possibilitats per produir un corrent induït:

- que el camp sigui variable en el temps,
- que el camp sigui constant però que hi hagi un moviment relatiu entre ell i el circuit,
- que variï la superfície del circuit (aquesta tercera no s'utilitza a la pràctica ja que és molt complicat aconseguir-ho).

En general la força electromotriu induïda ε , ve donada per la llei de Faraday.

$$\varepsilon = -N \frac{d\Phi}{dt}$$

on N és el nombre d'espores i Φ el flux.

Material

– Imants rectangulars, 2 imants cilíndrics	– 2 molles de $K=3$ N/m
– 4 imants de neodimi (podeu subjectar-los amb un eix de ferro per tal d'agafar-los millor)	– Connexions
– Mil·liamperímetre o amperímetre de bobina mòbil	– Bombeta de 3V i 100 mA
– 2 bobines de 500 o 2000 voltes	– Pila de 4,5V
– 2 leds de diferent color (vermell i verd)	– Suports i nous
– Model d'alternador-dinamo d'Enosa	– Tub d'alumini o coure de 1 m de longitud i 2 cm de diàmetre

1a experiència: Inducció electromagnètica entre un imant i una bobina

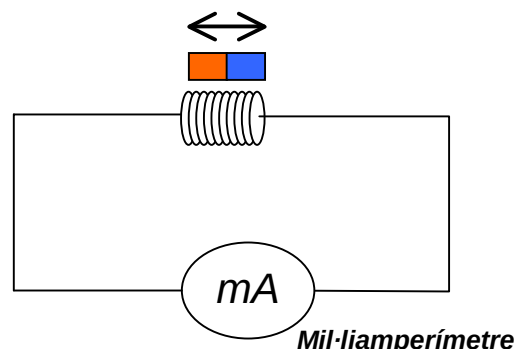
Introducció

Aquesta situació correspon a un camp magnètic constant que varia de posició (acostant-lo i allunyant-lo de la bobina)

Procediment

Muntatge i execució de l'experiència

1. Munta el circuit indicat a la figura. La bobina és de 2000 voltes.
2. Posa un cable molt llarg de la bobina al mil·liamperímetre per tal d'allunyar-te d'ell.
3. Mou reiterativament l'imatge de fora a dins de la bobina i observa l'agulla del mil·liamperímetre.



Observacions qualitatives

Observa l'agulla del mil·liamperímetre, com es mou?

Per fer unes observacions més acurades, connecta els borns del mateix color de la bobina i de l'amperímetre, de manera que la fletxa que porta dibuixada la bobina quedi a la part superior i els connectors cap endavant. En aquestes condicions el bobinat té sentit contrari a les agulles del rellotge a partir del connector roig i l'amperímetre es desviarà cap a la dreta quan el corrent li entri pel connector roig. Observa cap a on es desvia l'amperímetre en:

1. Introduir, amb rapidesa, el pol nord en la bobina.
2. Deixar l'imatge quiet.
3. Treure, amb rapidesa, el pol nord.
4. Introduir, amb rapidesa, el pol sud.
5. Deixar l'imatge quiet.
6. Treure, amb rapidesa, el pol sud.

Té algun efecte la rapidesa amb que es mou l'imatge?

Ara ho pots repetir deixant l'imatge quiet i movent la bobina.

A partir de la desviació de l'amperímetre i del sentit del corrent creat en la bobina digues quin pol s'ha format en la cara de la bobina que mira a l'imatge.

Conclusions

Redacta les condicions necessàries perquè es creï un corrent induït. Descriu el tipus de corrent que s'ha obtingut.

2a experiència: Comprovació amb leds del sentit altern del corrent induït entre un imant i una bobina

Introducció

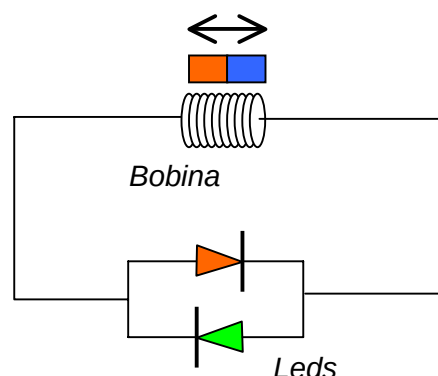
Amb un conjunt de dos leds de diferent color associats en paral·lel i col·locant-los amb polaritats contràries es pot visualitzar el sentit altern del corrent induït.

