



PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS
ESCOLA DE FORMAÇÃO DE PROFESSORES E HUMANIDADES
GRADUAÇÃO EM LICENCIATURA PLENA EM FÍSICA

ATIVIDADES EXPERIMENTAIS DE BAIXO CUSTO PARA O ENSINO DE MECÂNICA

GABRIELA FERREIRA SANTOS

GOIÂNIA

2022

GABRIELA FERREIRA SANTOS

ATIVIDADES EXPERIMENTAIS DE BAIXO CUSTO PARA O ENSINO DE MECÂNICA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Licenciatura Plena em Física da Pontifícia Universidade Católica de Goiás, como requisito parcial para a obtenção do grau de Licenciado em Física.

Orientador: Prof. Dr. Clóves Gonçalves Rodrigues

GOIÂNIA

2022

GABRIELA FERREIRA SANTOS

**ATIVIDADES EXPERIMENTAIS DE BAIXO CUSTO PARA O ENSINO DE
MECÂNICA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Escola de Formação de Professores e Humanidades da Pontifícia Universidade Católica de Goiás, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Licenciatura Plena em Física.

Goiânia, 04 de junho de 2022

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Clóves Gonçalves Rodrigues – Orientador
Pontifícia Universidade Católica de Goiás

Prof. Ms. Edson Vaz de Andrade
Pontifícia Universidade Católica de Goiás

Prof. Ms. Clebes André da Silva
Pontifícia Universidade Católica de Goiás

Dedico este trabalho a todos os professores, os quais antes de saber ensinar, aprenderam a doar.

Especialmente aos grandes professores que inspiram, estendem a mão, tocam o coração e transformam o conhecimento.

AGRADECIMENTOS

É chegado o momento de agradecer às pessoas que contribuíram para a realização deste trabalho de conclusão de curso. Pessoas que marcaram a minha vida e a minha trajetória durante a graduação, pessoas que se fizeram presentes de muitos modos.

Aos meus pais, Flávio e Luzineide, que são responsáveis por terem me incentivado sempre seguir os meus sonhos. Me ensinando o valor que o conhecimento tem e o peso que isso carrega. Me fizeram a mulher dedicada aos objetivos que proponho em minha vida.

Aos meus irmãos, Gustavo e Heloysa, que sempre torceram por mim, por compreender a importância do estudo na vida e pela paciência nos momentos em que estive ausente.

A todos os professores que estiveram presentes em minha caminhada durante a graduação, em especial aos professores que me inspiram diariamente, como exemplo não apenas profissionalmente: Me. Edson Vaz de Andrade, Dr. Anderson Costa da Silva, Me. Richard de Souza Costa e Me. Bercholina Honorato, espero algum dia ser para meus futuros alunos o que vocês são e representam para mim, grandes mestres.

Ao meu orientador, Dr. Clóves Gonçalves Rodrigues, pela oportunidade de crescimento e convívio, pela confiança, pelo exemplo de profissional, pela paciência, pelo incentivo, por alimentar meu sonho de tornar-me uma professora dedicada. Sempre terá comigo uma admiração e respeito imensurável é indispensável para minha formação.

Aos meus amigos, Raquel Ribeiro Rocha, Matheus Augusto Pereira, Claiton Cabral Filho e Everson Braga Filho, que tive a oportunidade de se presentear com eles em minha vida, tornando-os minha segunda família. Obrigada pela cumplicidade, pela compreensão, pela amizade e principalmente por acreditar em mim quando eu mesma deixei de acreditar.

E finalmente, mas não menos importante, a mim mesma. Por todas as vezes que deixei de acreditar em minha capacidade, pelas adversidades que aconteceram em minha vida, pela dor, pelas noites em claro, pelo choro. Apesar de tudo sempre tentar me fazer abandonar meus sonhos, me mantive firme para atingir meus objetivos, com a garra e a força que hoje sei que é maior do que qualquer contrariedade.

“Educar verdadeiramente não é ensinar fatos novos ou enumerar fórmulas prontas, mas sim preparar a mente para pensar”

Albert Einstein (1879 - 1955).

RESUMO

Apresenta-se neste trabalho, roteiros explicativos trabalhando alguns experimentos de baixo custo em Física na área de Mecânica. O objetivo da elaboração destes roteiros de montagem é facilitar a compreensão e o ensino de física, potencializando o processo de ensino-aprendizagem dos alunos do ensino fundamental II e do ensino médio. Tem ainda o intuito de estimular a curiosidade e o interesse dos discentes com o estudo das ciências e com isso demonstrar que é possível tornar as aulas de Física cada vez mais interessantes e atrativas para os mesmos. Foram elaborados roteiros, trabalhando 11 tópicos de Mecânica, enfatizando os princípios físicos envolvidos em cada experimento para a sua compreensão.

Palavras-chave: Experimentos didáticos. Experimentos de baixo custo. Ensino de Física. Mecânica.

ABSTRACT

This monography presents an explanatory script working with some low-cost physics experiments, in the area of Mechanics, in order to facilitate the understanding of physics teaching, thus enhancing the teaching-learning process of students from elementary and high school. In order to stimulate the curiosity and interest of students with the study of science and thus demonstrate that it is possible to make Physics classes increasingly interesting and attractive to them. A script was elaborated, working 12 topics of Mechanics, emphasizing the physical principles involved in each experiment and the theory necessary for its understanding.

Keywords: Physics teaching. Didactic experiments. Low-cost experiments in physics. Physics Teaching. Mechanics.

SUMÁRIO

Introdução	11
Roteiro 1	14
Dinamômetro	14
Roteiro 2	17
Momento de uma força	17
Roteiro 3	21
Outras alavancas	21
Roteiro 4	26
Queda de corpos	26
Roteiro 5	30
Centro de gravidade	30
Roteiro 6	32
Ação e reação	32
Roteiro 7	35
Princípio da inércia	35
Roteiro 8	38
Força centrípeta	38
Roteiro 9	41
Soma de forças	41
Roteiro 10	44
Movimento retilíneo uniforme	44
Roteiro 11	47
Movimento retilíneo uniformemente variado	47
Comentários finais	59
Referências	61

INTRODUÇÃO

Durante o processo de ensino-aprendizagem, observa-se que somente os conceitos teóricos apresentados em sala de aula não são suficientes para despertar o interesse e a atenção dos alunos. Por isso, mecanismos alternativos de ensino certamente são necessários para instigar a participação dos alunos e aumentar o interesse pelos conteúdos ministrados nas aulas de Física (Martins, Rodrigues & Andrade, 2022).

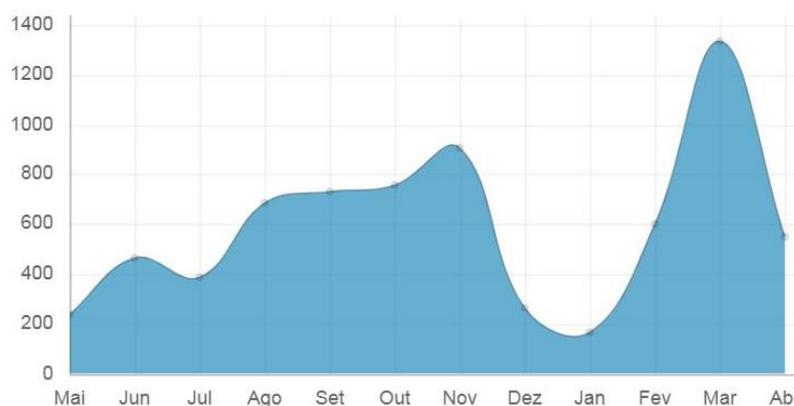
Existe uma grande necessidade de se investir em possibilidades que possam, de fato, levar o conhecimento científico para os níveis básicos da educação. Pode-se então, começar a pensar em propostas que possam ser levadas para a sala de aula e que possam fornecer dados, contribuindo para traçar caminhos mais sólidos, não somente para a inserção da mecânica, mas também de outras áreas da física como termodinâmica, eletricidade, física moderna e também de outras ciências como astronomia, biologia, etc.

Deste modo, a fim de despertar o interesse dos alunos pelas aulas, podem ser utilizados pelos docentes alguns recursos, tais como: trabalhos individuais e/ou em grupo, exercícios, experimentos, etc. No entanto, a realização de experimentos nas escolas é um grande desafio, pois, existe uma grande carência de recursos para o ensino de ciências em geral, e em especial para o ensino de Física. Uma proposta para solucionar a carência de recursos financeiros seria a construção de experimentos didáticos com materiais de baixo custo e de fácil acesso. Isto está também de acordo com a linha de pensamento que diz que: “não basta o professor somente ‘saber’, ele deve também ‘saber fazer’...” (Carvalho & Gil-Perez, 2001).

