

## MANUAL PARA A CONSTRUÇÃO DE EXPERIMENTOS SOBRE ELETROMAGNETISMO



[www.if.usp.br/gref](http://www.if.usp.br/gref)

H. R. Monteiro e A. O. Delgado Silva

UFSCar- Sorocaba

Novembro/2018

## PREFÁCIO

Nos últimos anos, temos percebido que os alunos vêm perdendo o estímulo durante as aulas, a que estão assistindo só “de corpo presente”. Para a prova, decoram ou colam, e, às vezes, nem isso, pois sabem que dificilmente irão repetir de ano. Com isso, o professor pode perder o prazer em lecionar, tornando a aula monótona e estressante para os dois lados (do aluno e do professor).

Mas onde fica o ensino? Pois reproduzir teoremas e resolver exercícios na lousa sem a reciprocidade do aluno para suas explicações fica exaustivo. Foi pensando nisso que decidimos contribuir com professores e alunos preparando um guia de experimentação, com experiências de fácil realização e de baixo custo (utilizando inclusive materiais reciclados), que permitam demonstrar a matéria já vista, que ajudem na compreensão e no entendimento da maioria dos alunos e que despertem o interesse pela Física.

Este produto educacional foi desenvolvido com a intenção de motivar principalmente os alunos, e também incentivar o professor de Física a trabalhar mais com experimentos em sala de aula. A proposta aqui apresentada foi aplicada durante 18 semanas em uma escola do interior do Estado de São Paulo. Na etapa inicial desse processo, procuramos *sites* e livros que divulgavam experimentos relacionados ao tema que escolhemos trabalhar: o Eletromagnetismo. Nas primeiras semanas, os alunos escolheram os experimentos que mais lhes interessavam ao longo do semestre; os próprios alunos compraram os materiais relacionados, montaram os experimentos, apresentaram-nos e sanaram suas dúvidas em sala de aula. Por fim, apresentaram esses experimentos em uma Mostra para a comunidade local.

O formato deste Manual contempla as observações, dificuldades e sugestões que surgiram ao longo do processo de aplicação do produto educacional. Trata-se de um conjunto de propostas de experimentos que foram adaptados, testados e aqui descritos, buscando apresentar de forma clara e em linguagem acessível os detalhes do procedimento experimental e os conceitos físicos envolvidos na explicação dos fenômenos.

Afinal, todo professor tem como objetivo ensinar, e, quando unimos a teoria com a prática através de experimentos relacionados à matéria, a aula fica mais agradável, dinâmica e produtiva, pois percebemos que a maior parte das turmas gostam da ação experimental.

Por que escolhemos Eletromagnetismo?

Decidimos escolher esse tema para nossos experimentos por ser matéria obrigatória no terceiro ano do Ensino Médio, sendo que a maioria dos alunos tem como objetivo estudar para o ENEM; também, por se tratar de um assunto difícil de ser compreendido entre os jovens, por ser muito abstrato; e por último, mas não menos importante, por estar presente em todos os equipamentos eletroeletrônicos, como celulares, computadores, rádio e televisão, entre outros.

A compreensão desse tema permite entender, por exemplo, que o fenômeno da indução eletromagnética é um dos mais importantes da Física, porque levou ao processo de produção de energia elétrica em larga escala em usinas geradoras e sua distribuição nos grandes centros consumidores. Além disso, esse fenômeno também se destaca por relacionar fenômenos elétricos e magnéticos que dão origem às ondas eletromagnéticas, cujos fundamentos foram sistematizados nas equações de Maxwell. A geração de corrente elétrica induzida talvez seja um dos fenômenos mais difíceis para os alunos compreenderem, por exigir abstração quanto ao conceito de linhas de indução e fluxo de campo magnético.

São esses conceitos e as leis que regem o eletromagnetismo que tentaremos explicar ao longo dos experimentos apresentados neste Manual.

Bom trabalho e mãos à obra!

*A todos os alunos do Ensino Médio e seus Mestres.  
Em especial, às turmas de 2017 da escola onde lecionei, que  
tornaram possível a realização deste trabalho.*

# SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	7
2.	PROPOSTAS DE ATIVIDADES EXPERIMENTAIS.....	8
2.1	Cabo de guerra eletrostático.....	10
2.2	Gaiola de Faraday.....	11
2.3	Agitador magnético.....	14
2.4	Canhão de Gauss.....	16
2.5	Pêndulo magnético.....	18
2.6	Pião magnético.....	20
2.7	Bobina de Tesla.....	23
2.8	Motor elétrico simples.....	27
2.9	Tubo antigravidade.....	31
2.10	Tubo de indução magnética.....	32
2.11	Martelo magnético.....	34
2.12	Trem Magnético Caseiro.....	37
3.	ESTRATÉGIAS PARA UM BOM DESEMPENHO DIDÁTICO	40
A3	CONTRATO DIDÁTICO-PEDAGÓGICO.....	41

# 1. INTRODUÇÃO

---

Este manual poderá ser utilizado por qualquer professor ou aluno que queira incorporar a experimentação ao estudo da Física. Além disso, o conjunto dos experimentos aqui relacionados pode ser utilizado como “ponto de partida” para a realização de uma Mostra de Eletromagnetismo.

O texto consiste na descrição de experimentos, detalhando os objetivos, conceitos físicos envolvidos, materiais utilizados, roteiro de montagem e custo. Além dos experimentos, o manual apresenta uma proposta de abordagem pedagógica pelo professor, com planejamento, referentes às etapas de pesquisa, desenvolvimento, apresentação prévia e apresentação final dos projetos pelos estudantes. As figuras foram desenhadas em 3D no “AUTO CAD”, buscando facilitar a visualização do arranjo experimental.

O presente material propõe utilizar as atividades experimentais, propiciando também interação social por meio de experimentos desenvolvidos por grupos de alunos e considerando os seguintes aspectos:

- **Viabilidade da montagem** – É imprescindível a verificação do material necessário, seu tempo de utilização na montagem, sua complexidade na demonstração e a possibilidade de êxito completo.
- **Tempo de apresentação** – É necessário estimar e delimitar o tempo para troca de ideias e sugestões durante a demonstração em aula e durante a mostra, já que pode haver inúmeros questionamentos.
- **Preparo do aluno/professor para responder aos questionamentos surgidos** – Os alunos devem entender o experimento proposto e, com ajuda do professor, estabelecer conexões entre a teoria e a prática, respondendo os possíveis questionamentos de forma tranquila.

A principal vantagem da produção dos experimentos pelos alunos, além dos aspectos motivacional e de afirmação relacionados à construção de cada experimento, é que eles saberão como funcionam os dispositivos. Eles participarão desde a obtenção do material, sua montagem, ajustes e correções, até as discussões com os colegas e o professor. Todas essas etapas representam momentos importantes de aprendizagem.

## 2. PROPOSTAS DE ATIVIDADES EXPERIMENTAIS

---

Neste manual, gostaríamos de citar a fonte de cada experimento apresentado; porém, isso não é possível, pois é difícil saber quem é o autor de diversas demonstrações experimentais, dada a imensa quantidade de fontes de divulgação, multiplicadas cada vez mais com o advento da *internet*.

Assim, usaremos como referência principal os *sites* “Feira de ciências” (<http://www.feiradeciencias.com.br/sala13>) e “Manual do mundo” (<http://www.manualdomundo.com.br/>), como também algumas outras referências que constam ao final de cada experimento.

As atividades experimentais serão apresentadas com alguns tópicos, cuja linguagem é simples e direta, para facilitar o entendimento do aluno/professor:

**I. O que se usa**

É a relação do material necessário, sendo que todo o material sugerido pode ser substituído por outro, mais barato ou reciclado. O professor deve verificar previamente o efeito da substituição e, se for o caso, fazer adaptações.

**II. Como se faz**

Orientamos o procedimento experimental, indicando as etapas e os procedimentos para sua montagem.

**III. Como funciona, o que observar**

O que esperamos que o experimento produza, qual é o seu objetivo didático-pedagógico.

**IV. Como se explica**

Procuramos explicar cada atividade de maneira simples, auxiliando na sua transposição para a sala de aula.

**V. O que pode dar errado**

Precisamos atentar ao fato de que equipamentos como pilhas, fios, espiras/solenoides e motores, às vezes, devido à sua montagem ou má utilização, não permitem que o experimento apresente o resultado esperado. Por isso, é necessário que o professor tenha uma boa compressão da teoria e que também forneça respostas ou encaminhamentos a um determinado imprevisto.

Os experimentos estão organizados de acordo com o efeito que pretendem ilustrar. As equações de Maxwell podem ser interpretadas de acordo com o Quadro 1:

Quadro 1 – Equações de Maxwell para o campo eletromagnético, interpretação física e experimentos relacionados neste trabalho.

