DESENVOLVIMENTO DE UM LABORATÓRIO PORTÁTIL PARA ENSINAR FÍSICA

MARCELO WANDERLEY DE ALMEIDA SANTOS

Produto Educacional apresentado Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física no curso de Mestrado Profissional em Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Dr. Alexsandro Silvestre da Rocha

Araguaína, TO
2022

Sumário

1. PRODUTO EDUCACIONAL DESENVOLVIDO **3**

2. Descrição dos experimentos que compõe o FpV **6**

2.1. A Looping Vertical **6**

2.1. B Condução de Calor **14**

2.1. C Câmara Escura **18**

2.1. D Pêndulo Simples **23**

2.1. E Associação de Espelhos Planos **27**

2.1. F Plano Inclinado **29**

2.1. G Gerador de Energia Elétrica **33**

2.1. H Dilatação Térmica da Lâmina Bi metálica **36**

2.1. I Convecção de Calor **39**

2.1. J Elevador Hidráulico **42**

Referências: **47**

1. PRODUTO EDUCACIONAL DESENVOLVIDO

O produto educacional intitulado “Física para Viagem: Um Laboratório Portátil para Ensinar Física” surgiu da necessidade de introduzir aulas experimentais de Física ao ensino fundamental mediante a ausência de infraestrutura laboratorial nas unidades escolares. É importante destacar que o protótipo apresentado neste capítulo foi desenvolvido artesanalmente, ou seja, não possui acabamento em padrões industrializados.

O produto Física para Viagem – FpV, é um conjunto robusto que pode ter uma vida útil longa, sendo de fácil transporte, manuseio e aplicação. Trata-se de um mini laboratório empregando uma mala de viagem, modificada especialmente para inserção de conjuntos educacionais para aulas experimentais ou demonstrações com foco na Física. A maleta possui dimensões aproximadas de 50x35x22 centímetros (altura, largura e profundidade) e peso de 2,5 quilogramas. Possui uma estrutura rígida feita de Acrilonitrila Butadieno Estireno (ABS), um zíper de abertura dupla para fechar e abrir a mala, uma alça regulável e quatro rodas que giram com 360° de liberdade, proporcionando mínimo esforço para conduzir. A figura 5 em destaque abaixo expõe a mala de viagem empregada na confecção do laboratório.

Figura 1: Mala de viagem utilizada no produto.

Fonte: Próprio autor.

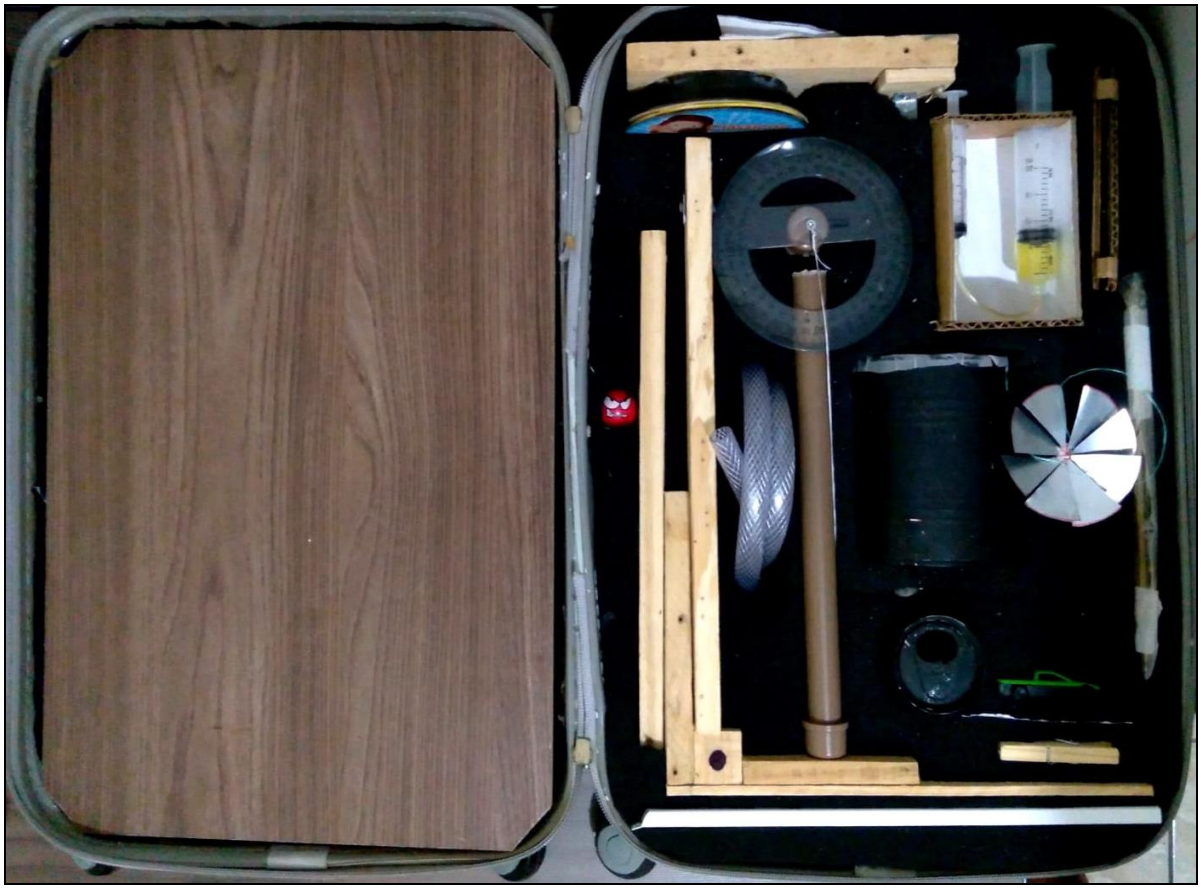
Como é possível observar na figura 5, a mala é composta de duas partes, onde na primeira parte interna da maleta está disponível uma mesa portátil para a disposição dos experimentos durante a aula experimental. O uso da mesa é facultativo por parte do docente (figura 6), sendo está constituída de uma placa de Fibra de Média Densidade - MDF, com formato retangular com dimensões de 47x32x1,5 centímetros (altura, largura e espessura), suporte removível de tubo galvanizado de ¾ de polegadas encaixados por rosca. A mesa possui dois modos de trabalho com alturas distintas, o primeiro modo medindo aproximadamente 22 cm de altura como se pode observar na figura 6-a e o segundo modo da mesa mede cerca de 70 cm de altura (figura 6-b).

Figura 2 - Mesa portátil e de altura ajustável para auxiliar no desenvolvimento dos experimentos. Regulada com a altura de 22 cm (a) e com a altura de 70 cm (b).

Fonte: Próprio autor.

Já a segunda parte interna da mala está preenchida com espuma de densidade D50 (figura 7), medindo 51x36x10 centímetros (altura, largura e profundidade), que acomoda dez experimentos de Física, abrangendo quatro áreas: Mecânica, Térmica, Óptica e Eletricidade/Magnetismo. O FpV é composto pelos experimentos Looping Vertical, Propagação de Calor por Condução, Propagação de Calor por Convecção, Câmara Escura, Pêndulo Simples, Gerador de Energia, Motor Elétrico, Dilatômetro, Associação de Espelhos Planos e Plano inclinado.

Figura 3: Parte interna da maleta expondo a disposição dos experimentos do produto.



Fonte: Próprio autor.

Como é possível observar na figura 7, a pequena mala de viagem comportou todos os experimentos, tornando-se uma excelente alternativa para o mercado educacional. Devemos destacar que investimento, tempo e lucro, determinam o custo-benefício de um produto ou serviço. Hoje em dia no mercado existem vários kits de experimentos de Física, estes podem ser unitários com apenas um experimento ou compostas de vários conjuntos. Por sua vez, um kit de cinemática (por exemplo) chega a custar em alguns sítios de busca, aproximadamente cinco mil reais, em outros lugares um experimento de queda livre em torno de mil reais. Ademais, o mercado oferece conjuntos em caixas ou armários, que dificultam o transporte itinerante.

Diferentemente dos produtos comerciais disponíveis, o conjunto educacional de Física desenvolvido neste trabalho prima pela facilidade e comodidade, ou seja, o FpV poupa tempo ao professor, que não precisa retirar os alunos de sala de aula para um laboratório em outro ambiente da instituição, e por tratar-se de um laboratório portátil de médio porte, o docente pode se deslocar de uma sala de aula a outra puxando o laboratório consigo. Deve-se ainda

levar em consideração que nos dias atuais a maioria das escolas dispõe de poucos recursos para implementar laboratórios de Física/Ciências.

Devemos destacar também que a Física é uma ciência teórica e experimental. Ou seja, o aprendizado desta ciência, mesmo que em nível básico, deve conter experimentos para o educando vivenciar na prática os efeitos descritos por esta ciência.

1. Descrição dos experimentos que compõe o FpV

O produto educacional FpV incorpora em seu arcabouço dez (10) experimentos de Física, que estão descritos em sequência.

2.1. A. Looping Vertical

O Looping é considerado um tipo de manobra que consiste em fazer movimentos circulares em um plano vertical. Esta é uma acrobacia que pode ser realizada por aeronaves, pilotos de MotoCross, acrobatas, brinquedos de parques de diversão, skatistas, entre outros.

O experimento Looping Vertical objetiva demonstrar por meio do movimento circular em um plano vertical a transformação da Energia Potencial Gravitacional (EPG) em Energia Cinética (EC), bem como explicar que a energia mecânica do sistema se conserva. De acordo com a Física, é possível definir energia de várias maneiras, como por exemplo, a Energia Térmica ao produzir calor ou Energia Mecânica ao empurrar objetos. No caso da Energia Mecânica de um sistema, esta consiste na soma da sua Energia Cinética e Energia Potencial, onde a energia cinética (E_c) é o trabalho necessário para colocar um objeto em movimento, partindo do repouso até atingir velocidade (v).

Este experimento que demonstra o efeito citado e que compõe o FpV foi desenvolvido com materiais simples encontrados em lojas de ferragem e de materiais de construção, como mostra a tabela 2.

Tabela 1: Lista de materiais necessários para construção do experimento Looping Vertical

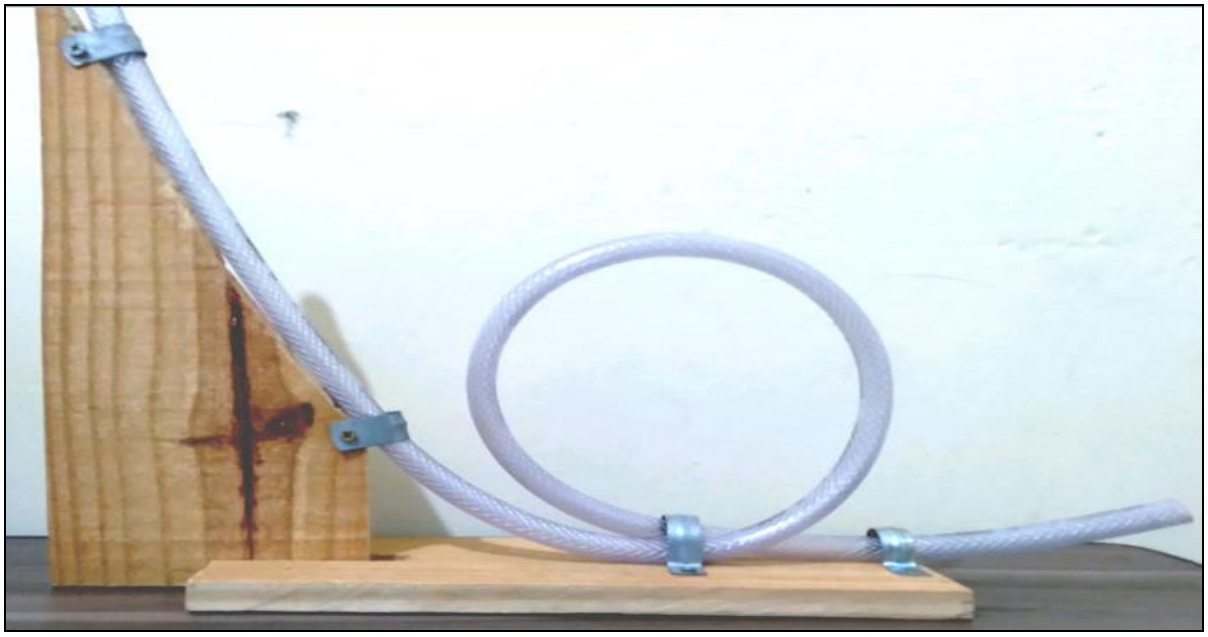
Item	**Quantidade**
Caixote de madeira para transporte de frutas	01
Braçadeira ½ INCA	03
Braçadeira ¾ INCA	01
Parafuso CLIPBORD cabeça chata 3,5x10 mm	08
Mangueira transparente 10 mm de diâmetro (1 metro)	01
Esfera de aço 5 mm diâmetro (Esfera de rolamento)	01
Arco serra	01
Chave Phillips	01

Fonte: Próprio autor.

Como é possível observar na lista de materiais tabelados, o custo para confecção deste aparado foi baixo, não passando de R$ 6,00, sendo dois destes materiais obtidos gratuitamente (Madeira de caixa de frutas e esfera de rolamento descartado).

Para construção artesanal do Looping empregou-se dois retângulos de madeira medindo aproximadamente 18x32 cm (ou do tamanho que desejar) retirados de caixote de frutas. Duas partes de madeira foram cortadas com arco de serra e montadas conforme a figura 8. Uma mangueira transparente de 10 mm de diâmetro foi montada em forma de loop e posteriormente utilizaram-se braçadeiras de forma que ela faça um Loop (volta completa). Utilize Parafuso CLIPBORD cabeça chata 3,5x10 mm e chave PHILLIPS 3/16"X4" 160-3/16X4" PH1 GEDORE. Lembrando que a braçadeira ¾ deve ser utilizada no centro do Looping, isto ajudara obter um diâmetro (ajustável) maior ou menor dependendo do seu interesse (figura 8).