Tais experimentos construídos com materiais de baixo custo e de fácil acesso atraem a atenção não só de alunos e professores, mas também do público em geral, podendo ser apresentados, por exemplo, em feiras de ciências sendo um ótimo recurso para a divulgação da ciência para a sociedade. Como exemplo, o artigo “Sugestões de experimentos de fácil acesso para o ensino de termodinâmica” (Bispo & Rodrigues, 2020) recebeu 7.087 downloads nos últimos doze meses (de maio de 2021 a abril de 2022), como mostra a Figura 1. Esta quantidade de downloads é um número bem expressivo em se tratando de um artigo científico na área de física. Nota-se no gráfico da Figura 1 um menor acesso ao artigo nos meses de férias escolares (julho e janeiro) o que pode ser um indicativo que o artigo realmente esteja sendo utilizado por professores (e alunos) para fins didáticos.

Figura 1: Número de downloads por mês, de maio de 2021 a abril de 2022, de um artigo sobre experimentos didáticos de baixo custo em termodinâmica.

Downloads



Fonte: <https://periodicos.unb.br/index.php/physicae/article/view/24394>. Acessado em 31 de março de 2022.

A realização de atividades experimentais permite que os alunos, além de compreenderem a teoria, participem do processo de construção do conhecimento. Em função disso, o principal objetivo deste trabalho é a elaboração de experimentos com materiais de baixo custo e de fácil acesso para aplicação na disciplina de Física, na área específica de mecânica. A escolha da mecânica é por ela se tratar de uma das áreas mais fundamentais da física e com aplicações nas mais diversas engenharias e ciências.

Escolheram-se experimentos que são viáveis para aplicação imediata em sala de aula (Arribas, 1988; Berlitz, 1996; Ehrlich, 1992; Folhais, 2000), não apenas para orientar e facilitar o trabalho do professor de física como também para motivar e incentivar o interesse e o estudo dos alunos. Assim, neste trabalho foram elaborados 11 roteiros de experimentos didáticos de baixo custo em mecânica, estabelecendo-se em cada roteiro o objetivo do experimento, o detalhamento dos materiais utilizados e os procedimentos de construção dos equipamentos a serem empregados nos experimentos. Estes experimentos, e seus respectivos objetivos, são:

- 1) *Dinamômetro*: Construir um aparelho para medir pesos e forças em geral.
- 2) *Momento de uma Força*: Mostrar que o efeito de uma força depende também do ponto em que a força atua em relação a um ponto de apoio.
- 3) *Alavancas*: Mostrar os tipos de alavancas, as aplicações na vida prática, e exemplificar novamente o efeito do momento.
- 4) *Queda de Corpos*: Mostrar que o peso não influencia na velocidade de queda dos corpos.

- 5) *Centro de Gravidade*: Mostrar que o centro de gravidade tende a colocar-se o mais baixo possível.
- 6) *Ação e Reação*: Mostrar que quando se faz força num sentido, surge automaticamente outra força de mesma intensidade e sentido contrário, chamada de “reação”.
- 7) *Princípio de Inércia*: Mostrar a tendência dos corpos a permanecerem no estado em que se encontram (repouso ou movimento).
- 8) *Força Centrípeta*: Mostrar que, quando um corpo gira, mesmo com movimento circular uniforme, age sobre ele uma aceleração dirigida para o centro que o mantém em movimento curvo.
- 9) *Soma de Forças*: Determinar experimentalmente a soma de forças (trabalhando explicitamente com o tema de vetores).
- 10) *Movimento Retilíneo Uniforme*: Mostrar as características deste movimento. Chegar à compreensão do conceito de velocidade uniforme.
- 11) *Movimento Retilíneo Uniformemente Acelerado*: Mostrar o conceito de aceleração e as características deste movimento.

Os detalhamentos de cada um dos experimentos acima citados, com os seus respectivos roteiros, são apresentados a seguir na forma de capítulos.

ROTEIRO 1: DINAMÔMETRO

Objetivo

Construir um aparelho para medir pesos e forças em geral.

Materiais Utilizados

- ⇒ Cano de PVC de 30 cm;
- ⇒ Tábua de madeira (25 cm × 3 cm × 2 cm);
- ⇒ Tábua de madeira (20 cm × 1,5 cm × 1,5 cm);
- ⇒ Três ganchos pequenos;
- ⇒ Toco de madeira redondo;
- ⇒ Fita métrica;
- ⇒ Fita de cetim (ou similar);
- ⇒ Mola (um espiral usado em encadernações ou uma mola que pode ser adquirida em ferragistas);
- ⇒ Cola;
- ⇒ Tesoura;
- ⇒ Caixa de acrílico transparente.

A Figura 1.1 mostra os materiais utilizados para a elaboração deste experimento.

Figura 1.1: Materiais utilizados para elaboração do Roteiro 1.



Fonte: a autora.

Construção do Equipamento

1. Corte a fita métrica e cole-a na tábua de madeira (20 cm x 1,5 cm x 1,5 cm);
2. Cole a mola entre a tábua de madeira menor e o toco de madeira redondo (veja Figura 1.2);
3. Na parte livre da tábua de madeira menor encaixe um dos ganchos, e na parte livre do toco de madeira circular encaixe o segundo gancho (veja Figura 1.2);
4. Na tábua de madeira maior (20 cm x 3 cm x 2 cm), use o terceiro gancho e prenda-o no meio lateral da tábua (veja Figura 1.2);
5. Na caixa de acrílico transparente faça furos em suas laterais e com a fita de cetim cortada em duas tiras faça uma espécie de cesto com alças, como mostrado na Figura 1.2.

Figura 1.2: Construção do equipamento.

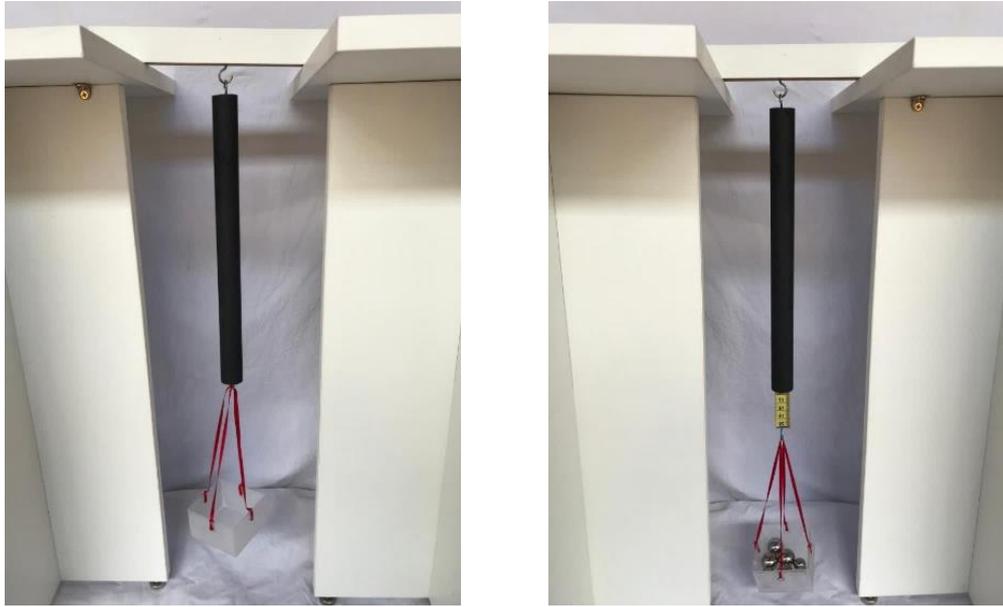


Fonte: a autora.

Procedimento Experimental

Experimente pesar vários objetos ao seu alcance, como ilustrado na Figura 1.3. Procure não exceder o limite da mola que você utilizou no equipamento. Se você ultrapassar este limite ela não retornará mais ao seu estado natural e ficará permanentemente alongada.

Figura 1.3: Experimento sendo executado.



Fonte: a autora.

ROTEIRO 2: MOMENTO DE UMA FORÇA

Objetivo

Mostrar que o efeito de uma força depende também da distância a qual ela atua.