Grupos	Nome	Equação	Interpretação	Experimentos
I	<i>Lei de Gauss para a Eletricidade</i>	$\vec{\nabla} \cdot \vec{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0}$	O campo elétrico varia com a distância à densidade de carga.	Eletrostática
II	<i>Lei de Gauss para o Magnetismo</i>	$\vec{\nabla} \cdot \vec{B} = 0$	Inexistência de monopolo magnético.	Demonstração da ação do campo magnético sobre um material
III	<i>Lei de Faraday</i>	$\vec{\nabla} \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$	Um campo magnético variável no tempo gera um campo elétrico.	Indução eletromagnética
IV	<i>Lei de Ampere-Maxwell</i>	$\vec{\nabla} \times \vec{B} = \mu_0 \vec{J} + \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}$	Uma corrente elétrica e um campo elétrico variável no tempo geram um campo magnético	Eletroímãs

Fonte: Elaboração do autor.

A seguir, apresentamos as propostas dos experimentos dentre os quais os do Grupo I não foram apresentados pelos alunos, mas pelo professor, por se tratar de experimentos que descrevem a carga elétrica, os devidos processos de eletrização, o campo elétrico e a força elétrica. Tais conteúdos são apresentados como introdução à Eletricidade, de acordo com o currículo oficial do Estado de São Paulo, logo no início do semestre.

## Grupo I – Eletrostática

### *1ª Lei de Maxwell – Lei de Gauss da Eletricidade*

#### 2.1 Cabo de guerra eletrostático

Uma brincadeira de grande aceitação perante a classe adolescente. Ela pode demonstrar os princípios da eletrização (atrito, contato e indução) e a força elétrica ou Lei de Coulomb (Equação 1), onde os objetos se atraem ou se repelem.

$$F = k \cdot \frac{|Q_1| \cdot |Q_2|}{d^2}$$

(Equação1)

A intensidade da força elétrica é diretamente proporcional ao produto dos módulos de cada carga e inversamente proporcional ao quadrado da distância que as separa, sendo  $K$  uma constante eletrostática que é definida em função da constante de permissividade elétrica no vácuo.

#### **Objetivo**

Movimentar a latinha de refrigerante usando a força eletrostática entre as cargas na bexiga e na latinha. Ganha quem conseguir movimentar a latinha para o seu lado, de forma equivalente a um cabo de guerra.

#### **Materiais utilizados**

- Duas bexigas cheias;
- uma latinha de refrigerante vazia.

#### **Explicações**

O princípio básico é que ao atritar a bexiga com o cabelo, esta irá se eletrizar pelo atrito. As cargas presentes na bexiga são capazes de atrair a latinha pela força elétrica descrita pela Lei de Coulomb.

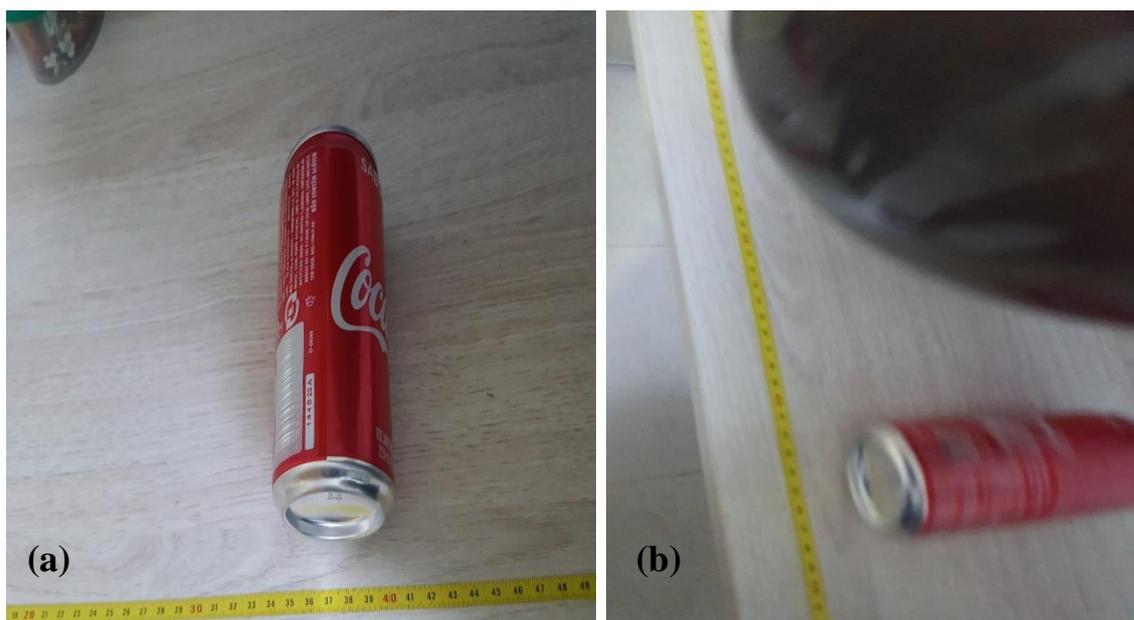
#### **Outras informações**

A brincadeira permite uma abordagem lúdica do tema, atraindo a atenção dos alunos para o conteúdo da aula.

## Montagem e procedimentos

1. Dois participantes ficam em lados opostos da mesa, com uma latinha vazia na posição média entre eles.
2. Cada um atrita vigorosamente a bexiga inflada no cabelo.
3. Ao dar início, cada competidor aproxima sua bexiga da latinha, sem encostar, buscando atraí-la para o seu lado.

Figura 1 - Depois de atritada, a lata (a) sofre atração pela bexiga, devido à força eletrostática que gera movimento na mesma (b).



Fonte: Arquivo do autor.

## 2.2 Gaiola de Faraday

Michael Faraday demonstrou experimentalmente que uma superfície condutora eletrizada possui um campo elétrico nulo em seu interior, dado que as cargas se distribuem de forma homogênea na parte mais externa da superfície condutora.

A gaiola de Faraday é basicamente uma gaiola feita de um material condutor, que impede a entrada de campos eletromagnéticos cujos comprimentos de onda sejam superiores ao tamanho da malha. Isso cria uma

barreira de isolamento para dispositivos elétricos e eletrônicos, de modo que o campo elétrico ou magnético gerado em um dispositivo não causa interferência em outro dispositivo devido a uma blindagem eletrostática.

### **Objetivo**

Demonstrar que as ondas de celular não penetram a blindagem eletrostática.

### **Materiais utilizados**

- Filtro de ar cilíndrico para automóveis;
- papel-alumínio;
- aparelho de telefone celular.

### **Explicações**

No caso de campos eletrostáticos, prevalece a Lei de Gauss, onde o campo elétrico externo à superfície induz uma distribuição de cargas na superfície metálica, devido ao fato de as cargas no metal (considerando o mesmo como um condutor ideal) estarem livres para rearranjarem-se até atingir uma distribuição que produza um campo elétrico com o módulo exatamente igual ao campo elétrico externo que o gerou, mas com sentido contrário. Logo, a soma vetorial dos campos elétricos devido a cada uma das cargas em qualquer ponto dentro da superfície fechada se reduz a zero.

### **Outras informações**

Essa blindagem eletrostática é muito utilizada para a proteção de aparelhos elétricos e eletrônicos contra efeitos perturbadores externos. Os aparelhos de medidas sensíveis estão acondicionados em caixas metálicas, para que as medidas não sofram influências externas. As estruturas metálicas de um avião, de um automóvel e de um prédio constituem blindagens eletrostáticas.

### **Montagem e procedimentos**

1. Dentro do filtro de ar existe uma rede de material ferromagnético (Figura 2) que é bem fácil de se extrair.
2. Enrole essa rede com papel-alumínio.
3. Tampe com papel alumínio (Figura 3).
4. Introduza dentro um aparelho de telefone celular e tente fazer uma chamada para o mesmo.

O resultado é que não haverá conexão entre os telefones celulares, pois o campo eletromagnético interno é nulo.

Figura 2 - Cilindro de material ferromagnético encontrado dentro do filtro de ar para automóveis.



Fonte: Arquivo do autor.

Notamos que ondas de rádio, por terem um grande comprimento de onda, são paradas apenas pelo cilindro ferromagnético sem necessidade de este ser recoberto por papel-alumínio; porém, as ondas eletromagnéticas que se aplicam aos celulares possuem um comprimento de onda extremamente pequeno, passando pela gaiola quando a mesma não está embrulhada em papel-alumínio.

Figura 3 - Cilindro de material ferromagnético com papel-alumínio ao seu redor.



Fonte: Arquivo do autor.

