

# Física sem Matemática



**Desenvolvendo conceitos da  
Física no Ensino Fundamental  
com experimentos concretos**

**Marconi Henrique Xavier da Costa**

# Física sem Matemática

Desenvolvendo conceitos da  
Física no Ensino Fundamental  
com experimentos concretos

Marconi Henrique Xavier da Costa

Imagens

**Alysson Vicente**

Diagramação

**Caique Brilhante  
Dâmaris Resende**

Capa

**Dâmaris Resende**

2016



**A Raul.**



## SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	07
CAPÍTULO 1 – MECÂNICA .....	09
Experimento 1.1 – 1ª Lei de Newton (inércia).....	09
Experimento 1.2 – 2ª Lei de Newton (força resultante).....	11
Experimento 1.3 – 3ª Lei de Newton (ação e reação) .....	12
CAPÍTULO 2 – MECÂNICA DOS FLUIDOS .....	15
Experimento 2.1 – Pressão de uma coluna de fluido .....	15
CAPÍTULO 3 – CALOR .....	19
Experimento 3.1 – Transmissão de calor por condução.....	19
Experimento 3.2 – Transmissão de calor por convecção .....	21
CAPÍTULO 4 – ÓPTICA.....	25
Experimento 4.1 – Ângulo de reflexão em espelhos planos ....	25
CAPÍTULO 5 – ELETROMAGNETISMO .....	29
Experimento 5.1 – Processos de Eletrização .....	29
Experimento 5.2 – Linhas de campo magnético de um ímã.....	33



## INTRODUÇÃO

Olá, professor!

Este caderno pedagógico tem por objetivo trazer ao professor da disciplina de Ciências (mais especificamente, em turmas de 9º ano) um material de apoio para planejamento de uma aula dinâmica, enriquecedora pedagogicamente e participativa, por parte do aluno.

Neste, são dispostos ao professor 9 experimentos de Física que reproduzem situações do cotidiano do aluno, de forma a fundamentar alguns conceitos que serão o alicerce do ensino de Física em sua vida estudantil, além de lhe proporcionar um melhor entendimento do universo que o cerca. Além disso, o caderno oferece propostas de abordagem em sala de aula que buscam a interação e participação contínua do aluno, fazendo com que ele se sinta (e seja!) atuante no processo de aprendizagem. Isso virá na forma de perguntas sugeridas e propostas de como conduzir a aula e o experimento com base nas respostas dos alunos. Por isso, algumas vezes falarei diretamente com você, professor!

Os experimentos são de baixa complexidade, sendo facilmente reproduzidos sem a necessidade de aparato profissional ou equipamentos sofisticados. Todos eles foram projetados com a utilização de materiais de baixo custo (barbante, balões, corda, etc.) e materiais reciclados (madeira de páletes, garrafas PET, tubos de PVC, etc.), de forma a viabilizar a aplicação deste caderno pedagógico em escolas inseridas em qualquer realidade econômica. Sempre que possível, será oferecida alguma alternativa de substituição de materiais, de modo que o experimento não tenha o resultado comprometido.



Os 9 experimentos apresentados estão inseridos nas áreas de Mecânica, Hidráulica, Termodinâmica, Óptica e Eletromagnetismo. Cada um dos experimentos trará uma breve e concisa explicação do conceito aplicado, e ao final de cada capítulo serão apresentadas fontes de pesquisa para que se busque melhor e mais ampla compreensão dos assuntos relacionados.

Como proposta de metodologia em sala de aula, recomenda-se a utilização de três aulas (entre 50 minutos e 1 hora): uma aula para aplicação do experimento, uma aula para confecção e/ou conclusão (quando recomendados como tarefa para casa) dos relatórios e posterior correção individual e uma aula para discussão do tema com toda a turma.

Espero que este material lhe seja de grande auxílio no planejamento das aulas e que seus alunos fiquem satisfeitos com a forma com que a Física será apresentada a eles. E sempre lembre-os de que não se trata de mágica: é Ciência!!!

Vamos lá? Mãos à obra!!!

## CAPÍTULO 1 - MECÂNICA

Este capítulo apresenta três experimentos que servirão para demonstrar as Leis de Newton, princípios fundamentais da Dinâmica.

### Experimento 1.1 – 1ª Lei de Newton (inércia)

Materiais

- 1 carrinho de brinquedo (com uma superfície plana e paralela ao plano onde ele se deslocará);
- 1 bloco de madeira pequeno (pode ser usada uma caixa de fósforos);
- 2 elásticos (daqueles de prender dinheiro);
- 1 rampa de madeira com ao menos 1 m de comprimento possuindo uma contenção em uma das extremidades;
- 2 pregos ou parafusos, martelo, chave de fenda.



