

EXPERIMENTOS DE FÍSICA

Prof. João Marcus Neres da Silva



Janeiro/2019

CATÁLOGO DE EXPERIMENTOS DE FÍSICA

Olá, sou João Marcus Neres, professor de Física no ensino básico há 10 anos e mestrando em Ensino de Ciências. Este catálogo de experimentos é o resultado da pesquisa realizada no Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática (PPGECM) da Universidade Federal de Uberlândia (UFU).

Os experimentos presentes no catálogo foram construídos para compor uma exposição de Física. A Exposição Itinerante de Física foi criada com o objetivo de divulgar a Física ao maior número possível de pessoas apresentando-lhes objetos que possuem relações com explicações de conceitos científicos. Espero que as pessoas interajam, se divirtam e aprendam, utilizando os experimentos.

Os objetos podem ser usados também em sala de aula auxiliando professores e alunos na desafiadora tarefa que é o ensino e aprendizagem da Física. Por isso, este catálogo foi criado pensando em você professor que assim como eu acredita na transformação através do conhecimento e está em busca de recursos que ajudem nesse processo.

Professor, você irá encontrar informações sobre a construção e manipulação de oito experimentos de variadas áreas da Física. Para tentar auxiliá-lo um pouco mais, foi realizada uma breve explicação a respeito de alguns conceitos científicos que podem ser abordados a partir da utilização de cada experimento.

Os experimentos foram feitos em maior parte com materiais reutilizados, recebidos como doação ou adquiridos por um preço mais baixo. Por esse motivo os valores gastos, que você irá encontrar abaixo das tabelas são apenas uma estimativa. A abordagem feita a cerca dos conceitos é baseada na minha formação e experiência como professor de Física licenciado, artigos científicos e livros didáticos de Física.

Espero que este catálogo seja uma ferramenta eficaz. Fique à vontade para explorar utilizando outros materiais e novas formas de construir os experimentos. Compartilhe comigo as suas experiências.

Professor João Marcus Neres da Silva

Contato: joaom_fisica@yahoo.com.br

SUMÁRIO

Catálogo de experimentos de física.....	2
Experimento 1	4
Sombras Coloridas.....	4
Experimento 2	10
Periscópio.....	10
Experimento 3	15
Roda Giroscópio.....	15
Experimento 4	19
Pêndulo Serpente.....	19
Experimento 5	24
Gerador de Ondas Estacionárias.....	24
Experimento 6	29
Mini Bancada de Óptica.....	29
Experimento 7	36
Circuitos Elétricos em Série e em Paralelo.....	36
Experimento 8	42
Elevadores Hidráulicos.....	42
Bibliografia	46

EXPERIMENTO 1

SOMBRAS COLORIDAS

O QUE É?

No experimento Sombras Coloridas (Figura 1), as lâmpadas são acionadas e sombras de cores variadas são produzidas no anteparo devido objeto posicionado no centro.

No funcionamento desse experimento diversos conceitos estão envolvidos. Dentre eles é possível citar: luzes monocromáticas e policromáticas, cores primárias, superposição de ondas eletromagnéticas, sombra, penumbra e Princípio da propagação retilínea da luz.



FIGURA 1 - EXPERIMENTO SOMBRAS COLORIDAS

MATERIAIS

Para construir o experimento Sombras Coloridas devem ser usados os materiais do Quadro 1:

Quantidade	Materiais
1	Madeira MDF de 15 mm (70 cm x 50 cm)
1	Madeira MDF de 15 mm (50 cm x 50 cm)
2	Madeira MDF de 15 mm (5 cm x 25 cm)
3	Spot para lâmpadas
3	Interruptor de luz de embutir
1	Lâmpada de LED azul
1	Lâmpada de LED vermelha
1	Lâmpada de LED verde
4	Parafuso de rosca soberba para madeira (40 cm)
4	Pezinhos de mesa (em torno de 1,5 cm de altura)
1	Plug de tomada

QUADRO 1 - MATERIAL PARA CONSTRUÇÃO DO SOMBRAS COLORIDAS

Custo estimado para construção do experimento: R\$200,00

Além dos materiais descritos no quadro, foi utilizado também cola de madeira e fios para instalação elétrica.

A madeira MDF utilizada na construção pode ser adquirida a partir de retalhos sobressalentes em uma marcenaria e reutilizada. Desta forma o custo da madeira pode ser bem menor que o das peças novas.

CONSTRUÇÃO

Construção da base:

- A base do experimento é feita na madeira de 70 cm x 50 cm;
- Instalar os pezinhos de mesa nos quatro cantos, a mais ou menos 2 cm das bordas (Figura 2);
- Fazer os furos para que os interruptores sejam embutidos, igualmente espaçados



FIGURA 2 - INSTALAÇÃO DOS PEZINHOS DE MESA

com 18 cm entre eles, e a uma distância de 4 cm da extremidade (Figura 3);

- Logo a frente dos interruptores devem ser instalados os spots para as lâmpadas (Figura 3). Lembre-se de fazer os furos para que os fios dos spots sigam para a parte inferior da base;
- Faça a instalação elétrica dos fios, associados em paralelo, pois o experimento precisa de apenas uma plug de tomada. Cada lâmpada deve ser ligada separadamente pelo seu próprio interruptor (Figura 3);



FIGURA 3 - SPOTS E INTERRUPTORES



FIGURA 4 - PROTEÇÃO PARA OS FIOS

- Com algumas tiras finas de madeira, faça uma proteção simples para a instalação elétrica na parte inferior da base envolvendo todos os fios, evitando que estes fiquem soltos

(Figura 4);

- Encaixe as lâmpadas nos spots.

Construção do anteparo:

- Na construção do anteparo, deve ser usada a madeira de 50 cm x 50 cm, e é importante que esta seja da cor branca para que possa refletir de forma mais fiel a luz que incidir sobre



FIGURA 5 - PÉS DO ANTEPARO

ela. Sua construção é bastante simples.

- As madeiras menores, de 5 cm x 25 cm, devem ser coladas e parafusadas firmemente, paralelamente nas bordas do anteparo de forma a mantê-lo de pé (Figura 5).
- O anteparo deve ser encaixado na extremidade da base à frente das lâmpadas (Figura 1).

FUNCIONAMENTO E MANIPULAÇÃO

Sobre a base do experimento deve ser colocado um objeto para formar as sombras no anteparo. O objeto pode ser de qualquer tipo, contanto que suas dimensões sejam comparáveis as do restante do experimento. Sugere-se que seja utilizado material cilíndrico com 6 cm de espessura (diâmetro), e este deve estar livre para ser colocado em várias posições sobre a base.

As posições das lâmpadas podem ser alternadas e estas ligadas individualmente, duas por vez ou as três ao mesmo tempo. Quando apenas uma das lâmpadas é ligada surge uma sombra preta no anteparo. Ao ligar mais de uma lâmpada pode-se perceber que serão formadas mais de uma sombra e que estas se tornam coloridas.

No caso do aparato mostrado na Figura 1, a montagem foi feita colocando a lâmpada vermelha na posição central, a lâmpada azul à direita e a verde à esquerda, para um referencial posicionado atrás das lâmpadas e de frente ao anteparo, e o objeto que intercepta a luz foi colocado logo à frente da lâmpada vermelha.

Desta forma quando apenas a luz vermelha é acionada forma-se uma sombra escura ao centro do anteparo e todo o resto fica vermelho. De forma semelhante, ao acender apenas a luz azul ou a verde, nas laterais serão formadas sombras escuras e todo o resto do anteparo refletirá a cor da lâmpada que incidir sobre ele.

Quando duas lâmpadas forem ligadas juntas, as sombras formadas serão coloridas. Por exemplo, ao acionar as lâmpadas azul e vermelha, no centro do anteparo onde a luz vermelha não incide, será formada uma espécie de sombra azul, pois naquela região haverá incidência apenas desta cor. Ao lado esquerdo da sombra azul será formada a sombra vermelha, pois apenas esta cor estará incidindo sobre aquele local. O restante do anteparo estará refletindo a cor que é a superposição do vermelho e do azul, o que é chamada de magenta ou lilás.

O mesmo fenômeno ocorrerá ao acionar juntas as lâmpadas vermelha e verde. Duas sombras com as cores das lâmpadas serão formadas, e o restante do anteparo refletirá a cor amarela (superposição do vermelho e do verde). Quando forem ligadas as lâmpadas verde e azul as duas sombras também terão essas cores e o restante do anteparo terá a cor ciano, muito parecido com verde-água, resultado da mistura das luzes verde e azul

Ao acionar as três lâmpadas juntas tem-se o resultado obtido na Figura 1. No centro, onde não há incidência do vermelho haverá a cor ciano, do lado direito haverá a cor magenta e o lado esquerdo ficará o amarelo. O restante do anteparo refletirá a cor branca.

Em todos os casos apresentados acima, em torno das sombras coloridas, será formada uma região de penumbra, como se fosse uma reflexão embaçada.

Algumas precauções devem ser tomadas ao manipular o experimento. Como os spots são articulados pode ser que os alunos ou visitantes que estiverem utilizando queiram movimentá-los. Desta forma o professor ou monitor que estiver acompanhando a manipulação do experimento deve prestar bastante atenção para que não aja danificação do mesmo.