Materiais Utilizados

- ⇒ Tábua de madeira (6 cm x 6 cm x 1 cm);
- ⇒ Caneta usada;
- ⇒ Régua de plástico de 20 cm;
- ⇒ Dez cliques iguais;
- ⇒ Cola;
- ⇒ Furadeira ou prego;
- ⇒ Chapa de metal.

A Figura 2.1 mostra os materiais utilizados para a elaboração deste experimento.

Figura 2.1: Materiais utilizados na elaboração do Roteiro 2.



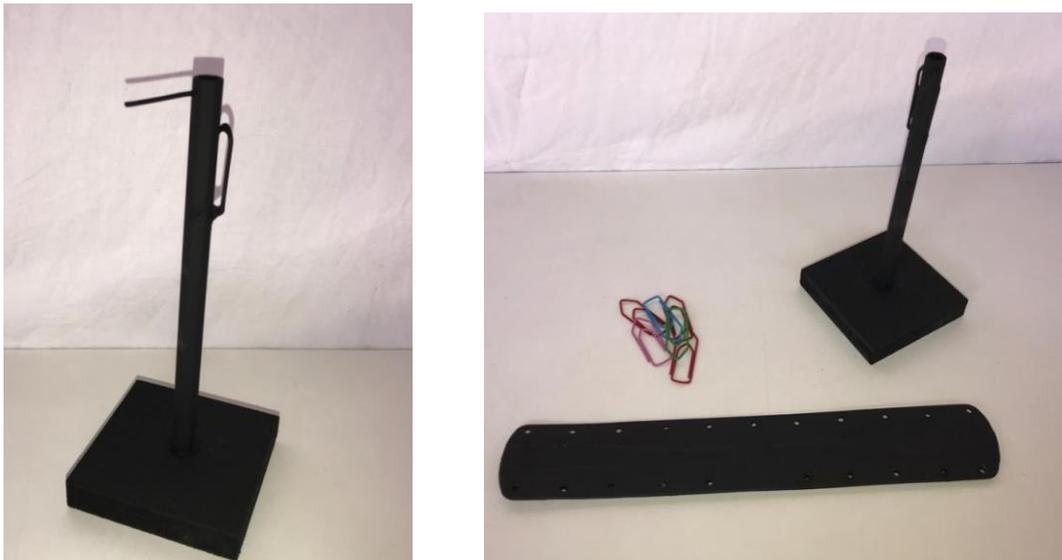
Fonte: a autora.

Construção do Equipamento

1. Faça um furo no centro da tábua para encaixar uma das extremidades da caneta;
2. Faça um furo a 1 cm da outra extremidade da caneta para introduzir e colar um pedaço de clipe em forma de L (veja Figura 2.2);

3. Faça furos com diâmetros de 2 mm ou 1,5 mm a cada 2 cm. Inicie os furos começando no zero da régua; o furo de número 10 deverá ficar no centro da régua e deverá ter um diâmetro do tamanho que encaixe o tubo inferior da caneta;
4. Encaixe 1 cm deste tubo no furo de número 10;
5. Desdobre um clipe e cole-o na régua no risco de número 10 para que sirva de referência;
6. Encaixe a caneta no furo do suporte;
7. Suspenda a régua, encaixando o tubo no clipe em forma de L;
8. Se a régua não ficar em equilíbrio, pegue uma chapa de metal de 2 cm x 1 cm e dobre-a de modo a ficar acavalada na régua, podendo ser deslizada na mesma para direita ou esquerda, até conseguir alcançar o equilíbrio;
9. Dobre os cliques restantes.

Figura 2.2: Construção do experimento utilizado no Roteiro 1.



Fonte: a autora.

Figura 2.3: Equipamento do Roteiro 2 montado.



Fonte: a autora.

Procedimento Experimental

- ⇒ Coloque dois cliques pendurados nos furos de números 6 e 14;
- ⇒ Coloque dois cliques pendurados nos furos de números 6 e 16;
- ⇒ Observe a diferença e o porquê desta diferença: $(1 \text{ clipe} \times 4 \text{ cm}) \neq (1 \text{ clipe} \times 6 \text{ cm})$.

Figura 2.4: Experimento 1: cliques pendurados nos furos 6 e 14.



Fonte: a autora.

Figura 2.5: Experimento 2: cliques pendurados nos furos 6 e 16.



Fonte: a autora.

- ⇒ Coloque um clipe no furo de número 2 e dois cliques no furo de número 14;

Figura 2.6: Experimento 3: um clipe no furo 2 e dois cliques no furo 14.



Fonte: a autora.

⇒ Coloque cinco cliques no furo de número 12 e um no furo de número 0;

Figura 2.7: Experimento 4: cinco cliques no furo 12 e um clipe no furo 0.



Fonte: a autora.

Comentários

1. Crie outras situações até que os alunos compreendam que o efeito do momento depende da força e da distância;
2. Faça os alunos observarem que, quanto maior a distância, menor será a força necessária (a força e a distância, neste caso, são grandezas inversamente proporcionais);
3. Na vida diária, temos uma infinidade de aplicações deste princípio (faça alunos enumerarem algumas).

ROTEIRO 3: OUTRAS ALAVANCAS

Objetivo

Mostrar outros tipos de alavancas, aplicações na vida prática e experimentar novamente o efeito do momento.

Materiais Utilizados

- ⇒ Tábua (25 cm x 6 cm x 2 cm);
- ⇒ Tábua (25 cm x 3 cm x 2 cm);
- ⇒ Arame de 12 cm x 03 mm;
- ⇒ Fita adesiva;
- ⇒ Mola (um pedaço de espiral usado em encadernações ou uma mola que pode ser adquirida em ferragistas);
- ⇒ Alicate.

A Figura 3.1 mostra os materiais utilizados para a elaboração deste experimento.

Figura 3.1: Materiais utilizados no Roteiro 3.

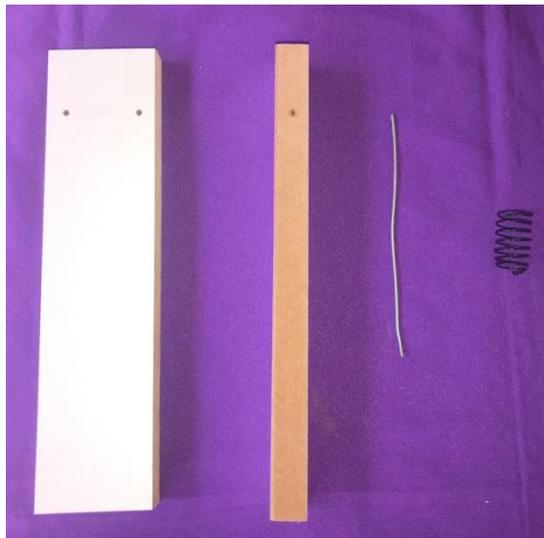


Fonte: a autora.

Construção do Equipamento

1. Faça na tábua maior dois furos com 03 mm de diâmetro a 2 cm da extremidade e separados de 4 cm (veja Figura 3.2);
2. Faça um furo a 2 cm da extremidade da tábua menor no sentido da largura (veja Figura 3.2);
3. Introduza o arame no furo da tábua pequena e depois de introduzido dobre-o em forma de U (veja Figura 3.3). Encaixe as extremidades nos furos da tábua maior;
4. Com a espiral de encadernação faça uma mola de 3 cm de comprimento.
5. Com a fita adesiva enumere três pontos equidistantes A, B e C na tábua de madeira apoiada sobre a mesa (Figura 3.3).
6. O equipamento final montado deverá ficar conforme ilustrado na Figura 3.4.

Figura 3.2: Construção do equipamento do Roteiro 3.



Fonte: a autora.

Figura 3.3: Construção do equipamento do Roteiro 3.



Fonte: a autora.

Figura 3.4: Experimento montado.



Fonte: a autora.