Figura 4: Experimento Looping Vertical.

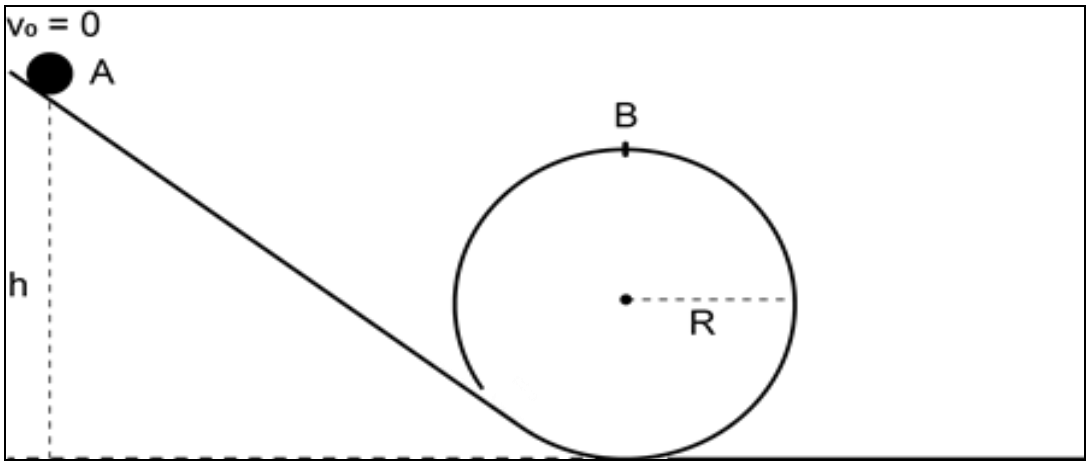


Fonte: Próprio autor.

A maneira de utilizar o Looping é bastante simples, basta inserir uma esfera no ponto mais alto da mangueira e constatar se a mesma consegue completar o Looping Vertical. Isto pode ser mais bem compreendido na figura 9, onde a esfera é inserida no ponto (A) e deve passar pelo ponto (B).

A figura 9 esquematiza o Looping vertical, ilustrando o movimento circular em um plano vertical realizado por uma esfera, onde é possível observar que a realização do Looping depende basicamente da altura de saída da bola e do raio do circulo.

Figura 5: Esquema representativo do Looping Vertical.



Fonte: Próprio autor.

Para provar que este movimento depende da altura e do raio, partimos da equação que descreve o Movimento Retilíneo Uniformemente Variado (MRUV).

$$v^2 = v_0^2 + 2a\Delta x \tag{1}$$

v = velocidade [m/s]

v_0 = velocidade inicial [m/s]

a = aceleração [m/s^2]

Δx = variação do espaço [m].

Inferindo que o objeto saia do repouso, ou seja, com uma velocidade inicial é zero, então fazendo a $v_0^2 = 0$ na equação (1), temos

$$v^2 = 2a\Delta x \tag{2}$$

E de acordo com segunda Lei de Newton (RAMALHO, 1999), que descreve a Força (F) como sendo a multiplicação da aceleração (a) pela massa (m) de um objeto, ou seja, F = m a, podemos isolar a aceleração em função destes componentes (gerando a equação 3) e substituir na equação (2), resultando na equação (4).

$$a = F/m \tag{3}$$

$$v^2 = 2(F/m)\Delta x \tag{4}$$

Como o trabalho mecânico é descrito pela força vezes o deslocamento ($F\ \Delta x$), sendo este a Energia Cinética (E_c), é possível isolar $F\ \Delta x$ da equação (4) (gerando a equação 5) com posterior substituição deste fator pela E_c, tornando a energia cinética dependente da massa e velocidade do objeto (equação 6).

$$m\ v^2\ 2^{-1} = F\ \Delta x \tag{5}$$

$$E_c = m\ v^2\ 2^{-1} \tag{6}$$

Agora, se inferir que o objeto parte de uma velocidade acima de zero, ou seja, $v_0^2 \neq 0$, teríamos então uma variação da Energia Cinética.

$$\Delta E_c = m\, v^2\, 2^{-1} - m\, v_0^2\, 2^{-1} \tag{7}$$

$$\Delta E_c = m\, 2^{-1}\, (v^2 - v_0^2) \tag{8}$$

Já a Energia Potencial Gravitacional (E_p) está relacionada com a força da gravidade (g), que equivale aproximadamente 9,81 m/s^2, estando a uma altitude de 0 km (nível do mar). Quando maior sua altitude, menor será sua gravidade, como é possível verificar na tabela 3.

Tabela 2: Gravidade terrestre relacionada com a altitude

Altitude em (km)	**g (m/s^2)**
0	9,81
1000	7,33
3000	4,53
6000	2,60
9000	1,69
10000	1,49

Fonte: Adaptado de (Paulo, 2002).[1]

Então, para encontrarmos a expressão de E_p, temos que multiplicar magnitude da força gravitacional (F_{peso}), denominada força peso (equação 9), pela altitude (*h*) do objeto, obtendo;

$$F_{peso} = m\, g \tag{9}$$

$$E_p = F_{peso}\, h \tag{10}$$

Substituindo a $F_{peso} = m\, g$ na equação (10), temos;

[1] https://ppgenfis.if.ufrgs.br/mef008/mef008_02/Paulo/Trabalho/campo.html

$$E_p = m\ g\ h \tag{11}$$

Devemos adotar agora a Energia Mecânica (E_m) do sistema como sendo a soma entre E_c e E_p, escrita como;

$$E_m = E_c + E_p \tag{12}$$

Quando não há forças dissipativas (atrito e arrasto) operando no sistema, ocorre apenas à conversão entre elas, então substituindo a equação (6) e (11) na equação (12), encontra-se;

$$E_m = m\ v^2\ 2^{-1} + m\ g\ h \tag{13}$$

Para que o movimento circular no plano vertical seja realizado por um objeto, é necessário calcular a altura mínima necessária para realização do Looping. Neste sentido, iniciamos pela aceleração centrípeta (a_{cp}) que descreve um movimento circular uniforme (M.C.U).

$$a_{cp} = v^2\ R^{-1} \tag{14}$$

a_{cp} = aceleração centrípeta (m/s^2)

R = raio da circunferência (m).

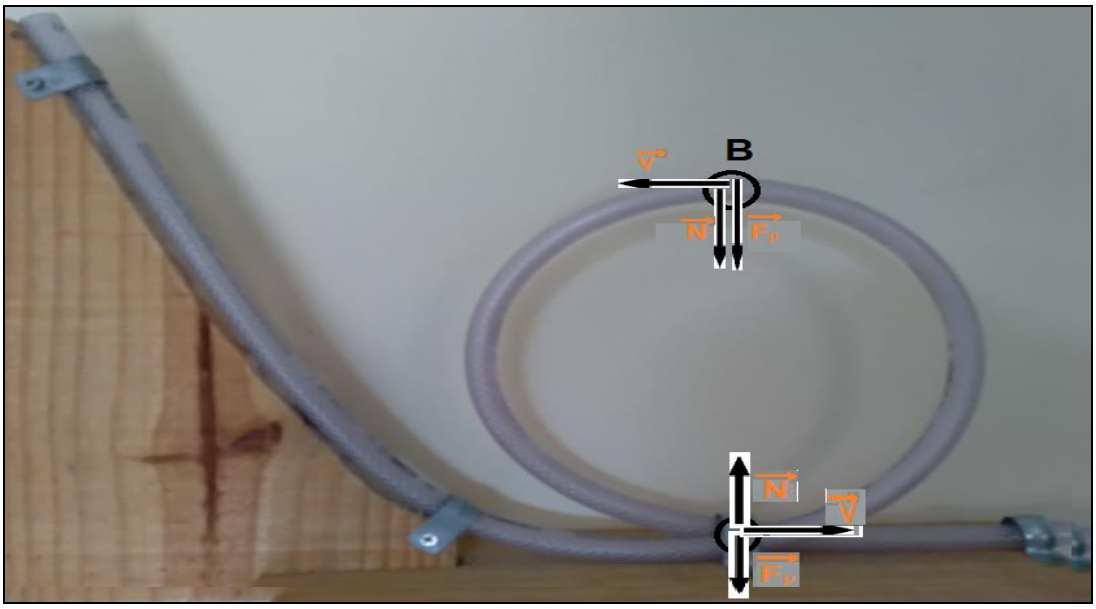
Substituindo a a_{cp} (equação 14) na Força Centrípeta (equação 15) temos a equação (16).

$$F_c = m\ a_{cp} \tag{15}$$

$$F_c = m\ v^2\ R^{-1} \tag{16}$$

Antes do movimento do objeto ser iniciado, temos velocidade nula a uma altura h, onde a energia potencial é máxima, consequentemente a Energia Cinética é nula e Energia Potencial será máxima no ponto A (ver figura 9). Durante o movimento de decida da esfera, sua Energia Potencial diminui transformando-se em Energia Cinética. O ponto B é crítico, pois a esfera precisa de uma velocidade mínima para completar o Looping com êxito. Essa velocidade mínima ocorre quando a normal se iguala à força peso figura 10.

Figura 6: Representação dos vetores no Looping Vertical.



Fonte: Próprio autor.

Então,

$$F_c = F_{peso} \tag{17}$$

Substituindo as equações 16 e 9 na equação 17 obtemos;

$$m\, v^2\, R^{-1} = m\, g \tag{18}$$

Isolando a velocidade e simplificando a massa, temos;

$$v^2 = Rg \tag{19}$$

Dispondo agora do teorema da Energia Mecânica (equação 13) e considerando o h como o diâmetro da circunferência do Looping (h = 2R), encontra-se;

$$E_m = m\, v^2\, 2^{-1} + m\, g\, 2R \tag{20}$$

Substituindo ainda a equação (19) e a Energia Potencial Gravitacional equação (11), esta considerando o *h* com h_1 (altura mínima necessária para completar o Looping), obtemos;

$$m\, g\, h_1 = m\, Rg\, 2^{-1} + mg\, 2R \tag{21}$$

Ao eliminar matematicamente a massa e a aceleração da gravidade presente em todos os termos da equação, sobra;

$$h_1 = R2^{-1} + 2R \tag{22}$$

Resolvendo o mínimo múltiplo comum encontra-se a relação da altura do objeto com o raio do Looping.

$$h_1 = 5R2^{-1} \tag{23}$$

2.1. B. Condução de Calor

Este aparato de transferência de calor por condução possui grande versatilidade e pode ser utilizado tanto no ensino fundamental (7° ano) quanto no ensino médio (2° série). O experimento objetiva demonstrar o processo de propagação de calor por condução, diferenciar materiais condutores de calor (bom ou ruim condutor) e calcular fluxo de calor, ou seja, o experimento de condução serve para demonstrarmos como o calor propaga-se em um material. Os materiais necessários para construção do experimento constam na tabela 4.

Tabela 3: Lista de materiais necessários para construção do experimento Condução de Calor

Item	**Quantidade**
Lata de refrigerante de alumínio	1
Fio de cobre (21 cm x 1 cm x 3mm)	1
Parafusos clipboad	7
Palito de madeira	1
Vela	1
Fósforo	1
Papel alumínio (3x10)cm	1
Cola Branca	1

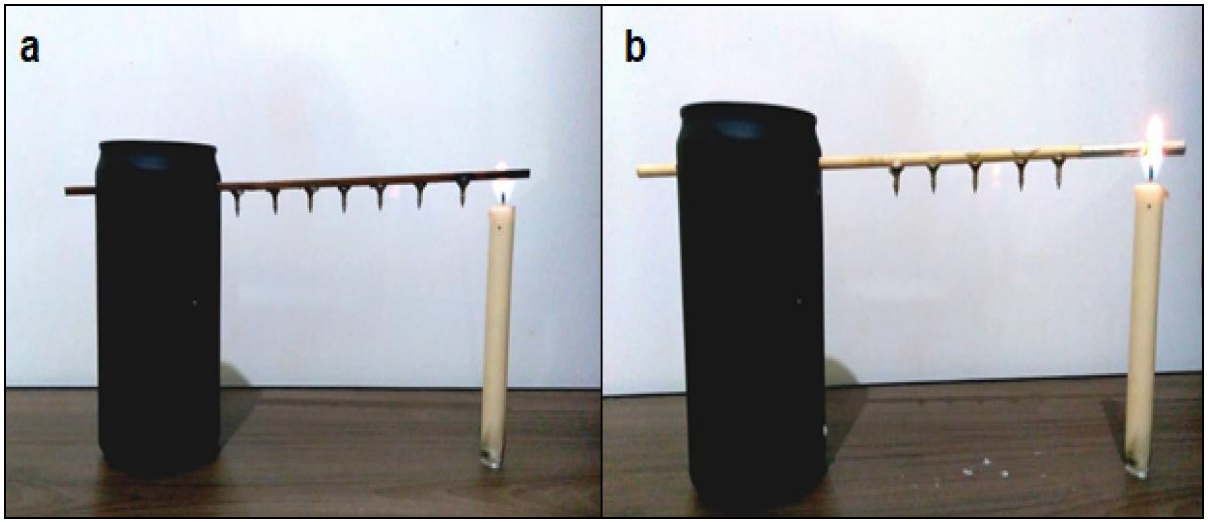
Fonte: Próprio autor.

A construção deste experimento envolve dois materiais distintos (cobre e madeira) para a condução de calor, com o objetivo de observar este fenômeno em diferentes materiais. Cobre como condutor de calor: aqui tenha em mãos a lata de alumínio, faça um furo na parte superior e fixe a haste de cobre (condutora de calor) neste orifício, em seguida ponha pedras, areia ou argamassa dentro da lata para servir de contrapeso para barra de cobre e manter o aparato estável. Fixar os parafusos utilizando a parafina derretida da vela, espere secar para os parafusos fixarem bem. A vela deve ser posicionada de modo que sua chama aqueça da vela à extremidade livre da barra de cobre e observe o que acontece. Finalizado o experimento **não** toque de imediato na barra de cobre, pois foi aquecida e poderá causar ferimentos.