Outra precaução importante deve ser tomada ao fazer a montagem do experimento, sugere-se ao transportar para as escolas ou qualquer outro local onde este for utilizado que as lâmpadas sejam retiradas e colocadas novamente no momento da exposição, e isto também deve ser feito com bastante cuidado. Além disso é importante observar a tensão elétrica da tomada onde o experimento estará sendo ligado, seguindo as especificações das lâmpadas utilizadas.

CONCEITOS ENVOLVIDOS

No funcionamento desse experimento diversos conceitos estão envolvidos. Dentre eles é possível citar: luzes monocromáticas e policromáticas, cores primárias, superposição de ondas eletromagnéticas, sombra, penumbra e Princípio da propagação retilínea da luz.

As lâmpadas utilizadas no experimento são de LED (Light Emitting Diode), diodo emissor de luz. pode-se dizer, de forma simplificada, que o diodo é um elemento

de circuitos elétricos, feito de material semicondutor que permite que a corrente elétrica prossiga em apenas uma direção e que energia em forma de fótons de luz seja liberada.

As ondas eletromagnéticas que podem ser percebidas pelo olho humano possuem comprimentos de ondas que estão entre 400 nm e 700 nm aproximadamente. Cada lâmpada de LED utilizada no experimento emite frequências em uma faixa estreita, com seus picos de emissão muito próximos das frequências das cores observadas. No caso desse experimento, o pico de emissão de cada lâmpada é azul, verde e vermelho, que são também cores primárias. Desta forma, a luz emitida por cada lâmpada é monocromática.

Quando as luzes atingirem o anteparo branco suas cores serão refletidas. A cor de um objeto não é característica absoluta deste, a percepção das cores depende também da fonte emissora de luz e da percepção do indivíduo, isto é, seus aspectos psicológicos e fisiológicos. O olho humano possui receptores sensíveis as cores vermelha, verde e azul. As outras cores percebidas são combinações dessas três cores básicas.

Como os raios luminosos propagam-se de forma retilínea, como mostrado na Figura 6, na região de um anteparo posicionada logo atrás do objeto interceptador não haverá incidência da luz emitida por uma determinada lâmpada. Desta forma nessa posição do anteparo ocorrerá a formação de uma sombra. Porém, como as fontes luminosas utilizadas no experimento são extensas e não puntiformes, em torno das sombras poderá ser percebida a formação da penumbra.

A penumbra é a região parcialmente iluminada, onde alguns raios de luz provenientes da fonte atingem o anteparo, justamente pelo fato da fonte possuir dimensões comparáveis às do anteparo. O esquema que representa a formação da sombra e da penumbra pode ser visto na Figura 6.

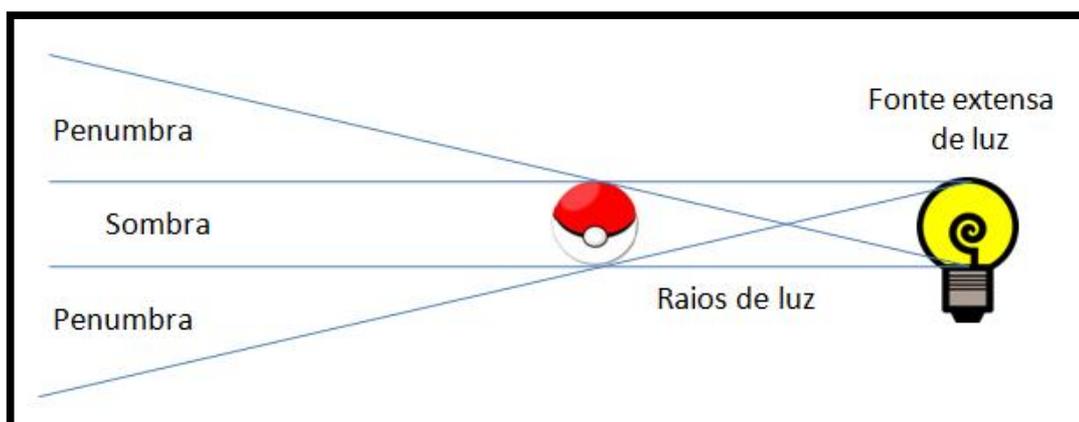


FIGURA 6 - FORMAÇÃO DA SOMBRA E DA PENUMBRA

EXPERIMENTO 2

PERISCÓPIO

O QUE É?

O Periscópio (Figura 7) é usado para captar imagens acima do campo de visão do observador. O experimento periscópio utiliza dois espelhos num ângulo de 45° , a certa distância um do outro.

É possível mostrar, a partir do objeto, que a luz propaga retilineamente em meios uniformes, observar a reflexão da luz em superfícies planas e lisas, e compreender a formação de imagens em espelhos planos.



FIGURA 7 - EXPERIMENTO PERISCÓPIO

MATERIAIS

Para a construção do Periscópio devem ser utilizados os materiais mostrados no Quadro 2:

Quantidade	Materiais
2	Madeira Compensada de 10 mm (11 cm x 10 cm)
2	Madeira Compensada de 10 mm (71 cm x 10 cm)
2	Madeira Compensada de 10 mm (60 cm x 11 cm)
2	Espelhos (10 cm x 12 cm)

QUADRO 2 - MATERIAIS PARA CONSTRUÇÃO DO PERISCÓPIO

Custo estimado para construção do experimento: R\$30,00

CONSTRUÇÃO

Um tubo de madeira deve ser montado conforme a Figura 7. As peças de madeira de 10 cm x 11 cm formam a base e o topo do Periscópio. As peças maiores (71 cm x 10 cm) formam as laterais.

A face anterior e a posterior do experimento são feitas com as duas peças de madeiras restantes. Nessas faces, que estão opostas, são deixadas aberturas, uma na parte superior e outra na parte inferior, onde os espelhos deverão ser encaixados.

Para encaixar cada espelho basta fazer duas cavas nas laterais internas, de forma que os espelhos não fiquem muito folgados e poderem ser facilmente retirados. É importante também observar o ângulo de posicionamento dos espelhos. Para que estes

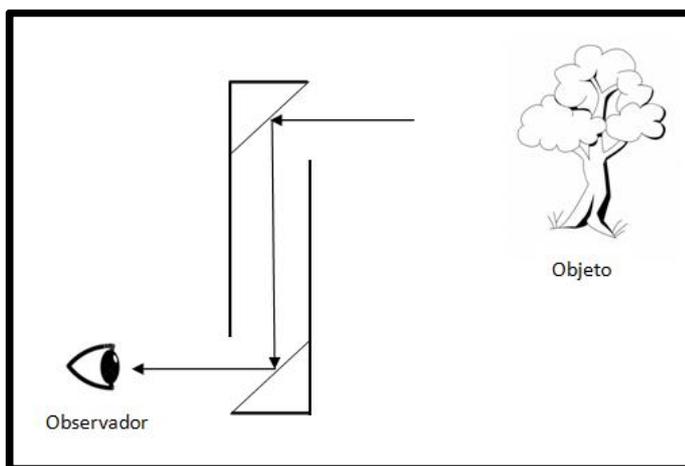


FIGURA 8 – ESPELHO ENCAIXADO

fiquem corretamente posicionados as cavas devem ser feitas em ângulos de 45° com as laterais do tubo (Figura 8).

FUNIONAMENTO E MANIPULAÇÃO

Como mostrado na Figura 9, o funcionamento e a manipulação do Periscópio são bastante simples. Não há necessidades de explicações extras, a quem o estiver manipulando, sobre como usar o equipamento. Basta apenas alertar quanto a fragilidade do equipamento, e que este deve ser manuseado com cuidado.



O observador poderá descobrir, manipulando o aparato e dispondo-o de maneiras diferentes, que deve posicionar os seus olhos perpendicularmente a uma das aberturas do Periscópio. A abertura do lado oposto deverá ser, por sua vez, posicionada perpendicularmente ao objeto que se deseja observar. Desta forma a luz emitida pelo objeto será refletida nos dois espelhos. O observador então verá a imagem do objeto sendo formada no espelho que está mais próximo aos seus olhos.

FIGURA 9 - FUNCIONAMENTO DO PERISCÓPIO

É possível perceber que se o aparato não estiver posicionado perpendicularmente, o observador poderá ver apenas imagens das paredes de dentro do Periscópio ou o seu próprio reflexo no espelho.

O funcionamento do periscópio ainda pode ser observado utilizando um laser e um anteparo (pode ser uma parede). Direcionando o laser perpendicularmente ao Periscópio em um dos seus espelhos, sua luz irá incidir sobre um anteparo à frente do outro espelho. Assim aqueles que estiverem participando da demonstração do experimento irão facilmente perceber a forma como os raios de luz se propagam e são refletidos nos espelhos do equipamento.

CONCEITOS ENVOLVIDOS

A partir da utilização do Periscópio diversos conceitos relacionados à propagação da luz podem ser estudados. É possível mostrar, a partir do objeto, que a luz propaga retilineamente em meios uniformes, observar a reflexão da luz em superfícies planas e lisas, e compreender a formação de imagens em espelhos planos. Para tanto aquele que estiver realizando a demonstração pode se posicionar atrás de obstáculos ao olhar através do Periscópio, fazer a observação de objetos de vários tamanhos e a distâncias diferentes e utilizar um laser para mostrar a propagação da radiação por eles emitida ao passar pelo Periscópio.