Un led és un díode emissor de llum. Aquest component actua com a vàlvula i així ho mostra el seu símbol en un circuit. El corrent passa en entrar-hi en el sentit que indica la fletxa, és a dir en estar ben polaritzat, i el corrent es bloqueja en entrar-hi en contra de la fletxa.

Procediment

Muntatge i execució de l'experiència

1. Munta el circuit de la figura. La bobina és de 2000 voltes i els leds són de colors diferents -un vermell i un verd. S'indueix el corrent amb un conjunt de quatre imants de neodimi (subjectes amb un eix de ferro).
2. Introdueix els imants dins la bobina i mou-los ràpidament de fora a dins reiterativament.



Observacions qualitatives

Com s'encenen els leds?

Conclusions

Justifica el perquè s'encenen els leds tal com has observat?

3a experiència: Alternador o dinamo

Introducció

Un alternador és un aparell que té la missió de transformar energia mecànica en energia elèctrica. Quasi tot el corrent que s'utilitza en el nostre entorn és produeix en els alternadors de les centrals elèctriques. Amb el model didàctic d'alternador tindrem una idea del seu funcionament.

El model didàctic es basa a fer girar unes bobines dins d'un camp magnètic uniforme creat per un imants rectangulars.

En aquesta aplicació varia l'angle que formen les espirals amb el camp magnètic produint una variació de flux magnètic que comporta la producció d'un corrent induït.

A la sortida hi ha unes escombretes metàl·liques que freguen damunt un cilindre metàl·lic, i que es poden desplaçar sobre ell. Si estan connectades una a cada extrem s'obté corrent altern. Però si es col·loquen al centre funciona com a dinamo i s'obté corrent continu.

L'alternador pot funcionar de manera reversible, és a dir pot generar energia mecànica a partir d'energia elèctrica, en aquest cas funciona com a motor.

Procediment

Muntatge i execució de l'experiència

1. Connecta els borns de l'alternador amb els borns del mil·liamperímetre.
2. Col·loca les escombretes en els extrems del cilindre (per tal que funcioni com alternador).
3. Fes girar la maneta i observa el mil·liamperímetre.
4. Canvia les escombretes de posició, situant-les al centre del cilindre.
5. Fes girar la maneta i observa el mil·liamperímetre.
6. Connecta, ara, l'alternador, amb les escombretes en qualsevol posició, a una bombeta de 3V i 100 mA.

- Connecta l'alternador a una pila de 4,5 V i observa que gira (pots ajudar-lo amb la ma a començar a moure's)

Observacions qualitatives

- Observa com està constituït l'alternador. Localitza les bobines i els imants que creen un camp magnètic uniforme.
- Amb les escombretes situades com a alternador, observa l'amperímetre i digues si detecta el pas de corrent i com es mou l'agulla. Quin tipus de corrent s'ha generat?
- Amb les escombretes situades com a dinamo, observa l'amperímetre i digues si detecta el pas de corrent i com es mou l'agulla. Quin tipus de corrent s'ha generat?
- En connectar-hi la bombeta de baixa intensitat, què s'observa? Prova-ho posant les escombretes de les dues maneres.
- Connecta una pila a l'alternador i observa què passa. L'alternador ara funciona com un

Conclusions

Per què es crea una fem induïda en fer girar les bobines de l'alternador?

Qüestionari

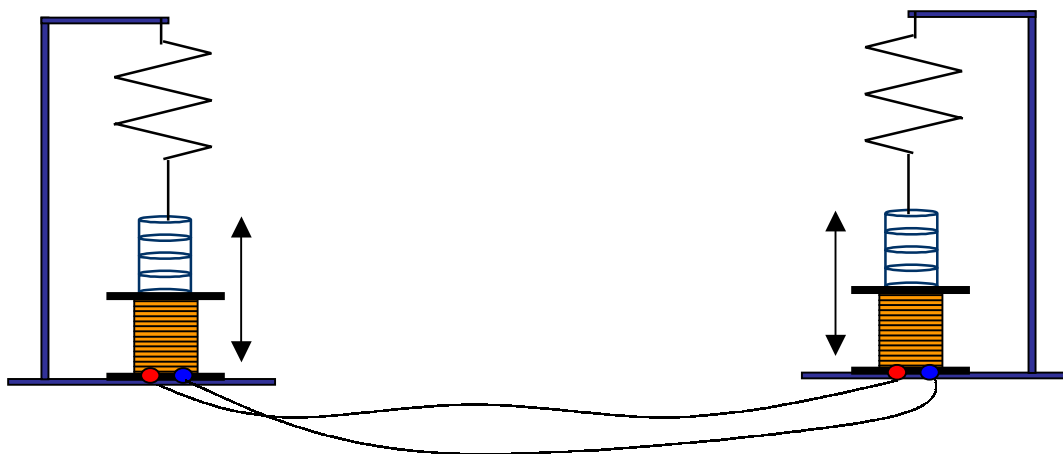
- En quina llei es basa el funcionament de l'alternador?
- En l'alternador, quina influència té la velocitat de rotació?