Amarre um elástico ao outro. Monte a rampa, fixando dois parafusos/pregos a 20 cm da extremidade oposta à da contenção, para sirvam de alça para prender os elásticos. Agora, estique o elástico e posicione o carrinho com o bloco de madeira sobre ele, simulando uma espécie de estilingue, como na imagem.



Questione à turma o que acontecerá com o bloco se o carrinho for lançado bruscamente. Anote as respostas mais relevantes e gerais (inclusive as que tendem a erro), pedindo que cada aluno justifique sua resposta. Em seguida solte o elástico e discuta o resultado com os alunos.



Agora prepare a rampa de forma a deixa-la com uma inclinação de uns  $15^\circ$ . Questione à turma o que acontecerá com o bloco colocado em cima do carrinho quando este for abandonado e colidir com a contenção fixada no final da rampa. Mais uma vez, anote as respostas para posterior discussão com a turma. Realize o experimento e discuta o resultado.



O objetivo deste experimento é mostrar à turma que o bloco de madeira tem a tendência de manter o seu repouso no lançamento do carrinho com o elástico e seu movimento na colisão do carrinho com a contensão. Apresente esta conclusão como sendo a expressão da 1ª Lei de Newton ou Lei da inércia, que afirma que todo corpo persiste em seu estado de repouso ou de movimento retilíneo uniforme, a menos que sofra a ação de uma força.

Vale ressaltar que, neste caso, o carrinho tem velocidade uniformemente variada, por ação da componente da força peso tangente à rampa, não se tratando então de um MRU. Entretanto, esta forma se mostra a mais simples de demonstrar este princípio, dada a dificuldade de reproduzir um movimento uniforme em sala de aula. Assim, desprezando o atrito entre o bloco e o carrinho, a velocidade com que o bloco é arremessado será igual à velocidade instantânea do sistema carrinho e bloco no momento da colisão do carrinho com a contenção.

### **Experimento 1.2 – 2ª Lei de Newton (força resultante)**

Materiais:

- 1 corda com ao menos 3 m de comprimento;
- 30 cm de fita de tecido ou fita adesiva de cor diferente da corda.

A aula pode ser iniciada com questionamentos do tipo: “Um corpo inicialmente em repouso pode sofrer a ação de forças e continuar parado?”. Anote as respostas mais gerais. Em seguida proponha o seguinte experimento, que é bastante simples: trata-se de uma brincadeira conhecida como “cabo de guerra”, que consiste em duas ou mais pessoas puxando uma corda para lados opostos com a fita posicionada no ponto médio da corda.



Antes de iniciar a brincadeira, marque no chão duas linhas paralelas e equidistantes da fita. A pessoa ou grupo que, puxando a corda, fizer a fita cruzar a linha mais próxima de si, vence.

Escolha então dois alunos e proponha a “brincadeira” perguntando à turma quem é o mais forte. Após a primeira rodada, convide mais um aluno para ajudar de cada lado da corda e refaça o experimento. Busque distribuir os grupos de forma a atingir um equilíbrio de forças, a fim de manter a fita fixa na mesma posição. Para facilitar, o professor pode participar do experimento, procurando manter a fita imóvel. Uma vez alcançado este objetivo, refaça o questionamento inicial. A intenção é que os alunos percebam que, mesmo sob ação de forças nas duas extremidades da corda, em determinado momento a corda não se movimenta.

A finalidade deste experimento é que o aluno conclua que, mesmo sob a ação de mais de uma força, um corpo pode permanecer sem se mover, ou seja, com velocidade constante, podendo até ser nula, como neste caso. Isto vai acontecer quando a somatória das forças atuantes em um corpo for nula, de forma a não provocar variação na velocidade do corpo.

Desta forma, estará fundamentada a 2ª Lei de Newton, que define que a força resultante sobre um corpo é o produto de sua massa pela aceleração que ele sofre, de forma que se as forças que atuam sobre ele se cancelam, sua aceleração o será nula.

### **Experimento 1.3 – 3ª Lei de Newton (ação e reação)**

Materiais:

- 1 balão de festa;
- 1 canudinho de refrigerante;
- 5 m de barbante;
- fita adesiva, tesoura.



A montagem do experimento consiste em cortar um pedaço do canudinho e cola-lo no balão com um pedaço de fita adesiva. Depois disso, passe o barbante pelo canudinho, estique o barbante (com a ajuda de dois alunos) e coloque o balão próximo do ponto médio do barbante esticado. Então questione a turma: “Se enchermos o balão e o soltarmos em seguida, o que vai acontecer? Para qual direção ele irá se deslocar?”. Solicite que cada resposta seja apresentada com uma explicação. Feito isso, encha o balão e solte-o.