Existem diversos materiais na natureza que são considerados fontes primárias de luz como o sol, uma vela acesa ou uma lâmpada, esses dizemos que possuem luz própria. Outros objetos que podemos ver que não possuem luz própria apenas refletem a luz que incide sobre eles.

Tanto os raios de luz emitidos pelas fontes primárias quanto os raios refletidos por outros objetos propagam em linha reta. Esses raios ao incidirem sobre uma superfície plana, como um espelho, são refletidos de acordo com duas leis simples.

A primeira lei da reflexão em espelhos planos diz que se imaginarmos uma reta normal à superfície do espelho no ponto onde o raio de luz incide e reflete, esses três (a reta normal, o raio de luz incidente e o raio de luz refletido) pertencerão no mesmo plano.

A segunda lei é em relação aos ângulos de incidência e reflexão dos raios de luz sobre o espelho. Os ângulos de incidência (θ_i) e de reflexão (θ_r) são os que os raios incidente e refletido, respectivamente, fazem com a reta normal. Esses ângulos possuem o mesmo valor ($\theta_i = \theta_r$).

A partir das duas leis de reflexão apresentadas é possível explicar o posicionamento dos espelhos no Periscópio. Como os espelhos formam com as laterais do aparelho ângulos de 45° , os raios de luz que chegam perpendicularmente ao Periscópio terão ângulos de incidência e reflexão de 45° e irão propagar dentro do periscópio paralelamente as paredes laterais (Figura 9). O mesmo irá ocorrer quando esses raios de luz atingirem o segundo espelho, mas agora eles irão “sair” do Periscópio perpendicularmente atingindo os olhos do observador.

O Periscópio utilizado possui apenas espelhos planos, não há lentes e nem espelhos esféricos. Assim as imagens não são ampliadas ou reduzidas, apesar da impressão que o observador terá de que os objetos estarão um pouco menores e mais longe do que realmente estão, o que ocorre devido à reflexão consecutiva em dois espelhos.

EXPERIMENTO 3

RODA GIROSCÓPIO

O QUE É?

O experimento Roda Giroscópio (Figura 10) foi construído usando um pneu de borracha reutilizado de uma bicicleta. Segurando o apoio dos eixos, a roda gira fazendo variados movimentos. Nesse experimento podem ser abordados os conceitos: momento angular, movimento de rotação, velocidade angular, momento de inércia, conservação do momento angular.



FIGURA 10 - EXPERIMENTO RODA GIROSCÓPIO

MATERIAIS

Para construir a Roda Giroscópio devem ser usados os materiais do Quadro 3:

Quant	Materiais
1	Roda de Bicicleta (Aro 26")
1	Pneu para Bicicleta (Liso - Aro 26")
1	Par de Pedaleiras (Manoplas ou apoio de Eixo)

QUADRO 3 - MATERIAIS PARA CONSTRUÇÃO DA RODA GIROSCÓPIO

Custo estimado para construção do experimento: R\$20,00

CONSTRUÇÃO

Na construção deve ser utilizada uma roda dianteira de bicicleta, pois esta não vem com a catraca como na roda traseira. Sugere-se a fim de redução de custos que seja



FIGURA 11 - PEDALEIRA

utilizada uma roda de bicicleta usada, o material pode ser encontrado facilmente em oficinas.

Faça a montagem do pneu sobre o aro com a câmara de ar, logo em seguida encaixe as pedaleiras (Figura 11). É interessante que o pneu utilizado seja liso, pois se for com cravos pode machucar, caso encoste-se à pessoa que estiver segurando a roda enquanto esta gira (Figura 10).

FUNCIONAMENTO E MANIPULAÇÃO

Enquanto uma pessoa segura firmemente a roda através dos apoios de eixo, outra pessoa deve girar a roda impulsionando a partir do pneu. A pessoa que segura a roda poderá perceber, sempre que tentar realizar um pequeno movimento de rotação do eixo, que uma força será realizada pela própria roda em oposição a esse movimento.

A roda pode ser pendurada a partir de uma corda amarrada à extremidade de um dos apoios de eixo (Figura



FIGURA 12 - RODA APOIADA POR UMA CORDA

12). Desta maneira, enquanto a roda girar, o seu eixo irá permanecer na posição vertical como na Figura 5 (ou em qualquer outra posição que for inicialmente colocado) realizando, sem o auxílio de uma força externa realizada por uma pessoa, apenas mais um movimento de rotação em torno de um eixo perpendicular ao eixo da roda.

Há uma terceira maneira de demonstrar o funcionamento do equipamento. Girando a roda e colocando-a no chão, sustentada por um dos apoios, é possível perceber que a roda realiza um movimento parecido



FIGURA 13 - RODA GIRANDO APOIADA NO CHÃO

com o de um pião (Figura 13). Girando em torno do próprio eixo e fazendo um movimento de precessão realizado no sentido contrário ao do primeiro movimento.

Havendo uma cadeira giratória a disposição, é possível fazer mais uma demonstração. A pessoa que estiver segurando a roda deve sentar na cadeira sem apoiar os pés no chão, deixando-os livres. Segurando a roda com o eixo posicionado verticalmente será possível perceber que a cadeira irá começar a girar, no sentido contrário a o giro da roda. Se o eixo da roda for invertido, alterando o seu sentido de rotação, o sentido de rotação da cadeira também será alterado.

A medida que a velocidade de giro da roda for diminuindo, todos os efeitos descritos acima irão ocorrer com menor intensidade.

É preciso tomar bastante cuidado ao girar a roda. Evite que os dedos das mão se prendam entre os raios ou que o pneu toque em alguém, pois qualquer destas desventuras pode causar ferimentos.

CONCEITOS ENVOLVIDOS

O momento angular (L) é uma grandeza vetorial associado a qualquer corpo que realiza um movimento de rotação. A intensidade do momento angular de uma roda girando em torno do eixo central está diretamente ligada a velocidade angular (ω) e a distribuição da massa em torno do eixo, o que chamamos de momento de inércia (I).

O valor do momento angular pode ser dado então pelo produto da velocidade angular pelo momento de inércia.

$$L = I \cdot \omega$$

O momento de inércia, por sua vez, depende da massa (m) do objeto que gira e do raio (R) de distribuição dessa massa.

$$I = \sum mR^2$$

A direção do momento angular é perpendicular ao plano formado pelo raio e a velocidade angular.

Para a explicação do ocorrido durante a demonstração não há necessidade de dar maior atenção às resoluções das equações acima, porém a interpretação correta facilita a compreensão do fenômeno. Percebe-se que quanto maiores forem a massa do objeto, o raio de distribuição da massa e a sua velocidade angular, maior será o momento angular associado ao movimento.

Além da intensidade do momento angular, outro fator que interfere no funcionamento e demonstrações da Roda - Giroscópio é o fato do momento angular ser uma grandeza que se conserva.

A conservação do momento angular é o que faz com que a roda se oponha aos movimentos que tentem alterar a sua condição original.

Quando uma força externa é aplicada na roda, gerando um torque, tentando rotacionar o seu eixo, irá surgir uma segunda velocidade angular acompanhada de outro momento angular no sistema. Logo para que a conservação do momento angular inicial ocorra naturalmente a roda irá produzir um terceiro momento angular a partir de uma nova força e novo torque.

Quando a roda é pendurada pela corda a força da gravidade é a responsável por tentar alterar a posição do seu eixo. O que explica o movimento de rotação em torno de um eixo perpendicular ao eixo da roda.

A força produzida pela própria roda em resposta as forças externas a ela aplicada, e a conservação do momento angular são responsáveis pelos efeitos observados durante a manipulação e demonstrações desse experimento. Logo a medida que a velocidade angular da roda vai diminuindo e o momento angular da roda se torna menor, as reações observadas para a sua conservação vão se tornando menos intensas.

EXPERIMENTO 4

PÊNULO SERPENTE

O QUE É?

O Experimento Pêndulo Serpente (Figura 14) é uma armação de madeira montada no formato de um trapézio. A parte superior da armação é composta por 28 pêndulos feitos com chumbos de pescaria. Soltando as massas simultaneamente, o movimento dos pêndulos formará algo parecido com o movimento de uma serpente.

Este experimento apresenta diversos pêndulos simples, com isso é possível observar o período, a frequência e a amplitude em um movimento harmônico simples.



FIGURA 14 - EXPERIMENTO PÊNULO SERPENTE

MATERIAIS

Para construir os Pêndulos - Serpente devem ser utilizados os materiais mostrados no Quadro 4:

Quant	Materiais
2	Madeira Compensada 12 mm (30 cm x 4,5 cm)

2	Madeira Compensada 12 mm (55 cm x 4,5 cm)
2	Madeira Compensada 12 mm (45 cm x 4,5 cm)
1	Madeira Compensada 12 mm (70 cm x 2 cm)
1	Madeira Compensada 12 mm (71 cm x 2 cm)
28	Chumbos de pescaria (2 cm)
56	Miçangas para artesanato
14 m	Cordão encerado fino ou fio de nylon

QUADRO 4 - MATERIAL PARA CONSTRUÇÃO DOS PÊNULO SERPENTE

Custo estimado para construção do experimento: R\$40,00

CONSTRUÇÃO

A armação deve ser montada no formato de um trapézio (Figura 14). Para unir



FIGURA 15 - BASE DOS PÊNULOS

as madeiras utilize pregos e cola de madeira.