Madeira como condutor de calor: Use como base a mesma lata de alumínio do primeiro experimento, mas agora a nova haste (condutora de calor) é feita com um palito de

madeira para espetinho (para churrasco) e, para impedir que este pegue fogo, é necessário recobrir a ponta do palito com papel alumínio (ver Figura 11-b). Da mesma forma que o experimento anterior, fixe os parafusos à haste com parafina e insira o conjunto no orifício da latinha, posteriormente incida a chama da vela à extremidade da haste (coberta com alumínio) e observe o que acontece. A figura 11 demonstra os experimentos.

Figura 7: Esquema geral de montagem utilizando barra de cobre (a) e palito de madeira (b).



Fonte: Próprio autor.

Este simples experimento (figura 11) é capaz de demonstrar aos alunos a diferença de condução de calor entre materiais, pois após o início do experimento, será possível perceber que o cobre é um bom condutor de calor, ou seja, todos os parafusos irão desprender da haste.

Já o palito de madeira acontecerá o contrário, os parafusos permanecerão fixados, expondo aos alunos que a madeira é mau condutora de calor.

Para entendermos a Física por trás deste experimento é necessário ater-se a alguns conceitos básicos, entre eles, “O que é calor**:** é energia trocada entre um sistema e o ambiente devido a uma diferença de temperatura” (HALLIDAY, 2009, p. 204) ou “uma energia térmica em trânsito de um corpo para outro, devido, unicamente, a uma diferença de temperatura” (MORAES, 2002). Calor, nada mais é do que uma forma de energia, e para essa energia fluir deve existir uma variação na temperatura no objeto, que por sua vez tende ao equilíbrio térmico. Segundo Gonçalves (2004) a temperatura relaciona-se diretamente com a agitação dos átomos e/ou moléculas de um sistema, ou seja, é uma grandeza que mede o quanto as partículas de um objeto ou de um meio estão vibrando, quanto maior for à vibração maior será sua temperatura e quanto menos vibrar menor a temperatura.

Existem três formas de propagação de calor, são elas: condução, convecção e radiação. A propagação por condução necessariamente ocorrer em meio material, passa de partícula para partícula, transferindo o calor devido a uma diferença de temperatura. Este efeito ocorre de forma diferente em cada material, a isto damos o nome de condutividade térmica é a capacidade de conduzir calor.

A figura 12 exemplifica onde podemos visualizar a transferência de calor por condução em nosso dia-dia: quando é colocada uma panela no fogo, se seu cabo fosse de ferro ninguém conseguiria pegar, pois o ferro é um bom condutor de calor (condutividade térmica alta), o que facilita a propagação de calor por todo o material da panela até chegar ao cabo, mas como é utilizada resina sintética resistente ao calor (que possui baixa condutividade térmica) conseguimos pegar em seu cabo sem que esteja quente.

Figura 8: Exemplifica a panela de pressão.

Fonte: adaptado (LILI, 2013).

A condutividade térmica (k) dos materiais citada anteriormente, é uma grandeza constante, e cada material possui características e arranjos próprios. Na tabela 5 é possível visualizar a condutividade térmica de alguns materiais, alta para bons condutores e baixa para maus condutores, denominados isolantes térmicos.

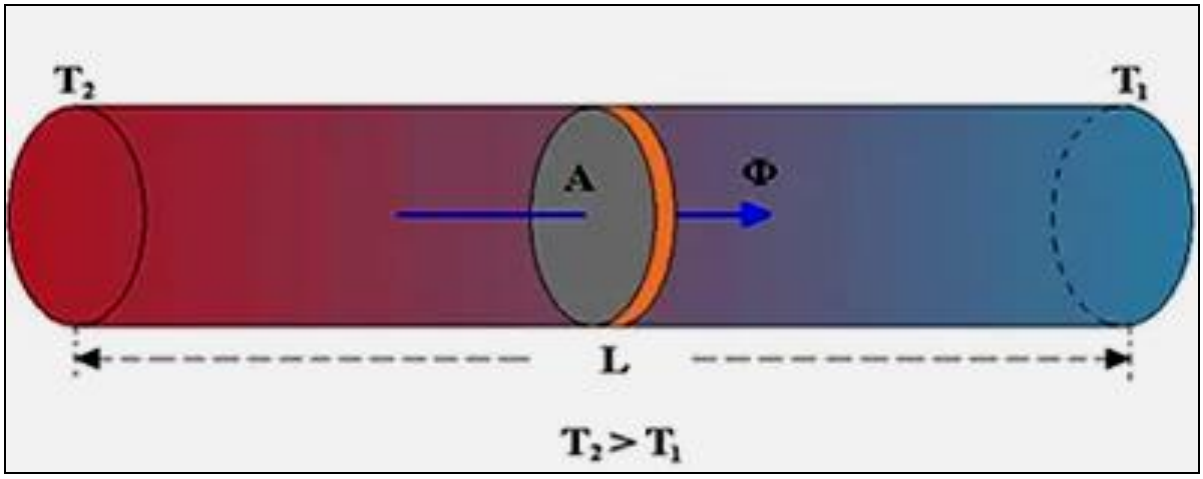
Tabela 4: Condutividade térmica de determinados materiais

TABELA DE CONDUTIVIDADE TÉRMICA	
Material	**K** em cal cm / s cm^2 °C
Oxigênio	0,000056
Ar	0,000057
Madeira	0,0003
Vidro	0,002
Cobre	0,92
Prata	1,01

Fonte: Adaptado de Helou; Gualter; Newton (2010, p. 27).

O fluxo de calor é calculado a partir da Lei de Fourier, desenvolvida pelo matemático e físico francês Jean- Baptiste Joseph Fourier (1768-1830), enunciada como; "Em regime estacionário, o fluxo de calor por condução num material homogêneo é diretamente proporcional à área da seção transversal atravessada e à diferença de temperatura entre os extremos, é inversamente proporcional à espessura da camada considerada" (FOURIER, 1822). A figura 13 ilustra a Lei de Fourier que define o fenômeno de condução térmica.

Figura 9: Ilustração da Lei de Fourier.



Fonte: Brasil escola adaptado (SILVA, 2021).

A figura 13 demonstra o processo de propagação de calor em um material, onde o fluxo de calor (Φ) através da barra é proporcional à área de seção A e à diferença de temperatura entre as duas extremidades ($\Delta T = T_2 - T_1$) e, inversamente proporcional ao comprimento (L) da barra. Matematicamente, podemos escrever o fluxo de calor como o quociente do calor transmitido de uma face para outra, descrito pela letra Q, em um intervalo de tempo (Δt), definido pela equação 25.

$$\Phi = Q/\Delta t \tag{24}$$

$$\Phi = Q/\Delta t = k\ A\ [(T_2 - T_1)\ L^{-1}] \tag{25}$$

Φ - fluxo de calor [cal/s]

Q - quantidade e energia [cal]

Δt – variação do tempo [s]

k – condutividade térmica do material [cal cm cm^{-2} s^{-1} $°C^{-1}$]

A – área da placa [cm^2]

L – espessura da placa [cm]

ΔT – variação da temperatura [°C].

2.1. C. Câmara Escura

Neste experimento, o objetivo é propiciar ao discente a capacidade de diferenciar meios transparentes, translúcidos e opacos, bem como, demonstrar o princípio da propagação retilínea da luz. Aqui, os raios de luz que saem de uma vela acesa entram pelo orifício feito em uma lata (meio opaco) e incidem em um papel vegetal (meio translúcido) posicionado no interior desta lata, obedecendo ao princípio de propagação retilínea da luz ao formar uma imagem invertida da chama. Em seguida apresentamos uma tabela com os materiais envolvidos neste experimento tabela 6.

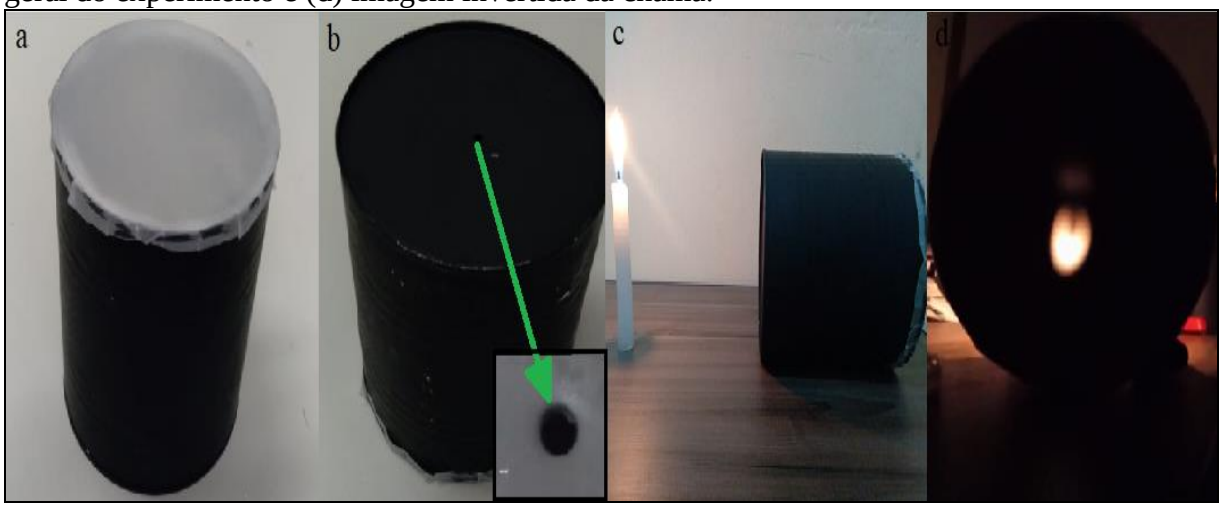
Tabela 5: Lista de materiais necessários para construção do experimento Câmara Escura

Item	**Quantidade**
Lata	01
Papel vegetal	01
Cola	01
Tesoura	01
Vela	01
Fósforo	01
Prego (1 ou 2 mm de diâmetro)	01
Martelo	01

Fonte: Próprio autor.

Como mostrado na tabela 6, para confeccionar o experimento é necessário utilizar uma lata (usamos de leite em pó) vazia sem rótulo, basta cortar o papel vegetal de 2 a 3 centímetros a mais do que o diâmetro da lata. Com o prego em mãos, basta utilizar o martelo ou algo que sirva para fazer um furo central no fundo da lata. Com o papel vegetal recortado, cubra e cole-o (usando cola) na extremidade aberta da lata (onde fia a tampa) certificando-se que o papel esteja bem esticado. Em um ambiente que possa ser escurecido, posicione a lata em uma superfície plana na posição horizontal (de lado), se necessário utilize um lápis ou algo para ela não role. Direcione o orifício da lata para uma vela acesa com mesma altura do raio da lata, escureça o ambiente e observe a imagem gerada no papel. È importante destacar que cuidados devem ser tomados para evitar acidentes, tendo em vista que o experimento utiliza fogo. A figura 14 mostra esquema final de montagem do experimento de Câmara Escura.

Figura 10: Experimento da Câmara Escura, onde (a) mostra a posição do papel vegetal onde a luz da chama será projetada, (b) o orifício de entrada da luz no fundo da lata, (c) a imagem geral do experimento e (d) imagem invertida da chama.

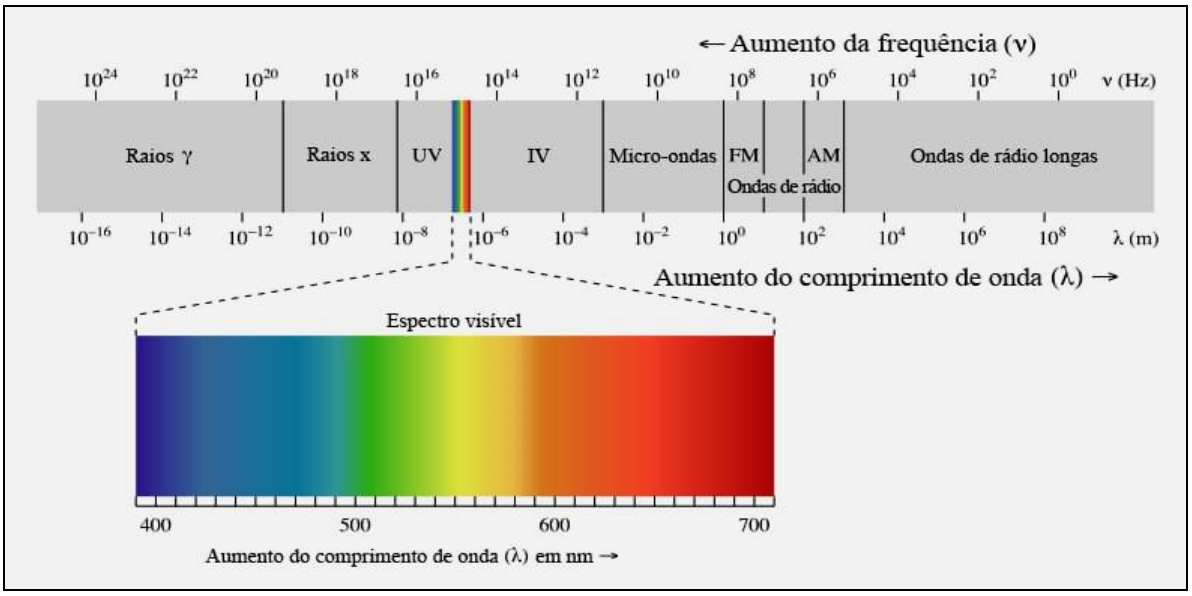


Fonte: Próprio autor.