Procedimento Experimental

- ⇒ Coloque a mola na posição A e faça os alunos observarem a força necessária para abaixar a ripa de madeira (Figura 3.5). Os alunos podem aplicar a força na ripa de madeira com a ponta dos dedos;

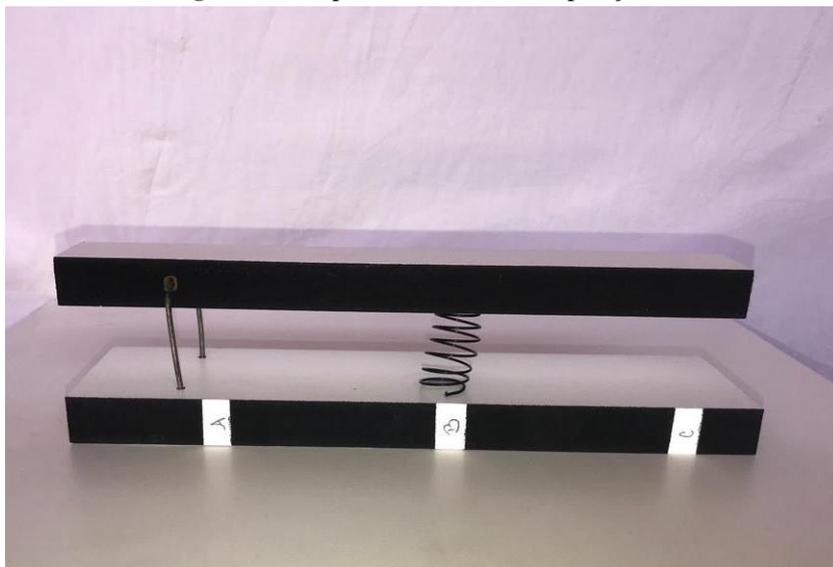
Figura 3.5: Experimento 1: mola na posição A.



Fonte: a autora.

- ⇒ Passe a mola para a posição B e repita a experiência observando a diferença na força aplicada em relação ao item anterior;

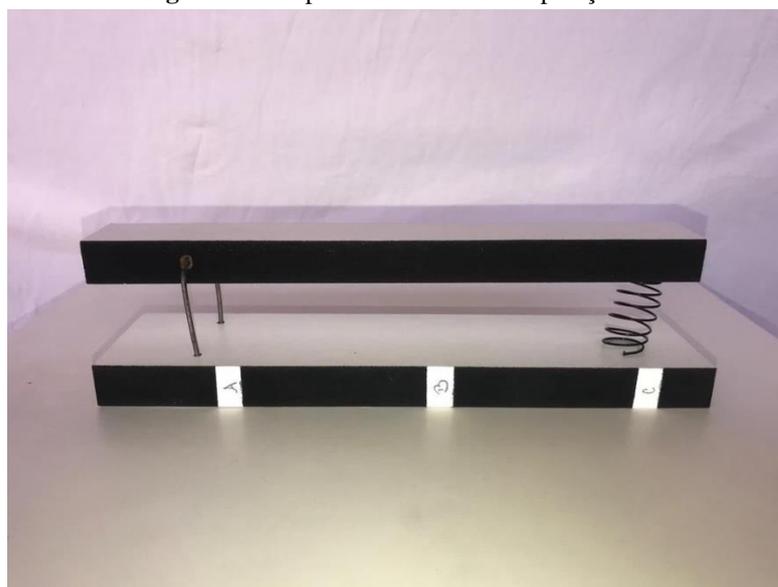
Figura 3.6: Experimento 2: mola na posição B.



Fonte: a autora.

⇒ Repita a experiência com a mola na posição C;

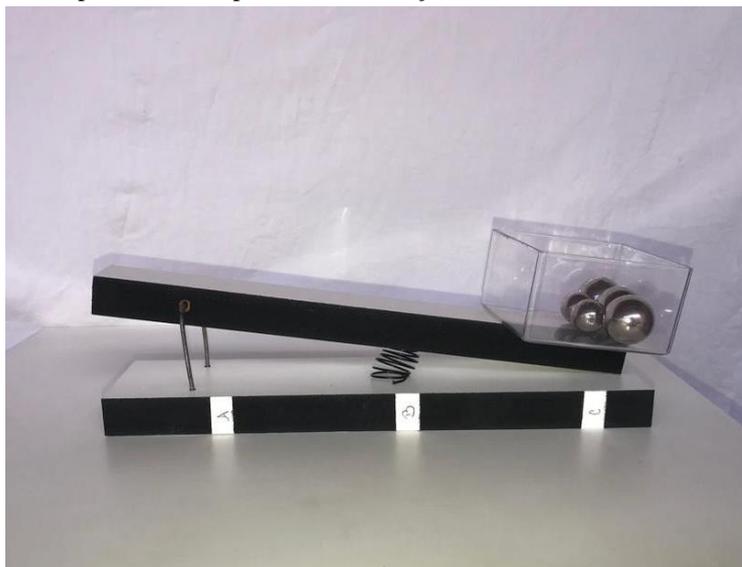
Figura 3.7: Experimento 3: mola na posição C.



Fonte: a autora.

⇒ A força aplicada na ripa de madeira pode também ser originada por uma caixinha com esferas ou outro peso qualquer, como ilustrado nas Figuras 3.8 e 3.9. Você pode usar a caixinha do Roteiro 1.

Figura 3.8: Experimento 4: aplicando uma força utilizando uma caixinha com esferas.



Fonte: a autora.

Figura 3.9: Experimento 5: aplicando uma força utilizando uma caixinha com esferas.



Fonte: a autora.

Comentários

1. Aproveite a experiência para mostrar os três tipos de alavancas: quando se faz força em A, quando se faz força em B, ou quando se faz força em C;
2. Faça os alunos aplicarem estes conceitos a aparelhos que fazem parte da vida deles incluindo o próprio corpo humano, aparelhos de academia de ginástica, etc.

ROTEIRO 4: QUEDA DE CORPOS

Objetivo

Mostrar que o peso não influencia no tempo de queda de corpos quando a resistência do ar pode ser desprezada.

Materiais Utilizados

- ⇒ Duas esferas de rolamento ou pedras (tamanhos diferentes);
- ⇒ Folha de Papel A4 ou ofício;

A Figura 4.1 mostra os materiais utilizados para a elaboração deste experimento.

Figura 4.1: Materiais utilizados no Roteiro 4.



Fonte: a autora.

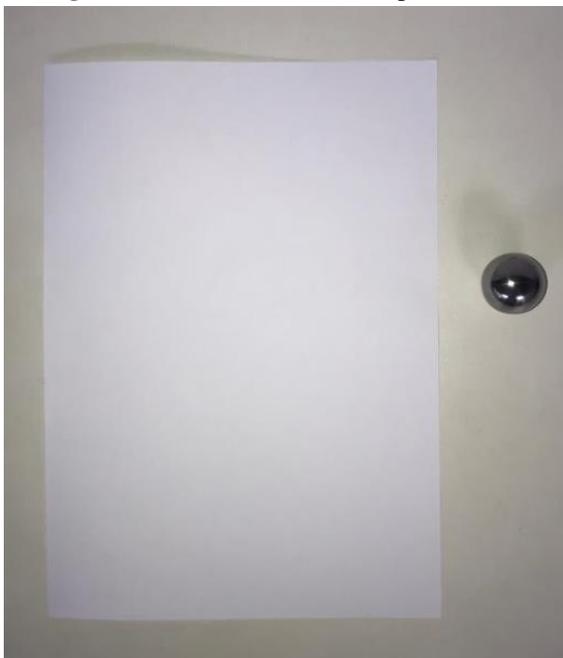
Procedimento Experimental

Vamos dividir a experiência em duas partes:

Experiência 1

- ⇒ No primeiro experimento utilizaremos uma folha de papel e uma das esferas de rolamento (Figura 4.2).
- ⇒ Solte a folha de papel e a esfera ao mesmo tempo e de uma mesma altura. Pode ser de uma altura entre 1,20 m e 1,80 m;
- ⇒ Faça os alunos observarem o experimento e responderem qual deles cai primeiro;
- ⇒ Dobre a folha de papel ao meio (Figura 4.3) e repita o procedimento feito no item anterior. Peça para os alunos observarem a velocidade e o tempo de queda de ambos objetos;
- ⇒ Vá repetindo por diversas vezes o procedimento realizado no item anterior, mas sempre dobrando novamente a folha até a mesma ficar no formato mais próximo possível de uma bola perfeita. Veja Figuras 4.4 e 4.5;
- ⇒ No decorrer dos experimentos, deve ser observado pelos alunos que a diferença entre os tempos de queda dos dois objetos vai diminuindo no decorrer de cada tentativa.

Figura 4.2: Folha e esfera do Experimento 1.



Fonte: a autora.

Figura 4.3: Experimento 1: primeira dobra no papel.



Fonte: a autora.

Figura 4.4: Dobrando cada vez mais a folha de papel



Fonte: a autora.