Una os pés da armação (madeiras de 30 cm) através da tira de madeira de 70 cm. Os pés devem ficar paralelos um ao outro nas extremidades da tira.

Sobre o primeiro pé posicione verticalmente as duas tiras de 55 cm separados pela madeira da base do trapézio como na Figura 15. Faça o mesmo sobre o segundo pé com as tiras de 45 cm.



FIGURA 16 - ENCAIXE SUPERIOR DOS PÊNULOS

Na parte superior unindo as duas extremidades fixe a tira de madeira de 71 cm fazendo um ângulo de aproximadamente 9° com a direção horizontal.

Ainda na parte superior



FIGURA 17 - EXTREMIDADE INFERIOR DOS PÊNULOS

faça 28 furos com 2 cm de distância entre eles. Nestes furos serão passados os cordões dos pêndulos (Figura 16).

Usando o cordão e os chumbos de pescaria, faça a montagem dos pêndulos

(Figura 17). Os chumbos devem ficar alinhados.

Para alinhar utilize uma linha amarrada nas

laterais da armação, norteadando as alturas dos pêndulos. Perceba que cada fio terá um comprimento diferente dos outros. Evitando que os nós do cordão ultrapassem o furo do chumbo coloque nas extremidades, antes dos nós, as miçangas como nas Figuras 16 e 17.

FUNCIONAMENTO E MANIPULAÇÃO

Com o auxílio do pedaço de madeira ou de uma régua, erga todas as massas dos pêndulos até certa altura (no máximo 10 cm de deslocamento em relação a posição de repouso). Solte todas as massas ao mesmo tempo e observe o movimento dos pêndulos.

Alguns instantes depois que os pêndulos estiverem oscilando, haverá a impressão de que os movimentos não estão sincronizados. Nenhum pêndulo estará realizando uma oscilação completa ao mesmo tempo em que os outros. Por isso a combinação dos seus movimentos formará algo parecido com o movimento de uma serpente ou com a oscilação de uma onda transversal Figura 18.



FIGURA 18 - COMBINAÇÃO DOS MOVIMENTOS DOS PÊNULOS

Continue a observar os pêndulos e será possível perceber a formação de diferentes padrões em suas oscilações. Veja diferentes padrões também quando uma quantidade menor de pêndulos for colocada para oscilar.

Se possível, utilizando um cronômetro, peça para que alguém realize as medidas dos tempos de oscilação de alguns pêndulos individualmente. Mostre que os tempos de oscilação dos pêndulos que estão presos as linhas mais cumpridas são maiores do que o tempo dos que estão presos as linhas mais curtas quando são soltos da mesma altura.

Chame atenção para o fato de que os movimentos dos pêndulos não são perpétuos. Após certo tempo a amplitude do movimento será bem menor do que era ao início da observação.

Evite que os pêndulos fiquem oscilando por muito tempo ou que as massas sejam tocadas durante o movimento, pois assim é possível que os pêndulos se entrelacem.

CONCEITOS ENVOLVIDOS

O equipamento demonstrado apresenta diversos pêndulos simples. O período (T) de oscilação de um pêndulo simples, para ângulos pequenos (menores que 10°) depende apenas do comprimento (L) do pêndulo e da aceleração (g) da gravidade local. A equação matemática que expressa essa relação possui uma demonstração não muito complicada. Apesar disso tal demonstração não é relevante para o tipo de atividade proposta e a equação é apresentada a seguir:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$$

Percebe-se que a única grandeza que irá interferir nas diferenças dos períodos de oscilações dos pêndulos será o comprimento de cada um deles, já que todos estão sujeitos a mesma aceleração da gravidade. Logo quanto maior o comprimento do pêndulo maior será o seu período de oscilação.

Enquanto oscila, o pêndulo apresenta um exemplo típico de um Movimento Harmônico Simples (MHS). Em que, neste caso, os períodos de oscilação deixam de depender da amplitude do movimento (já que são amplitudes pequenas) e das massas das partículas que são postas para oscilar nas extremidades dos pêndulos.

O comprimento dos pêndulos distribuídos pelo aparato aumenta de maneira linear. Isso faz com que o período de oscilação aumente gradativamente. Logo as

diferenças de fases entre os pêndulos fazem com que o conjunto, ao oscilar, apresente os efeitos observados como o movimento de uma serpente.

A energia mecânica em um oscilador harmônico simples está diretamente associada à amplitude de seu movimento. Assim, o fato de as amplitudes dos movimentos irem diminuindo ao longo do tempo deve-se a dissipação da energia do sistema devido ao atrito com o ar. As oscilações dos pêndulos estão sendo amortecidas.

EXPERIMENTO 5

GERADOR DE ONDAS ESTACIONÁRIAS

O QUE É?

O Experimento Gerador de Ondas Estacionárias (Figura 19) é composto por uma base de madeira com duas hastes articuladas unidas por um pedaço de barbante e dois motores de aparelhos de DVD. Ao acionar os motores o pedaço de barbante irá oscilar formando uma onda estacionária.

Com este experimento é possível observar a formação de ondas mecânicas em uma corda, interferência entre ondas, ondas estacionárias e suas características.



FIGURA 19 - EXPERIMENTO GERADOR DE ONDAS ESTACIONÁRIAS

MATERIAIS

Para construir o experimento devem ser utilizados os materiais do Quadro 5:

Quant	Materiais
1	Madeira (25 cm x 10 cm x 5 cm)

2	Madeira (25 cm x 3 cm x 3 cm)
4	Madeira (13 cm x 2 cm x 2 cm)
1	Madeira – compensado de 0,3 cm espessura (8 cm x 8 cm)
2	Parafusos (9,5 cm) com porcas e arruelas
1	Chave – liga desliga – alavanca - 2 polos
1	Suporte para 4 pilhas AA
4	4 pilhas AA
1	Barbante (60 cm)
2	Motor de DVD
8	Parafusos de rosca soberba (5 cm)
80 cm	Cabo PP 2 x 03 mm

QUADRO 5 - MATERIAIS PARA CONSTRUÇÃO DO GERADOR DE ONDAS ESTACIONÁRIAS

Custo estimado para construção do experimento: R\$20,00

CONSTRUÇÃO

O pedaço de madeira mais grosso será a base para a construção do aparato.

Em cada lateral da base afixe as duas madeiras de 13 cm utilizando dois parafusos de 5 cm com 2 cm de espaço entre estes. Entre as madeiras deve haver um espaço de 3 cm e aproximadamente 7 cm de cada uma delas deve estar acima da base. Nos espaços entre essas madeirinhas serão colocadas as hastes articuladas como na Figura 20.



FIGURA 20 - LATERAIS ARTICULADAS

Entre as madeiras que foram afixadas nas laterais coloque os dois pedaços de madeira restantes utilizando os parafusos com porca de acordo com a Figura 20. É importante que as alturas destas duas madeiras sejam iguais e que estejam bem articuladas, pois elas serão as hastes onde os motores serão acoplados.

Utilizando cola quente, coloque os motores nas extremidades de cada haste (Figura 21).

Em umas das laterais mais compridas da base afixe o pedaço de compensado, deixando espaço para acoplar a chave de ligar e o suporte para as pilhas na parte inferior, de acordo com a Figura 22.

Utilizando os cabos PP faça a instalação elétrica dos motores observando os seguintes pontos:



FIGURA 21 - MOTOR COLADO NA HASTE



FIGURA 22 - PILHAS E CHAVE

- quando a chave for ligada os dois motores devem ser acionados a mesmo tempo.
- os dois motores devem girar no mesmo sentido.

Se necessário peça a ajuda de um técnico em eletrônica para fazer a instalação dos motores.

FUNCIONAMENTO E MANIPULAÇÃO

Ao ligar o interruptor os motores serão acionados fazendo com que o barbante oscile. Como os motores foram instalados girando no mesmo sentido, ao serem posicionados um de frente para o outro, produzirão ondas que oscilam em sentidos opostos. Essas oscilações darão origem a uma onda estacionária no barbante assim como na Figura 23.

Ao alterar o tamanho do barbante acoplado aos motores ou variando as distâncias entre estes será possível observar números diferentes de batimentos sendo formados no barbante. Também é possível alterar a quantidade de batimentos formada apertando levemente o barbante com os dedos enquanto os motores estiverem ligados o que depende do tamanho do barbante e da distancia entre os motores.

Coloque pedaços de barbante de diferentes comprimentos e observe o número de batimentos associados a cada um. É possível, se houver tempo suficiente, fazer isso até mesmo durante a demonstração do experimento.

É interessante, durante a demonstração do experimento, ter em mãos um rolo de barbante e uma tesoura para que possa ser feita rapidamente a troca da corda. Ocasionalmente poderá acontecer o rompimento do barbante ou este poderá ficar enrolado em algum dos motores.

CONCEITOS ENVOLVIDOS

Ao acionar os motores do aparato é possível observar a formação de ondas estacionárias no barbante. De forma simplificada pode-se dizer que a onda estacionária em uma corda é o resultado da interferência de duas ondas de mesma amplitude e comprimento de onda. Essas ondas oscilam com suas velocidades em sentidos contrários se interceptando ao longo da corda.