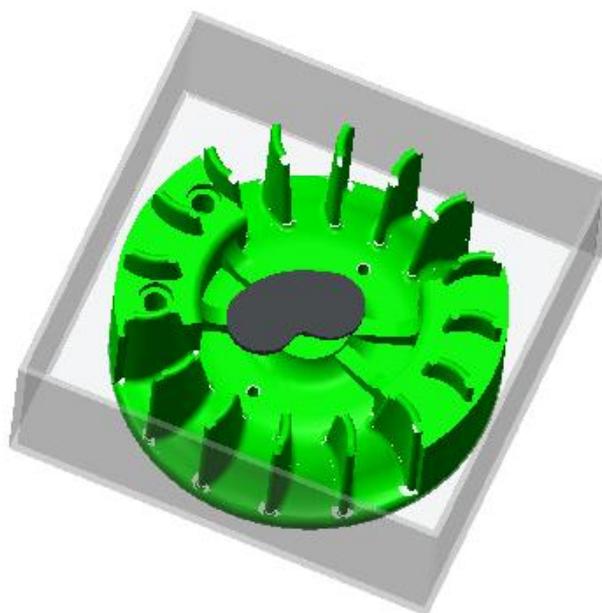
## Grupo II – Demonstração da ação do campo magnético sobre um material

### *2ª Lei de Maxwell – Lei de Gauss do Magnetismo*

#### 2.3 Agitador magnético

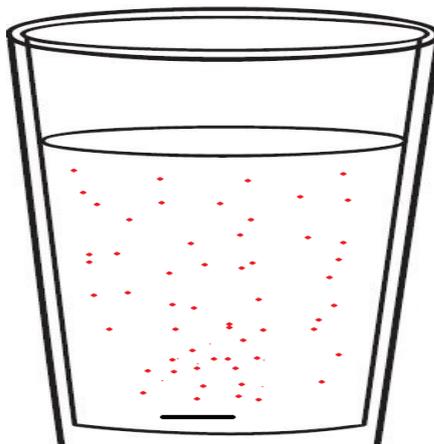
Dispositivo muito usado na Química para mistura de produtos e reagentes, que consiste basicamente em um movimento circular causado por um motor de HD, no qual está acoplado um ímã (Figura 4). O movimento do ímã produz o mesmo movimento em um pedaço de ferro, que se encontra dentro de uma vasilha com água (Figura 5) e outras substâncias. Com isso, o material ferromagnético gera um redemoinho, misturando os produtos. A função da experiência é mostrar a força magnética atuando em um volume considerável de água.

Figura 4 - HD de computador com o ímã ao centro.



Fonte: Projeto do autor.

Figura 5 - Vasilha transparente com água e um pedaço de ferro girando, produzindo a mistura entre reagentes.



Fonte: Projeto do autor.

### Objetivo

Seu funcionamento é idêntico ao de um liquidificador para agitar misturas; porém, no liquidificador, substâncias lubrificantes podem afetar a mistura; neste dispositivo, não há esse risco.

### Materiais utilizados

- HD de computador;
- fonte de computador;
- recipiente com água;
- cola quente;
- arame (ferro).

### Explicações

O princípio básico é que o ímã gira fazendo girar por força magnética o pedaço de arame (ferro), mostrando que a força magnética consegue atuar através do vidro e sobre o volume de água.

### Outras informações

Produto patenteado por Arthur Roinger em 6 de junho de 1944.

### Montagem e procedimentos

1. Retirar o ímã do HD velho.
2. Colocar o ímã no centro do disco do HD.
3. Retirar o braço de leitura do HD.

4. Conectar a fonte no HD através de um clip, envolvendo cada uma de suas pontas nos fios preto e verde e unindo-os com fita isolante.
5. Colocar o vidro com água sobre o HD.
6. Cortar 1 cm de arame (ferro) e colocar dentro do vidro.
7. Ligar o HD.

### Referência

FULFARO, Iberê. **Furacão com HD**: agitador magnético caseiro - 2012. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=UzbJiJ-nW0I> >. Acesso em: 16 de abr. 2017.

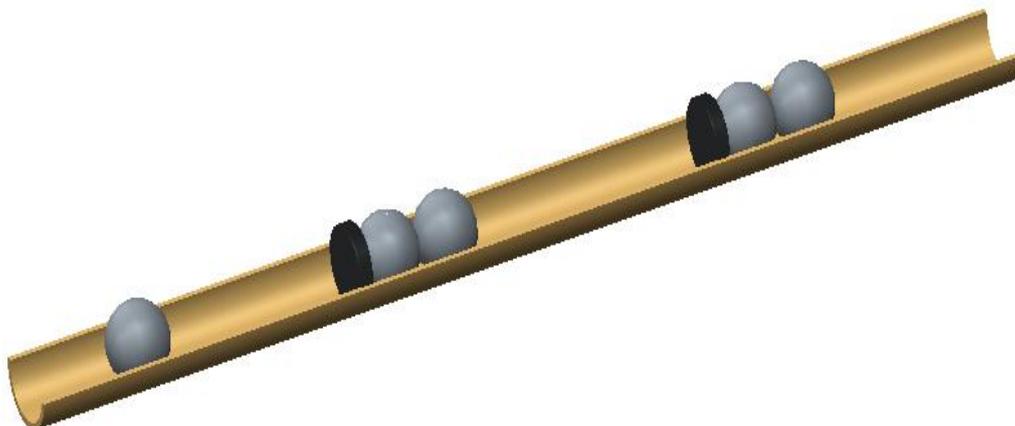
**Custo aproximado: R\$ 50,00.**

## 2.4 Canhão de Gauss

Demonstra a existência de uma força magnética que “empurra e lança” as bolas de ferro, gerando uma quantidade de movimento que é proporcional à quantidade de ímãs e também à distância entre eles.

Ele é composto de um conjunto de ímãs e esferas de ferro capazes de transferir energia cinética ao conjunto (Figura 6).

Figura 6 - Tubo de PVC com os ímãs fixados e as esferas posicionadas.



Fonte: Projeto do autor.

### **Objetivo**

Um canhão de Gauss, ou canhão magnético, é um tipo de acelerador de projétil, que tem o objetivo de aumentar a quantidade de movimento, gerando uma alta velocidade na esfera final lançada.

### **Materiais utilizados**

- Um pedaço de 1 m de cano PVC de 1/2';
- bolinhas de ferro;
- fita adesiva e/ou cola plástica;
- lixa para tubo plástico;
- ímãs de neodímio.

### **Explicações**

A primeira bola é lançada lentamente em direção ao ímã; quando ela se aproxima do campo magnético do primeiro ímã, há uma concentração de forças magnéticas, aumentando sua velocidade. Ao atingir o ímã, transfere certa quantidade de movimento a este e às esferas que estão acopladas em seu campo magnético; nesse instante, a última esfera se desprende e será lançada em direção ao segundo ímã, que terá o mesmo processo, porém, com velocidade maior, gerando uma maior quantidade de movimento e assim sucessivamente até o término da experiência.

### **Outras informações**

Este produto foi desenvolvido e patenteado por Kristian Birkeland em 1904; porém seu nome foi uma homenagem a Carl Fredrich Gauss, que formulou as provas matemáticas do efeito magnético.

Em 1933, Virgil Rigsby desenvolveu um canhão de Gauss, usado para ser uma metralhadora, que era alimentado por um motor elétrico e um gerador.

### **Montagem e procedimentos**

1. Prepare o trilho: corte o cano PVC horizontalmente; lixe as sobras.
2. Fixe os ímãs a uma distância de 30 cm um do outro com fita adesiva ou cola plástica; se a quantidade de ímãs for superior a três, diminua os espaços para 20 cm.
3. Procure uma esfera de rolamento, conhecidas como rolimã, onde teremos várias bolas de ferro em seu interior; basta quebrar e depois limpá-las.
4. Por último, posicione as bolas de ferro próximo aos ímãs (três para cada ímã).

## Referência

FULFARO, Iberê. **Como fazer um canhão magnético**: Canhão de Gauss - 2015. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=vMErygmHlns>>. Acesso em: 15 de maio. 2017.

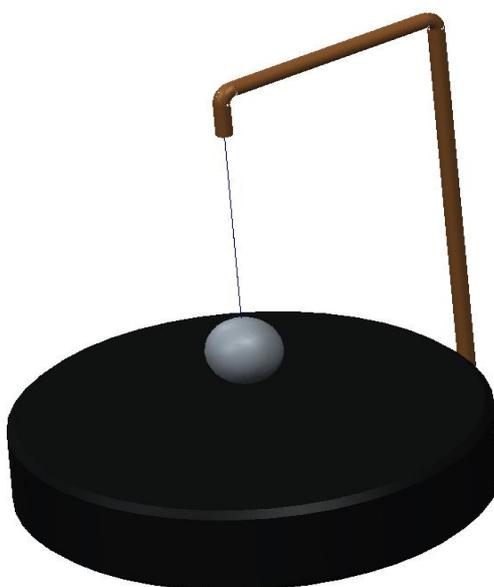
**Custo aproximado: R\$ 80,00.**

## 2.5 Pêndulo magnético

Um pêndulo consiste em um objeto que oscila em torno de um ponto fixo. Ele é muito utilizado nos estudos de movimento e força. O pêndulo magnético é igual: a única diferença é que o objeto que oscila é um ímã e, na base onde fica o ponto fixo, existe outro ímã.

A Figura 7 apresenta um esquema do pêndulo magnético. A massa presa à haste do pêndulo é de material ferromagnético (ímã); quando submetida a um gradiente magnético, o movimento do pêndulo passa a ser caótico<sup>1</sup>. O gradiente magnético é obtido por um arranjo de ímãs na base do suporte do pêndulo.

Figura 7 - Pêndulo magnético.



Fonte: Projeto do autor.

---

<sup>1</sup> Movimento desordenado, confuso.