Após observar o resultado, repita mais vezes. A realização do experimento e a discussão sobre os resultados deve explicitar que, ao buscar restaurar sua forma inicial, o balão “empurra” o ar para trás e, como resposta, o ar “empurra” o balão para frente, de forma a gerar seu deslocamento. Apresente então esta constatação como sendo o princípio da Ação e Reação, expresso pela 3ª Lei de Newton: toda ação resulta uma reação na mesma intensidade e direção, porém, em sentido oposto. Isto nos permite afirmar que nenhuma força age isoladamente. Vale lembrar também que uma relação de ação-reação não age no mesmo corpo, pois isso geraria uma força resultante nula.

---

Para saber mais sobre o assunto, consulte:

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de física**. 7. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2006. v. 1.

NUSSENZVEIG, H. M. **Curso de física básica**. 4. ed. São Paulo: Blücher, 2002. v. 1.

SERWAY, R. A.; JEWETT JUNIOR, J. W. **Princípios de física**. São Paulo: Thomson Learning, 2007. v. 1.

TIPLER, P. A.; MOSCA, G. **Física para cientistas e engenheiros**. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2006. v. 1.





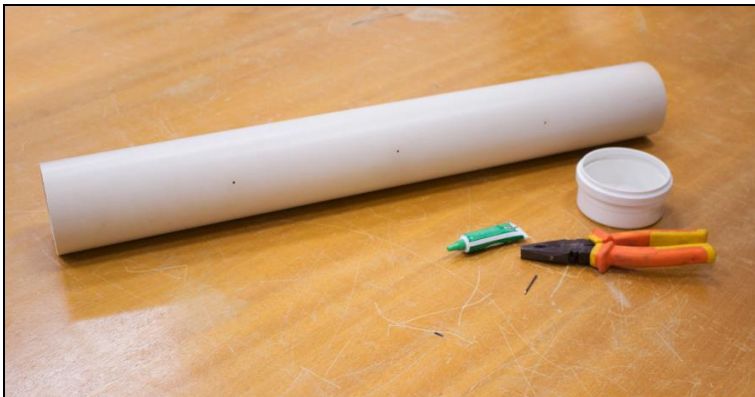
## CAPÍTULO 2 – MECÂNICA DOS FLUIDOS

Neste capítulo um experimento demonstra a Lei de Stevin, que relaciona a pressão em um ponto de um fluido com a profundidade desse ponto, princípio amplamente usado no estudo dos fluidos.

### Experimento 2.1 – Pressão de uma coluna de fluido

Materiais:

- 80 cm de tubo de PVC 100mm;
- tampa para tubo de PVC 100mm;
- 7 litros de água;
- cola para PVC, prego pequeno, alicate, isqueiro;



Recomenda-se que este experimento seja realizado num espaço aberto, devido o escoamento da água. Com ele, podemos demonstrar experimentalmente que a pressão em um ponto de um líquido aumenta conforme aumenta sua profundidade. Para preparar o experimento vede inicialmente uma das extremidades do tubo com a tampa, utilizando a cola para evitar vazamentos. Em seguida, contando a partir de uma extremidade, faça marcações a cada 20 cm sobre uma reta paralela ao eixo central do tubo. Finalmente, com um prego

quente ou com uma furadeira usando broca de 3 mm, faça um furo sobre cada marca, tendo cuidado para que os furos tenham o mesmo diâmetro e sejam perpendiculares ao eixo do tubo.

Iniciada a aula, proponha o experimento à turma e questione: “Se colocarmos água dentro do tubo com os furos tapados, qual será o comportamento do escoamento de água em cada furo, ao destapa-los? Qual escoamento alcançará maior distância?”. Questione justificativas para cada resposta e anote-as. Feito isso, inicie o experimento: posicione o aparato próximo da beirada de uma cadeira, peça aos alunos que ajudem a manter o aparato na vertical e que mantenham os furos tapados com os dedos. A seguir, encha o tubo com água até próximo da abertura superior. Enfim, solicite que os alunos destapem os furos simultaneamente e observe como se dá o escoamento.



Ao que todos perceberem que no furo de baixo o fluxo de água tem maior alcance, relacione isso com a pressão que o líquido exerce em cada furo, auxiliando a turma na compreensão de que o alcance do escoamento depende da velocidade do fluido e que esta velocidade aumenta na medida em que a pressão do fluido diminui quando passa cada orifício. Assim, uma maior velocidade de escoamento advém de uma maior queda de pressão. Como a pressão externa aos orifícios é a pressão atmosférica, pode-se deduzir que quanto maior a velocidade do escoamento do fluido, maior é a pressão dentro do fluido na altura do orifício.

Esta relação entre a altura da coluna de fluido e a pressão naquela altura é direta e expressa pela Lei de Stevin: A diferença de pressões entre dois ou mais pontos no interior de um líquido em repouso depende unicamente da diferença de altura entre os pontos. Para demonstrar que o volume ou a área da superfície do líquido não tem relação com a pressão, o experimento pode ser repetido nos mesmo parâmetros, porém, com a utilização de um tubo de espessura maior ou menor, mostrando que furos a uma mesma altura terão escoamentos com mesmo alcance, contanto que a altura do líquido sobre eles seja igual.