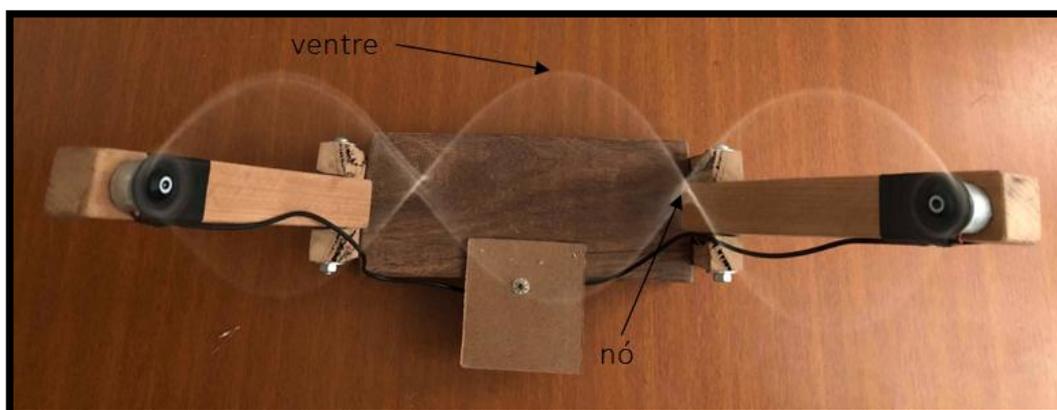


FIGURA 23 - NÓS E VENTRES DA ONDA ESTACIONÁRIA

A interceptação das ondas fará com que surjam pontos de interferência construtiva e destrutiva.

Os pontos da corda onde há interferência construtiva são chamados de ventres (Figura 23). Nos ventres a amplitude do movimento é máxima e corresponde ao dobro da amplitude das ondas que constituem a onda estacionária.

Os pontos da corda onde a interferência é totalmente destrutiva são chamados de nós (Figura 23). A distância entre dois nós ou dois ventres consecutivos corresponde à metade do comprimento de onda da onda estacionária.

As quantidades de nós e ventres produzidos em uma onda estacionária são influenciadas pelo comprimento da corda, da densidade linear de massa da corda e da tensão sobre a qual esta corda está submetida.

No caso desse experimento é possível fazer a troca do barbante, utilizando modelos mais finos ou mais grossos e barbantes de diferentes comprimentos. Alterando também a posição das hastes onde os motores estão acoplados varia-se a tensão no barbante. Todas essas variações contribuem para a formação de ondas estacionárias de diversos comprimentos de onda.

EXPERIMENTO 6

MINI BANCADA DE ÓPTICA

O QUE É?

O Experimento Mini Bancada de Óptica (Figura 24) é composta por um conjunto de lentes côncavas e convexas, alguns prismas, espelhos planos, lasers e uma base com o desenho de um transferidor.

Diversas demonstrações e experimentos podem ser realizados utilizando a Mini Bancada de Óptica, podendo assim analisar a reflexão e a refração dos raios de luz, a formação da imagem em espelhos planos e a convergência e divergência dos raios de luz em lentes delgadas.



FIGURA 24 - EXPERIMENTO MINI BANCADA DE ÓPTICA

MATERIAIS

Para construir a Mini Bancada de Óptica devem ser utilizados os materiais mostrados nos Quadros 6 e 7:

Quant	Materiais
1	Kit de óptica (lentes e prismas – Quadro 7)
3	Laser – comprimento de onda 650 nm (vermelho)

1	Lazer – comprimento de onda 532 nm (verde)
4	Espelho plano (8 cm x 12 cm)
1	Espelho retrovisor com superfícies esféricas
1	Madeira MDF 1,5 cm (43 cm x 24 cm)
1	Pedaço pequeno de madeira (3 cm x 9 cm)
2	Parafusos de rosca soberba de 2 cm
1	Imagem impressa de transferidor
4	Prendedor de papel de 2,5 cm
1	Folha de EVA de 0,5 cm de espessura

QUADRO 6 - MATERIAIS PARA CONSTRUÇÃO DA MINI BANCADA DE ÓPTICA

Quant	Materiais
1	lente plano convexa
1	lente plano côncava
1	lente bicôncava
1	lente biconvexa
1	prisma retângulo
1	prisma equilátero
1	prisma isósceles
1	prisma retângulo

QUADRO 7 - COMPONENTES DO KIT DE ÓPTICA

Custo estimado para construção do experimento: R\$230,00 (o experimento ficou com o valor um pouco mais elevado devido ao preço dos prismas e das lentes, mas ainda é possível utilizar materiais mais baratos)

CONSTRUÇÃO

A única etapa da construção do aparato que merece maior atenção é a união e afixação dos lasers vermelhos sobre a base e a colagem da imagem do transferidor. O restante depende apenas da montagem do experimento de acordo com os objetivos de cada demonstrado.

Primeiramente, um dos lasers vermelhos deve ser afixado no centro do pedaço pequeno de madeira utilizando cola quente. O raio de luz emitido deve estar perpendicular a lateral maior da madeira. Os outros dois lasers devem ser colados um de cada lado do primeiro.

Os raios de luz emitidos pelos três devem ser paralelos, para isso sugere-se que ao fazer a colagem dos lasers laterais eles sejam ligados de frente a um anteparo.

Segure firmemente os lasers observando a direção dos raios até que a cola endureça. Faça isso com o primeiro laser lateral, alinhando-o com o laser do meio (Figura 25). Em seguida faça com o segundo laser lateral, alinhando-o com os outros dois, estando todos ligados e a luz emitida sendo projetada no anteparo.

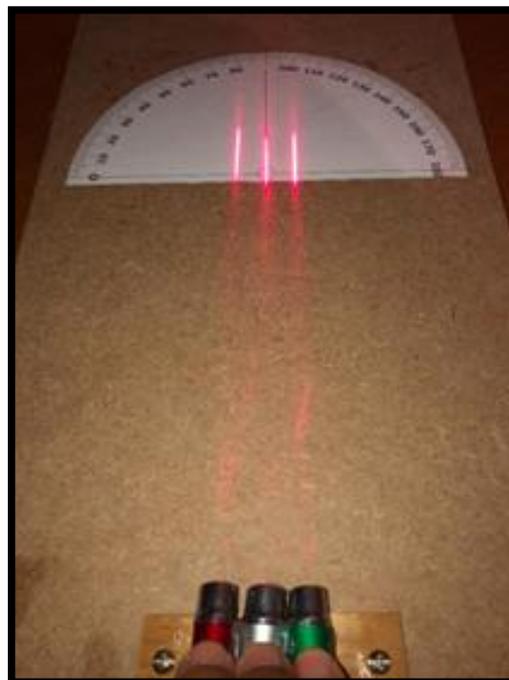


FIGURA 25 - LASERS ALINHADOS



FIGURA 26 - INCLINAÇÃO DOS LASERS

Parafuse a madeira com os laser sobre a base (madeira MDF). É importante que ao afixar a madeira esta fique levemente inclinada para frente, de forma que os raios de luz emitidos possam incidir na base, sobre um ângulo bem pequeno, quase perpendicularmente a ela. Fazer isso é possível colocando uma tira fina de EVA na parte de trás da madeirinha e em baixo dela (Figura 26).

Cole a imagem do transferidor, posicionando-a aproximadamente no centro da base.

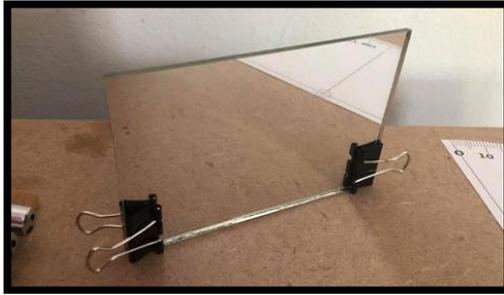


FIGURA 27- PRENDEDORES APOIANDO O ESPELHO 27).

Corte a folha de EVA um pouco menor do que os espelhos e cole atrás de cada um deles para que fiquem protegidos. Para que os espelhos fiquem posicionado em pé coloque em suas bordas os prendedores de papel (Figura

FUNCIONAMENTO E MANIPULAÇÃO

Diversas demonstrações e experimentos podem ser realizados utilizando a Mini Bancada de Óptica.

Acionando dois ou três lasers ao mesmo tempo é possível perceber que, ao atravessar as lentes com bordas mais finas que o centro, os raios de luz irão convergir para um ponto em comum. Ao atravessar uma lente com bordas mais grossas que o centro, os raios de luz irão se espalhar. Acionando apenas um laser percebe-se que, se um raio de luz passa exatamente pelo centro de uma lente posicionada perpendicularmente, não sofre desvio.

Com os demais prismas (triangulares e retangular), que não possuem formatos de lentes, perceba que os raios que são emitidos pelos lasers sofrem reflexões e desvios ao os atingirem. Nestes casos, porém, os raios que são emitidos paralelamente pelos lasers continuam paralelos após atingirem os prismas.

