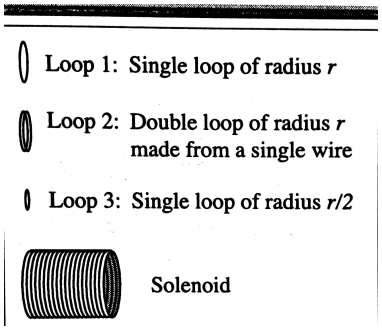
Física por Atividades II - Atividade 12

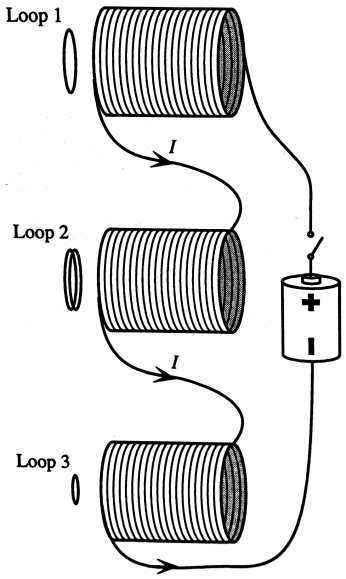
1 Lei de Faraday e aplicações

1.1 Pré-Teste

As três espiras (anéis) mostradas à direita são feitas com fios de mesmo tipo. Cada uma delas é colocada próximo à extremidade de um solenoide muito longo, como mostrado abaixo. Os solenoides são ligados em série a uma bateria. Suponha que o campo magnético nas proximidades do fim do solenoide seja uniforme.



Quando o interruptor é fechado, a corrente através dos solenoides começa a crescer. As perguntas que se seguem se referem a um instante no qual a corrente esteja crescendo.



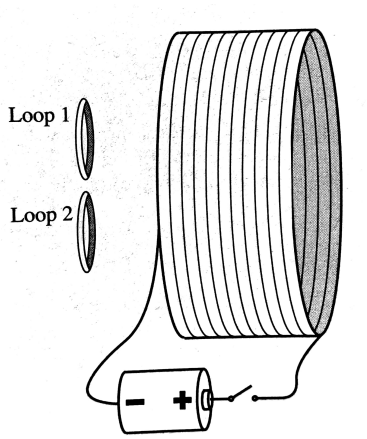
1. ϵ_1 representa a força eletromotriz (*fem*) induzida na espira 1. Determine a força eletromotriz induzida nas outras duas espiras, em função de ϵ_1.

2. R_1 representa a resistência da espira 1. Determine a resistência de cada uma das outras duas espiras, em função de R_1.

3. Determine a corrente que flui através de todas as espiras, em função de ϵ_1 e R_1.

1.2 Lei de Faraday

Duas espiras condutoras de mesmo raio são postas próximas a um solenoide. As duas espiras estão a igual distância da extremidade do solenoide e também a igual distância do eixo do solenoide.



A. A resistência da espira 2 é maior que a resistência da espira 1 - são feitas de materiais distintos.

1. Existe corrente induzida no fio de ambas as espiras:
• antes do interruptor ser fechado? Exponha seu raciocínio.

• imediatamente depois do interruptor ser fechado? Exponha seu raciocínio.

• um longo tempo depois do interruptor ser fechado? Exponha seu raciocínio.

2. Durante o tempo em que houver corrente induzida nas espiras, determine em que direção ela flui.

3. O experimento mostra que a razão entre as correntes induzidas nas duas espiras é igual ao inverso da razão entre suas resistências. O que esta observação implica a respeito da razão entre as forças eletromotrizes induzidas nas duas espiras?

B. Suponha que a espira 2 seja substituída por uma espira de madeira.

• Continuaria a haver uma força eletromotriz induzida na espira?

• Continuaria a haver uma corrente elétrica induzida na espira?

C. Suponha agora que a espira 2 seja removida. Considere o trajeto circular que o fio da espira 2 ocupava anteriormente.

• Continuaria a haver uma força eletromotriz induzida ao longo deste trajeto? Exponha seu raciocínio.

• Continuaria a haver uma corrente elétrica induzida ao longo deste trajeto? Exponha seu raciocínio.

Os resultados dos exercícios acima são consistentes com a ideia de que uma variação do fluxo magnético através da área limitada por uma espira resulta numa força eletromotriz (*fem*) induzida nesta espira. Se houver um condutor ocupando a periferia da espira (um fio metálico, por exemplo), isto resultará no estabelecimento de uma corrente elétrica neste condutor. A existência desta fem é independente do material de que a espira é feita; a da corrente não - ela só existirá se este material for condutor. Os resultados dos experimentos são explicados pela

geração de uma fem induzida que é proporcional à taxa de variação do fluxo magnético através da espira. Esta relação entre fem induzida e taxa de variação do fluxo se chama a *lei de Faraday*. A direção da corrente induzida pode ser inferida usando-se a lei de Lenz.