### Objetivo

Mostrar que ímãs de polaridades iguais se afastam e criam um movimento; quando um está fixo com polaridade norte para cima e outro móvel com a mesma polaridade para baixo, há uma repulsão constante; a forma com que o ímã solto balança depende do tipo do ímã (retangular, circular) e também da posição do ímã grande.

### Explicações

O ímã maior preso na base deve ficar com a mesma polaridade do ímã solto. Faça o teste aproximando os ímãs. Se houver repulsão, está correto. Sabendo que o ímã que está na base possui um campo magnético e que o outro, pendurado, também possui um campo magnético, um não intervém no campo do outro, tendendo a se afastar, mas ao mesmo tempo é puxado pela corda. Nesse leva-e-traz, o ímã pendurado procura um equilíbrio, não conseguindo, tornando-se caótico.

### Materiais utilizados

- Uma placa de madeira ou mdf para a base, com medidas de 60x30x2 cm;
- dois tubos de PVC de  $\frac{1}{2}$ ', sendo de 10 e 20 cm;
- um cotovelo de PVC de  $\frac{1}{2}$ ';
- fio de náilon fino, podendo ser barbante (60 cm);
- cola plástica e lixa;
- uma rolha de vinho ou tampa de caneta "Bic";
- um ímã circular pequeno de ferrita ou neodímio;
- dois ímãs circulares grandes de alto-falante.

### Outras informações

Galileu Galilei realizou muitas experiências envolvendo pêndulos. Em uma delas, verificou que o tempo de oscilação do pêndulo não depende do peso do corpo que está preso na extremidade do fio, ou seja, o tempo é o mesmo tanto para um corpo leve quanto para um corpo pesado.

Essa descoberta fez com que Galileu imaginasse que uma pedra leve e outra pesada, oscilando na extremidade de um fio, gastavam o mesmo tempo para ir da posição mais alta para a posição mais baixa.

### Montagem e procedimentos

1. Faça um furo pequeno na parte de baixo do tubo de 20 cm por onde irá passar o barbante; passe o barbante e amarre com dois ou três nós.
2. Lixe o tubo na parte de cima e cole o cotovelo; por fim, cole também o tubo de 10 cm, perfazendo um L de cabeça para baixo.
3. Depois de passar o fio por toda a extremidade, faça um furo na rolha e fixe o fio.

4. No lado oposto da rolha, ponha o ímã menor, com a mesma polaridade do ímã que está na base.
5. Se for usar uma tampa de caneta, arrebente a parte mais fina; passe o fio e cole o ímã dentro da tampa.
6. Cole o tubo na base e os ímãs grandes de alto-falante também, logo abaixo da vareta.
7. Solte o fio.

## Referências

NETTO, Luiz. **Pêndulos magnéticos** – 1999. Disponível em: [http://www.feiradeciencias.com.br/sala13/13\\_05.asp](http://www.feiradeciencias.com.br/sala13/13_05.asp). Acesso em: 16 de mar. 2017.

ASSAD, Nelson. **Pêndulo magnético: uma experiência simples com ímãs** – 2017. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=YnVW2qddMN4>. Acesso em: 21 de nov. 2017.

**Custo aproximado: R\$ 80,00.**

## 2.6 Pião magnético

Essa experiência demonstra a levitação eletromagnética, ou seja, consiste na criação de equilíbrio magnético imposto a um pião, que por sua vez irá flutuar sobre uma base magnética de ímã (Figura 8).

A levitação magnética tipo Maglev<sup>2</sup> é muito usada por países que têm como meio de transporte o trem-bala, ou trem magnético, no qual a base do vagão não chega a ter contato físico com os trilhos, que basicamente são ímãs. Isso faz com que haja uma levitação magnética para o veículo levantar e se movimentar.

---

<sup>2</sup> É a forma abreviada do termo em inglês magnetic levitation (levitação magnética), onde não existe contato físico com os trilhos; seu peso é totalmente suportado por forças eletromagnéticas (SERWAY, 2018).

Figura 8 - Pião levitando sobre o ímã.



Fonte: Projeto do autor.

### **Objetivo**

Este experimento mostra a força magnética agindo entre os dois conjuntos com ímãs de polaridades inversas; porém, para a levitação, precisamos determinar um ponto de equilíbrio entre eles.

Esse ponto de equilíbrio ou sustentação é que determina o êxito do experimento.

Nosso objetivo é demonstrar a levitação; porém, o seu não acontecimento também caracteriza a existência de uma força magnética atuante e um campo entre os ímãs.

Outro problema na levitação do pião são os efeitos climáticos: não pode haver vento, pois o pião se desequilibra, e também a sala não pode estar muito quente, pois a temperatura alta interfere no campo de repulsão magnética do ímã.

### **Explicações**

### **Materiais utilizados**

- 2 ímãs circulares para a base (podendo ser de alto-falante);
- 1 ímã circular para o pião (menor, encontrado em caixas de som);
- arruelas de cartolina, plásticos ou borrachas (para equilibrar a massa do pião);
- 1 eixo de plástico ou madeira (para apoio, 3 a 5 cm);
- pedaço de acrílico ou vidro retangular e liso;
- niveladores de papel ou madeira (caso houver diferença de altura);
- tábua fina, fórmica ou plástico para construir uma pequena caixa para o ímã da base.

### **Outras informações**

Existem duas principais propriedades que permitem que o pião levite. A primeira é a repulsão magnética, da qual provém a força para a levitação. A segunda são os efeitos giroscópicos devidos à rotação do pião, a qual conta para sua estabilidade. Para isso, a base deve ter o polo norte para cima, e o pião, o polo norte para baixo. O pião deve estar girando, pois com o movimento de rotação ele se mantém estável na base magnética, o que permite sua levitação com 3 a 4 cm de distância da base, sem interrupções. Sua interrupção pode ser causada por alterações na inclinação ou variações de temperatura.

O Levitron foi inventado e patenteado pelo físico americano Roy Harrigan Vermont em 1976.

## Montagem e procedimentos

1. Para a base: pegue a fórmica ou plástico e, no centro, posicione os ímãs maiores, sendo sua polaridade norte<sup>3</sup> direcionada para cima.
2. Para o pião: passar o eixo por dentro do ímã menor, sendo sua polaridade norte para baixo, e acondicioná-lo em arruelas de cartolina e borracha para obter o melhor equilíbrio. A distribuição da massa é essencial para o sucesso do experimento.
3. Para identificar o equilíbrio, tentar girar o pião distante do ímã da base; quanto maior o tempo de rotação, melhor será a distribuição de sua massa.

---

<sup>3</sup> Para determinar a polaridade de um ímã, basta aproximá-lo de uma bússola, pois sabendo que a agulha magnética da bússola sempre aponta para o Norte, ao aproximarmos um polo do ímã da bússola e nada ocorrer na direção da agulha, esse lado apontado é o Sul magnético, e o outro será o Norte magnético. Se não possuir uma bússola, construa uma, utilizando uma rolha de vinho e uma agulha; primeiramente imante a agulha com o ímã e depois fixe a agulha na superfície da rolha com uma fita adesiva; coloque o conjunto (rolha e agulha) em uma vasilha com água; nesse momento, a agulha apontará para o Norte como uma bússola, depois basta aproximar o ímã e posicionar as polaridades. (GONÇALVES, 2016, p. 116.)

4. Coloque o pião sobre o pedaço de acrílico ou vidro liso que estará sobre os ímãs maiores, gire-o e, depois de obtido equilíbrio na rotação, levante lentamente o conjunto acrílico e pião.
5. Retire o prato de apoio e veja o pião flutuar, desafiando as leis da gravidade.
6. O tempo em que o pião permanecerá no ar é indefinido, devido ao equilíbrio do pião e também às condições climáticas.

## **Referências**

- NETTO, Luiz. **Levitação magnética** - 1999. Disponível em: [www.feiradeciencias.com.br/sala13/13\\_04.asp](http://www.feiradeciencias.com.br/sala13/13_04.asp) >. Acesso em: 06 de mar. 2017.
- GONÇALVES, A. F. **Física, Integração e Tecnologia** . Vol. 3. São Paulo: Leya, 2016.
- SEWAY, R. A.; JEWETT.J Jr. **Física para cientistas e engenheiros**. 9. ed. 2018.

**Custo aproximado: R\$ 100,00.**

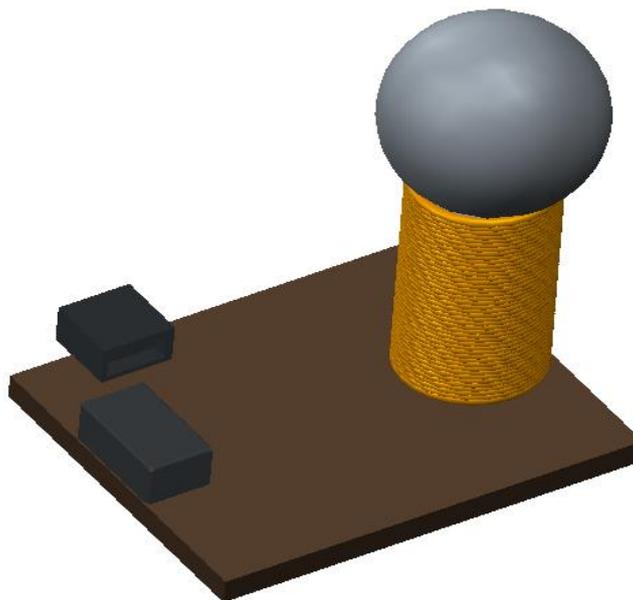
## Grupo III – Experimentos de indução eletromagnética

### *3ª Lei de Maxwell – Lei de Faraday*

#### 2.7 Bobina de Tesla (como fazer uma minibobina)

A Bobina de Tesla (Figura 9) é um experimento de grande aceitação entre a comunidade escolar, pois é fascinante o acender de uma lâmpada sem a utilização de fios conectados.