Figura 4.5: Folha dobrada já quase num formato esférico.



Fonte: a autora.

Experiência 2

- ⇒ Faça a experiência com as duas esferas de tamanhos diferentes, Figura 4.6. Solte as duas esferas ao mesmo tempo e de uma mesma altura. Repetir o experimento quantas vezes julgar necessário. Peça aos alunos para verificarem se alguma das esferas chega primeiro ao solo.

Figura 4.6: Experimento 2.



Fonte: a autora.

Comentários

Inicialmente, antes de fazer este experimento, faça a seguinte pergunta aos seus alunos quando postos de frente da folha de papel e das esferas de rolamento de tamanhos diferentes: “Qual irá atingir primeiro o chão quando soltos de uma mesma altura?” É de se esperar que os alunos respondam que a bola de rolamento maior irá cair no chão primeiro, pois acreditam que o tamanho maior terá um maior peso e conseqüentemente irá chegar primeiro ao solo.

No entanto, não faz sentido analisarmos tais experimentos se não os observarmos levando em consideração a força de resistência do ar sobre os objetos soltos sob a ação da gravidade. No caso da folha de papel sem estar dobrada, a influência da resistência do ar é muito grande. Quando a folha vai sendo dobrada, esta influência fica cada vez menor. No caso das esferas, a influência da resistência do ar é pequena.

ROTEIRO 5: CENTRO DE GRAVIDADE

Objetivo

Mostrar que o centro de gravidade tende a colocar-se o mais baixo possível. Daremos aqui dois roteiros com o mesmo objetivo.

Materiais Utilizados

- ⇒ Tábua de madeira (6 cm x 6 cm x 1 cm);
- ⇒ 11 parafusos grandes;
- ⇒ Chave de fenda;

A Figura 5.1 mostra os materiais utilizados para a elaboração deste experimento.

Figura 5.1: Materiais utilizados para elaboração do experimento do Roteiro 5.



Fonte: a autora.

Construção

1. Fixar no meio da tábua de madeira um único parafuso com ajuda da chave de fenda. Será necessário que o parafuso fique bem firme, mas somente com sua ponta no interior da tábua.

Procedimento Experimental

- ⇒ Após fixar o parafuso numa tábua de madeira, tente de alguma maneira equilibrar os parafusos restantes sobre a cabeça do parafuso que está fixo (veja Figuras 5.2 e 5.3).
- ⇒ Mostre aos alunos que o centro de massa desse sistema está abaixo da cabeça do parafuso fixo na madeira.

Figura 5.2: Vista lateral do experimento montado.



Fonte: a autora.

Figura 5.3: Vista superior do experimento montado.



Fonte: a autora.

ROTEIRO 6: AÇÃO E REAÇÃO

Objetivo

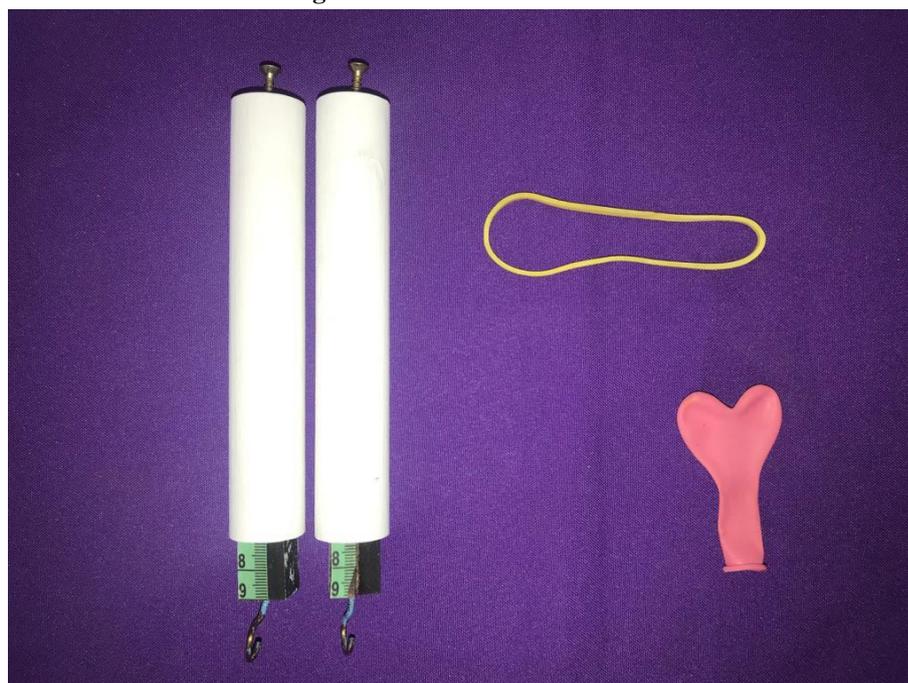
Mostrar que, quando se faz força num sentido, automaticamente surge outra força de mesma intensidade e de sentido contrário, a qual é denominada de “força de reação”.

Materiais Utilizados

- ⇒ Dois dinamômetros;
- ⇒ Elástico (ou liga);
- ⇒ Balão.

A Figura 6.1 mostra os materiais utilizados para a elaboração deste experimento.

Figura 6.1: Materiais utilizados.



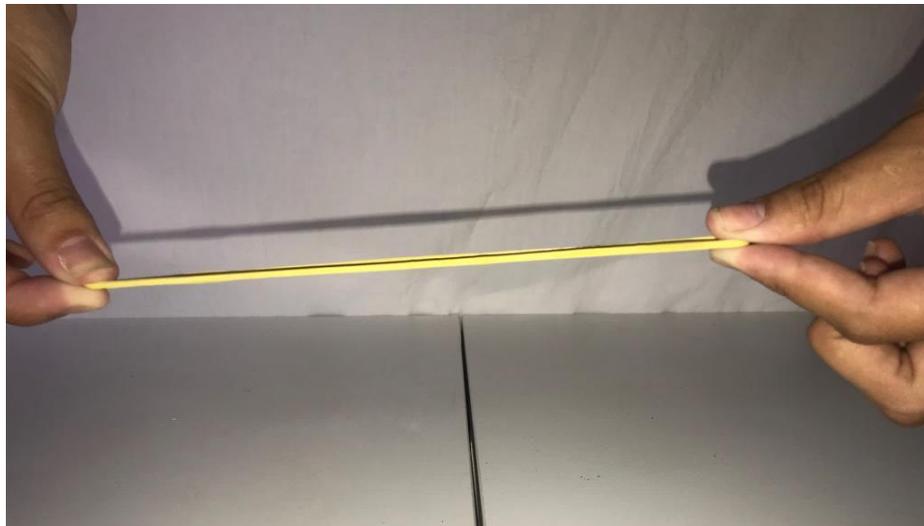
Fonte: a autora.

Procedimento Experimental

- ⇒ Pegue com ambas as mãos o elástico pelas extremidades e separe-as, espichando-o (veja Figura 6.2);
- ⇒ Observe que a força é feita pelas duas mãos simultaneamente em sentidos contrários;

- ⇒ Espicte agora o elástico somente com a mão direita; É possível, sem que a mão esquerda faça força em sentido contrário?

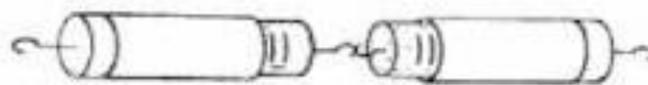
Figura 6.2: Experimento: esticando o elástico com as mãos.



Fonte: a autora.

- ⇒ Junte, pelos ganchos, o seu dinamômetro com o de um aluno e espicte o seu, fazendo um pouco de força (Figuras 6.3 e 6.4);
- ⇒ Observe a força que está fazendo o seu aluno, medida no outro dinamômetro, comparando-a com a sua;
- ⇒ Leve os alunos a tirarem as conclusões;

Figura 6.3: Juntando dois dinamômetros.



Fonte: a autora.

Figura 6.3: Puxando um dos dinamômetros.



Fonte: a autora.

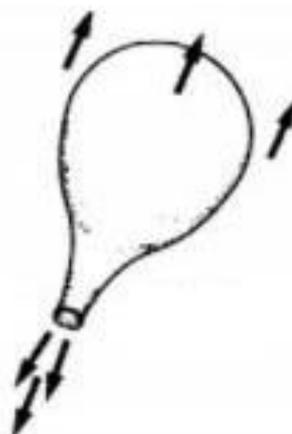
- ⇒ Pegue um balão, encha-o de ar e solte-o com a saída para baixo (Figuras 6.4 e 6.5);
- ⇒ Oriente os alunos a associarem este fenômeno com o anterior;
- ⇒ Oriente os alunos a descobrirem como se movimenta um avião que se desloca utilizando o princípio de ação-reação.