As imagens da figura 14 mostram a simplicidade do experimento tanto por sua montagem quanto pela forma de ser aplicado. Para chegarmos até o princípio da propagação retilínea da luz precisamos de alguns conceitos da óptica geométrica. Segundo Newton (2010, pág. 278), "Óptica geométrica estuda os fenômenos ópticos com enfoque nas trajetórias seguidas pela luz. Fundamenta-se na noção de raio de luz e nas leis que regulamentam seu comportamento". Faz-se necessário saber que a luz é uma onda eletromagnética e que viaja a uma velocidade de aproximadamente 300.000 km/s ou 300.000.000 m/s. Em notação científica de maneira mais simplificada, pode-se escrever a velocidade da luz como sendo de $3{,}00 \times 10^8$ m/s.

Em seu espectro visível (visível ao olho humano) a luz possui comprimento de onda na faixa de 400nm a 700nm, conforme podemos visualizar em destaque na figura 15 abaixo.

Figura 11: Quadro ilustrativo do espectro eletromagnético.



Fonte: Khan Academy[2].

Por sua vez, a luz visível no campo da óptica pode ser definida como sendo o agente físico que, atuando nos órgãos visuais, produz a sensação de visão (NEWTON, 2010).

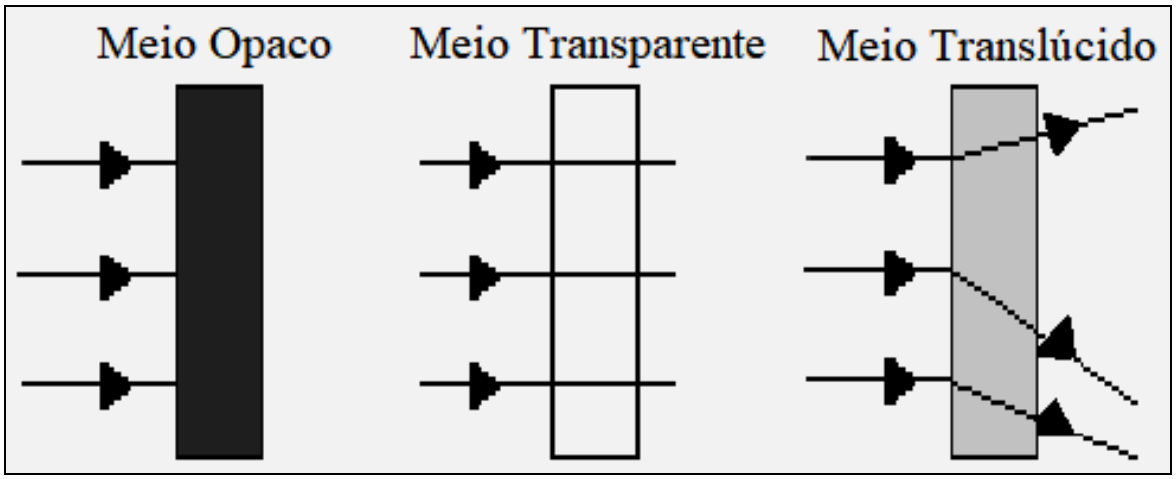
As aplicações da óptica são vastas em nosso cotidiano, entre elas destacam-se o uso de lentes de óculos para correção de defeitos na visão, como miopia, hipermetropia, astigmatismo entre outras. Entre outros exemplos, temos Telescópios que são utilizados para observar objetos a longas distâncias, o Microscópio, que é um equipamento capaz de ampliar imagem que são microscópicas (muito pequenas) impossíveis de se visualizar a olho nu, Periscópios que são utilizados em submarinos, também foram muito utilizados nas guerras para visualizar os inimigos a partir da trincheira, Lunetas para amplia a visão de quem está observando, Fibra óptica por onde trafegam dados em forma de feixes de luz.

Em nosso planeta, a luz sofre interferência de um meio, que pode ser caracterizados por meio opaco, transparente ou translúcido. O meio é dito opaco quando este não permite a passagem da luz, um exemplo seria uma lata usada no experimento, que ao receber luz, uma parte é absorvida e transforma-se em energia térmica e a outra parte é refletida. Os meios transparentes são aqueles em que a luz incidente é capaz de atravessá-lo fazendo trajeto

[2] - Disponível em:< https://pt.khanacademy.org/science/physics/light-waves/introduction-to-light-waves/a/light-and-the-electromagnetic-spectrum> acesso em Jan. 2021.

regular, exemplo disso é o vácuo, já o meio translúcido possui característica específica que a luz incidente sobre ele apresenta uma trajetória irregular, exemplo disso é o papel vegetal. Na figura 16 abaixo é possível visualizar os meios: opaco, transparente e translúcido.

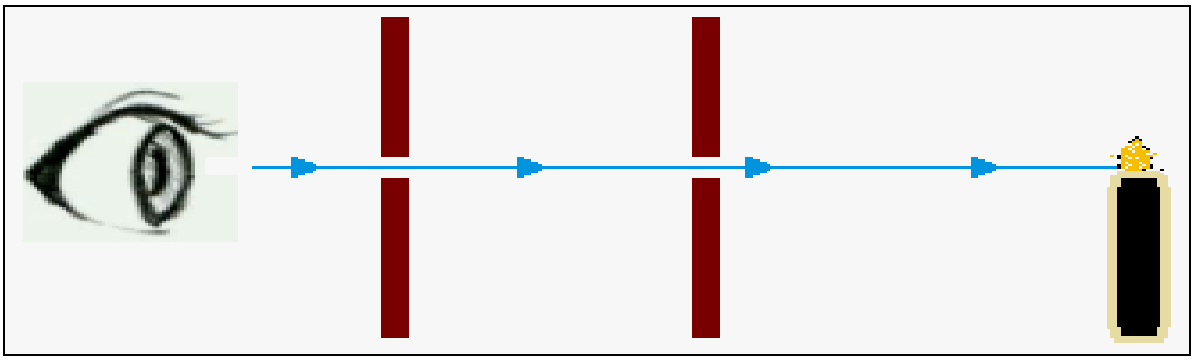
Figura 12: Exemplificação dos meios: opaco, transparente e translúcido.



Fonte: Próprio autor.

Então a figura 16 ilustra melhor a interferência do meio sobre a trajetória da luz, onde o meio transparente não causa interferência (não distorce a imagem), o translúcido interfere na passagem dos raios luminosos (distorcendo a imagem) e o opaco impede a passagem de luz. Portanto, o Princípio da propagação retilínea da luz (NEWTON, 2010) nos diz que a luz propaga-se em linha reta no vácuo ou em meio homogêneo, onde suas características são semelhantes. A figura 17 posicionada a seguir nos demonstra este princípio de forma clara.

Figura 13: Visualização do princípio de propagação retilínea da luz.



Fonte: Próprio autor.

Com este exemplo é possível inferir que o olho só conseguirá enxergar a luz proveniente da vela caso esta esteja alinhada juntamente às duas barras de orifício iguais.

2.1. D. Pêndulo Simples

O experimento do pêndulo simples, como o próprio nome já diz, é um sistema simples que possui um fio fixo em uma haste com sua outra extremidade presa em uma massa e, caso seja retirado de sua posição de equilíbrio, oscila. Os objetivos deste experimento são possibilitar ao aluno o contato com o movimento harmônico simples, calcular e entender que o período do pêndulo não depende da massa, bem como estimar o valor da gravidade na terra.

Para construir o Pêndulo Simples, foram utilizados os seguintes materiais, ver tabela 7.

Tabela 6: Materiais necessários para construção do pêndulo simples

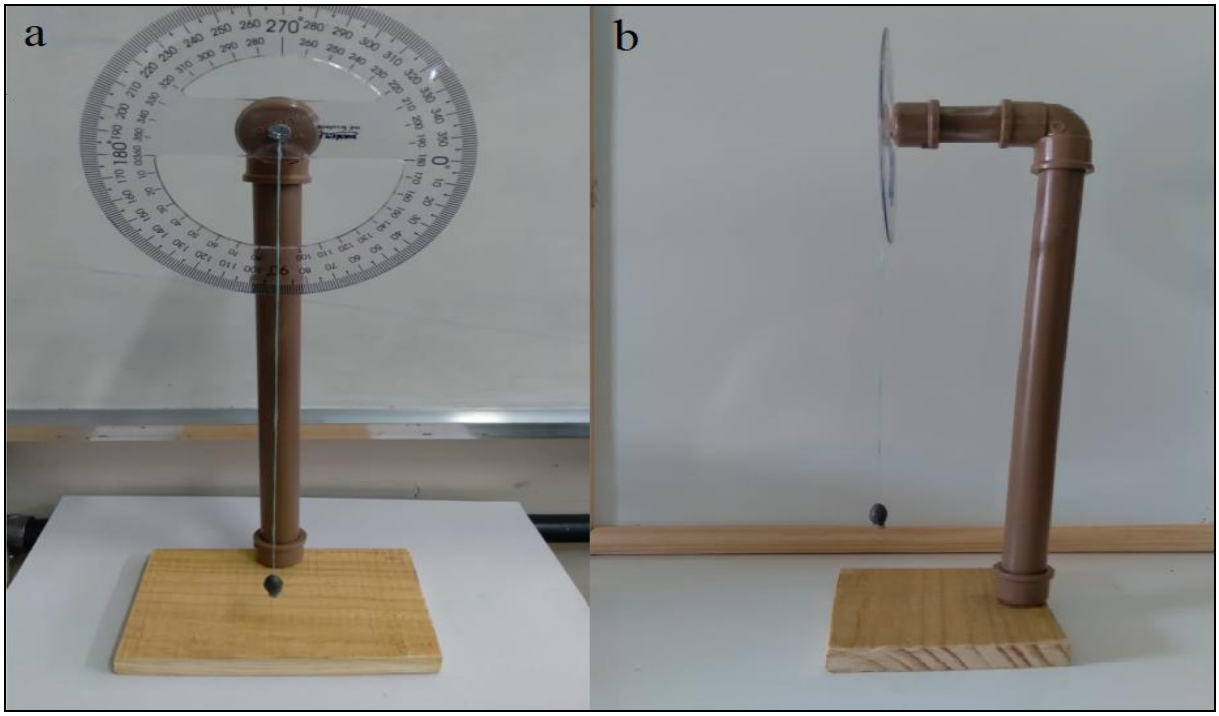
Material	**Quantidade**
Tubo cano PVC 20 mm por 1 m	01
Cap de PVC 20 mm	02
Joelho PVC 20mm	01
Parafusos clipboard	03
Chumbada de pesca	01
Transferidor plástico 360° ou 180°	01
Retângulo de madeira (8 x 12) cm	01
Fio dental 25 cm	01
Arco serra	01

Fonte: Próprio autor.

Como pode ser visto na Tabela 6, os materiais empregados na montagem do experimento são simples e fáceis de serem adquiridos, com um custo aproximado de R$ 6,30. A montagem do aparato começa separando a base, um retângulo de madeira com dimensões de 8 por 12 cm. Depois, faça um furo no centro do transferidor e usando um parafuso clipboard fixe-o centralizado em um dos caps de PVC (ver figura 18), mas não se esqueça de deixar um pequeno espaço entre o transferidor e a cabeça do parafuso, para amarrar o fio que compõe o pêndulo. Agora corte dois pedaços de cano, um medindo 8 cm e outro com 40 cm. Prenda o joelho de PVC 20 mm em uma extremidade do cano de 40 cm e na outra use um

cap, posteriormente parafuse a base ao cano de 40 cm pelo lado do cap. Usando o cano de 8 cm, fixe em uma extremidade o conjunto cap/transferidor e a outra introduza no joelho de PVC preso ao cano de 40 cm (ver figura 17-8). Amarre o pedaço de fio dental de 25 cm com a chumbada em sua extremidade ente à cabeça do parafuso e do transferidor. O esquema geral de montagem do experimento de pendulo simples está demonstrado na figura 18, abaixo.

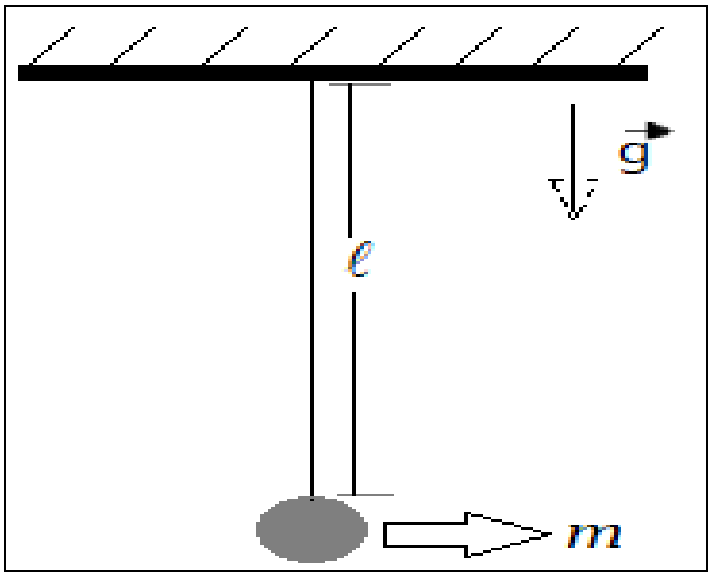
Figura 14: Esquema geral do pêndulo simples, sendo (a) uma imagem frontal e (b) lateral.



Fonte: Próprio autor.

A figura 18 demonstra um aparato experimental para estudar os fenômenos Físicos envolvidos no movimento de um pêndulo simples, mas é sabido que existem outros tipos de pêndulos; Pêndulo Físico, Pêndulo de Torção, Pêndulo de Foucault, Pêndulo de Newton e outras variantes dos mesmos pêndulos. O pêndulo simples possui fio maleável, flexível e de massa desprezível em relação à massa fixa à sua extremidade. Na figura 19 abaixo podemos ver um esquema do pêndulo simples.