Figura 9 - Bobina de Tesla.



Fonte: Projeto do autor.

#### **Objetivo**

Construir uma bobina de moldes menores que a construída por Nikola Tesla, para provar que podemos quebrar a rigidez dielétrica do ar e,

#### **Materiais utilizados**

- Transistor 2n2222A;
- resistor 22K;
- bobina1 de cano de PVC, fio esmaltado 26;

com isso, transmitir corrente elétrica sem utilização de fios.

- bobina 2: duas espiras de fio 18 em volta da primeira bobina (30 cm de fio);
- bateria de 9v;
- conector de bateria de 9v;
- chave liga/desliga;
- tubo de PVC, 9 cm de comprimento por 2cm de diâmetro;
- tábua de madeira 10X12 cm;
- bolinha de plástico (de ping-pong), papel-alumínio, cola quente, solda (estanho), ferro de solda.

### **Explicações**

A bobina de Tesla acende a lâmpada fluorescente devido ao fato de a bobina 1 gerar um campo eletromagnético em volta de si, o que transfere elétrons para a lâmpada fluorescente, que possui uma atmosfera de baixa pressão onde existe vapor de mercúrio. Este é um metal condutor, e os elétrons livres que estão contidos no interior da lâmpada são estimulados a se movimentar quando aproximados do campo eletromagnético. Ao ocorrer o movimento desses elétrons, eles se chocam contra as paredes da lâmpada, sendo assim absorvidos pela fina camada de fósforo que forra a parede da lâmpada e liberando fóton, energia em forma de luz.

### **Outras informações**

Em 1899, Nikola Tesla conseguiu transmitir 100 milhões de volts a uma distância de 42 quilômetros e acendeu 200 lâmpadas e um motor elétrico ligados em conjunto.

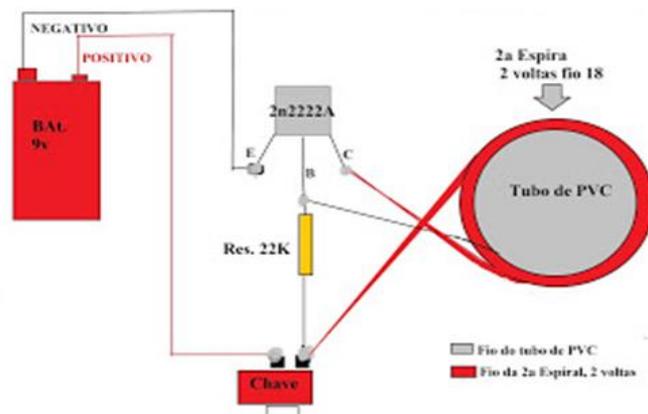
### **Montagem e procedimentos**

1. Para a construção da bobina 1, fazer um furo pequeno no cano de PVC, passar o fio, deixando um pedaço para fora, e começar a enrolar, formando uma espira, sem deixar nenhum espaço; na parte final, dobrar para dentro e colar com cola quente.

2. Colar a bobina 1 na base de madeira.
3. Colar o transistor na base.
4. Colar o fio encapado na base, dando duas voltas sobre a bobina 1.
5. Desencapar a ponta do fio, lixando para soldar.
6. O negativo da bateria será soldado ao emissor do transistor.
7. O fio positivo da bateria será soldado na chave (liga/desliga).
8. Na outra extremidade da chave, será soldado o resistor de 22k ao coletor do transistor.
9. O pedaço que sobrou do fio esmaltado da bobina do tubo de PVC será soldado à base do transistor acima do resistor.

Com as conexões realizadas, chegaremos à montagem desejada. Como auxílio às orientações, segue uma ilustração do esquema geral de montagem (Figura 10).

Figura 10 - Esquema de montagem.



Fonte: [www.feiradeciencias.com.br/sala14/14\\_01.asp](http://www.feiradeciencias.com.br/sala14/14_01.asp).

Para a finalização da montagem, cobriremos uma esfera de plástico com papel-alumínio, raspando o fio esmaltado da extremidade superior do tubo de PVC que ficou sem conexão no circuito e colando com fita adesiva fazendo contato com o papel-alumínio (Figura 11).

Figura 11 - Bobina com 141 voltas com a bolinha de plástico colada na extremidade aberta do circuito.



Fonte: Arquivo do autor.

## Referência

NARDI, Marlon. **Como fazer uma mini bobina de tesla** – 2015. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=uA46GPy0qQ0>>. Acesso em: 20 de abr. 2017.

**Custo aproximado: R\$70,00.**

## 2.8 Motor elétrico simples (pilha e fio de cobre)

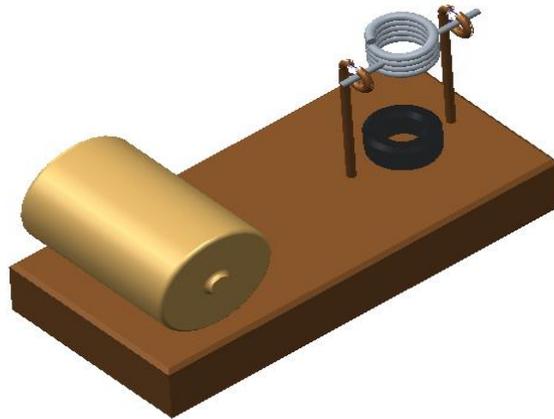
Consiste em demonstrar o movimento de uma espira de cobre utilizando os princípios de Faraday<sup>4</sup>, ou seja, a corrente elétrica que circula na espira induz um campo magnético, transformando esse condutor em um eletroímã. A função principal do motor elétrico (Figura 12) é converter energia elétrica em energia

---

<sup>4</sup> Michael Faraday (1791-1867) conseguiu em 1822 estabelecer a corrente elétrica em um fio condutor que não estava conectado a nenhuma fonte de energia graças ao movimento de um eletroímã dentro de uma bobina: bastava o movimento relativo entre o ímã (campo magnético) e o fio condutor para o surgimento da corrente. Demonstrou, assim, que uma bobina eletrizada é também um ímã. Se colocarmos uma bobina entre dois ímãs fixos, sem tocar neles, ela aponta seu polo norte para o polo sul do ímã e vice-versa. Mas, como os polos da bobina são determinados pelo sentido da corrente que passa pelo fio, quando o invertemos, os polos também se invertem, o que faz com que a bobina se mova novamente. Se essa inversão da corrente for constante, ela não para de girar.

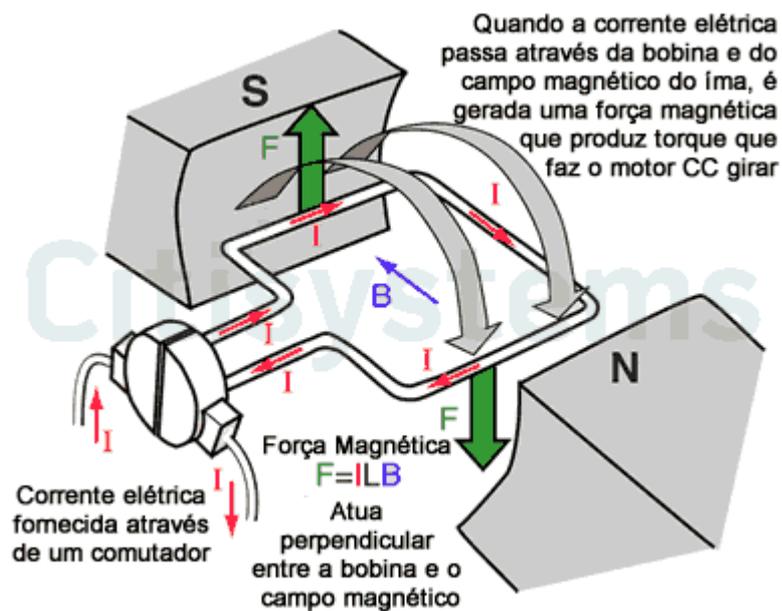
mecânica. Seu funcionamento estabelece a repulsão entre o ímã natural e o não natural (eletroímã).

Figura12 - Motor elétrico simples.



Fonte: Projeto do autor.

Figura 13 - Funcionamento do circuito.



Fonte: citisystems.com.br. Acesso em: 29 de mar. 2017.

### Objetivos

Sistematizar as discussões sobre a relação entre eletricidade e magnetismo por meio de um experimento prático.