Figura 6.4: Balão cheio de ar prestes a ser solto.



Fonte: a autora.

Figura 6.5: Balão solto no ar se deslocando pelo princípio de ação-reação.



Fonte: a autora.

ROTEIRO 7: PRINCÍPIO DA INÉRCIA

Objetivo

Mostrar a tendência dos corpos a permanecerem no estado em que se encontram: movimento ou repouso.

Materiais Utilizados

- ⇒ Folha de papel A4 ou ofício;
- ⇒ Régua de 30 cm ou ripa (2 cm x 0,5 cm x 40 cm);
- ⇒ Caneta grossa usada tipo marca-texto ou pincel atômico;
- ⇒ Duas superfícies da mesma altura.

A Figura 7.1 mostra os materiais utilizados para a elaboração deste experimento.

Figura 7.1: Materiais utilizados.



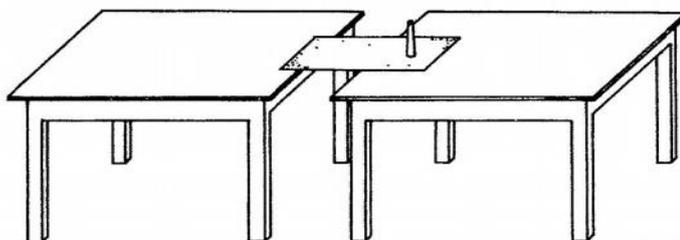
Fonte: a autora.

Procedimento Experimental

- ⇒ Coloque os dois bancos (ou mesas) a uma distância de 10 centímetros uma da outra;

- ⇒ Com o auxílio da régua coloque a folha de papel ofício sobre os dois bancos (ou mesas) centralizados e o marca-texto acima da folha de um dos bancos, como indicado nas Figura 7.2 e 7.3;
- ⇒ Segure a folha firmemente com a mão na parte que está na mesa), e, com a régua, dê uma pancada firme na parte da folha que fica entre a mão e a mesa (Figura 7.4);
- ⇒ Observe o comportamento da caneta marca-texto (se continua em repouso ou se está em movimento);
- ⇒ Faça os alunos relacionarem este fato com o que acontece com os passageiros dentro de um ônibus quando o motorista freia, quando arranca bruscamente, ou quando entra numa curva bastante fechada da estrada.

Figura 7.2: Referência do experimento.



Fonte: a autora.

Figura 7.3: Experimento montado.



Fonte: a autora

Figura 7.4: Experimento.



Fonte: a autora.

Comentários

Faça aos alunos a seguinte pergunta: um passageiro em pé dentro de um ônibus parado que acelera bruscamente tende a ter o corpo jogado para trás ou o manter o repouso? E se o veículo estiver em movimento e frear bruscamente, o corpo do passageiro tende a seguir se deslocando ou entra em estado de repouso? Porque?

ROTEIRO 8: FORÇA CENTRÍPETA

Objetivo

Mostrar que, quando um corpo gira, mesmo com movimento circular uniforme, age sobre ele uma aceleração dirigida para o centro que mantém em movimento em uma trajetória curvilínea. Discutir como um satélite poder girar em torno da terra sem cair.

Materiais Utilizados

- ⇒ Tábua de madeira (6 cm x 6 cm x 1 cm);
- ⇒ Quatro parafusos pequenos;
- ⇒ Fita de cetim;
- ⇒ Duas borrachas;
- ⇒ Chave de fenda.

A Figura 8.1 mostra os materiais utilizados para a elaboração deste experimento.

Figura 8.1: Materiais utilizados no Roteiro 8.

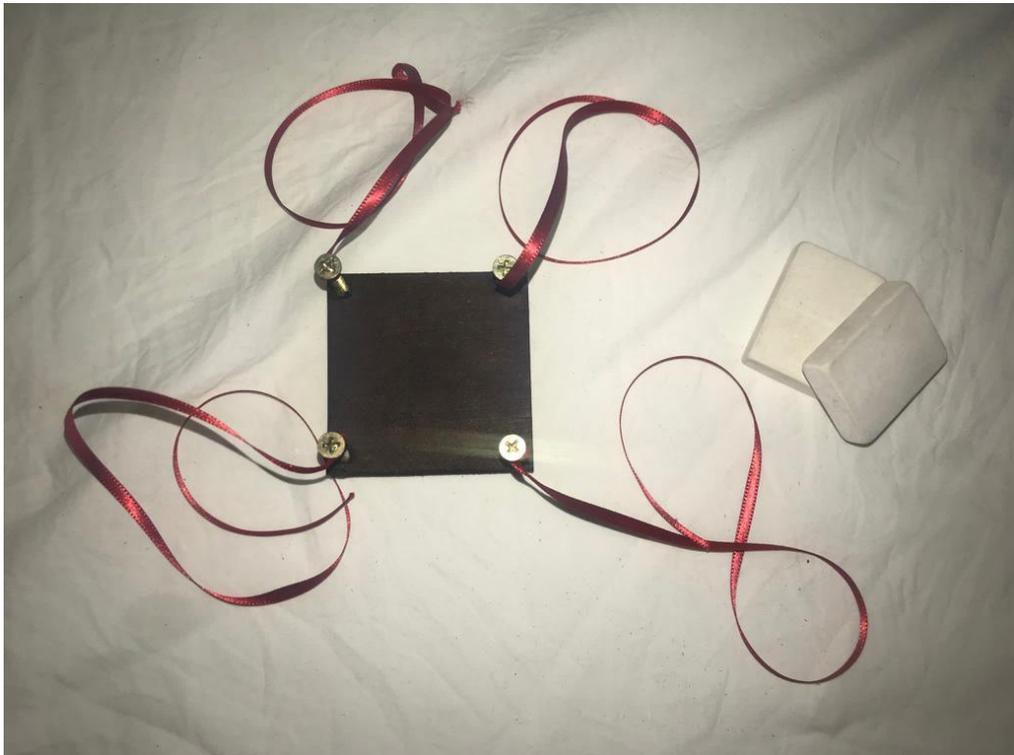


Fonte: a autora.

Construção

1. Com ajuda de uma chave de fenda, fixe 4 parafusos nas 4 extremidades da tábua de madeira (Figura 8.2);
2. Cortar a fita de cetim (ou outra similar) em 4 pedaços de tamanhos iguais;
3. Em seguida amarrar cada pedaço cortado da fita em cada ponta dos parafusos colocados nas extremidades da tábua de madeira (Figura 8.2).

Figura 8.2: Construção.

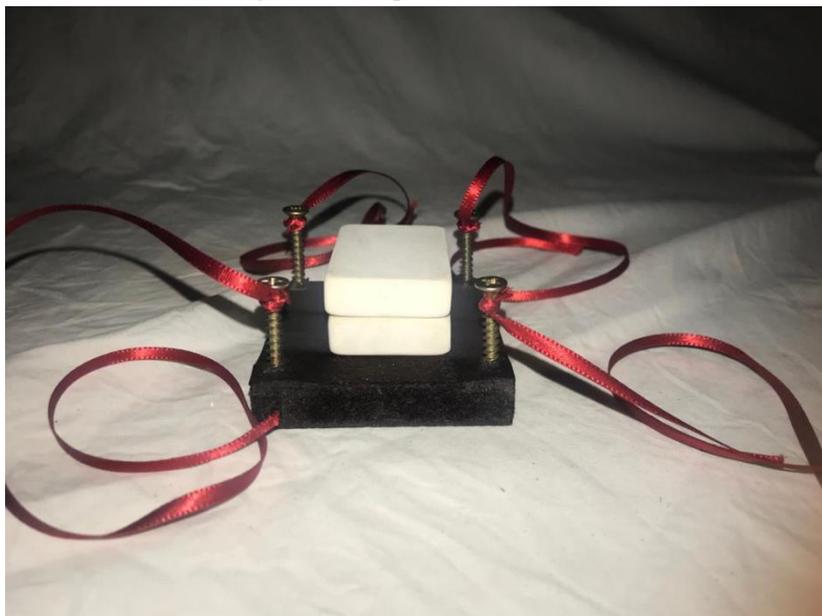


Fonte: a autora.