---

Para saber mais sobre o assunto, consulte:

FOX, R. W.; MCDONALD, A. T.; PRITCHARD, P. J. **Introdução à mecânica dos fluidos**. 7. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2010.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de física**. 7. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2006. v. 2.

NUSSENZVEIG, H. M. **Curso de física básica**. 4. ed. São Paulo: Blücher, 2002. v. 2.

SERWAY, R. A.; JEWETT JUNIOR, J. W. **Princípios de física**. São Paulo: Thomson Learning, 2006. v. 2.

TIPLER, P. A.; MOSCA, G. **Física para cientistas e engenheiros**. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2006. v. 1.



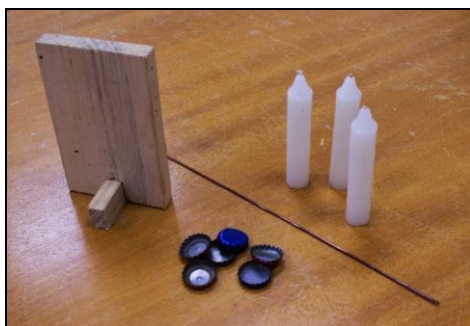
## CAPÍTULO 3 – CALOR

Neste capítulo abordaremos dois meios de transferência de calor: condução e convecção térmica. Por envolver fogo e água quente, existe o **risco de queimaduras. Recomenda-se muito cuidado na aplicação destes experimentos!** Para evitar acidentes, mantenha os alunos a uma distância segura dos experimentos e utilize luvas isolantes térmicas.

### Experimento 3.1 – Transferência de calor por condução

Materiais:

- 30 cm de fio de cobre de 4mm de diâmetro desencapado;
- 3 velas;
- 4 tampinhas de garrafa de vidro;
- anteparo de madeira;
- fósforo ou isqueiro.



Com esta demonstração prática, o professor poderá mostrar aos alunos como ocorre a condução térmica em um meio sólido. Para isso, proceda da seguinte forma: faça um furo a uns 15 cm de altura na peça de madeira e fixe uma das extremidades do fio neste furo. Em seguida, com a vela acesa, pingue pequenas gotas de cera derretida nas costas de cada tampinha e fixe as tampinhas ao longo do fio, deixando na outra extremidade da barra um espaço livre de 10 cm.



Antes de prosseguir, pergunte à turma: "Ao começar a aquecer a extremidade da barra, o que acontecerá? Quando a cera derreter, as tampinhas cairão todas juntas ou uma a uma?". Anote as respostas mais gerais (sempre buscando entre os alunos explicações para suas respostas), acenda as velas e aproxime suas chamas da extremidade livre da barra e espere.



Com o aquecimento da barra, a cera irá derreter e as tampinhas cairão. Porém, o que se deseja deixar claro é que o processo de aquecimento da barra é gradativo, com o calor se

propagando pouco a pouco pelo material, fazendo com que as tampinhas caiam uma após outra, da mais próxima da chama até a mais afastada, no sentido da propagação do calor. Assim se exemplifica a transferência de calor por condução

### **Experimento 3.2 – Transferência de calor por convecção**

Materiais:

- 1 garrafa PET transparente de 2 l;
- 1 frasco pequeno de vidro;
- 50 cm de barbante;
- anilina alimentícia de qualquer cor;
- 2 l de água à temperatura ambiente;
- 500 ml de água quente, próximo da fervera.



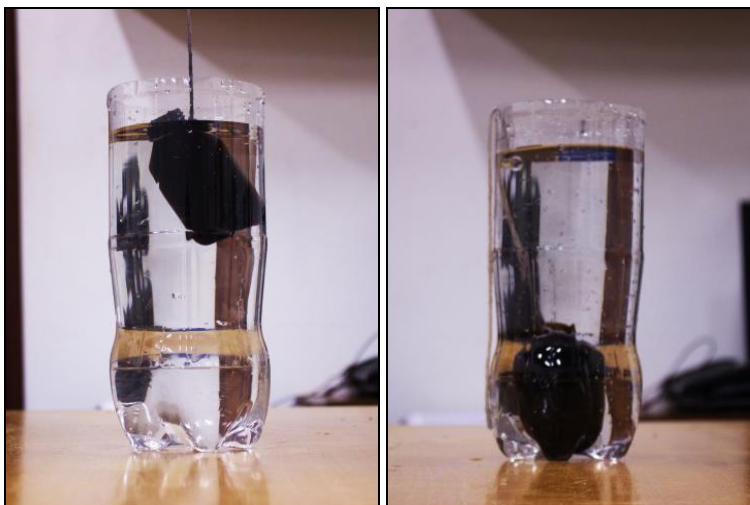
Este experimento demonstra a transferência de calor por convecção térmica. Este fenômeno ocorre quando porções de um mesmo fluido, por encontrarem-se em temperaturas diferentes, se deslocam, uma em relação à outra, devido a diferença de densidade entre estas.