### Materiais utilizados

- 1 m de fio esmaltado #20 a #26;
- 2 pedaços de arame 20 cm cada;
- pilha grande de 1,5V;

Sistematizar os conceitos físicos presentes no funcionamento de um motor elétrico.

Discutir a importância do motor elétrico e suas contribuições para o desenvolvimento tecnológico.

### Explicações

A pilha fornece energia elétrica; quando as partes raspadas da espira estão em contato com a haste (mancal), temos assim um circuito elétrico por onde passa uma corrente que, ao percorrer a espira na qual existe um campo magnético associado a essa corrente (conforme o experimento de Ørsted<sup>5</sup>), transforma-a num pequeno ímã (não natural).

O ímã natural interage com o ímã não natural, ocorrendo uma repulsão e a movimentação, desde que os polos estejam alinhados. Esse movimento depende, muitas vezes, de um empurrão inicial.

- ímã de neodímio ou ferrite menor que a pilha;
- lixa e fita adesiva;
- tábua de 10x10x1 cm (madeira ou compensado).

### Outras informações

Faraday encheu com mercúrio duas taças especialmente desenhadas, de modo a ter um fio elétrico saindo do seu fundo. Numa delas, fixou verticalmente uma barra magnetizada. Na outra, deixou frouxo outro magneto. Na primeira taça, quando um fio elétrico pendurado acima dela tocava o mercúrio, fechando o circuito, esta se punha a girar em volta do ímã. Na outra taça, onde o fio estava frouxo, quando ligado à corrente o magneto girava em torno do fio central. Esse foi o primeiro motor elétrico, o autêntico ancestral das máquinas de hoje.

## Montagem e procedimentos

1. Faça uma bobina com o fio esmaltado, efetuando 20 voltas na pilha, deixando um pedaço de cada extremidade do fio.
2. Retire a bobina da pilha e enrole as extremidades na bobina deixando 3 cm de cada extremidade.
3. Monte as hastes (mancais) utilizando o arame para apoiar as extremidades da bobina.
4. Lixe as pontas da bobina, sendo que uma ponta é lixada apenas de um lado, enquanto a outra os dois lados.
5. Anexe as hastes à pilha com uma fita adesiva.

---

<sup>5</sup> Hans Christian Ørsted (1777-1851) não imaginou que com uma singela experiência descobriria um princípio físico fundamental para o funcionamento desse tipo de motor. Ørsted passou uma corrente elétrica, gerada por uma pilha, por um fio condutor e depois aproximou desse fio uma bússola; a agulha, que é um ímã (uma barra magnética), mexeu-se e alinhou-se perpendicularmente ao fio. Para o cientista, o fato só poderia significar uma coisa: em volta do fio havia um campo magnético, que agiu sobre o outro campo, o da agulha.

6. Apoie a bobina nas hastes.
7. Deixe o ímã de neodímio próximo à bobina (logo abaixo).

Um detalhe importante: quando a espira tiver o polo contrário ao do ímã ao qual está presa, a força que existirá será de atração e o movimento da espira será amortecido, podendo até resultar no fim de seu movimento.

Para resolver esse problema e evitar que o motor pare, usamos uma extremidade da espira totalmente raspada, por onde a corrente sempre pode passar, e a outra semirraspada, de forma que a corrente só passará nessa extremidade quando a parte raspada estiver em contato com a haste. Dessa maneira, quando as faces de mesmo polo estiverem voltadas uma para a outra, a espira se movimentará por causa da força magnética de repulsão entre os ímãs.

## Referências

FULFARO, Ibêre. **Como fazer um motor elétrico com um ímã** - 2014. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=3nbDBCg6thM>>. Acesso em: 20 de abr. 2017.

HEYMANN, Gisela. O motor elétrico. **Revista Superinteressante**, São Paulo, Editora Abril, volume 366- out 2016. Disponível em: <<https://super.abril.com.br/ciencia/o-motor-eletrico/>>. Acesso em: 17 de mar. 2017.

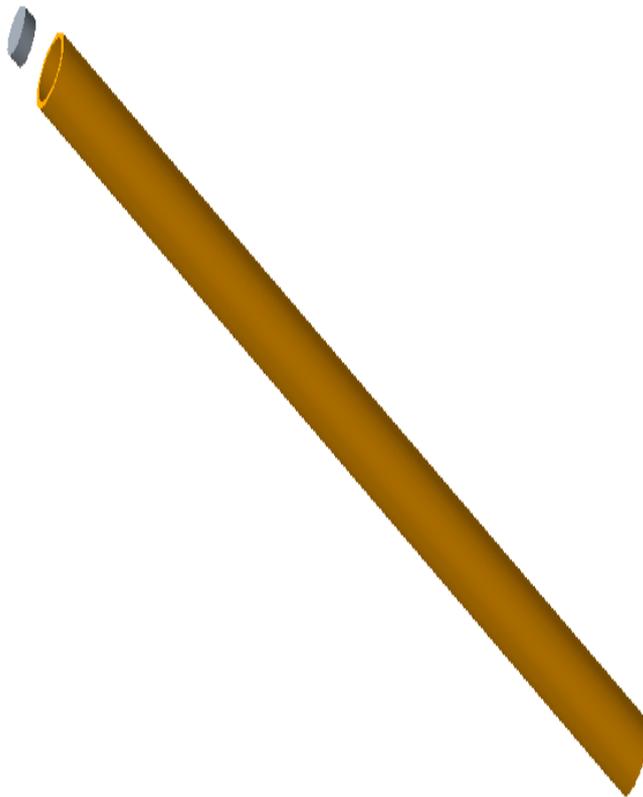
PERUZZO, Jucimar. **Experimentos da Física básica** - Eletromagnetismo, pp.198-204.

**Custo aproximado: R\$ 50,00.**

## 2.9 Tubo antigravidade (freio magnético)

Demonstraremos nessa experiência que, ao soltarmos um ímã dentro de um tubo de cobre (Figura 14), que não é material ferromagnético, ele tende a um tempo maior em queda livre, sofrendo uma frenagem. Porém, ao fazermos o mesmo teste em um tubo PVC, o ímã leva um tempo muito menor para percorrer a mesma distância.

Figura 14 - Tubo de PVC e de cobre com 1 m de comprimento.



Fonte: Projeto do autor.

### **Objetivo**

Demonstrar que existe diferença no tempo de queda livre ao soltarmos no mesmo instante um ímã dentro de um cano PVC e outro dentro de um cano de cobre, sabendo que ambos os materiais não são atraídos pelo ímã; portanto, não há possibilidade de o ímã ficar “grudado” internamente no cano de cobre.

### **Materiais utilizados**

- Um tubo PVC de 1' e 1 m de largura;
- um tubo de cobre de 1' e 1 m de largura;
- dois ímãs de neodímio cilíndricos de 12,7 mm ou menor,
- fita isolante.

### **Explicações**

O tempo de queda é diferente porque o ímã possui um campo magnético que, ao entrar em contato com o cano de cobre, gera uma corrente elétrica devida ao movimento desse campo magnético. Essa interação entre o campo magnético em movimento e a corrente elétrica faz com que o ímã diminua a velocidade de queda. Isso só ocorre em movimento, pois só em movimento o campo magnético gera corrente elétrica (Lei de Faraday). No tubo de PVC, esse efeito não ocorre.

### **Outras informações**

A conclusão de Faraday é que a variação do fluxo magnético que atravessa o circuito produz uma tensão elétrica, que dá origem à corrente. Na verdade, a própria ideia de fluxo é devida em grande parte a Faraday, que imaginava linhas de campo emanando de cargas elétricas e de magnetos para visualizar os campos elétrico e magnético, respectivamente.

### **Montagem e procedimentos**

1. Primeiramente, una os dois tubos PVC e cobre, lado a lado, com a fita isolante; passe a fita em três lugares distintos para não haver separação;
2. Coloque os ímãs ao mesmo tempo.
3. Marque o tempo com ajuda de um amigo.
4. Faça a experiência sobre algo macio, pois, se os ímãs vierem a cair no chão de uma altura razoável, tenderão a quebrar-se.

### **Referência**

FULFARO, Iberê. **O tubo antigravidade** – 2013. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=p1oV6sVpo4>. Acesso em: 22 de mai. 2017.

**Custo aproximado: R\$ 80,00.**

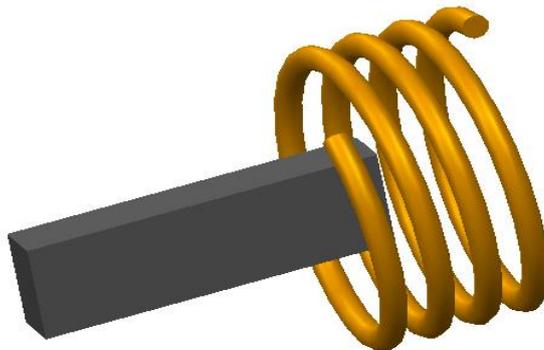
## 2.10 Tubo de indução magnética

Essa experiência demonstra que um ímã em movimento dentro de uma espira circular gera corrente elétrica, determinando o princípio de Faraday-Neymann- Lenz, popularmente conhecido como Lei de indução de Faraday.