Procedimento Experimental

- ⇒ Colocar as duas borrachas em cima da tábua de madeira (Figura 8.4);
- ⇒ Segure as pontas soltas das fitas erguendo a tábua da madeira com as borrachas em cima (Figura 8.5);
- ⇒ Em seguida, faça movimentos circulares.

Figura 8.4: Experimento montado.



Fonte: a autora.

Figura 8.5: Experimento.



Fonte: a autora.

ROTEIRO 9: SOMA DE FORÇAS

Objetivo

Determinar experimentalmente a soma de forças (vetores).

Materiais Utilizados

- ⇒ Três dinamômetros;
- ⇒ Duas folhas de papel ofício;
- ⇒ Arame rígido;

A Figura 9.1 mostra os materiais utilizados para a elaboração deste experimento.

Figura 9.1: Materiais utilizados para elaboração do Roteiro 9.

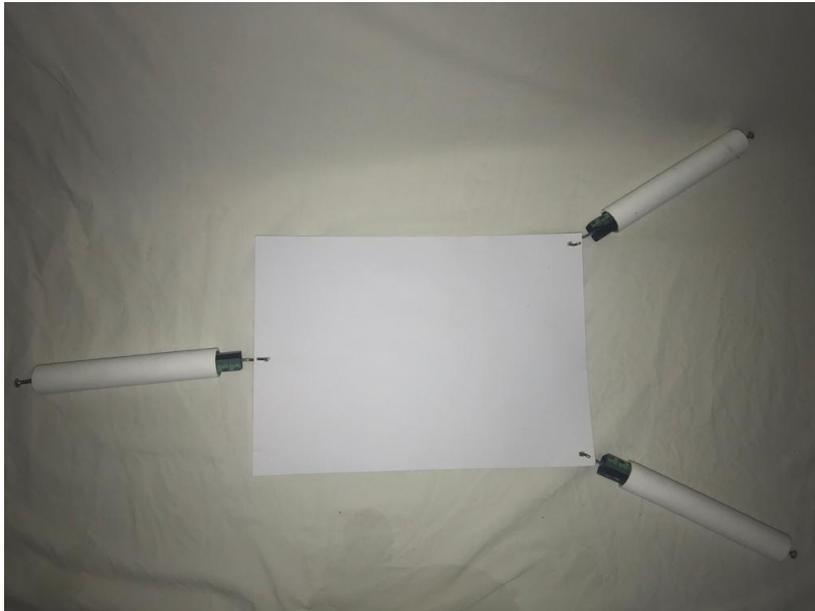


Fonte: a autora.

Construção

1. Construa um triângulo na folha com os três dinamômetros, colando, furando ou amarrando as extremidades. Veja Figura 9.2.
2. Coloque um arame rígido em formato triangular em cima do papel com um dinamômetro conectado a cada vértice do arame triangular, como mostra a Figura 9.3.

Figura 9.2: Folha de papel A4 com dinamômetros formando um triângulo.



Fonte: a autora.

Figura 9.3: Arame rígido formando um triângulo com um dinamômetro em cada vértice.

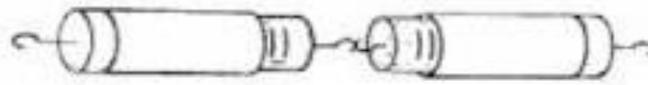


Fonte: a autora.

Procedimento Experimental

- ⇒ Com somente dois dinamômetros engatados pelos seus ganchos, faça dois alunos puxarem os dinamômetros em sentido contrário como ilustra a Figura 9.4. Observe que o efeito de uma força (deformação da mola do dinamômetro) se equilibra com o resultado da outra (força equilibrante);

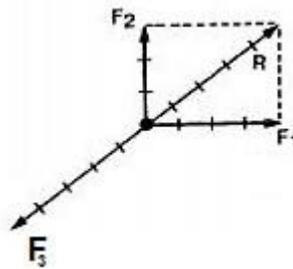
Figura 9.4: Dois dinamômetros engatados pelos seus ganchos sendo puxados em sentido contrário.



Fonte: a autora.

⇒ Engatando três dinamômetros com o triângulo de arame, Figura 9.3, faça os alunos puxarem dois dinamômetros de um lado e um em sentido contrário equilibrando as forças. Faça um desenho na folha de papel mostrando que a força resultante \vec{R} dos dois vetores \vec{F}_1 e \vec{F}_2 se equilibra com o vetor \vec{F}_3 , Figura 9.5. Para obter o vetor \vec{R} utilize a regra do paralelogramo.

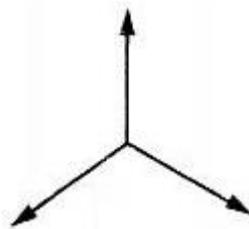
Figura 9.5: Referência do experimento.



Fonte: a autora.

⇒ Repita a experiência com três vetores em 120° , fazendo forças iguais em dois deles (Figura 9.6);

Figura 9.6: Três vetores formando ângulos entre si de 120° .



Fonte: a autora.

ROTEIRO 10: MOVIMENTO RETILÍNEO UNIFORME

Objetivo

Mostrar as características do movimento retilíneo uniforme. Compreender o conceito de velocidade uniforme.

Materiais Utilizados

- ⇒ Tábua (25 cm x 3 cm x 2 cm);
- ⇒ Bloco de madeira (10 cm x 6 cm x 5 cm);
- ⇒ Óleo;
- ⇒ Água;
- ⇒ Cola;
- ⇒ Canudo transparente;
- ⇒ Borracha;
- ⇒ Fita métrica.

A Figura 10.1 mostra os materiais utilizados para a elaboração deste experimento.

Figura 10.1: Materiais utilizados.

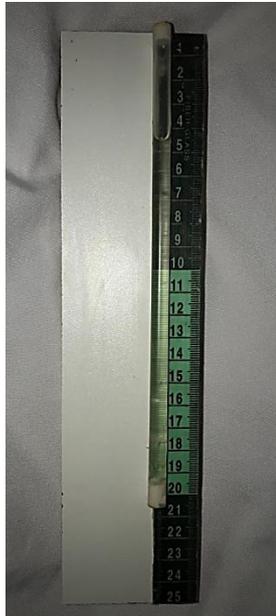


Fonte: a autora.

Construção

1. Cole na tábua de madeira uma fita métrica (veja Figura 10.2);
2. Corte a borracha para tampar as duas extremidades do canudo. Com a cola tampe uma das extremidade do canudo de maneira bem firme;
3. Pelo furo aberto, introduza uma boa parte de óleo e o restante de água. Logo em seguida tampe com ajuda da cola a borracha fechando o furo. Deixe uma bolha de água dentro do canudo (veja Figura 10.3);
4. Cole o canudo na tábua de madeira ao lado da fita métrica.

Figura 10.2: Equipamento finalizado.



Fonte: a autora.

Figura 10.3: Bolha de água dentro do canudo com óleo.



Fonte: a autora.

Procedimento Experimental

- ⇒ Com ajuda do bloco de madeira, coloque a tábua de madeira com o canudo inclinada e observe o deslocamento da bolha de água com o óleo. O movimento da bolha dágua é aproximadamente um movimento retilíneo uniforme, Figura 10.4.
- ⇒ Para a coleta de dados, pode proceder-se da seguinte maneira:
1. Um aluno marca o tempo com um relógio;
 2. Um segundo aluno diz, em voz alta, a posição da bolha de água, no momento que ocorre o movimento da água;
 3. Finalmente, um terceiro aluno anota os dados num caderno para posterior análise.

Figura 10.4: Experimento sendo realizado.



Fonte: a autora.

ROTEIRO 11: MOVIMENTO RETILÍNEO UNIFORMEMENTE ACELERADO

Objetivo

Mostrar o conceito de aceleração.

Materiais Utilizados

- ⇒ Dois tubos de lâmpadas fluorescentes de 120 cm, ou um tubo feito de cano PVC. Para manuseio em sala de aula com os alunos dê preferência à utilização do cano PVC que oferece bem menos riscos que as lâmpadas fluorescentes, as quais podem quebrar com uma pancada;
- ⇒ Duas borrachas elásticas;
- ⇒ Fita de papel (tamanho do tubo) ou fita métrica;
- ⇒ Fita transparente;
- ⇒ Esfera de rolamento (de preferência grande);
- ⇒ Bloco de madeira (10 cm x 6 cm x 5 cm);
- ⇒ Cola;

A Figura 11.1 mostra os materiais utilizados para a elaboração deste experimento.