Figura 15: Esquema geral de um pêndulo simples.



Fonte: Próprio autor.

Como é possível observar na figura 19, o movimento deste conjunto deve levar em consideração alguns fatores pré-determinados, com a massa (m), o comprimento do fio (L) e a gravidade (g). O movimento pendular deste aparato (pêndulo simples) é denominado movimento harmônico simples, sendo descrito pela grandeza física denominada Período (T), ou seja, é o intervalo de tempo que objeto leva para retornar a sua posição original de lançamento (percorrer toda a trajetória), já que o movimento pendular é periódico. Matematicamente o Período é escrito como na equação 26.

$$T = 2\pi\,(L/g)^{1/2} \tag{26}$$

T – período do pêndulo [s]

L – comprimento do fio [m]

g – gravidade local [m/s^2].

Então, para pequenos ângulos (menores que 10°), este período pode ser aplicado ao pêndulo simples. Fazendo uso deste sistema, é possível calcular o valor da gravidade local, para tanto basta elevar ambos os membros ao quadrado e rearranjar os termos. A expressão

final para gravidade em função do comprimento da haste e quadrado do período é dada pela equação 27.

$$g = (4\,\pi^2\,L)/\,T^2 \qquad (27)$$

Para ensinar os estudantes a utilizar o experimento na medição da gravidade local, meça o comprimento L do fio, ponha o pêndulo para oscilar aproximadamente 10° da origem. Com auxílio de um celular ou relógio meça o tempo necessário para fazer dez oscilações completas, após isto, divida o resultado por dez e anote o valor na tabela, repita este passo cinco vezes (no mínimo). Preencha uma tabela, como exemplificada na tabela 8 e faça os cálculos utilizando a expressão (27).

Tabela 7: Medidas de tempo para o cálculo da gravidade local

Comprimento do fio (Pêndulo Simples)	L = 25 cm = 0,25m = 1/4 m
Medida de tempo 01	
Medida de tempo 02	
Medida de tempo 03	
Medida de tempo 04	
Medida de tempo 05	

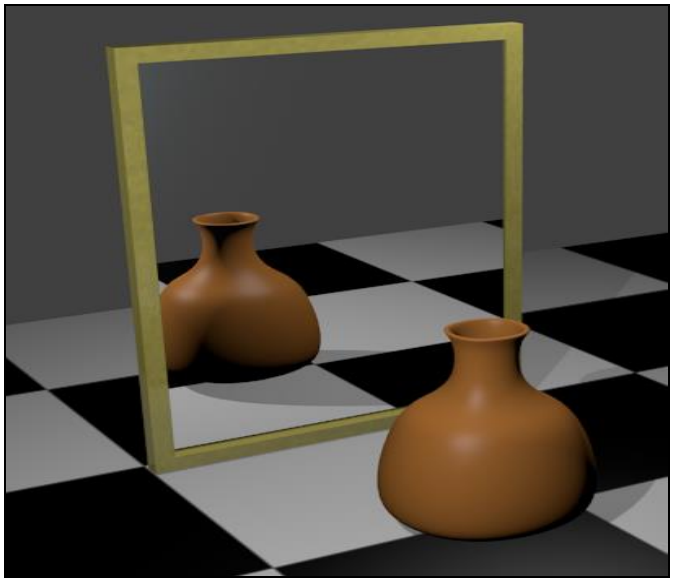
Fonte: Próprio autor.

Perceba na tabela 8 que existem várias medidas de tempo (no caso 5), ou seja, divida o experimento em grupos e deixe que cada um faça sua própria medida, isto mostrará aos estudantes que o observador ou os equipamentos envolvidos são importantes na experimentação, podendo ocorrer variações nas medidas de um grupo para o outro.

2.1. E. Associação de Espelhos Planos

O experimento Associação de Espelhos Planos tem como objetivo levar conhecimento sobre ótica geométrica e fazer com que o educando consiga calcular o número (n) de imagens refletidas por ele. Os espelhos são amplamente utilizados como objetos decorativos e funcionais nas atividades do dia-dia, como por exemplo, utilização em submarinos (periscópio), veículos blindados, espelho retrovisor de veículos, etc. Espelhos são estruturas altamente polidas que conseguem refletir a luz incidente sobre ele, ou seja, refletir uma imagem. O espelho plano é aquele que possui superfície plana, sem imperfeições que possam distorcer a imagem. Abaixo podemos observar um espelho plano figura 20.

Figura 16: Exemplo de espelho plano.



Fonte: adaptado wikpedia (CONTRIBUIDORES. 2021).

Este experimento utiliza os espelhos planos em associação, ou seja, posicionados lado a lado para multiplicar o número de imagens do objeto inserido entre eles. Para tanto, basta variar o ângulo (α) entre eles. Matematicamente, a multiplicação do número de imagens (n) do objeto é calculada pela expressão (28).

$$n = (360\ \alpha^{-1}) - 1 \qquad (28)$$

Agora, para a confecção do experimento faz-se necessário os materiais anotadas na tabela 9.

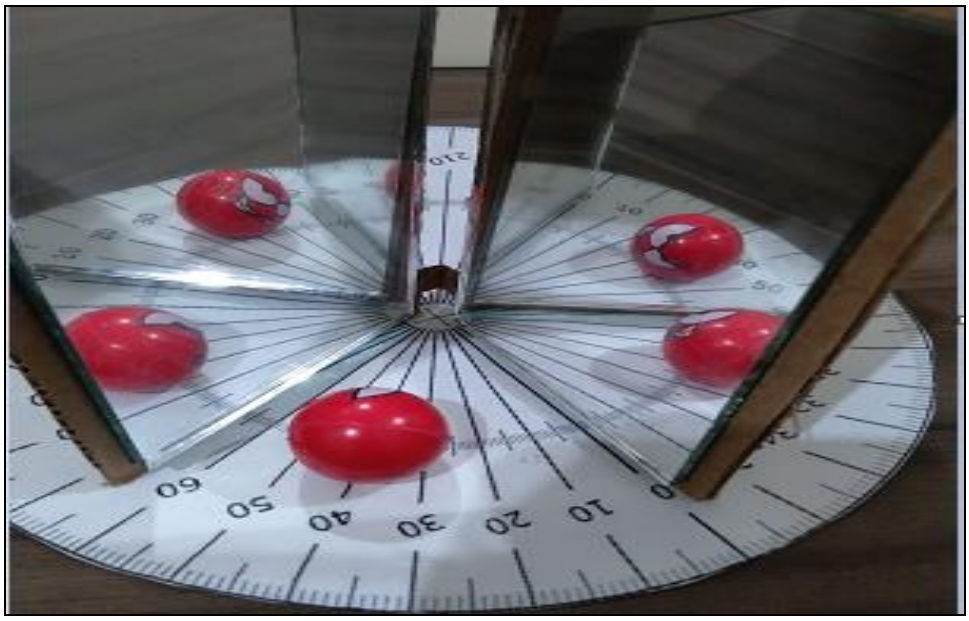
Tabela 8: Materiais necessários para construção da Associação de Espelhos Planos.

Material	**Quantidade**
Espelho (7x12)cm	02
Pedaço de papelão	01
Tesoura ou Estilete	01
Cola quente	01
Esfera ou objeto diverso	01
Impressão de transferidor 360°	01

Fonte: Próprio autor.

Como pode ser observado na tabela 9, o experimento proposto envolve materiais de baixo custo e depende de poucos recursos. Para confeccionar o aparato tenham em mãos dois espelhos, cole-os ao papelão utilizando cola quente, lembre-se de deixar o papelão ligeiramente maior que os espelhos, para evitar acidentes cortantes. Utilize outro pedaço de papelão para fazer dobradiça, unido os dois conjuntos papelão/espelho, espere alguns minutos e veja se está firme, se estiver, o experimento pode ser utilizado. A figura 21 permite visualizar a formação de várias imagens com o aparato desenvolvido.

Figura 17: Experimento associação de espelhos planos.



Fonte: Próprio autor.

Para utilizar o experimento, basta posicionar o objeto entre os espelhos planos, escolher/medir o ângulo e observar o número de imagens geradas, que podem ser comprovadas matematicamente por meio da equação (28). Deve-se salientar que quando a razão entre (360/α) for número ímpar a bola deverá estar no plano bissetor ao ângulo alfa, ou seja, no centro do ângulo, para ângulo alfa par teremos a bola pode estar em qualquer posição.

2.1. F. Plano Inclinado

O entendimento do uso do Plano Inclinado remonta há mais de 4500 anos, sendo utilizado, por exemplo, na construção das pirâmides de Gizé. Plano Inclinado pode ser considerado uma Máquina Simples, por ser empregado como um tipo de ferramenta que facilita o trabalho cotidiano, tornando algumas atividades mais fáceis e eficientes, diminuindo assim o tempo para determinada atividade. O conceito de Máquina Simples é definido como aquela que faz somente um tipo de movimento, exemplo o Plano Inclinado.

Ao propor este experimento (Plano Inclinado), objetiva-se levar ao estudante o conhecimento das forças atuantes em um corpo que se encontra neste sistema, bem como calcular a resultante das forças que atuam em um corpo que desce em velocidade constante.

O experimento de Plano Inclinado é composto pelos materiais descritos na tabela 10.

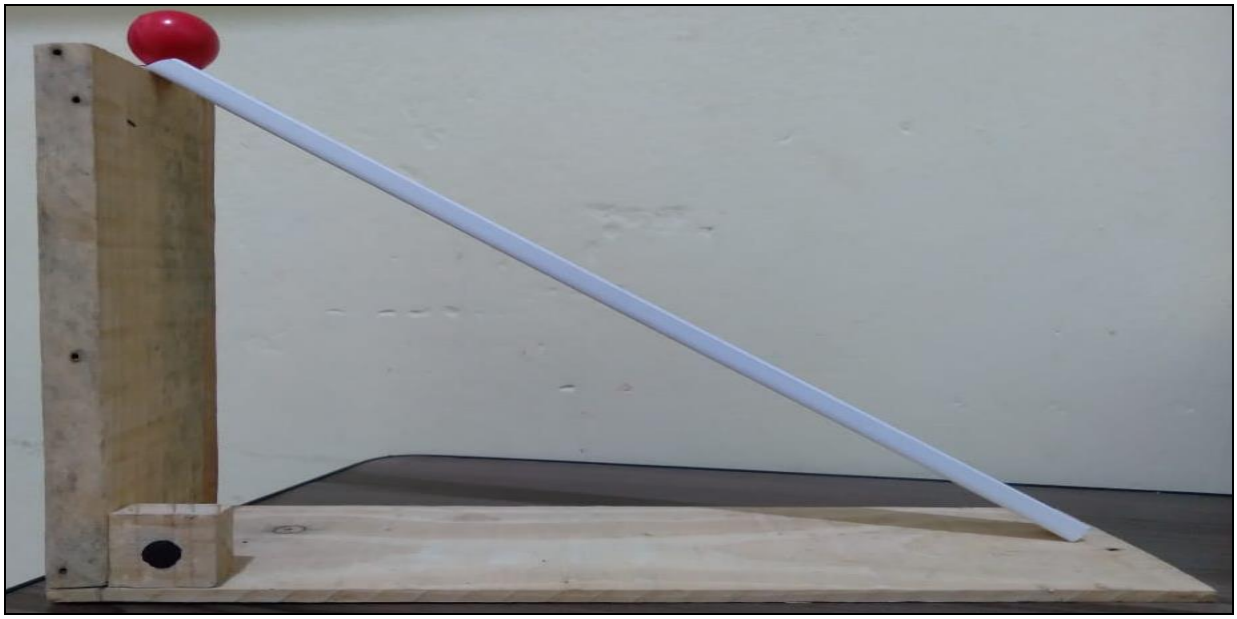
Tabela 9: Lista de materiais necessários para construção do experimento Plano Inclinado

Item	**Quantidade**
Canaleta pvc	01
Madeira pinus	01
Esfera	01
Cola	***
Parafuso Clipboard	03
Arco serra	***
Chave phillips	***

Fonte: Próprio autor.

Por envolver materiais simples (tabela 10), a montagem do experimento também é fácil (ver figura 22). Pegue os retângulos de madeira cortados e prenda-os com parafusos formando um ângulo reto (utilize a chave Phillips), corte a canaleta de PVC do tamanho pretendido e posteriormente fixe com parafuso na extremidade mais alta.

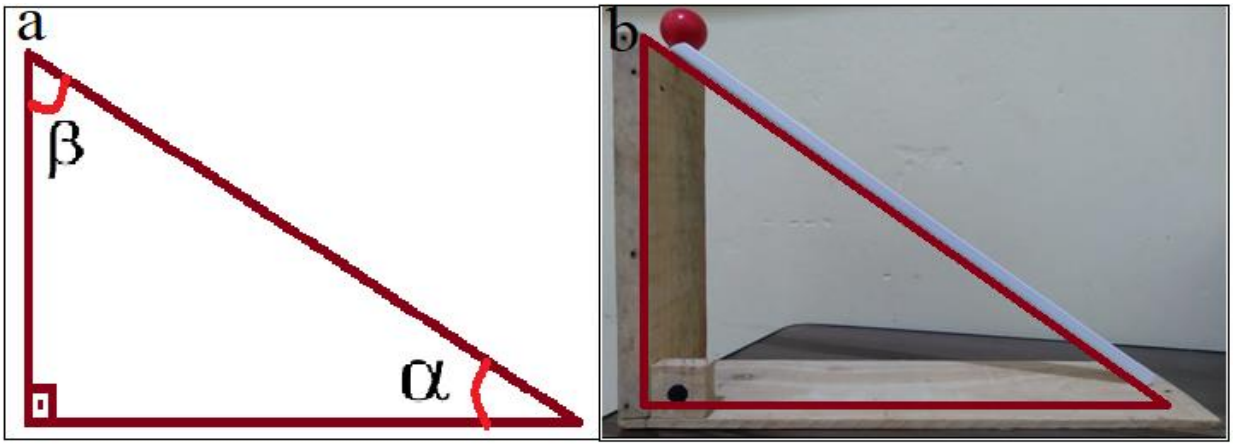
Figura 18: Esquema geral do plano inclinado.