D. Três espiras, todas feitas do mesmo tipo de fio, são colocadas próximas à extremidade de solenoides idênticos, como mostra a figura abaixo. Os solenoides estão ligados em série. Trate o campo magnético na vizinhança da extremidade do solenoide como uniforme.

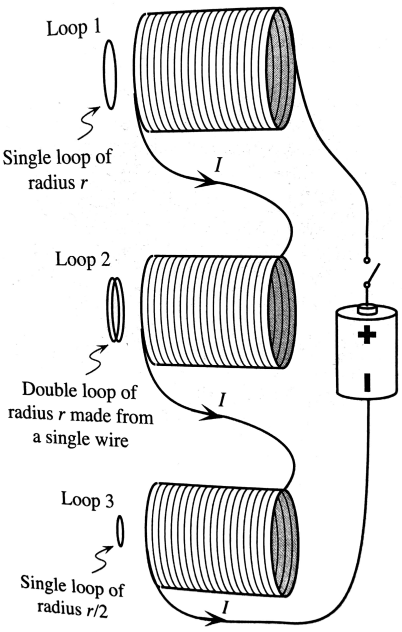
A espira 2 consiste de duas voltas de um único fio, que tem comprimento duas vezes maior que o usado para fazer a espira 1. A espira 3 é feita de um único fio de comprimento duas vezes menor que o usado para fazer a espira 1.

Imediatamente após o interruptor ser fechado, a corrente através da bateria começa a aumentar. As perguntas que se seguem se referem ao intervalo de tempo durante o qual esta corrente está aumentando.

1. ϵ representa a fem induzida na espira 1. Determine a fem induzida nas outras espiras em função de ϵ. Exponha seu raciocínio.

2. R representa a resistência da espira 1. Determine a resistência de cada um das outras espiras em função de R. Exponha seu raciocínio.

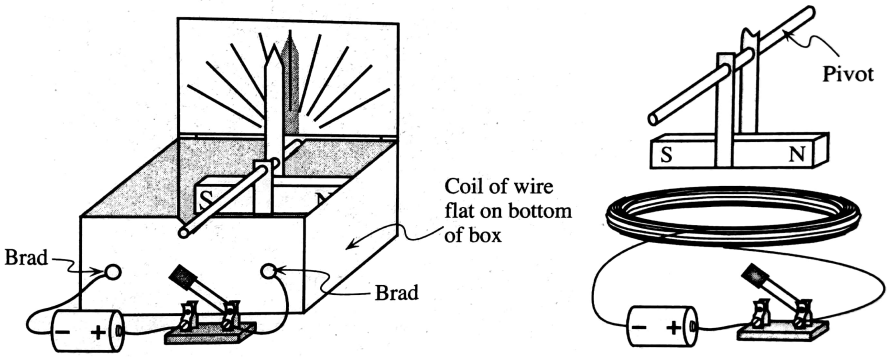
3. Encontre a corrente induzida no fio de cada uma das espiras em função de ϵ e R.



1.3 Aplicações

A. Galvanômetro

Considere um dispositivo como exibido no diagrama abaixo. Ele contém uma bobina feita de várias espiras de fio condutor e um imã suspenso de modo que ele possa girar . O imã está ligado a um ponteiro que se move num plano vertical de modo que uma pequena rotação do imã resulte numa grande deflexão do ponteiro. Quando não há corrente na bobina, o imã permanece na horizontal e o ponteiro na vertical.



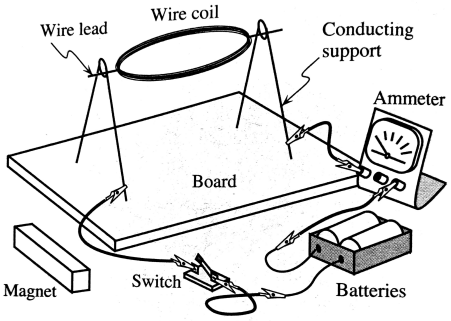
Preveja se haverá ou não deflexão do ponteiro quando o interruptor for fechado e para onde ela será se houver. Exponha o raciocínio que você usou para fazer esta previsão.

Se você tiver acesso a um dispositivo igual ou equivalente a esse, teste se sua previsão se confirma. Em qualquer caso, discuta seu raciocínio com um instrutor.