Nos lasers utilizados no experimento há outro botão que aciona uma lanterna. Utilizando ainda os prismas perceba o efeito obtido quando, ao invés de raios de luz, feixes de luz estão passando através deles.

Compondo a Mini Bancada de Óptica também há alguns espelhos. Com os espelhos planos, utilizando um laser que está solto, mostre os ângulos de incidência e de reflexão dos raios de luz. Mostre também a quantidade de imagens de um mesmo objeto que são formadas nos espelhos quando estes são associados de acordo com certos ângulos.

Se achar conveniente mostre, nesses dois casos, os ângulos através do transferidor colado na base da bancada.

Com o espelho esférico nas mãos, peça para que o aluno ou visitante se posicione de frente ao espelho e observe as características da sua imagem formada.

Deixe que sejam observadas e analisadas as imagens de outros objetos a diferentes distâncias do espelho.

Neste aparato está sendo utilizado um espelho retrovisor com uma das superfícies côncava e a outra convexa. Outros espelhos de custo não muito alto podem ser adicionados, como espelhos de para maquiagem (côncavos) e espelhos redondos (convexos) que são colados nos retrovisores de caminhões.

Se a demonstração for realizada em sala de aula solicite que os alunos façam anotações a respeito das distâncias, ângulos e características das imagens formadas em cada experimento que for sendo realizado com a Mini Bancada de Óptica. O que pode auxiliar na compreensão de alguns diagramas encontrados nos livros didáticos e ensinados pelos professores.

Explore diferentes formas de utilização e a medida do possível acrescente mais objetos a Mini Bancada como: lentes com diferentes distâncias focais, outros espelhos esféricos, lasers de diferentes frequências e superfícies polarizadoras.

Solicite aqueles que estiverem manipulando o aparato para tomarem muito cuidado, pois são feitos de materiais frágeis. Se possível tenha sempre um monitor acompanhando a utilização dos objetos.

CONCEITOS ENVOLVIDOS

Essencialmente, com a Mini Bancada de Óptica construída, é possível analisar a reflexão e a refração dos raios de luz, a formação da imagem em espelhos planos e esféricos e a convergência e divergência dos raios de luz em lentes delgadas.

Sobre a reflexão da luz em superfícies planas:

Os raios de luz percorrem linhas retas enquanto estão propagando em meios uniformes. Esses raios ao incidirem sobre uma superfície plana, como um espelho ou as paredes dos prismas, são refletidos de acordo com duas leis simples.

A primeira lei da reflexão em espelhos planos diz que se imaginarmos uma reta normal à superfície do espelho no ponto onde o raio de luz incide e reflete, esses três (a reta normal, o raio de luz incidente e o raio de luz refletido) pertencerão no mesmo plano.

A segunda lei é em relação aos ângulos de incidência e reflexão dos raios de luz sobre o espelho. Os ângulos de incidência (θ_i) e de reflexão (θ_r) são os que os raios

incidente e refletido, respectivamente, fazem com a reta normal. Esses ângulos possuem o mesmo valor ($\theta_i = \theta_r$).

A partir do transferidor colado a base da Mini Bancada os ângulos podem ser analisados e as duas leis acima mencionadas podem ser testadas.

Quando dois espelhos planos são associados, colocados próximos e fazendo um ângulo α , varias imagens de um mesmo objeto podem ser formadas. O número n de imagens formadas depende do ângulo em que os espelhos foram associados.

$$n = \frac{360^\circ}{\alpha} - 1$$

Sobre a reflexão da luz em superfícies esféricas:

Em superfícies esféricas a incidência e reflexão de dos raios de luz acontecem de forma diferente das superfícies planas. Isso é feito de acordo com as distâncias focais e os centros de cada espelho:

- Raios de luz que incidem sobre um espelho esférico paralelamente ao eixo principal (linha que passa pelo centro e pelo espelho) é refletido na direção do foco;
- Raios de luz que incidem sobre um espelho esférico na direção do foco são refletidos paralelamente ao eixo principal;
- Raios de luz que incidem sobre um espelho esférico na direção do centro é refletido também na direção do centro.

Se for montado um diagrama e analisadas as imagens formadas nos espelhos esféricos será possível perceber as características gerais das imagens formadas.

Num espelho convexo a imagem formada será sempre direta, virtual e menor do que o objeto que está sendo refletido independentemente da sua posição.

Num espelho côncavo as características da imagem dependem da posição relativa entre o espelho e o objeto. Assim as imagens formadas podem ser diretas ou invertidas, virtuais ou reais, menores, maiores ou do mesmo tamanho do objeto. Curiosamente se um objeto for posicionado no centro de um espelho côncavo não será possível observar a formação de sua imagem.

Sobre a refração da luz em prismas e lentes:

Prismas e lentes são feito com matérias onde a velocidade da luz tem valor diferente da velocidade da luz no ar. Quando um raio de luz passa pela superfície de separação entre dois meios ela pode sofrer um desvio devido a mudança de velocidade.

Os ângulos de desvio dos raios de luz ao passar pela superfície de separação dos meios seguem a lei de Snell expressa pela seguinte equação:

$$n_1 \cdot \text{sen}\theta_1 = n_2 \cdot \text{sen}\theta_2$$

Onde:

n_1 e n_2 são os índices de refração absolutos dos meios (razão entre as velocidades da luz no vácuo e a velocidade da luz no meio em questão);

θ_1 e θ_2 são os ângulos de incidência e de refração dos raios de luz (ângulos que os raios fazem com a reta normal à superfície).

Ao incidir perpendicularmente na superfície que separa dois meios onde a luz apresenta velocidades diferentes, o raio de luz não sofre desvio.

$$\theta_1 = 0 \rightarrow \text{sen}\theta_1 = 0$$

Se incidir em um ângulo diferente de 90° o desvio será de acordo com a equação apresentada.

Em relação à passagem dos raios de luz onde a superfície de separação entre os dois meios é esférica, como é o caso das lentes apresentadas na Mini Bancada, os raios de luz serão desviados convergindo para o eixo principal ou divergindo dele. Sempre na direção dos focos das lentes.

Se o índice de refração do material de que é feita a lente for maior do que o índice de refração do meio em volta dela a lente será:

- Convergente caso tenha as bordas mais finas que o meio;
- Divergente caso tenha as bordas mais grossas que o meio.

Isso é o que ocorre nos casos das demonstrações utilizando este aparato, pois o índice de refração do ar é menor que o índice de refração do acrílico.

EXPERIMENTO 7

CIRCUITOS ELÉTRICOS EM SÉRIE E EM PARALELO

O QUE É?

O Experimento Circuitos Elétricos (Figura 28 e Figura 29) é composto por duas bancadas uma com um circuito elétrico em série e outro em paralelo.

Observando os circuitos pode-se entender a respeito dos conceitos de resistência elétrica, corrente elétrica, diferença de potencial elétrico, potência elétrica dissipada, e as diferenças dessas grandezas em associações de circuitos em série e em paralelo.