Figura 11.1: Materiais utilizados.

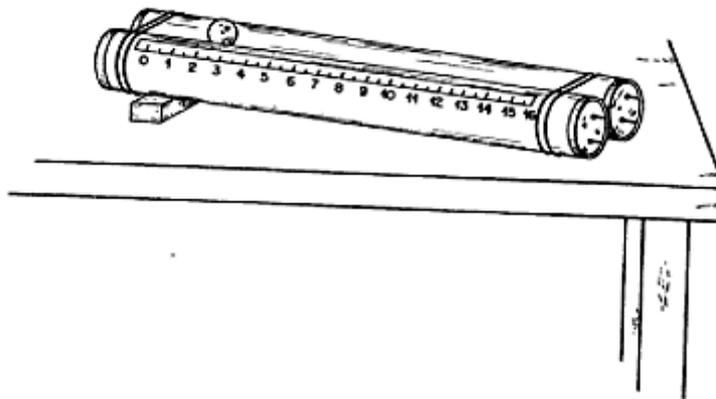


Fonte: a autora.

Construção

1. Cole a fita de papel num dos tubos. Divida-a com traços (0,5 cm a 0,5 cm) e numere 1, 2, 3, 4, etc..., em divisões alternadas, ou cole uma fita métrica no tubo;
2. Amarre os tubos com as borrachas elásticas colocadas nas extremidades, como indicado na Figura 11.2, ou junte-as com uma fita transparente;
3. A bola, ao rolar entre os tubos, não deverá encostar na fita de papel, mas no vidro (ou tubo de PVC).

Figura 11.2: Esquema de montagem do experimento.



Fonte: a autora.

Figura 11.3: Vista superior do experimento montado.



Fonte: a autora.

Figura 11.4: Vista lateral do experimento montado.



Fonte: a autora.

Procedimento Experimental

- ⇒ Coloque o bloco de madeira numa das extremidades dos tubos, de tal modo que a bola deixada em liberdade na mesma extremidade adquira um movimento acelerado, mas não muito rápido, Figuras 11.5 e 11.6;
- ⇒ Uma vez familiarizado com o movimento, faça os alunos observarem que à medida que a esfera desce e o tempo transcorre, a velocidade da bola vai aumentando;
- ⇒ A relação das variações destas duas grandezas (velocidade e tempo) chama-se aceleração;
- ⇒ Faça os alunos observarem que a relação distância/tempo vai aumentando em cada intervalo de dois ou três segundos;
- ⇒ O aluno ou professor pode gravar o movimento de descida com um celular e analisar o movimento em câmera lenta.
- ⇒ Com os dados obtidos, faça os alunos construírem os gráficos do MRUA:

$$d = f(t)$$

$$v = f(t)$$

$$a = f(t)$$

Figura 11.5: Esfera sendo solta da extremidade superior da rampa.



Fonte: a autora.

Figura 11.6: Experimento montado.



Fonte: Autora.

COMENTÁRIOS FINAIS

A realização de atividades experimentais permite que os alunos, além de compreenderem a teoria, participem do processo de construção do conhecimento. No entanto, existe uma escassez de recursos destinados ao estudo da física.

Na tentativa de minimizar este problema, nesta monografia foram apresentadas algumas sugestões de experimentos didáticos elaborados com materiais de baixo custo e de fácil acesso com aplicação direta em sala de aula na disciplina de mecânica. Os experimentos aqui propostos podem ser facilmente recriados pelos professores que ministram esta disciplina. Tais experimentos primam pela observação, um dos princípios básicos (juntamente com a coleta e a separação) do pensamento científico.

Pode-se ter uma adequação de atividades práticas de baixo custo, que são fruto de uma criatividade didática, que tenta melhorar o aprendizado dos alunos através de uma melhor compreensão do conteúdo e ainda levar mais dinamismo para as aulas, estimulando as discussões entre alunos e professor, tirando a passividade do aluno no processo de ensino-aprendizagem. Considerando também que os alunos mudam de postura e ficam mais engajados na medida em que realizam atividades experimentais, percebendo a importância desse processo.

Tais experimentos quando aplicados em sala de aula produzem também uma interação entre os alunos. Os seres humanos são criaturas sociais e comunicativas, pois, em geral, gostam de interagir com outras pessoas e a maior parte da aprendizagem é construída a partir das relações sociais. Mediante a conversa e o diálogo, os alunos chegam à sua própria compreensão de um conceito ou conhecimento. Vale nesse ponto mencionar os estudos e conceitos desenvolvidos por Vygotsky que afirmou que: “... o verdadeiro curso do desenvolvimento do pensamento não vai do individual para o socializado, mas do social para o indivíduo” (Vygotsky, 1984). Vale ressaltar que a aprendizagem colaborativa é caracterizada principalmente pela presença de grupos de alunos que se responsabilizam pela interação que os levará a uma meta comum (Flores & González, 2003).

Os professores podem também sugerir como trabalho para casa que os alunos façam, individualmente ou em grupo, alguns dos experimentos aqui propostos a fim de que estes adquiram um sentimento de criação e de experimentação, levando assim, um novo “conhecimento” aos alunos, tentando despertar neles o interesse pela ciência, mesmo que

estes não venham a seguir a carreira de cientistas ou que não se tornem professores de ciência, mas que adquiram gosto por essa área de conhecimento que tanto tem ajudado ao desenvolvimento humano.

REFERÊNCIAS

ARRIBAS, S. D. **Experiências de Física ao Alcance de Todas as Escolas**. MEC/FAE: Rio de Janeiro, 1988.

BERLITZ, Â. J.; ÁVILA, A. P. **Experiências de Física para o 1^a Grau**, 1^a edição. Unisinos: São Leopoldo, 1996.

BISPO, E. S.; RODRIGUES, C. G. Sugestões de experimentos de fácil acesso para o ensino de termodinâmica. **Physicae Organum**, v. 6, p. 89-102, 2020.

CARVALHO, A. M. P.; GIL-PEREZ, D. **Formação de Professores de Ciências**, 6^a edição. Cortez: São Paulo, 2001.

EHRlich, R. **Virar o Mundo do Avesso e Outras 147 Demonstrações Físicas Simples**, 1^a edição. Gradiva: Lisboa, 1992.

FLORES, M.; GONZÁLEZ, S. Medios ambientes de aprendizaje colaborativo en educacion a distancia: una experiencia en proceso. EGE, **Escuela de Graduados en Educación**, v. 5, pp. 4-12, 2003.

FOLHAIS, C. **Física Divertida**, 1^a edição. Universidade de Brasília: Brasília, 2000.

MARTINS, W. V. A.; RODRIGUES, C. G.; ANDRADE, E. V. O ensino sobre força de empuxo auxiliado por experimentos de fácil acesso. **Revista Mais Educação**, v. 5, pp. 1082-1092, 2022.

VYGOTSKY, L. S. **A Formação Social da Mente**. Martins Fontes: São Paulo, 1984.

RESOLUÇÃO nº038/2020 – CEPE

ANEXO

APÊNDICE ao TCC

Termo de autorização de publicação de produção acadêmica

A estudante Gabriela Ferreira Santos do Curso de **Licenciatura em Física**, matrícula 2018.2.0018.0021-3, na qualidade de titular dos direitos autorais, em consonância com a Lei nº 9.610/98 (Lei dos Direitos do autor), autoriza a Pontifícia Universidade Católica de Goiás (PUC Goiás) a disponibilizar o Trabalho de Conclusão de Curso intitulado **Estudo Sobre a Radiação Térmica**, gratuitamente, sem ressarcimento dos direitos autorais, por 5 (cinco) anos, conforme permissões do documento, em meio eletrônico, na rede mundial de computadores, no formato especificado (Texto (PDF); Imagem (GIF ou JPEG); Som (WAVE, MPEG, AIFF, SND); Vídeo (MPEG, MWV, AVI, QT); outros, específicos da área; para fins de leitura e/ou impressão pela internet, a título de divulgação da produção científica gerada nos cursos de graduação da PUC Goiás.

Goiânia, 30 de junho de 2022.

Assinatura do autor: *Gabriela F. Santos*

Nome completo do autor: Gabriela Ferreira Santos

Assinatura do professor-orientador: *Rodrigues*

Nome completo do professor-orientador: Clóves Gonçalves Rodrigues