Para exemplificar esse fenômeno proceda da seguinte forma: com a ajuda de uma tesoura, corte a parte superior da garrafa PET, fazendo uma abertura pela qual se consiga passar o frasco de vidro. Coloque água à temperatura ambiente na garrafa, de modo que, para encher toda a garrafa, falte uma

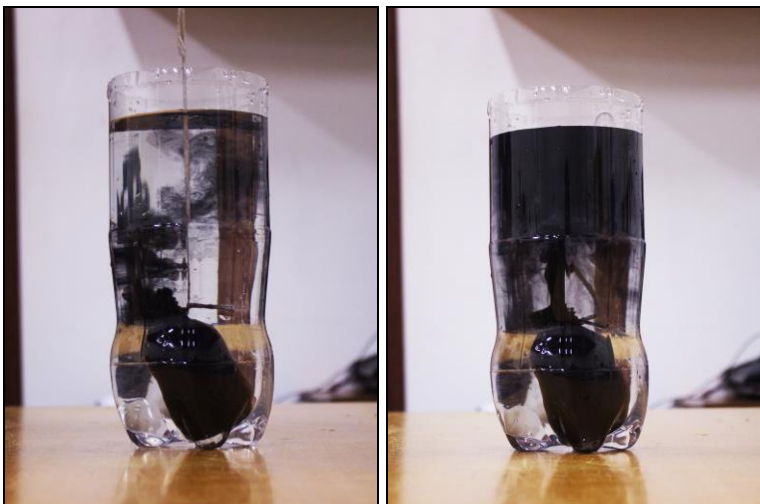


porção de água maior que o volume do frasco de vidro. Amarre agora o barbante próximo da abertura do frasco de vidro, coloque então umas gotas de anilina no frasco de vidro e encha o frasco com água a temperatura ambiente.

Em seguida, antes de colocar o frasco de vidro dentro da garrafa com água, pergunte aos alunos se eles acham que a água tingida vai se misturar ou não. Feito isso, anote as respostas mais relevantes e mergulhe o frasco de vidro lentamente na água da garrafa PET. Será observado que o líquido tingido não se mistura com a água.



O próximo passo é repetir o experimento, entretanto, substituindo a água do frasco de vidro por água quente, também com anilina. Faça novamente o mesmo questionamento aos alunos, anote as respostas e refaça o experimento. Assim, todos perceberão que a água quente irá se misturar pouco a pouco, se concentrando na parte de cima do recipiente. Nesse momento o professor pode questionar à turma o motivo disso acontecer, até pedindo que os alunos se lembrem das aulas sobre densidade, tema estudado na parte de introdução à química, caso já tenha ministrado este conteúdo.



Lembre-se que o objetivo do experimento é mostrar que a mudança relativa da posição das porções de líquidos se deve a diferença de temperatura e, portanto, a diferença de densidade destas porções. Isso servirá também para demonstrar que o aquecimento de uma massa de ar ou líquido diminui a densidade destes devido sua expansão, exemplificando esta relação com o princípio de funcionamento de um balão de ar quente, por exemplo.

---

Para saber mais sobre o assunto, consulte:

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de física**. 7. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2006. v. 2.

KREITH, F.; BOHN, M. S. **Princípios de transferência de calor**. São Paulo: Thomson Learning, 2003.

SERWAY, R. A.; JEWETT JUNIOR, J. W. **Princípios de física**. São Paulo: Thomson Learning, 2006. v. 2.

TIPLER, P. A.; MOSCA, G. **Física para cientistas e engenheiros**. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2006. v. 1.



## CAPÍTULO 4 – ÓPTICA

Neste capítulo será apresentado um experimento que ajuda a demonstrar a Lei da Reflexão, um dos mais simples e fundamentais fenômenos luminosos.

### Experimento 4.1 – Ângulo de reflexão em espelhos planos

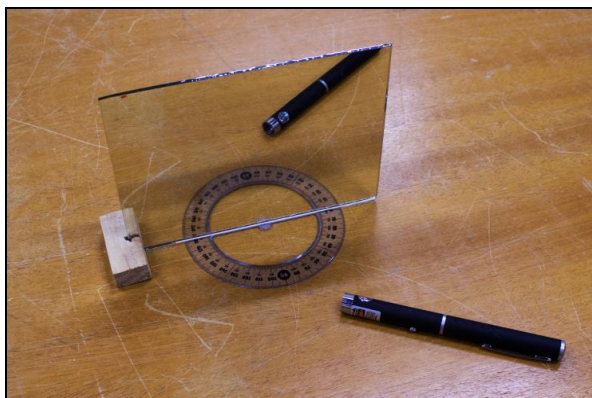
Materiais:

- 1 espelho sem moldura de dimensões mínimas de 15 cm x 20 cm;
- 1 transferidor que mede ângulos até 180°;
- caneta laser;
- aparato de madeira que ajude a apoiar o espelho.