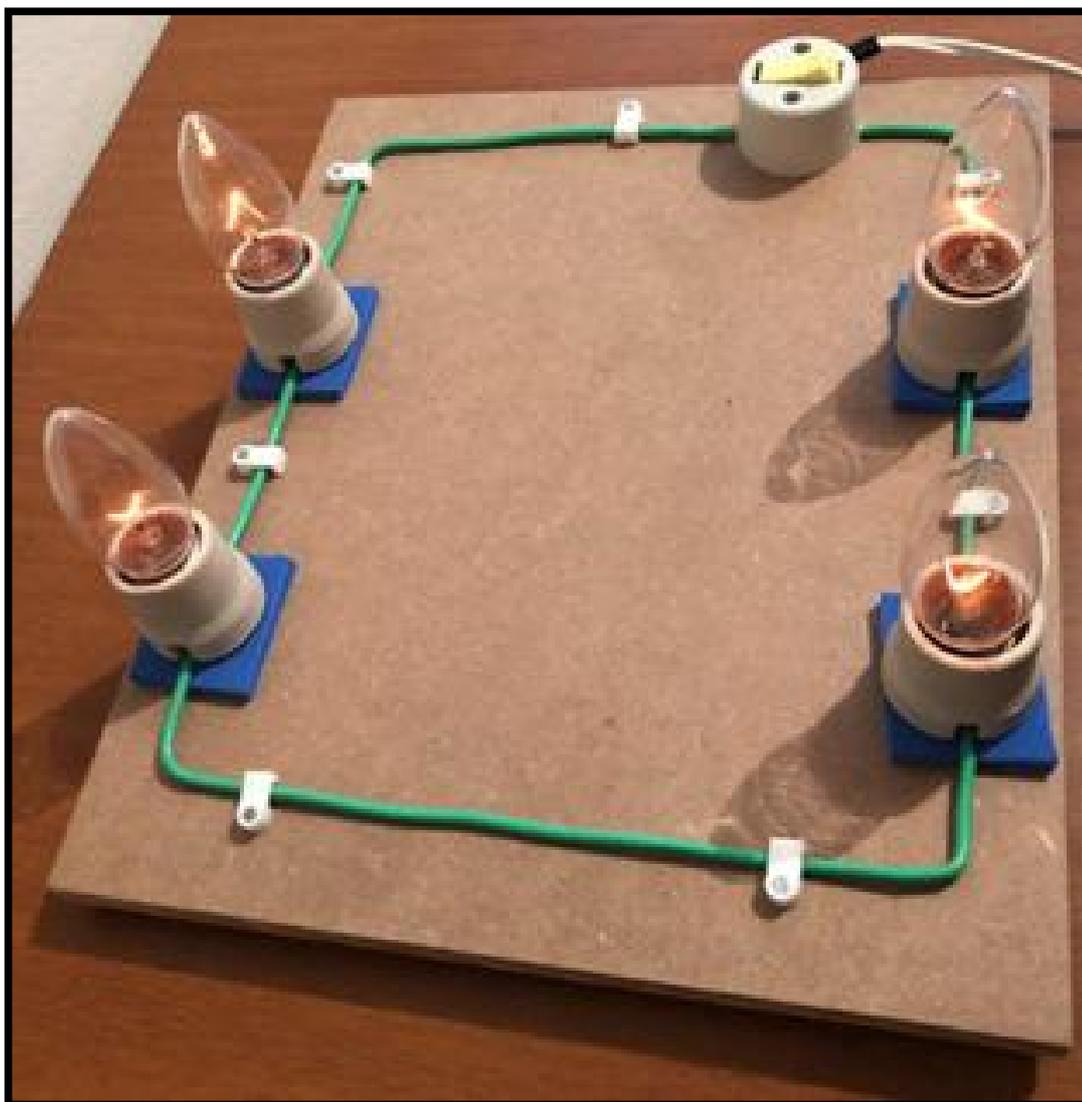


FIGURA 28 - CIRCUITO EM SERIE

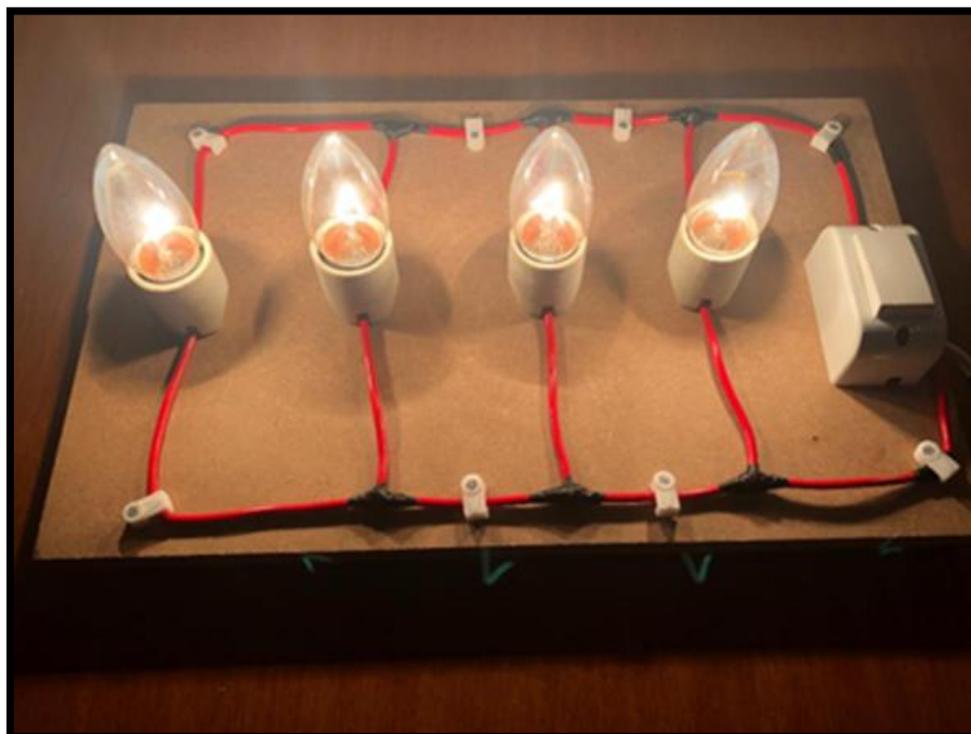


FIGURA 29 - CIRCUITO EM PRALELO

MATERIAIS

Para construir os Circuitos devem ser utilizados os materiais mostrados no Quadro 8:

Quant	Materiais
8	Bocal de Porcelana
8	Lâmpadas (Potências iguais)
2	Madeira MDF de 15 mm (40 cm x 30 cm)
2	Plug de tomada (macho)
2	Interruptores de luz
1 m	Fio de 2,5 mm ² - verde
1,5 m	Fio de 2,5 mm ² – vermelho
2m	Fio duplo para extensão

QUADRO 8 - MATERIAIS PARA CONSTRUÇÃO DOS CIRCUITOS EM SÉRIE E PARALELO

Custo estimado para construção dos experimentos: R\$100,00

CONSTRUÇÃO

Construção do circuito em série (Figura 28)

- Posicione 4 bocais sobre uma das bases de madeira, igualmente espaçados;
- Nos bocais de porcelana há uma maneira bem fácil de fazer a instalação dos fios. Meça três pedaços de fio verde dos tamanhos dos espaços entre os bocais, corte as capas dos fios nas pontas (aproximadamente 0,5 cm) e instale os fios nos bocais;
- Como o circuito é em série, deve haver apenas 1 “caminho” entre os fios e os bocais;
- Em um dos bocais das extremidades prenda um pedaço de fio verde de aproximadamente 25 cm. A outra ponta desse fio deve ser ligada ao interruptor.
- Na lâmpada da outra extremidade prenda outro fio verde de aproximadamente 25 cm.
- Prenda os bocais na base;
- Para fazer a entrada de energia no circuito utilize 1m do fio duplo para extensão. Em uma das extremidades desse fio instale um plug de tomada. A outra extremidade do fio duplo deve ser ligada uma ponta no interruptor e a outra ponta direto no fio que se do circuito que ainda está solta.
- Não se esqueça de isolamento dos fios que estiverem expostos e de prender os fios soltos na base, utilizando cola quente ou fixadores de fio (Figura 30).



FIGURA 30 - FIO AFIXADO

Construção do circuito em paralelo (Figura 29)

- Posicione 4 bocais sobre uma das bases de madeira, igualmente espaçados;
- Nos bocais de porcelana há uma maneira bem fácil de fazer a instalação dos fios. Em um dos bocais das extremidades coloque dois fios vermelhos de 40 cm, corte as capas dos fios nas pontas (aproximadamente 0,5 cm) e instale os fios nos bocais, esses fios servirão como rede principal do circuito.

- Uma das pontas dos fios da rede principal será ligada no interruptor, a outra ponta será ligada em um dos fios de entrada de energia;
- Nos outro, 3 bocais faça as instalações dos fios. Corte 6 pedaços de fio vermelho do mesmo tamanho, cada ponta desses fios será ligada uma em um bocal e outra no fio da rede principal;
- Dessa forma a instalação estará em paralelo;
- Prenda os bocais na base;
- Para fazer a entrada de energia no circuito utilize 1 m do fio duplo para extensão. Em uma das extremidades desse fio instale um plug de tomada. A outra extremidade do fio duplo deve ser ligada uma ponta no interruptor e a outra ponta, direto no fio da rede principal do circuito que ainda está solta.
- Não se esqueça de isolar os fios que estiverem expostos e de prender os fios soltos na base, utilizando cola quente ou fixadores de fio (Figura 30).

FUNCIONAMENTO E MANIPULAÇÃO

Em uma exposição não formal de física o experimento pode ficar exposto e os visitantes livres para utilizarem. Basta ligar o interruptor para as lâmpadas ligarem. A pessoa que estiver manipulando o experimento poderá perceber que, apesar das lâmpadas possuírem mesma potência, em um dos circuitos elas brilharão mais intensamente que no outro.

O monitor deve estar atento para que ninguém toque nas lâmpadas depois que estiverem ligadas, pois elas se aquecem e podem causar queimaduras.

Em uma visita guiada ou em uma atividade de demonstração em sala de aula, o professor ou monitor podem fazer algumas perguntas a respeito do assunto abordado nos circuitos. As questões podem instigar a curiosidade e a participação dos alunos ou visitantes, e diagnosticar sobre o conhecimento prévio dos mesmo a respeito do assunto. As Perguntas feitas podem se do tipo: “Haverá diferença nos circuitos quando forem ligados?”, “Porque um brilhou mais intensamente que o outro?”, “O que irá acontecer se uma lâmpada de cada circuito for retirada?”.

Observe se a tensão elétrica das tomadas onde os circuitos serão ligados estão de acordo com as especificações das lâmpadas.

CONCEITOS ENVOLVIDOS

Associação em série

Na associação em série apresentada, a corrente elétrica que passa por todas as lâmpadas é a mesma, de intensidade i . As lâmpadas 1, 2, 3 e 4 possuem resistências elétricas de mesmo valor R .

A queda de tensão experimentada entre os terminais de cada resistor é encontrada através da equação:

$$U_n = R \cdot i$$

onde n está relacionado com cada lâmpada.

Desta forma, como possuem mesmo valor de resistência, cada lâmpada experimentará a mesma queda de tensão. O valor tensão elétrica total (U_{total}) que está alimentando o circuito é igual soma das tensões em cada lâmpada.

$$U_{total} = U_1 + U_2 + U_3 + U_4$$

A potencia (P) dissipada por cada lâmpada é dada pela equação:

$$P = U \cdot i$$

Com isso, pode-se concluir que as potências dissipadas pelas lâmpadas são menores que as suas potencias nominais, já que a queda de tensão em cada uma é menor do que a que é especificada. Por isso as lâmpadas irão brilhar com menor intensidade.