Fonte: Próprio autor.

Percebam pela imagem da figura 22, que o Plano Inclinado pode ser descrito geometricamente, relacionando-o com um triângulo (figura 23).

Figura 19: A analogia do plano inclinado com o triângulo, onde em (a) temos um esquema de ângulos em um triângulo cateto oposto, adjacente e hipotenusa e (b) a representação triangular do experimento.



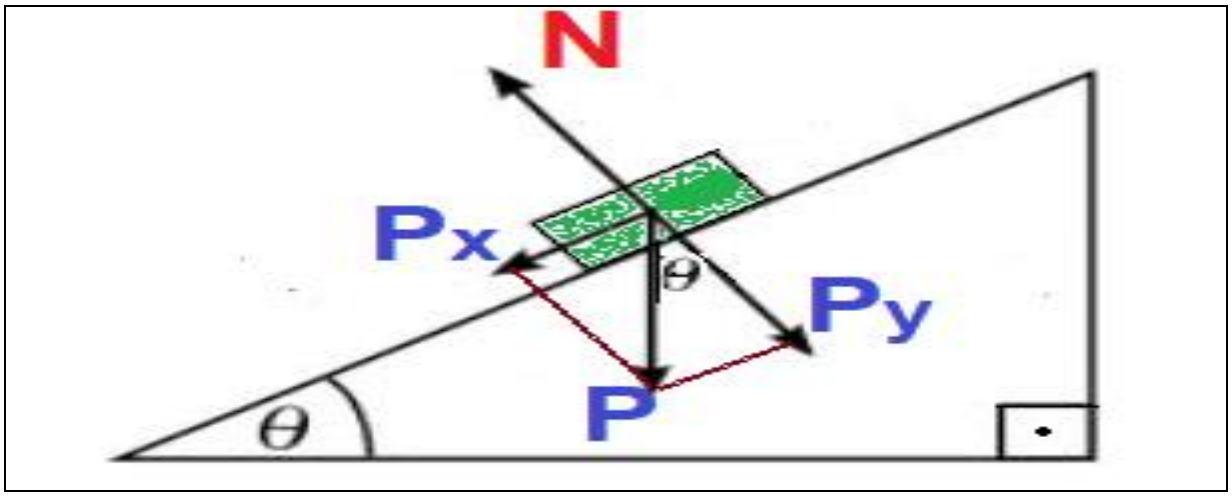
Fonte: Próprio autor.

É importante destacar que o precursor de estudos sistematizados envolvendo o plano inclinado foi o italiano Galilei Galileu (1564 – 1642). Com a utilização do plano inclinado, podemos fazer com que pessoas com deficiência física consigam subir uma calçada, que um entregador ao lidar com uma caixa bastante massiva, consiga subir a mesma em um carro de entregas com facilidade, por exemplo.

O Plano Inclinado pode ser equiparado em sua forma geométrica com um triângulo, o que facilita sua descrição matemática, pois é uma figura plana. Na figura acima (figura 23), temos um triângulo retângulo (aquele que possui um ângulo reto que equivalente a 90°), e em todo triângulo a medida dos ângulos internos é 180°, e com isto, sabendo dois ângulos podemos determinar o terceiro.

No Plano Inclinado abaixo (figura 24), descreve-se duas forças atuantes sobre um objeto, a força normal (**N**) e a força peso (**P**) e, bem como as componentes de força da força peso nos eixos coordenados (P_x e P_y), isto é descrito como o diagrama de corpo livre deste objeto.

Figura 20: Diagrama de corpo livre de um bloco no Plano Inclinado.



Fonte: Próprio autor.

Partindo da análise da figura 24, temos que a Força Normal (N) é sempre perpendicular ao plano e a Força Peso (P) é sempre no plano vertical (representa que está apontando ao centro da terra). Deve-se ainda escrever a Força Peso em termos das coordenadas cartesianas, componentes que chamamos de P_x e P_y. Estas componentes devem ser descritas matematicamente em função da Força Peso e do ângulo de inclinação do plano, isto é feito usando geometria, ou seja, catetos e hipotenusa.

Para a componente P_x, teremos.

$$P_x/P = \text{sen}(\theta) \tag{29}$$

$$P_x = P\ \text{sen}(\theta) \tag{30}$$

$$P_x = mg\ \text{sen}(\theta) \tag{31}$$

Para a componente P_y, teremos.

$$P_y/P = \cos(\theta) \tag{32}$$

$$P_y = P\cos(\theta) \tag{33}$$

$$P_y = mg\cos(\theta) \tag{34}$$

Além disto, este sistema emprega a 2° Lei de Newton, que nos diz que o somatório da força resultante é o produto da massa pela aceleração, onde

F – força [kg m s^{-2}]

m- massa [kg]

a – aceleração [m s-2]

Isto é descrito pela equação 35.

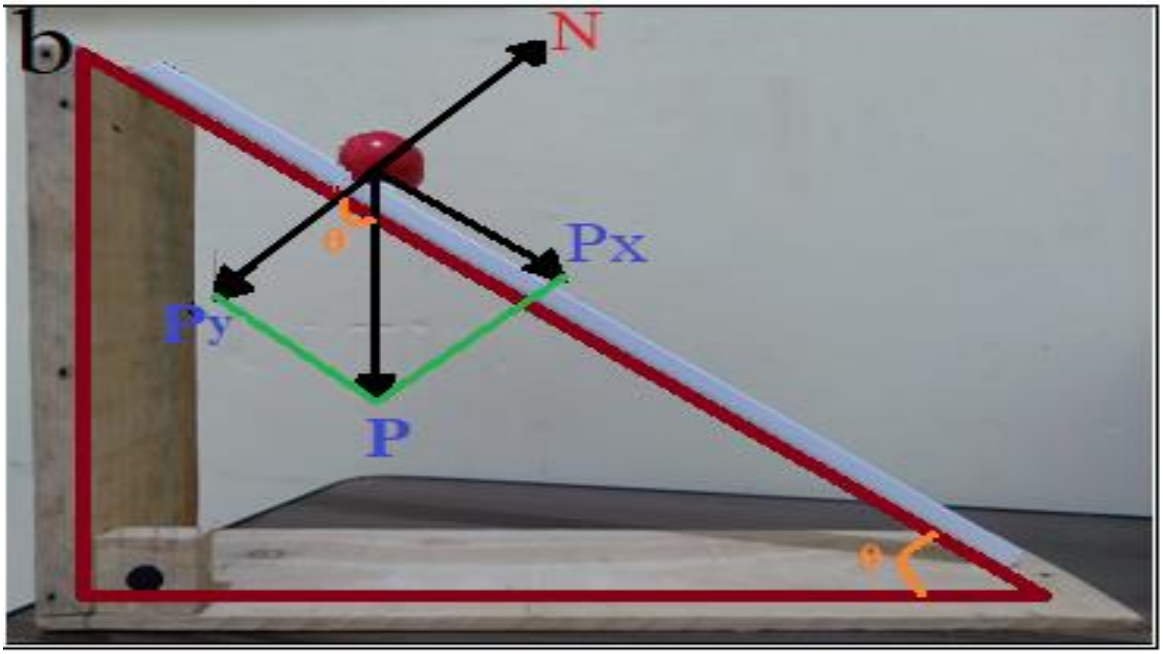
$$\sum F = m\,a \tag{35}$$

A força normal (N) será igual o produto da massa pela aceleração da gravidade, expressado na equação 36.

$$N = mg \tag{36}$$

Utilizando o experimento para calcular a força resultante, é preciso lembrar que na componente vertical não há movimento, então P_y anula força normal. Desprezamos o atrito entre a esfera e o plano inclinado, gravidade g, em seguida analisamos as forças atuantes sobre a esfera figura 25.

Figura 21: Diagrama de corpo livre da esfera no plano inclinado.



Fonte: Próprio autor.

A força normal **N** é perpendicular à superfície do plano inclinado, força peso ocorre devido gravidade da terra. A força resultante será na componente P_x equação 31.

$$Fr = m\ a \tag{37}$$

$$mg\ sen(\theta) = ma \tag{38}$$

$$a = g\ sen(\theta) \tag{39}$$

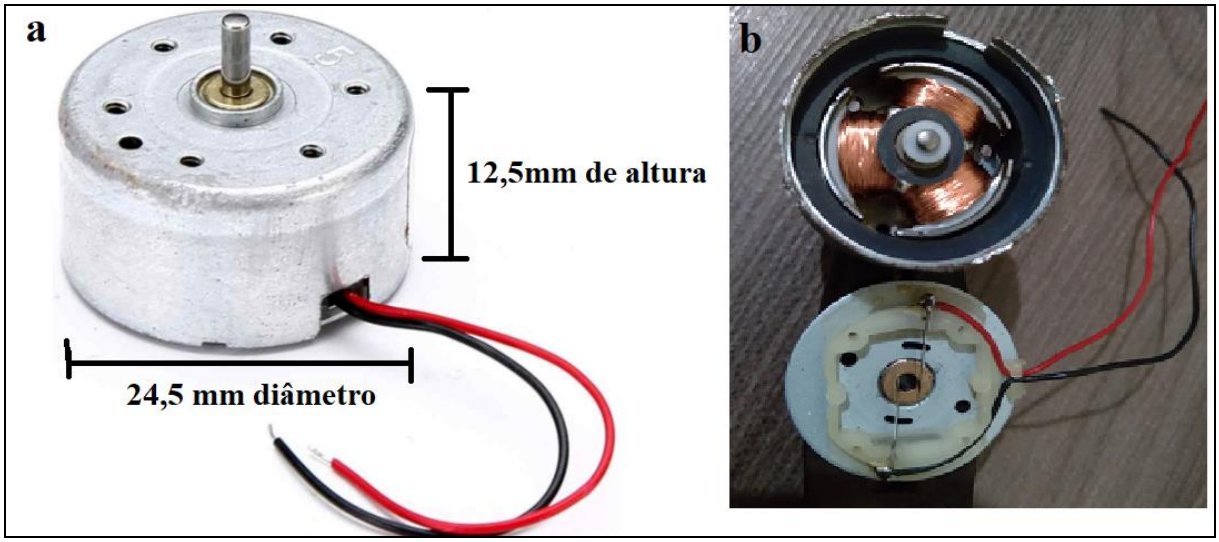
Observe equação 38 que a aceleração não depende da massa do objeto. De posse da aceleração do objeto e sua massa conseguimos calcular sua força resultante equação 37.

2.1. G. Gerador de Energia Elétrica

O objetivo deste experimento é demonstrar aos alunos como funciona um gerador de eletricidade. Existe variadas maneiras de gerar eletricidade, entre elas, queima de combustíveis fósseis (gasolina, diesel), placa solar (capta energia irradiada pelo sol), hidroelétricas (utiliza a força da água para girar turbinas), eólica (força do vento), biomassa, entre outros meios.

O gerador elétrico gera energia a partir da energia mecânica que se converte por meio da ação de imãs em energia elétrica. Na figura 26 é possível ver o motor utilizado no aparato, sendo um simples motor elétrico, que é composto basicamente por um eixo, uma bobina, imãs e coletor.

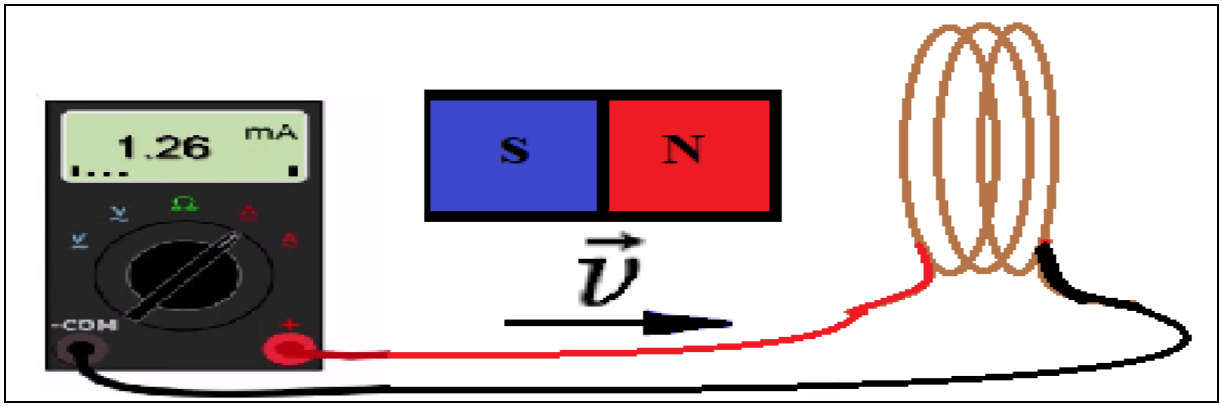
Figura 22: (a) micro motor e (b) os componentes do motor.



Fonte: Próprio autor.

O gerador de eletricidade proposto funciona a partir do princípio de indução eletromagnética da lei de Faraday. Segundo Vália (2016) essa lei nos diz que a corrente induzida ocorre devido à variação do campo magnético em um circuito fechado. Na figura 27 é possível perceber que ao aproximar um imã com uma velocidade na espira circular é possível gerar corrente elétrica em um circuito.

Figura 23: Representação do processo de indução eletromagnética.



Fonte: Próprio autor.