Para trabalhar este experimento será exigido do aluno um conhecimento mínimo sobre ângulos e utilização do transferidor. Caso seja necessário, faça uma revisão sobre o tema.

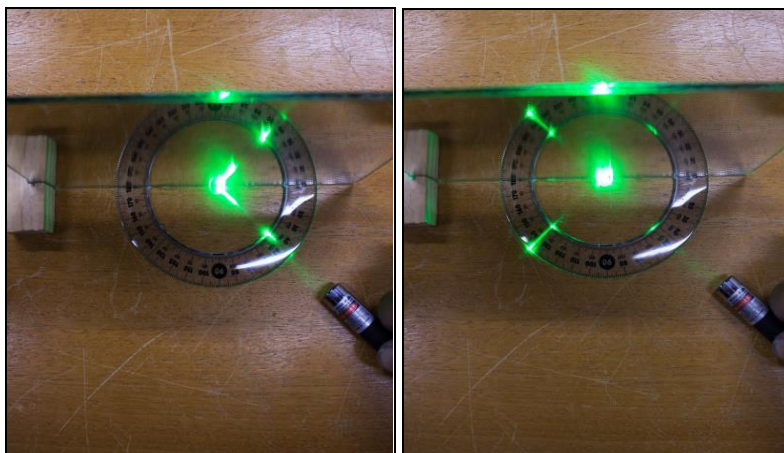
Questione inicialmente o porquê da existência de retrovisores em automóveis, por exemplo. Pergunte também por que os retrovisores são móveis e ajustáveis.

O objetivo é levar a turma ao entendimento que raios luminosos são refletidos pelo espelho e que mudando a posição do espelho, temos uma mudança na direção da reflexão.



Para a montagem do experimento, fixe o espelho no aparato de madeira de forma que o conjunto, quando colocados sobre uma mesa, deixe o espelho perpendicular à superfície da mesa. Coloque agora o transferidor sob o espelho, de forma a borda inferior do espelho fique sobreposta ao eixo de  $180^\circ$  do transferidor.

Agora, com a luz apagada ou reduzida, aponte o feixe luminoso do laser para o ponto do espelho que fica imediatamente acima do centro do transferidor, de forma que tanto o feixe incidente quanto o feixe refletido toquem o transferidor. Caso isso não seja possível, devido à espessura do transferidor ou da caneta laser, movimente o laser levemente para cima, para mostrar seu caminho, sem deixar de apontá-lo para o ponto central do transferidor. Refaça o experimento variando o ângulo de incidência do laser, comparando-o sempre com o respectivo ângulo de reflexão.



Chamando a atenção dos alunos para o plano em que isso acontece e para os ângulos marcados pelo feixe incidente e pelo feixe refletido, conclui-se a fundamentação experimental da Lei da Reflexão, que enuncia que o raio incidente e o raio refletido estão contidos num mesmo plano, perpendicular à superfície de reflexão, e que o ângulo de

reflexão, medido entre o feixe refletido e a reta normal ao espelho no ponto de incidência do laser, é igual ao ângulo de incidência do feixe, medido também através da reta normal ao ponto de incidência do laser.

---

Para saber mais sobre o assunto, consulte:

NUSSENZVEIG, H. M. **Curso de física básica**. São Paulo: Blücher, 1998. v. 4.

SERWAY, R. A.; JEWETT JUNIOR, J. W. **Princípios de física**. São Paulo: Thomson Learning, 2004. v. 4.

TIPLER, P. A.; MOSCA, G. **Física para cientistas e engenheiros**. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2006. v. 2.



## CAPÍTULO 5 – ELETROMAGNETISMO

Neste capítulo, serão apresentados dois experimentos que mostram fenômenos no campo da eletrostática (processos de eletrização dos corpos) e do magnetismo (a demonstração das linhas de campo magnético dos polos de um ímã).

### Experimento 5.1 – Processos de Eletrização

Materiais;

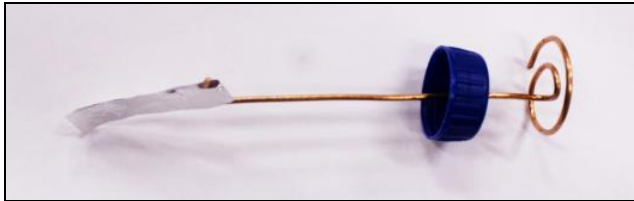
- 2 Balões de festa;
- 1 Flanela de feltro;
- 1 garrafa PET de 500 ml com tampa;
- 25 cm de fio de cobre de 4mm de diâmetro desencapado;
- pedaço de papel alumínio com dimensões 8 cm por 0,5 cm;
- prego, alicate, isqueiro, tesoura, papel.