A mesma corrente elétrica passa por cada uma das lâmpadas. Se uma das lâmpadas for desligada ou “queimar”, as demais lâmpadas também irão se apagar.

Associação em paralelo

Na associação em paralelo apresentada, cada lâmpada está ligada diretamente na rede principal do circuito. Logo cada uma delas experimentará uma queda de tensão (U_1, U_2, U_3, U_4) igual a tensão elétrica total (U_{total}) do circuito.

$$U_{total} = U_1 = U_2 = U_3 = U_4 = U$$

As lâmpadas 1, 2, 3 e 4 possuem resistências elétricas de mesmo valor R .

A intensidade da corrente elétrica (i) que passa por cada lâmpada é encontrada através da equação:

$$i = \frac{U}{R}$$

Desta forma as correntes elétricas em cada lâmpada serão maiores do que as correntes que passam pelas lâmpadas na associação em série

A potência (P) dissipada por cada lâmpada é dada pela equação:

$$P = U \cdot i$$

Com isso, pode-se concluir que as potências dissipadas pelas lâmpadas são iguais (ou muito próximas) às suas potências nominais. Por isso as lâmpadas irão brilhar com maior intensidade. Associação em paralelo irá dissipar mais energia elétrica do que a associação em série.

As correntes elétricas em cada lâmpada fluem independentemente umas das outras. Por isso o fato de uma delas ser desligada ou “queimada” não irá interferir no funcionamento das demais.

EXPERIMENTO 8

ELEVADORES HIDRÁULICOS

O QUE É?

Esse Experimento é composto por 3 elevadores hidráulicos. Os elevadores foram feitos com seringas de variados diâmetros ligadas de duas em duas utilizando mangueirinhas de aquário.

O funcionamento dos Elevadores Hidráulicos (Figura 31) está relacionado com o Teorema de Pascal, podendo assim observar os conceitos de força e pressão relacionados a ele.



FIGURA 31 - EXPERIMENTO ELEVADORES HIDRÁULICOS

MATERIAIS

Para construir o experimento devem ser utilizados os materiais mostrados no Quadro 9:

Quant	Materiais
3	Seringa de 5 ml
1	Seringa de 10 ml
1	Seringa de 60 ml

1	Seringa de 3 ml
3	Mangueirinhas de aquário (aproximadamente 30 cm cada)
2	Madeira MDF 15 mm (4 cm x 10 cm)
1	Madeira MDF 15 mm (50 cm x 20 cm)
12	Braçadeiras de plástico

QUADRO 9 - MATERIAIS PARA CONSTRUÇÃO DOS ELEVADORES HIDRÁULICOS

Custo estimado para construção do experimento: R\$20,00

Neste aparato a madeira de 50 cm servirá como apoio vertical para o posicionamento das seringas.

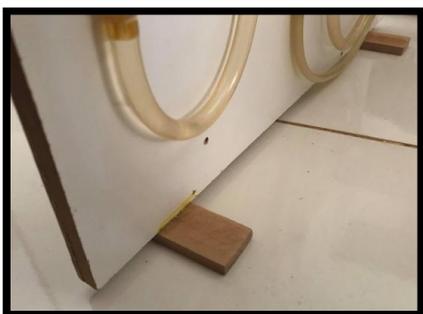
Utilizando o material do Quadro 8 será possível montar 3 elevadores hidráulicos sobre o mesmo apoio como na Figura 31.

No primeiro elevador serão usadas duas seringas de 5 ml, e montado da seguinte maneira:

- Deite a base e posicione as duas seringas sobre ela. As seringas devem ficar perpendiculares as laterais maiores com aproximadamente 2 cm acima de uma delas;
- Marque os pontos onde serão feitos os furos por onde passarão as braçadeiras que irão prender a seringas. Dois pontos nas duas laterais de cada seringa;
- Fure os buracos utilizando uma broca que tenha diâmetro igual ao das braçadeiras, para que essas não fiquem folgadas (Figura 32);



FIGURA 32 - BRAÇADEIRAS PRENDENDO AS SERINGAS



**FIGURA 16 - PÉS DOS ELEVADORES
HIDRÁULICOS**

- Antes de prender as seringas no apoio interligue as seringas com as mangueirinhas e preencha a mangueirinha e as seringas com água (a água pode ser colorida com anilina);
- Usando as madeirinhas menores faça os pés do aparato (Figura 33);
- Prenda as seringas com as braçadeiras como na Figura 32.

Para fazer os outros dois elevadores realize o mesmo procedimento anterior. Um deles usando as seringas de 3 ml e 5 ml e o outro usando as seringas de 10 ml e 60 ml.

FUNCIONAMENTO E MANIPULAÇÃO

Pressione o êmbolo de uma das seringas e perceba que o êmbolo da outra, que está conectada a ela, irá se elevar.

É possível perceber que, no elevador feito com seringas de mesmo diâmetro, as forças aplicadas nas duas seringas, para fazer com que a outra seja elevada, são iguais.

Nos elevadores feitos com seringas de diâmetros diferentes há diferenças nas forças aplicadas. A força aplicada na seringa mais fina, para fazer com que o êmbolo da mais grossa se eleve, é menor do que fazer a mais fina se erguer pressionando a mais grossa.

Deixe que as pessoas percebam essas diferenças ao manipularem o aparato.

Tome cuidado para que ninguém retire os êmbolos das seringas, pois preenchê-las novamente de água depois de estarem afixadas é um pouco mais complicado.

Tenha disponíveis seringas, mangueirinhas e braçadeiras sobressalentes, caso seja preciso realizar a troca de alguma delas.

CONCEITOS ENVOLVIDOS

O funcionamento dos Elevadores Hidráulicos está relacionado com o Teorema de Pascal.

De acordo Princípio de Pascal se houver variação de pressão num ponto de um líquido em equilíbrio, todos os pontos do líquido irão sofrer a mesma variação de pressão.

A pressão P_1 exercida sobre o líquido de elevador hidráulico (como na Figura 14) devido a uma força F_1 exercida pelo êmbolo de uma das seringas sobre o líquido pode ser calculada pela equação:

$$P_1 = \frac{F_1}{A_1}$$

Onde A_1 é a área de contato do êmbolo da seringa com o líquido.

Ao ser transmitida através do líquido, de acordo com o Princípio de Pascal, o êmbolo da outra seringa no elevador hidráulico irá sentir uma pressão P_2 , sendo $P_1 = P_2$.

Logo:

$$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$$

Onde F_2 é a força exercida sobre o êmbolo da segunda seringa e A_2 é a área do êmbolo.

A partir dessa última equação pode-se concluir, em um elevador hidráulico ou em uma prensa hidráulica uma força pequena aplicada numa área pequena consegue equilibrar uma força grande aplicada numa área grande. Isso irá ocorrer enquanto as razões entre as forças e as áreas forem iguais.

No aparato apresentado, em um dos elevadores as duas seringas possuem êmbolos de áreas iguais. Neste poderá ser percebida a transmissão da pressão, porém as forças aplicadas para equilibrar o sistema serão iguais.

Nos outros dois elevadores, como uma das seringas possui êmbolo de maior área que a outra, além da transmissão de pressão, será possível perceber que as forças necessárias para equilibrar o sistema também devem ser diferentes.

BIBLIOGRAFIA

CAVALCANTE, Marisa Almeida; PEÇANHA, Renata; DE CASTRO TEIXEIRA, Anderson. Ondas estacionárias em cordas e determinação da densidade linear de um fio. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 35, n. 2, p. 3502, 2013.

GASPAR, Alberto. Física: mecânica. São Paulo: Ática, v. 1, 2000.

GASPAR, Alberto. Física: eletromagnetismo e física moderna. São Paulo: Ática, v. 3, p. 448, 2000.

GASPAR, Alberto. Física: Ondas, óptica, termodinâmica. Ática, 2003.

MELCHIADES, Fábio G.; BOSCHI, Anselmo O. Cores e tonalidades em revestimentos cerâmicos. Cerâmica Industrial, v. 4, n. 1-6, p. 11-18, 1999.

NOGUEIRA, Fernando José. Controladores de LEDS para iluminação pública com elevado fator de potência comutados no dobro da frequência da rede elétrica. 2017.

NUSSENZVEIG, Herch Moysés. Curso de Física Básica: mecânica. 5. Ed, v.1. São Paulo: Blucher, 2018.

NUSSENZVEIG, Herch Moysés. Curso de Física Básica: fluidos, oscilações e ondas, calor. 5. Ed, v.2. São Paulo: Blucher, 2018.

NUSSENZVEIG, Herch Moysés. Curso de Física Básica: eletromagnetismo. 5. Ed, v.3. São Paulo: Blucher, 2018.

SANTOS, Tiago de Jesus et al. OS EXPERIMENTOS DA FÍSICA NO CAMINHÃO COM CIÊNCIA: DESCRIÇÃO E PERSPECTIVAS1. XVIII Simpósio Nacional de Ensino de Física, Vitória-ES, 2009.