4a experiència: Transferència d'energia a través de bobines

Procediment

Muntatge i execució de l'experiència.

- Munta dos suports i en cadascun d'ells subjecta-hi una molla.
- A l'extrem lliure de cada molla subjecta-hi, amb un eix de ferro, dos imants llargs cilíndrics o dos conjunts de quatre imants de neodimi.
- Col·loca cadascuna de les molles amb els imants de manera que puguin oscil·lar entrant i sortint d'una bobina (500 voltes).
- Separa força els dos conjunts i connecta les dues bobines amb unes connexions llargues.
- Fes oscil·lar una de les molles.



Observacions qualitatives

En fer oscil·lar una de les molles, observa el que li passa a l'altra.

Conclusions

Redacta l'explicació que creguis convenient per justificar el fenomen que has observat.

5a experiència: Caiguda d'un imant per un tub d'alumini

Introducció

Un imant i un conductor (no ferromagnètic) en repòs no interaccionen, mentre que si estan en moviment relatiu sí, a causa que es creen corrents induïts en el conductor que fan el seu propi camp magnètic. Aquestes forces augmenten amb la velocitat relativa i s'oposen al moviment relatiu.

Això permet comprovar la llei de Lenz: "El fenomen de la inducció electromagnètica és tal que els seus efectes s'oposen sempre a la causa que els origina".

Procediment

Muntatge i execució de l'experiència

1. Pren un tub de plàstic i un altre de coure o d'alumini d'1 m aproximat de llarg i uns 2 cm de diàmetre i un conjunt de quatre imants de neodimi, de secció una mica menor que els tubs.
2. Deixa caure els imants pel tub de plàstic. Posa la mà sota per tal que no colpegin el terra ja que es poden trencar.
3. Deixa caure els imants pel tub d'alumini o coure. Posa la mà sota per tal que no colpegin el terra ja que es poden trencar.

Observacions qualitatives

Com són els temps de caiguda dels imants pel tub de plàstic? I pel tub d'alumini o coure? Algun dels moviments és amb velocitat constant?

Conclusions

Redacta l'explicació que creguis convenient per justificar el fenomen que has observat.

Electromagnetisme (2): inducció

Material per al professorat

Orientacions didàctiques

Temporització

- 1 hora per a l'experimentació i les conclusions

Alumnes als quals s'adreça l'experiència

Alumnes de batxillerat

Orientacions metodològiques

En la primera experiència es proposa posar un cable molt llarg entre l'amperímetre i la bobina a fi de fer-la més espectacular, l'alumnat ha d'entendre que en el fenomen que es produeix no hi ha cap interacció per motius de proximitat.

És convenient fer les observacions de 1a i 3a experiència amb l'oscil·loscopi.

Podeu aprofitar l'experiència de la caiguda d'un imant per un tub d'alumini per comprovar que els mòduls de les forces d'acció i reacció són iguals.

Comprovació de la igualtat dels mòduls de les forces d'acció i reacció

Material:

- tub d'alumini d'1 m de llarg i 2,5 cm de diàmetre
- conjunt de sis imants de neodimi
- dinamòmetre de 2,5 N

Disposar d'una anella per penjar el tub al dinamòmetre i pesar-lo, P_{tub} .

Pesar els imants, P_{imant} (amb un petit clip es poden subjectar).

Pesar el tub mentre els imants cauen a velocitat constant, $P_{\text{tub-imant}}$.

S'observa que $P_{\text{tub-imant}} = P_{\text{tub}} + P_{\text{imant}}$.

Això demostra que la força d'acció (força que exerceix l'imant sobre el tub) és igual a la força de reacció (força que exerceix el tub sobre l'imant).

Orientacions tècniques

Atenció: els imants de neodimi es comencen a desmagnetitzar a 100°C i es trenquen fàcilment amb un cop.

Conclusions

1a experiència: Inducció electromagnètica entre un imant i una bobina

Resultats esperats

S'observa que l'agulla del mil·liamperímetre es mou a les dues bandes del zero.