Esse experimento compõe-se de um tubo de PVC de 1,5 m apoiado longitudinalmente, que serve de base para uma bobina de cobre construída com 50 voltas. A espira está conectada a dois LEDs (vermelho e verde), que servirão como indicadores de corrente.

Faz-se um ímã cair dentro do tubo e, conseqüentemente, por dentro das espiras (Figura 15); com isso, o movimento relativo do ímã em relação às bobinas gera uma corrente induzida, que faz acender os LEDs.

Figura15 - Movimentação de um ímã dentro de um tubo de cobre ou solenoide.



Fonte: Projeto do autor.

### Objetivo

Destacar o fenômeno da indução eletromagnética, acendendo os LEDs que estão afixados junto à bobina, na base inferior do tubo.

### Materiais utilizados

- Tubo de PVC de ½" e 1,5 m de comprimento;
- um carretel de fio de cobre esmaltado #22 AWG;
- lâmpadas de LED (vermelha e verde);
- um ímã de neodímio menor que 1/2".

### Explicações

Para se ter êxito nesta experiência, devemos aumentar a corrente elétrica, e isso pode ser feito de três maneiras: aumentando o diâmetro do fio ou diminuindo o comprimento do fio, ou ainda trocando o ímã, por outro com campo magnético maior.

Pelas nossas conclusões, a situação mais coerente é diminuir o comprimento do fio. Esta experiência se realizará com um fio #22 de diâmetro 0,64 mm, enrolado por 2 metros (50 voltas).

### Outras informações

De acordo com a teoria, para acender ou simplesmente piscar uma lâmpada de LED vermelha ou verde, precisamos ter uma corrente elétrica entre 10mA e 15mA.

Fonte: Manual Osram.pdf.

### Montagem e procedimentos

1. Com o fio de cobre, comece a dar voltas, uma ao lado da outra, em uma das pontas do tubo, deixando dois pedaços do fio para fixar a lâmpada de LED.
2. Depois de 50 voltas, fixe as pontas na lâmpada vermelha de LED.
3. Solte o ímã no lado oposto e espere piscar o LED.

As lâmpadas de LED somente acenderão se adotarmos um fio #22 (de 0,64mm) ou maior e forem dadas até 50 voltas no cano de PVC, pois um número maior de voltas aumentaria a resistência elétrica, diminuindo a corrente.

### Referências

GASPAR, Alberto **Física. Volume Único**. São Paulo: Ática, 2009.

PERUZZO, Jucimar. **Experimentos da Física básica – Eletromagnetismo**, p. 209.

NETTO, Luiz. **Tubo de Indução: Lei de Faraday-1999**. Disponível em: [www.feiradeciencias.com.br/sala13/13\\_41.asp](http://www.feiradeciencias.com.br/sala13/13_41.asp). Acesso em: 18 de jul. de 2017.

**Custo aproximado: R\$ 70,00.**

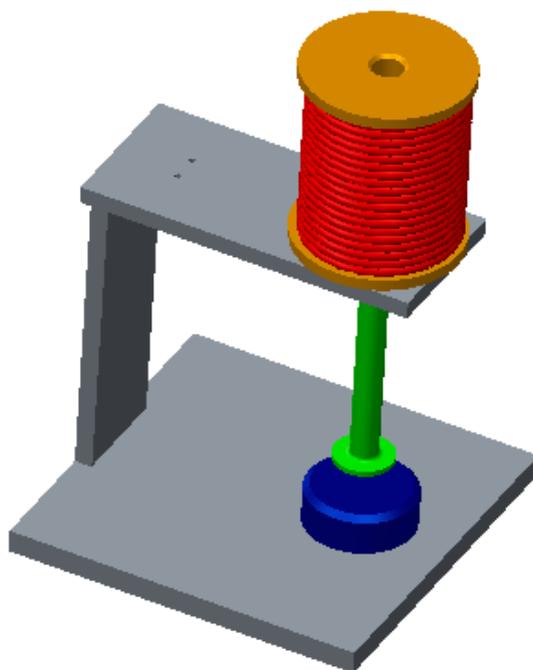
## Grupo IV – Experimentos com eletroímãs

### *4ª Lei de Maxwell – Lei de Ampère-Maxwell*

#### 2.11 Martelo eletromagnético

O martelo eletromagnético (Figura 16) é utilizado geralmente em indústrias com o intuito de pregar tachinhas com precisão e sem a utilização imediata do homem, ou seja, a eletricidade pode realizar um trabalho mecânico, gerando um campo magnético, com isso atraindo a haste para cima e depois a soltando por gravidade. A alimentação do aparelho é feita por 8 pilhas que geram 12volts.

Figura 16 - Martelo eletromagnético.



Fonte: Projeto do autor.

### **Objetivo**

Mostrar as propriedades do campo magnético, demonstrando a Quarta Lei de Maxwell, onde se determina que um campo elétrico variável no tempo induz um campo magnético

### **Materiais utilizados**

- Tubo de cobre ou alumínio de 6 mm de diâmetro interno e 12 cm de comprimento;
- 3,5 m de fio de cobre esmaltado #22 ou 20;
- um sarrafo de madeira de 9x5x2 cm;
- um sarrafo de madeira de 12x5x2 cm;
- base de madeira (15x15x1,5 cm);
- bloco de madeira (5x5x5 cm);
- vareta de ferro (5 mm de diâmetro externo e 12 cm de comprimento);
- tachinhas;
- fonte de alimentação: 8 pilhas de 1,5 volt.

### **Explicações**

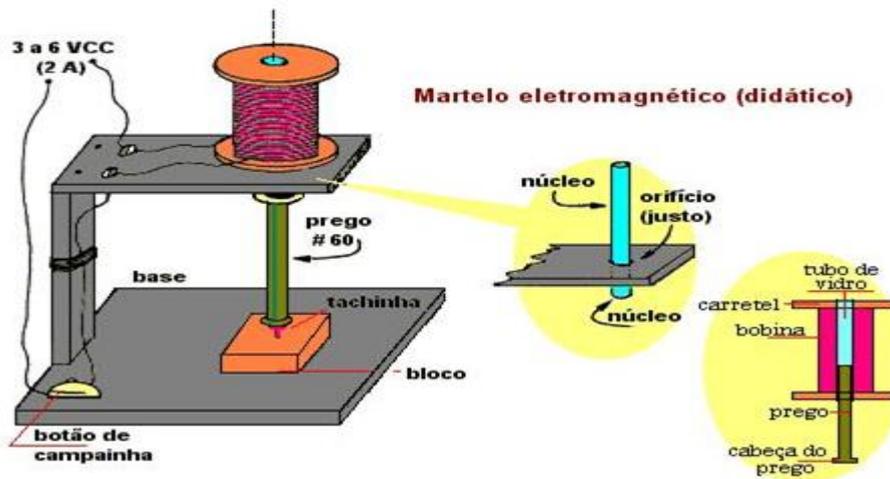
Ao pressionar o botão interruptor do tipo campainha (Figura 17), será estabelecida uma corrente elétrica que percorrerá a bobina de cerca de 120 espiras, a qual irá induzir um campo magnético, atraindo o prego ou a vareta de ferro para cima.

Ao soltar o botão, a corrente para de circular sobre a bobina e o prego, e a vareta de ferro cai por ação da gravidade, batendo contra a tachinha e o bloco de madeira.

### **Outras informações**

Não existem muitas outras aplicações do martelo eletromagnético, somente que é utilizado em indústrias com o intuito de diminuição da mão-de-obra humana.

Figura 17 - Montagem do martelo eletromagnético.



Fonte: [www.feiradeciencias.com.br/sala13](http://www.feiradeciencias.com.br/sala13) .Acesso em: 12 de mar. 2017.

## Montagem e procedimentos

1. Primeiramente, é necessário fazer um solenoide ou bobina (enrolando um fio condutor na forma de hélice cilíndrica, com fios de cobre esmaltado, sobre um tubo). Dê aproximadamente 120 voltas.

Quando uma corrente elétrica é estabelecida na bobina do eletroímã, cria-se um campo magnético capaz de atrair outros materiais ferromagnéticos. A bobina será o princípio do martelo; quanto mais voltas (espiras) ela tiver, mais potente será o eletroímã.

2. Em seguida, introduzida um cilindro ferromagnético no tubo, o qual será atraído pelo eletroímã.
3. Fixe uma tachinha num pedaço de madeira logo abaixo do cilindro ferromagnético; com isso, na volta, o cilindro estaca a tachinha.
4. Ligue um dos fios do solenoide na fonte de energia elétrica (8 pilhas AA de 1,5 volts cada) e o outro numa chave liga/desliga.

O circuito funciona de tal forma que, quando alguém pressionar o botão da chave, o circuito é fechado e uma corrente elétrica é estabelecida em seu interior. Com isso, o eletroímã é carregado e gera um campo magnético, atraindo assim o cilindro ou prego (isso ocorre porque o eletroímã passa a se comportar

como um ímã). Depois que isso ocorre, a corrente elétrica no sistema é cessada, e o cilindro volta para a sua posição de origem. Sempre que a chave é acionada, apertando-se seu botão, esse processo se repete.