Com este experimento vamos exemplificar os processos de eletrização de corpos, além de mostrar que a interação elétrica se dá à distância. Para tal, montaremos um eletroscópio rústico, que evidencia a existência de um desequilíbrio de cargas em corpos que dele se aproximam. Inicialmente, com a ajuda de um alicate, segure um prego e aqueça-o com a chama do isqueiro (**cuidado, pois há risco de queimaduras!**) e faça um furo no centro da tampa da garrafa PET, que pode ser feito também com uma furadeira com uma broca 3 mm.



Passa o fio de cobre pelo furo da tampa. Na extremidade acima da tampa, faça uma espiral ou fixe uma bolinha de papel alumínio. Na outra extremidade, faça um pequeno gancho, torcendo o fio com o alicate, e nele apoie a fita de papel alumínio dobrada ao meio, como na imagem abaixo.



Coloque a peça dentro da garrafa, fechando a tampa. Desta forma, a folha de alumínio fica isolada da ação de possíveis correntes de ar. Em seguida, temos o primeiro exemplo de eletrização: por atrito. Esfregue agora o balão cheio de ar na flanela, que deve estar limpa e seca. Durante esta fricção, elétrons se transferem da flanela para o balão, deixando estes corpos carregados positivamente (flanela) e negativamente (balão).

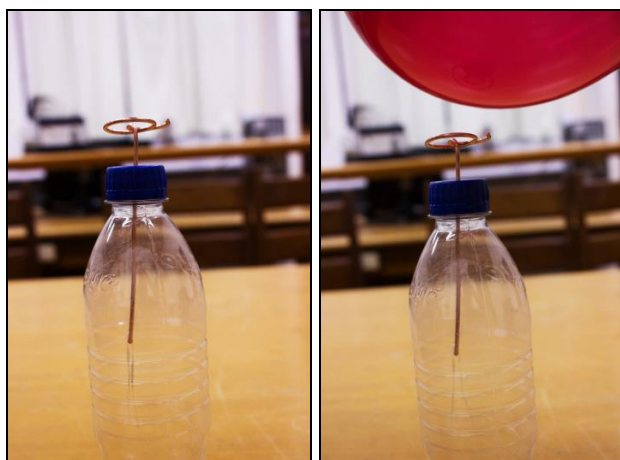


Os efeitos dessa eletrização podem ser observados facilmente aproximando o balão de confetes ou de papéis picados: estes serão atraídos pelo balão, que torna suas moléculas polarizadas, como mostrado na imagem a seguir.



Repetindo-se agora o mesmo processo de fricção com a flanela no outro balão, pode-se constatar que os balões irão se repelir por possuírem cargas de mesmo sinal. Com isto constata-se a lei de Du Fay, que diz que cargas de sinais iguais se repelem.

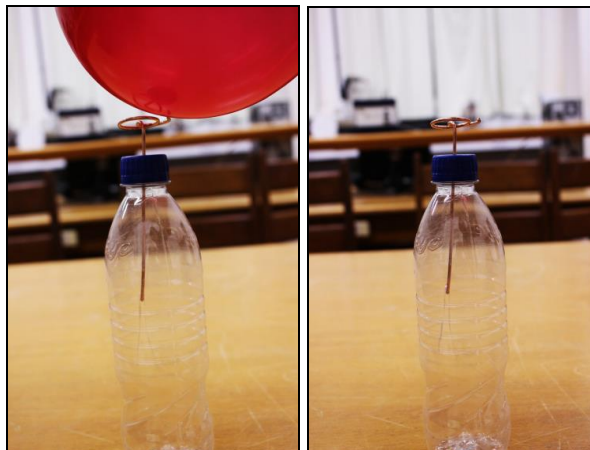
Para se observar agora o processo de indução, aproxima-se o balão mais uma vez friccionado na flanela na extremidade superior do eletroscópio, cuidando para não haver contato físico entre o balão e o eletroscópio. Com isto se observa que quanto mais próximo do eletroscópio estiver o balão, mais as folhas do eletroscópio se afastarão. Quando o balão é afastado, as folhas retornam à posição inicial, se aproximando novamente.