En les observacions més acurades:

1. En introduir el pol nord en la bobina, es crea en aquesta un nord i el corrent va en sentit contrari a les agulles del rellotge, desviant-se l'amperímetre cap a la dreta.
2. En deixar l'imat quiet, no es desvia.
3. En treure el pol nord, es crea en la bobina un pol sud i el corrent va en sentit de les agulles del rellotge, desviant-se l'amperímetre cap a l'esquerra.
4. En introduir el pol sud, l'amperímetre es desvia cap a l'esquerra.
5. En deixar l'imat quiet, no es desvia.
6. En treure el pol sud, l'amperímetre va cap a la dreta.

Té algun efecte la rapidesa amb que es mou l'imat? Sí, l'amperímetre oscil·la més. Això vol dir que la fem és més gran.

En repetir-ho deixant l'imat quiet i movent la bobina, s'observen el mateixos resultats. Per tant, en produir-se moviment relatiu entre l'imat i la bobina es crea un corrent induït. Aquest corrent és altern ja que pren valors positius i negatius successivament.

2a experiència: Comprovació amb leds del sentit altern del corrent induït entre un imant i una bobina

Resultats esperats

Com que el corrent induït és altern, els leds s'encenen alternativament. En introduir els imants a la bobina s'encén un dels leds i en treure'ls s'encén l'altre. Si es canvia la polaritat dels imants també s'encenen alternativament però ara s'encenen en l'ordre contrari.

En baixar l'imat dins la bobina es genera corrent induït en un determinat sentit. Quan el corrent arriba a la connexió en paral·lel dels leds passa pel que està ben polaritzat i l'encén.

En pujar l'imat dins la bobina es genera corrent induït en el sentit contrari. Quan el corrent arriba a la connexió en paral·lel dels leds passa pel que està ben polaritzat, que és el contrari d'abans, i s'encén. Per això s'observa que s'encenen alternativament.

3a experiència: Alternador o dinamo

Resultats esperats

1. Amb les escombretes situades com a alternador, s'observa que l'amperímetre detecta el pas de corrent i que l'agulla oscil·la als dos costats, per tant, aquest és altern.
2. Amb les escombretes situades com a dinamo, s'observa que l'amperímetre detecta el pas de corrent però que aquest no és altern. Segons la connexió amb l'amperímetre i el sentit de gir de la maneta és un corrent positiu o negatiu.
3. En connectar-hi la bombeta de baixa intensitat, s'observa que s'encén tant si funciona com a alternador com si funciona com a dinamo.
4. Si es connecta una pila a l'alternador aquest funciona en sentit invers, com un motor.

En un alternador, la variació de flux de camp magnètic es produeix modificant l'angle entre el camp inductor i la superfície de les espirals de la bobina de l'induït. Aquesta variació de flux crea una fem induïda.

Respostes al qüestionari

1. **En quina llei es basa el funcionament de l'alternador?**
En la llei de Faraday-Lenz.
2. **En el alternador, quina influència té la velocitat de rotació?**
En girar més ràpid l'alternador el corrent varia més ràpidament.

4a experiència: Transferència d'energia a través de bobines

Resultats esperats

En fer oscil·lar una de les molles l'altra també oscil·la.

En fer oscil·lar una de les molles amb l'imant entrant i sortint de la bobina es crea un flux variable a causa del moviment relatiu entre l'imant i la bobina; aquesta variació de flux magnètic origina un corrent altern a la bobina. Quan aquest corrent arriba a l'altra bobina crea un camp magnètic variable que fa que l'imant sigui atret i repel·lit successivament, i provoca, per tant, una oscil·lació.

5a experiència: Caiguda d'un imant per un tub d'alumini

Resultats esperats

1. El temps de caiguda pel tub d'alumini o coure és molt més curt. El temps de caiguda pel tub de plàstic és igual que el temps que trigaria fora dels tubs.
2. El moviment dels imants dins del tub de coure o d'alumini és amb velocitat constant.

En deixar caure un imant per un tub de coure o d'alumini, de diàmetre una mica més gran que l'imant, s'observa que l'imant cau notablement més a poc a poc que si ho fes fora del tub. Podem considerar el tub com un conjunt d'espines col·locades l'una al costat de l'altra. Quan un imant cau per una espira, l'espira el frena quan s'hi acostava i, quan se n'allunya, l'intenta atreure i segueix frenant-lo.

La força que fa caure l'imant és el seu pes, que és constant. La força de frenada produïda pels corrents induïts inicialment és zero (ja que l'imant surt a velocitat zero) però augmenta amb la velocitat, l'imant, doncs, accelera fins que arriba un moment que les dues forces són d'igual valor però de sentits contraris i l'imant baixa a velocitat constant.