Este dispositivo se chama um *galvanômetro* e pode ser usado para detectar a passagem de corrente elétrica. Se a escala do galvanômetro for calibrada para medir amperes, o dispositivo é chamado de *amperímetro*.

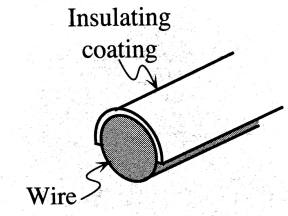
B. Motor elétrico simples

Considere o dispositivo mostrado no esquema ao lado. Ele é constituído de:
• Um imã, baterias, um interruptor, fios de conexão e um amperímetro.
• Uma bobina de fio de cobre. As extremidades das conexões metálicas da bobina foram parcialmente descascadas de modo que metade da circunferência do fio está sem isolamento.
• Dois suportes condutores sobre os quais se apoiam as conexões da bobina.



1. Examine detalhadamente as conexões da bobina - veja esquema ao lado - para identificar que porção do fio foi descascado para expor seu interior metálico.

Quais devem ser as orientações (posições) da bobina para que haja uma corrente elétrica fluindo através dela produzida pelas baterias?



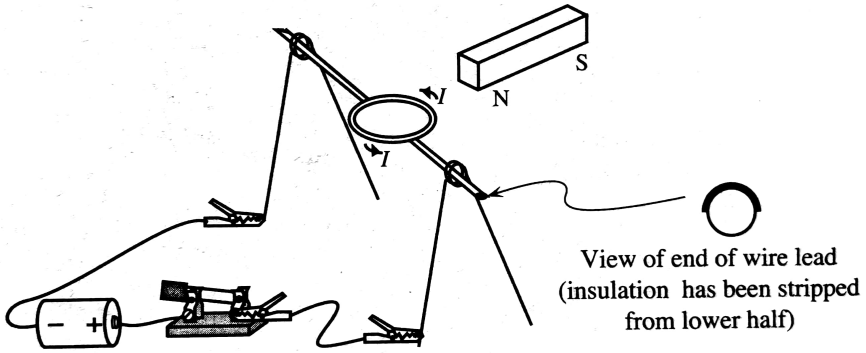
Wire lead half stripped of enamel

Se você tiver acesso a estes materiais, monte o dispositivo mostrado acima e teste se sua resposta está correta. Em qualquer caso, discuta seu raciocínio com um instrutor.

2. Aproxime um polo do imã da bobina. Feche o interruptor. Se a bobina não começar a girar imediatamente, ajuste a posição do imão ou dê uma pequena ajuda para dar início à rotação da bobina.

Use as ideias que desenvolvemos nesta atividade e nas anteriores para explicar o movimento da bobina. As perguntas que se seguem foram escolhidas de modo a servir como um guia para lhe ajudar a desenvolver um correto entendimento a respeito do funcionamento deste motor.

3. Quando a bobina estiver na posição mostrada abaixo há uma corrente I que a atravessa.



a. Iniciamos manualmente a rotação da bobina no sentido dos ponteiros do relógio.

Durante que porções do ciclo completo a bobina e a bateria formarão um circuito fechado, de modo a fazer aparecer uma corrente na fiação da bobina?

Esta corrente resulta em formar um momento magnético na bobina que interage com o campo magnético produzido pelo imã. Esta interação vai *aumentar* ou *diminuir* a velocidade angular da rotação da bobina? Exponha seu raciocínio.

Se você tiver acesso ao dispositivo, teste se suas conclusões se verificam. Em qualquer caso, discuta suas respostas com um instrutor.

4. Considere as perguntas abaixo sobre o motor.

• Porque usamos um fio com isolamento para fazer a bobina? Um fio sem isolamento também funcionaria? Exponha seu raciocínio.

• Será que este motor funcionaria se as conexões com a bobina fossem completamente despidas do isolamento? Exponha seu raciocínio.

5. Preveja qual será o comportamento deste motor se...

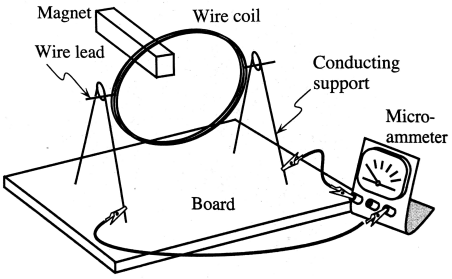
(i) invertermos as conexões com a bobina de lado;

(ii) invertermos a orientação do imã.

Se você tiver acesso ao dispositivo, teste se suas conclusões se verificam. Em qualquer caso, discuta suas respostas com um instrutor.