Isso acontece pois quando o balão carregado negativamente é aproximado da extremidade do eletroscópio, a carga interage com os elétrons livres existentes no material do eletroscópio, gerando uma força elétrica repulsiva. Assim, os elétrons se afastam desta região, deixando esta extremidade do eletroscópio carregada positivamente. Por consequência, a extremidade onde se encontram as folhas de alumínio terá um acúmulo de cargas negativas. Desta forma, por adquirirem cargas elétricas de mesmo sinal, as folhas se repelem, como prevê a lei de Du Fay.

Quando o balão eletrizado é afastado do eletroscópio, o sistema entra novamente em equilíbrio com a redistribuição das cargas elétricas e a repulsão entre as folhas cessa. Este fenômeno também é percebido quando aproximamos um braço de um tubo de imagem de uma TV ou monitor de um computador. A eletrização do tubo gera esta mesma indução em nosso corpo, que induz uma concentração de cargas de mesmo sinal nos pelos do braço. Isto causa então uma repulsão elétrica entre os pelos, dando a sensação de "arrepio".

Utilizando ainda o mesmo dispositivo pode-se exemplificar também a eletrização por contato. Esta se dá quando dois ou mais corpos carregados entram em contato e distribuem suas cargas em excesso.

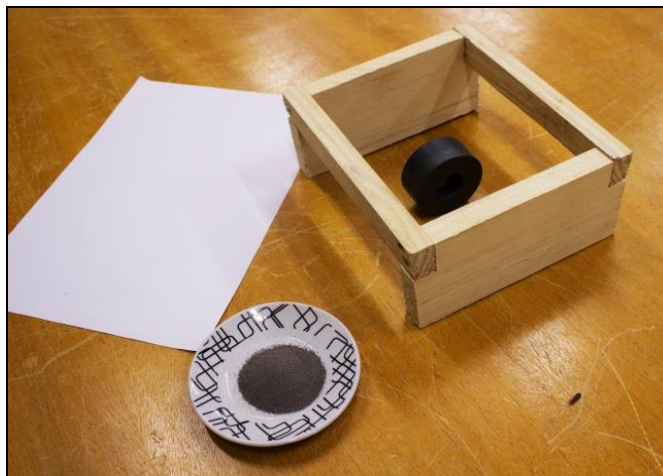


Quando o balão eletrizado toca a extremidade do eletroscópio, este recebe elétrons impelidos pela força elétrica das demais moléculas carregadas do balão. Com isto, o eletroscópio fica carregado negativamente, o que faz com que as folhas de alumínio se afastem. Quando o balão é retirado, o eletroscópio permanece negativamente carregado e, em consequência, as folhas de alumínio se manterão afastadas.

### **Experimento 5.2 – Linhas de campo magnético de um ímã**

Materiais:

- 1 folha de papel sulfite ou cartolina;
- anteparo para apoiar a folha, que pode ser de madeira ou improvisado com livros;
- ímãs, que podem ser retirados de um magnetron de um forno de micro-ondas inutilizado;
- limalha de ferro.



A limalha de ferro pode ser conseguida das seguintes formas: esfregando um limatão num prego ou barra de ferro, queimando esponjas de aço e esfregando-as em seguida, ou ainda extraindo da areia ou do chão de serralherias, com a ajuda de um ímã revestido com uma sacola.

Este experimento possibilita ao professor mostrar a existência das linhas de campo magnético dos polos de um ímã e seu comportamento. Para isso, coloque os ímãs em uma mesa, de forma que os polos fiquem orientados na horizontal.

Prepare um anteparo de madeira (ou improvise com livros) para que se possa apoiar uma folha sobre os ímãs. É interessante experimentar distâncias diferentes entre os ímãs e a folha, afim de se obter um melhor resultado. Feito isso, coloque a folha sobre o apoio e salpique, pouco a pouco, a limalha de ferro sobre a folha. Logo que fizer isso, já começará a perceber que as partículas da limalha de ferro vão se alinhando às linhas de campo magnético dos ímãs, como mostra a imagem abaixo.



As linhas de campo magnético ligam os polos Norte e Sul de um ímã. O ferro, por ser um material ferromagnético, fica magnetizado na presença do campo gerado pelo conjunto de ímãs, tornando cada pedacinho da limalha um ímã temporário. Assim, devido à força magnética que estes ímãs temporários fazem entre si, a limalha se alinha e se acumula ao longo das linhas de campo magnético, demonstrando como estas se comportam.

---

Para saber mais sobre o assunto, consulte:

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de física**. 7. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2007. v. 3.

HAYT JUNIOR, W. H.; BUCK, J. A. **Eletromagnetismo**. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2003.

NUSSENZVEIG, H. M. **Curso de física básica**. São Paulo: Blücher, 1997. v. 3.

SERWAY, R. A.; JEWETT JUNIOR, J. W. **Princípios de física**. São Paulo: Thomson Learning, 2007. v. 3.

TIPLER, P. A.; MOSCA, G. **Física para cientistas e engenheiros**. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2006. v. 2.