## Referência

NETTO, Luiz. **Martelo eletromagnético** - 2006. Disponível em: <[www.feiradeciencias.com.br/sala13/13\\_29.asp](http://www.feiradeciencias.com.br/sala13/13_29.asp)>. Acesso em: 12 de mar. 2017.

**Custo aproximado: R\$ 120,00.**

## 2.12 Trem magnético caseiro

Nessa experiência, uma pilha AAA, com ajuda de quatro ímãs de neodímio, desenvolve movimento ao ser introduzida dentro de uma bobina de estanho.

O trem magnético caseiro (Figura 18) cria um movimento constante dentro do circuito, havendo a impressão de estarem flutuando. Este experimento é o princípio do “Maglev”, sendo propulsionado pelas forças de atração e repulsão do magnetismo através do uso de supercondutores<sup>6</sup>.

Figura 18 - Trem magnético caseiro.



Fonte: Projeto do autor.

---

<sup>6</sup> Materiais que possuem como característica conduzir corrente elétrica, sem resistência elétrica, quando resfriados a temperaturas extremamente baixas. Fonte: [www.wikipédia.com.br](http://www.wikipédia.com.br). Acesso em 22 de abr. 2017.

### **Objetivo**

Iremos demonstrar o funcionamento de um experimento que flutua e se movimenta através da força magnética

### **Materiais utilizados**

- Uma pilha AAA alcalina;
- quatro ímãs de neodímio N42 Ø 12,7 mm;
- um rolo de estanho de 1 mm de espessura;
- cilindro para modelar o estanho, um pouco maior que os ímãs.

### **Explicações**

O experimento funciona pois os ímãs de neodímio, “grudados” à pilha em suas devidas posições NS e SN, e em contato com o condutor de estanho, fecham o circuito, criando-se uma corrente elétrica que fica confinada ao pequeno trecho do enrolamento que envolve a pilha e os ímãs.

O conjunto (pilha e ímãs) passa a sofrer uma força magnética no mesmo sentido (Figura 19) e se moverá. Quando a pilha é arrastada, a distribuição espacial da corrente no enrolamento acompanha a pilha, garantindo que a força magnética continue a existir sobre ela.

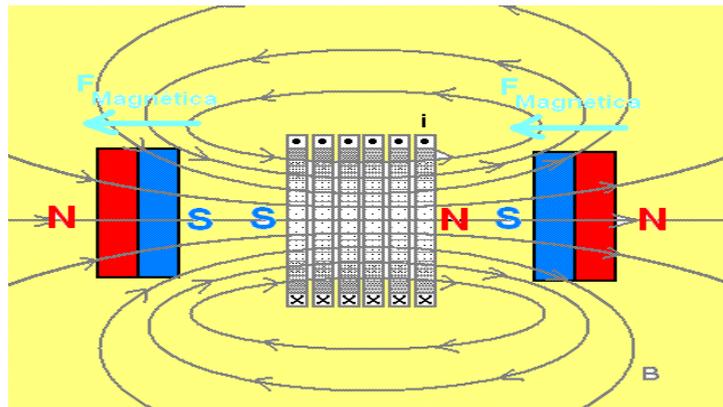
A conservação de energia obviamente não é violada, pois a energia eletroquímica da pilha diminuirá enquanto o “trem” ganha energia mecânica ou simplesmente trabalha contra as forças de resistência. Este dispositivo nada mais é do que um motor elétrico de translação.

Ele funciona porque apenas uma pequena parte do enrolamento é alimentado com corrente, exatamente a parte que interessa para manter a força magnética.

### **Outras informações**

Este experimento reproduz o trem de levitação magnética que tem como princípio a suspensão do veículo usando forças magnéticas, fazendo com que haja diminuição de atrito e uma alta performance em sua velocidade. Foi idealizado e patenteado por Alfred Zehden em 1902; porém, hoje é usado por trens do Japão, EUA, Inglaterra e outros países.

Figura 19 - Posição dos ímãs e sentido da força magnética.



Fonte: <https://www.if.ufrgs.br>. Acesso em 22 de maio. 2017.

### Montagem e procedimentos

1. Para a realização do experimento, é necessário modelar o estanho em um formato helicoidal, como uma bobina, onde todas as voltas tem de estar o mais próximo possível uma da outra; para isso, use um cilindro que tenha diâmetro um pouco maior que o ímã.
2. Defina a polaridade dos ímãs utilizando uma bússola (visto em <sup>1</sup>); logo em seguida, pinte o polo norte dos 4 ímãs de vermelho.
3. Conecte os ímãs na parte positiva e negativa da pilha, como na Figura 19, lembrando que os ímãs devem ter um diâmetro um pouco maior que o da pilha.
4. Após a preparação, colocar o conjunto (pilha e ímãs) dentro do formato modelado do estanho e dar um primeiro impulso para geração do movimento.

### Referências

- FULFARO, Iberê. **Trem magnético caseiro**. 2017. Disponível em: < <https://www.youtube.com/watch?v=eTjrWF8sOHw> >. Acesso em: 15 de mar. 2017.
- NARDI, Marlon. Como fazer o experimento do trem eletromagnético. 2017. Disponível em: < <https://www.youtube.com/watch?v=bzCQjNMvkTg> >. Acesso em: 15 de mar. 2017.
- SILVEIRA, Fernando. O trem elétrico com ímãs dentro de um enrolamento de cobre. 2014. Disponível em: < <https://www.if.ufrgs.br/novocref/?contact-pergunta=duvida-sobre-o-trem-eletrico-com-imas-dentro-de-um-enrolamento-de-cobre> >. Acesso em: 12 de mar. 2017.

**Custo aproximado: R\$ 120,00.**

### **3. ESTRATÉGIAS PARA UM BOM DESEMPENHO DIDÁTICO**

---

Dentro da nossa proposta pedagógica, procuramos atender o educando como um todo, fazendo-o o centro de todas as atividades, respeitando principalmente suas fases de desenvolvimento e incentivando a formação de hábitos sadios de estudo, pesquisa, organização de trabalho, leitura e raciocínio lógico.

Nesse contexto, o planejamento adequado das atividades constitui-se como etapa fundamental das práxis pedagógicas. Seja como um modo de pensar, um processo ou como instrumento de construção coletiva e participativa, o planejamento consiste, sem dúvida, num verdadeiro desafio ao professor.

Por isso, sugerimos ao professor a adoção de um contrato didático-pedagógico (A3) compreendendo 18 semanas para o desenvolvimento de uma sequência de atividades que irá culminar na realização de uma Mostra de Ciências com o tema Eletromagnetismo.

A tabela seguinte apresenta o detalhamento das atividades que são sugeridas para o melhor desenvolvimento desse produto e aproveitamento do tempo em sala de aula e fora dela, conforme o trabalho que realizamos em uma escola estadual do interior de São Paulo em 2017.

Cabe ressaltar que, na ocasião em que foi realizada esta proposta, os alunos mostraram-se extremamente motivados nas etapas de elaboração, execução e apresentação dos experimentos. Além disso, o desempenho dos estudantes em uma avaliação ao final do semestre superou a média do ano anterior, demonstrando que a metodologia aplicada contribuiu para um melhor aproveitamento acadêmico pelos estudantes, além de motivá-los a estudar Física e ter maior interesse nessa disciplina.

### APÊNDICE 3 (A3): CONTRATO DIDÁTICO-PEDAGÓGICO

<b>Semana</b>	<b>Aulas</b>	<b>Programação</b>	<b>Em casa</b>	<b>Em sala</b>
1 <sup>a</sup>		Indicação de sites e levantamento de referências.	X	
2 <sup>a</sup>	2	Pesquisa entre os alunos sobre assuntos desejados.	X	X
3 <sup>a</sup>	1	Entrega das propostas ao professor.		X
4 <sup>a</sup>	2	Desenvolvimento dos projetos.	X	X
5 <sup>a</sup>	1	Entrega de trabalho escrito sobre o assunto escolhido.		X
6 <sup>a</sup>	4	Discussão dos temas e das dificuldades.	X	X
7 <sup>a</sup>		Procura e aquisição de materiais.	X	
8 <sup>a</sup>		Montagem das experiências.	X	
9 <sup>a</sup>		Montagem das experiências.	X	
10 <sup>a</sup>	2	Apresentação em sala (20 minutos/grupo).		X
11 <sup>a</sup>	2	Apresentação em sala (20 minutos/grupo).		X
12 <sup>a</sup>	2	Apresentação em sala (20 minutos/grupo).		X
13 <sup>a</sup>	2	Apresentação em sala (20 minutos/grupo).		X
14 <sup>a</sup>	2	Elaboração do convite à comunidade para participação na Mostra.	X	X
15 <sup>a</sup>	2	Verificação preventiva das tomadas elétricas, das extensões e de onde será realizada a Mostra.		X
16 <sup>a</sup>	4	Realização da Mostra como um evento ao público.		X
17 <sup>a</sup>	2	Atividade avaliativa.		X
18 <sup>a</sup>	1	Devolutiva da avaliação.		X