C. Gerador elétrico

Remova a bateria e o amperímetro do circuito discutido na parte B e insira um microamperímetro, como mostrado ao lado.



1. Suponha que a bobina é posta a girar por um agente externo, que pode ser a sua mão.

Preveja qual deve ser a deflexão da agulha do microamperímetro ao longo de uma rotação completa da bobina.

Como mudaria sua previsão se ...

- ... a bobina fosse posta para girar inicialmente no sentido oposto?
- ... invertêssemos os polos do imã?

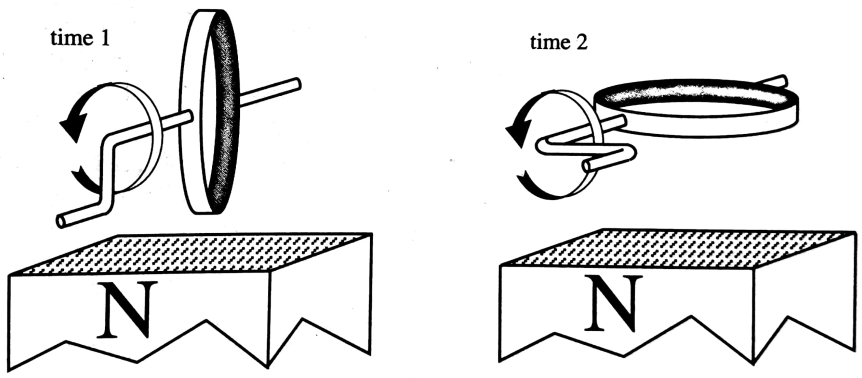
2. Se possível, teste se suas previsões se confirmam pondo suavemente a bobina para rodar de modo que ela gire por algum tempo por si própria antes de parar.

Quando a bobina do dispositivo acima é posta para girar por um agente externo, ele passa a ser chamado de um *gerador elétrico*

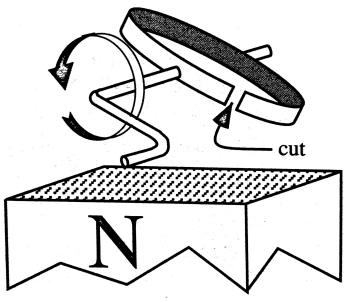
1.4 Exercícios

1. Um aro metálico está ligado a um eixo com uma manivela que pode fazê-lo girar, como mostra a figura abaixo. O polo norte do imã é colocado em baixo do aro e a manivela é acionada de modo que o aro gire no sentido trigonométrico com uma velocidade angular constante ω.

a. Nos dois diagramas abaixo indique o sentido da corrente induzida no aro em cada um dos instantes mostrados. Se a corrente for nula, indique isto explicitamente. Exponha seu raciocínio.



b. Suponha que o aro seja substituído por outro, idêntico ao primeiro exceto por um pequeno corte como mostrado ao lado. O aro é girado como anteriormente.

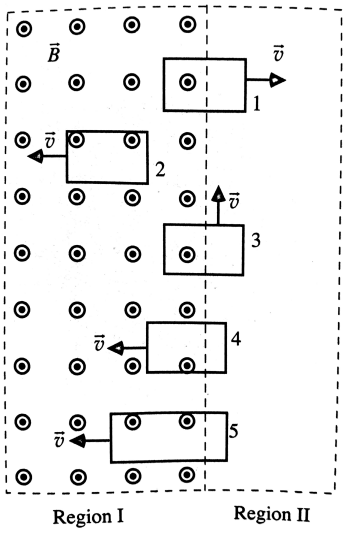


i. Compare o valor máximo da fem induzida no aro *sem* o corte com o seu valor máximo no aro *com* o corte e diga qual deles é maior. Exponha seu raciocínio.

ii. Compare o valor máximo da corrente induzida no aro *sem* o corte com o seu valor máximo no aro *com* o corte e diga qual deles é maior. Exponha seu raciocínio.

2. Constroem-se cinco espiras retangulares usando o mesmo fio de cobre. As espiras de 1 a 4 são idênticas; a espira 5 tem a mesma altura que as outras mas é mais comprida. No instante mostrado, todas as espiras estão se movendo com a mesma rapidez nas direções e sentidos mostrados.

Na região I atua um campo magnético uniforme que aponta para fora da página; na região II não há campo magnético. Suponha desprezível qualquer interação entre as espiras.



a. Determine em quais espiras haverá uma corrente induzida e indique o sentido de seu percurso.

b. Ordene, da maior para a menor, as fems induzidas nas espiras mostradas. Exponha seu raciocínio.

c. Ordene, da maior para a menor, as correntes induzidas nas espiras mostradas. Exponha seu raciocínio.