No caso do motor o imã é fixo, gira-se o rotor que possui três enrolamentos de espiras circulares. Após girar a manivela ocorre conversão de energia, essa energia mecânica é convertida em energia elétrica por meio da indução que ocorre no interior do micro motor. O micro motor é constituído de duas partes internas (ver figura 26-b), pastilhas de imãs fixos e

enrolamentos de cobre no rotor (parte móvel que gira). Quando o rotor gira, faz com que a intensidade do campo magnético oscile, gerando uma tensão (V) e surgindo corrente elétrica (I) nas espiras da bobina. A corrente gerada é transmitida para o Led instalado ao lado do micro motor. Os materiais necessários estão descritos na tabela 11. O micro motor utilizado foi do modelo SCE RF-300CA-14210, que possui tensão de 3V e corrente de 70 mA.

Tabela 10: Lista de materiais necessários para construção do experimento Gerador de Energia Elétrica

Item	**Quantidade**
Micro motor	01
Led colorido	01
Parafusos Clipborad 12mm	03
Parafuso Clipboard 35mm	01
CD	02
Fio	02
Papelão	01
Pedaço de pinus	2
Tubo (Seringa, cano)	1
Manivela	1
Chave Philips	01
Cola	01

Fonte: Próprio autor.

Para montagem do experimento do gerador empregamos os materiais da tabela 11. Usamos um pedaço de madeira servindo de base para o aparato, fixe o micro motor com parafusos clipboard e certifique que os fios condutores já estejam ligados ao LED. Corte o papelão ligeiramente menor que a circunferência do CD e cole ambos em forma de sanduíche, ou seja, sendo 2 CDs envolvendo o papelão (ver figura 28-a). Fixe o tubo ou tampa de plástica (ou cano PVC) com cola e de forma centrada em um dos lados do conjunto (CDs/papelão) e utilize um parafuso no centro do CD, fazendo com que o mesmo gire de forma uniforme (ver figura 28-a). Insira a liga no rotor do motor e entre os CDs, utilize a manivela para girar o

motor no sentido horário para fazê-lo funcionar. Na figura 28-b é possível ver o experimento montado.

Figura 24: Posicionamento da tampa de plástico e manivela (a) esquema de montagem do experimento (b).

Fonte: Próprio autor.

2.1. H. Dilatação Térmica da Lâmina Bi Metálica

O objetivo deste experimento é demonstrar que a diferença de coeficiente de dilatação dos materiais. O fenômeno de dilatação causado pela temperatura ocorre em todos os materiais, estando presente massivamente em nosso cotidiano e depende da constituição de cada material. A tabela 12 traz os materiais necessários para elaboração do experimento.

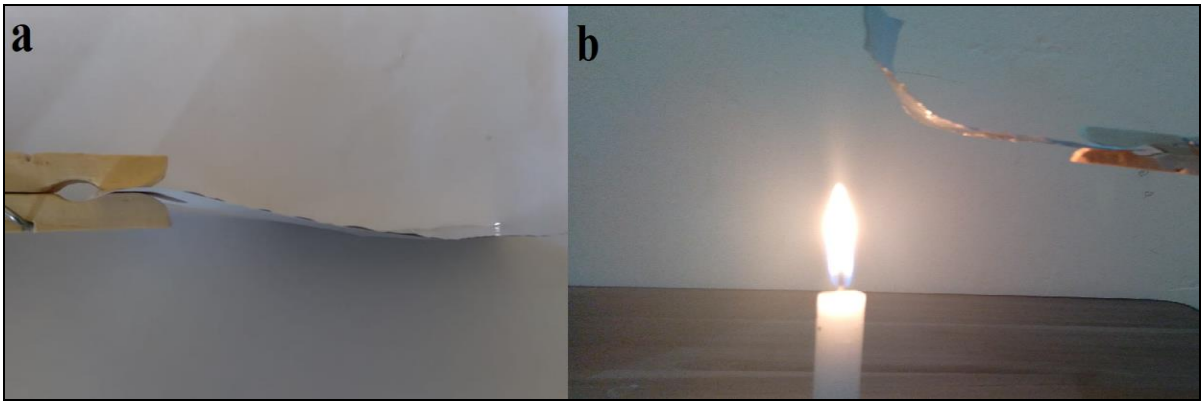
Tabela 11: Lista de materiais que compõe o experimento.

Item	**Quantidade**
Papel ofício (4x10) cm	01
Papel Alumínio (4x10) cm	01
Cola	01
Vela	01
Fósforo	01
Tesoura	***
Prendedor de roupa	***

Fonte: Próprio autor.

A montagem do experimento consiste em recortar com tesoura uma tira de papel ofício no tamanho (4x10) cm e uma do mesmo tamanho de papel alumínio. Utilize a cola para unir estas duas tiras (alumínio e papel). Com o prendedor de roupa segure a lâmina construída como demonstrado na figura 29-a e leve ao fogo[3] da vela a uma distância de aproximadamente 5 cm.

Figura 25: (a) Esquema de montagem do experimento de Dilatação térmica e (b) deformação causada pela temperatura.



Fonte: Próprio autor.

Ao desenvolver o experimento, será possível demonstrar aos alunos o processo de dilatação, que é visualizado pela deformação causada na tira alumínio/papel (figura 29-b).

Em nosso cotidiano os efeitos da dilatação térmica estão intimamente ligados à construção civil, sendo fatores relevantes nos cálculos de engenheiros. Existem vários exemplos, mas podemos citar alguns, como as juntas metálicas de pontes, prédios, trilhos de trem, calçadas, entre outros. Nas residências, este fenômeno é mais comum no piso da cerâmica, que recebe o rejunte (espaçamento) para que a mesma não quebre com o aumento de volume devido à elevação da temperatura.

Na figura 30 podemos visualizar efeitos da dilatação em nosso cotidiano, sendo que na figura 30-a mostra trilhos de trem deformados pela inexistência de juntas de dilatação. A figura 30-b exemplifica uma ponte feita corretamente e que possui junta de dilatação, caso a

[3] Atenção: ao utilizar a vela tome os cuidados necessários para não tocar na chama e consequentemente causar queimaduras.

ponte não tivesse este artifício, poderia colapsar. A figura 30-c apresenta um piso feito corretamente, com suas respectivas juntas de dilatação (muito comum em calçadas).

Figura 26: (a) Deformação devido à dilatação dos trilos de trem, (b) junta de dilatação em uma ponte e (c) demonstra as juntas de dilatação em uma calçada.

Fonte: Próprio autor.

Matematicamente, este efeito físico pode ser calculado através da dilatação superficial, expressado na equação 39:

$$\Delta L = L_i \, \alpha \, \Delta T \tag{39}$$

$$L_f = L_i \, (1 + \alpha \, \Delta T) \tag{40}$$

Onde $\Delta L = (L_f - L_i)$ é a variação do comprimento medido em metros [m], onde L_i é comprimento inicial [m] e L_f o comprimento final [m]. A equação também apresenta o coeficiente de Dilatação Linear (α) medida em $°C^{-1}$, bem como $\Delta T = (T_f - T_i)$, ou seja, a variação da temperatura em °C.

Com base na equação (39) e com os valores da tabela 13, é possível perceber que, quanto mais elevado o valor de α, maior será a variação no comprimento inicial do sólido para a mesma variação de temperatura (ΔT).

Tabela 12: Tabela de coeficientes de dilatação linear.

Substância	**α em °C^{-6}**	**Substância**	**α em °C^{-1}**
Zinco	26 x 10^{-6}	Ferro	13 x 10^{-6}
Alumínio	24 x 10^{-6}	Concreto	12 x 10^{-6}
Latão	20 x 10^{-6}	Platina	9 x 10^{-6}
Prata	19 x 10^{-6}	Vidro comum	8 x 10^{-6}
Bronze	18 x 10^{-6}	Vidro pirex	4 x 10^{-6}
Cobre	16 x 10^{-6}	Porcelana	3 x 10^{-6}
Ouro	14 x 10^{-6}	Invar	1 x 10^{-6}

Fonte: Adaptado de Helou; Gualter; Newton (2010, p. 142).

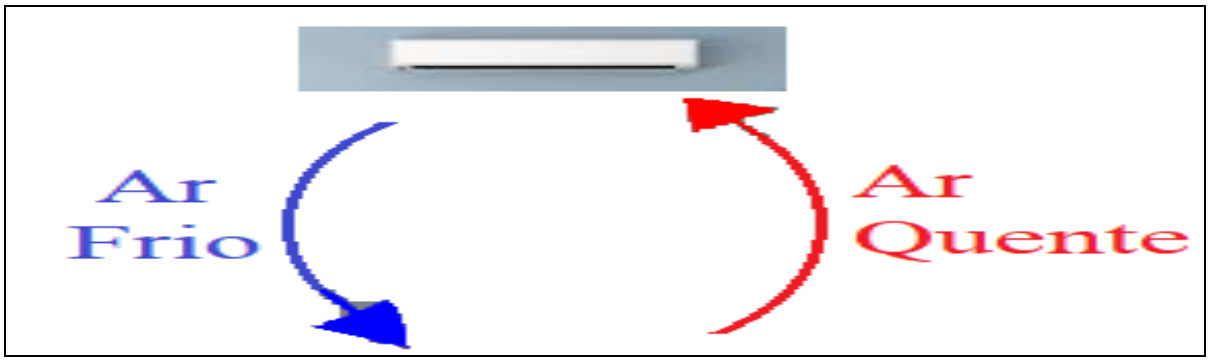
Ainda devemos lembrar que para fazer a conversão entre graus Celsius e escala Kelvin, utiliza-se a expressão 41.

$$°C = K – 273 \tag{41}$$

2.1. J. Convecção de Calor

O experimento de Transferência de Calor por Convecção tem como objetivo identificar como ocorre o processo de propagação de calor através do ar. A Convecção é um dos processos de propagação de calor, ocorre quando a energia térmica muda de maneira cíclica, ou seja, a camada de ar com maior energia térmica tende a se expandir fazendo com que fique mais leve e o ar frio com maior densidade tende a descer, gerando uma corrente de convecção. Podemos visualizar este fenômeno no dia a dia, por exemplo, quando estamos em uma sala com o condicionador de ar ligado, exemplificado na Figura 31.

Figura 27: Ilustração do processo de convecção térmica causado por um aparelho de Ar Condicionado.

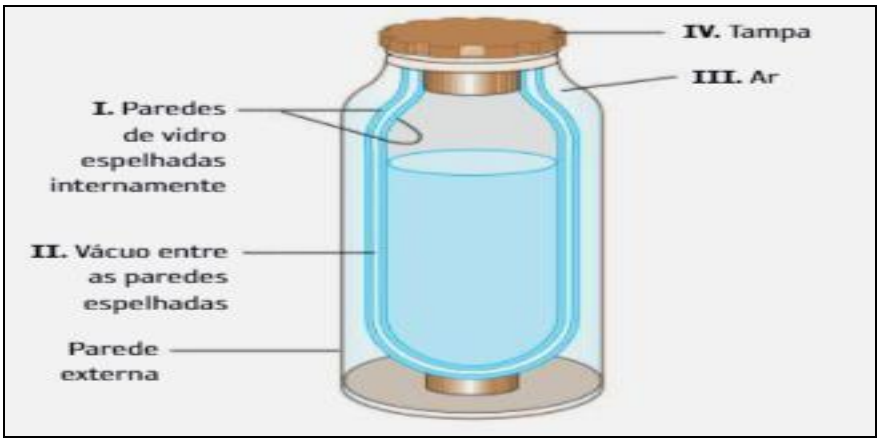


Fonte: Próprio autor.

Como ilustrado na figura 31, o condicionador de ar imprime ar frio que desce e o ar quente que está na parte de baixo sobe e é capturado pelo aparelho e resfriado no sistema, fazendo com que o ambiente fique com clima agradável. Por este motivo o ar condicionado é instalado a certa altura do solo, mas o aquecedor de ar deve ser posicionado embaixo, ou seja, mais próximo ao chão.

Podemos ainda verificar a convecção dentro da geladeira domestica, o ar frio do congelador desce e o ar quente que está na parte debaixo sobre fazendo assim o ciclo de convecção. Outro processo de convecção também está presente na garrafa térmica que utilizamos para manter o café "quente" (figura 32), então o sistema de isolamento térmico impede que o calor do café saia do recipiente, mas por convecção o líquido mais frio desce e o quente sobe, assim misturando o café e permitindo que fique aquecido por um período de tempo maior.

Figura 28: Representa o esquema de uma garrafa térmica.



Fonte: Adaptado (CARNEVALLE, 2018).

Já o experimento de Transferência de Calor por Convecção usado para demonstrar este fenômeno no produto desenvolvido, envolve a construção de uma hélice que será girada pelo ar aquecido que sobe até ela. Os materiais necessários para construção do experimento de convecção de calor são descritos na tabela 14.

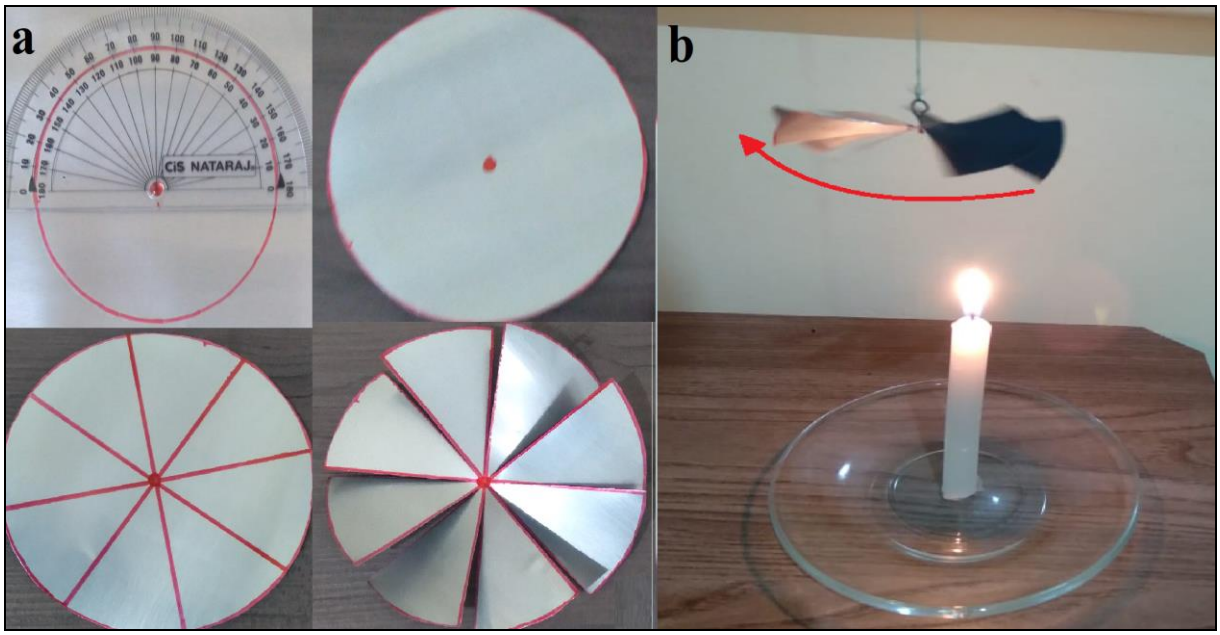
Tabela 13: Lista de materiais necessários para construção do experimento de Condução de Calor

Item	**Quantidade**
Latinha de alumínio	01
Gancho pequeno	01
Linha de costura	01
Vela	01
Fósforo	01
Tesoura	***
Pincel	***
Régua	***

Fonte: Próprio autor.

O experimento deve ser construído da seguinte forma: Corte a parte superior e inferior da lata de alumínio, depois planifique a latinha, ou seja, pegue o tubo de alumínio que sobrou da retirada das extremidades da lata e corte ao meio, tornando-a uma placa de alumínio. Nesta placa, trace uma circunferência e corte a latinha com a tesoura, depois cortes como um modelo uma hélice de ventilador (ver figura 33-a). Fure a hélice no centro e prenda um gancho, onde será amarrada uma linha. Com a hélice montada, ascenda à vela com o fósforo e fixe-a na mesa suporte, tomando cuidado para não causar acidentes. Sobreponha a hélice sobre a chama da vela (cerca de 8 a 10 centímetros) e observe o resultado, na figura 33-b é possível ver o esquema de montagem.

Figura 29: (a) Temos a demonstração de construção da hélice e (b) o esquema de montagem do experimento.



Fonte: Próprio autor.

2.1. J. Elevador Hidráulico

O objetivo deste experimento é demonstrar como funciona princípio de Pascal, entender o conceito de pressão hidrostática e seu uso no cotidiano. Ainda introduzir o cálculo da vantagem mecânica. Blaise Pascal (1623 -1662) foi Físico, Matemático e Filosofo que em seus trabalhos envolvendo hidrostática e hidrodinâmica contribuiu significativamente com a Física e o desenvolvimento humano. Atualmente, os princípios estudados por Pascal no ano de 1952 podem ser vistos hoje em freios hidráulicos, prensas hidráulicas, elevadores hidráulicos, além de uma série de outras aplicações tecnológicas.

O experimento proposto no produto desenvolvido constitui-se de um mini Elevador Hidráulico para veículos e a lista de materiais necessários para construção desse arranjo está disposta na tabela 15.

Tabela 14: Lista de materiais necessários para construção do experimento Elevador Hidráulico

Item	**Quantidade**
Seringa de plástico (05 ml)	01
Seringa de plástico (20 ml)	01
Equipo de soro (10 cm)	01
Fluido de trabalho (Água/detergente/óleo/ar) 6 ml	01
Papelão	01
Tubo de papelão (12 cm)	01
Cola fixa rápido	01
Estilete	01
Tesoura	01
Papel A4	01

Fonte: Próprio autor.

Inicia-se a construção do aparato utilizando estilete para fazer um corte transversal na vertical do tubo de papelão. Posteriormente use o papel A4 para revestir internamente o tubo. Agora, corte duas bases de papelão, uma para parte superior e ou para parte inferior do tubo, colando-os em sua extremidade (ver figura 34). Faça dois furos na parte de papelão superior, ligeiramente menor que o diâmetro de cada seringa, 05 ml e 20 ml. Coloque o equipo de soro ligando as duas seringas me maneira firme. Insira o fluido que desejar dentro da seringa menor. Verifique se a força feita em ambos os êmbolos das seringas é a mesma, isto é feito apenas apertando os êmbolos.

Figura 30: Esquema de montagem do experimento Elevador Hidráulico.

Fonte: Próprio autor.

Ao puxar ou apertar o êmbolo da seringa menor, o êmbolo da seringa maior sobe ou desce, realizando um movimento inverso à ação exercida sobre a seringa menor, demonstrando a ação hidráulica do arranjo.

Para tanto, é considerado um fluido, aquilo que pode fluir e também ou tomar a forma do recipiente que o contém, ou ainda não resistir às tensões de cisalhamento. São exemplos de fluidos: água, ar, óleo, petróleo, piche, álcool, entre outras coisas. Estes meios estão sujeitos a pressão, que é interpretada matematicamente como uma grandeza escalar, ou seja, possui apenas valor numérico, perpendicular ao plano, sendo fisicamente definida como a razão entre força (F) aplicada em uma área (A).

$$P = F / A \tag{42}$$

No Sistema Internacional (SI) a Pressão (P) é medida em [N/m^2] ou Pascal P_a, pois a força está em Newton e a área em metros quadrados, levando em consideração que 1 atm = $1{,}01*10^5$ P_a. Observando a expressão (42) acima, se diminuirmos a área em sua metade, sucessivas vezes, podemos perceber que para uma força constante a pressão aumenta. Isso ocorre, pois a área é uma grandeza inversamente proporcional à pressão. Quanto menor a área maior será a pressão, como pode ser observado na tabela 16.

Tabela 15: Variação da pressão com diminuição da área

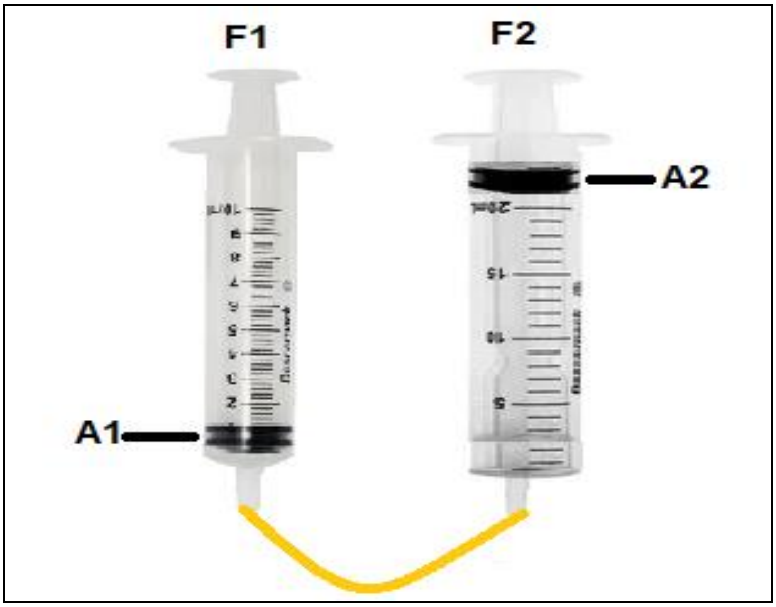
Pressão [N/m^2]	Força [N]	Área [m^2]
5	5	1
10	5	0,5
20	5	0,25
40	5	0,125

Fonte: Próprio autor.

Como pode ser observado na tabela 16, mantendo a força constante (5N) e variando a área entre 1 até 0,125 1 m^2, a pressão aumenta de 5 para 40 N/m^2, respectivamente. O Princípio de Pascal nos diz que uma variação de pressão aplicada a um fluido incompressível contido em um recipiente é transmitida integralmente a todas as partes do fluido e às paredes do recipiente (HALLIDAY, 2009, p. 79).

O experimento do Elevador Hidráulico funciona com duas seringas acopladas uma na outra, em formato de **U,** por meio de um equipo de soro encontrado em qualquer farmácia. O fluido de trabalho preenche o equipo de soro e parte do volume de cada uma das seringas. No arranjo, foram utilizadas duas seringas, a menor de 5 ml e a maior de 20 ml e possuem êmbolos áreas denominadas como A_1 e A_2, respectivamente. A figura 35 apresenta o arranjo utilizado. É importante mencionar que nessa imagem não é mostrado o fluido de trabalho.

Figura 31: Esquema de acoplamento das seringas.



Fonte: Próprio autor.

Dessa forma, temos que a força F_1 aplicada em A_1 é transferida integralmente para A_2, fazendo com quê o êmbolo suba uma altura h. Com isto em mente podemos então, igualar as variações de pressões em ΔP_1 e ΔP_2 (RAMALHO, 1999).

$$\Delta P_1 = \Delta P_2 \tag{43}$$

E pela equação 42 podemos reescrever a equação 43, gerando a expressão 44.

$$F_1/A_1 = F_2/A_2 \tag{44}$$

Como as áreas são circulares na seringa, temos que A_1 e A_2, substituem-se por πR_1^2 e πR_2^2, ficando a expressão da seguinte maneira.

$$F_1/ \pi R_1^2 = F_2/ \pi R_2^2 \tag{45}$$

E após simplificação matemática, temos

$$F_1/R_1^2 = F_2/R_2^2 \tag{46}$$

Com esta expressão é possível calcular a força gerada, por exemplo, na seringa 2 apenas conhecendo os raios (R) das seringas e a força aplicada na seringa 1, ou ainda, como a força é descrita como a massa vezes a aceleração (F = m.a), é possível saber qual força deve ser aplicada na seringa 1 para levantar um determinado peso posicionado no êmbolo da seringa 2.

REFERÊNCIAS

Calculo da intensidade do campo gravitacional da terra. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/mpef/mef008/mef008_02/Paulo/Trabalho/campo.html> Acesso em nov. de 2020.

Como funciona um Dínamo. **Dínamo**. Disponível em: < https://efeitojoule.com/2008/06/como-funciona-dinamo-bicicleta/> Acesso em abr. de 2021.

ESPELHOS PLANOS. In: WIKIPÉDIA, a enciclopédia livre. Flórida: Wikimedia Foundation, 2021. Disponível em: < https://pt.wikipedia.org/w/index.php?title=Espelhos_planos&oldid=61429516 >. Acesso em: Jun. de 2020.

EISBERG, R; RESNICK, R. **Física Quântica: Átomos, Moléculas, Sólidos Partículas.** RJ**.** Editora Campus. 1994. 9. Ed.

FERRANO, N. G. Os fundamentos da Física. **Energia e Termodinâmica.** Disponível em: <http://osfundamentosdafisica.blogspot.com/2016/10/enem-2016.html> acesso em: nov. de 2020.

FOURIER. **E Cálculo**. Disponível em: <http://ecalculo.if.usp.br/historia/fourier.htm> acesso em: out. de 2021.

GALILEU GALILEI. **Discurso Sobre o Método** In: WIKIPÉDIA, a enciclopédia livre. Flórida: Wikimedia Foundation, 2021. Disponível em: < https://pt.wikipedia.org/w/index.php?title=Galileu_Galilei&oldid=62276291>. acesso em: out. de 2021.

GONÇALVES, L. J. **Temperatura**. Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física. Disponível em:<http://www.if.ufrgs.br/cref/leila/temp.htm> acesso em: nov. de 2020.

HALLIDAY, D; RESNICK, R.; KRANE, K. S. **Fundamentos de Física**. 8. ed., Rio de Janeiro: LTC, 2009, v. 2.

HALLIDAY, D; RESNICK, R.; KRANE, K. S. **Fundamentos de Física**. 9. ed., Rio de Janeiro: LTC, 2014, v. 1.

HALLIDAY, D; RESNICK, R.; KRANE, K. S. **Fundamentos de Física**. 9. ed., Rio de Janeiro: LTC, 2014, v. 2.

HELOU, D; GUALTER, J. B; NEWTON, V. B. **Tópicos de Física**. 1º edição, ***Vol***. 2. São Paulo, Editora Saraiva, 2010.

Luz: ondas eletromagnéticas, espectro eletromagnético e fótons. Disponível em:< https://pt.khanacademy.org/science/physics/light-waves/introduction-to-light-waves/a/light-and-the-electromagnetic-spectrum> acesso em jan. de 2021.

‘Menu da Lili. Disponível em: < http://www.menudalili.com.br/site/peixada-de-panela-de-pressao /> acesso em: jan. de 2021.

MORAES, M. B. S. A. **O que é Calor?.** Disponível em:< O QUE É CALOR (ufrgs.br) > acesso em: nov. de 2020.

Princípio de pascal. **Elevador Hidráulico**. Disponível em:< https://www2.fc.unesp.br/experimentosdefisica/mec34.htm > acesso em: abr. de 2021.

RAMALHO, NICOLAU, TOLEDO, **Fundamentos da Física** 1, Editora Moderna, 7ª Edição - revisão ampliada, São Paulo, 1999.

RAMALHO, NICOLAU, TOLEDO, **Fundamentos da Física** 2, Editora Moderna, 7ª Edição - revisão ampliada, São Paulo, 1999.

Rede OPGW/OPPC: Fibra Óptica. **Fibra Óptica.** Disponível em:<https://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialOPGW-OPPC/pagina_3.asp> acesso em: out. de 2020.

SILVA, F. R; ALVES, M. F; NEVES, M. C. D**. Um Plano Inclinado Acessível e a Aprendizagem do Movimento Acelerado Unidimensional**. 2018. V 7. Número 2. 8p Revista Eletrônica Sala de Aula em Foco. 3-9. Disponível em: < https://ojs2.ifes.edu.br/index.php/saladeaula/article/view/812/673> acesso em jan. de 2021.

SILVA, D. C. M.. "Lei de Fourier"; Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilescola.uol.com.br/fisica/lei-fourier.htm/> acesso em: mai. de 2021.