



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

Decanato de Pesquisa e Pós-Graduação

Instituto de Física

Instituto de Química

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS

MESTRADO PROFISSIONALIZANTE EM ENSINO DE CIÊNCIAS

**A INSERÇÃO DE ATIVIDADES EXPERIMENTAIS NAS AULAS DE
FÍSICA EM NÍVEL MÉDIO.**

**Movimento Harmônico Simples (MHS).
Reflexão, Refração e dispersão da Luz.**

Texto de Apoio ao Professor de Física

Material elaborado por Valéria de Freitas Alves como parte do trabalho desenvolvido no Mestrado Profissionalizante em Ensino de Ciências – área de concentração Ensino de Física - sob a orientação da Prof^a Dr^a Célia Maria Soares. Gomes de Sousa.

Introdução

Este “Texto de Apoio” tem como público alvo professores de Física da rede de ensino, interessados em explorar o potencial das atividades experimentais para a facilitação da aprendizagem significativa de conceitos físicos em nível de ensino médio. A idéia central desse trabalho é a de inserir atividades experimentais ao longo das aulas expositivas, buscando, assim, promover a integração da teoria-prática nessa disciplina.

Acreditamos que o ensino-aprendizagem de Ciências deve se caracterizar por uma abordagem que não se restrinja aos métodos expositivos tradicionais, mas incorporem procedimentos que proporcionem aos alunos, oportunidades de participação mais ativa nesse processo.

Nesse contexto, a utilização de atividades experimentais como componente essencial nas estratégias de ensino de Física, tem sido destacada por nós professores, e também pelos alunos, como uma das maneiras mais frutíferas de minimizar as dificuldades de aprender e de ensinar Física de modo significativo.

Não podemos deixar de dizer que existem algumas dificuldades para se desenvolver atividades experimentais durante as aulas expositivas, as quais são bem conhecidas por todos nós, professores da rede de ensino. Poderíamos aqui desfiar uma lista infindável de problemas vivenciados por nós, diariamente, nas escolas. No entanto, o objetivo aqui não é esse, pelo contrário; apresentamos uma proposta exeqüível, que acreditamos ser eficaz para a promoção da aprendizagem significativa de conteúdos de Física em nível médio de ensino.

A atividade experimental é, por excelência, um meio eficiente para dar suporte a ocorrência da aprendizagem significativa por parte dos alunos. As atividades experimentais são apontadas pelos pesquisadores da área de Ensino de Ciências, como uma “estratégia” que desenvolve nos estudantes, dentre outros, o favorecimento da reflexão; a potencialização das análises qualitativas que ajudam na formulação de perguntas sobre o que se busca; a ênfase na formulação de hipóteses; a análise dos resultados à luz do conhecimento disponível, das hipóteses elaboradas e dos resultados de “outras perguntas” (dos

outros estudantes) e a potencialização da dimensão coletiva do trabalho científico, por meio da organização de equipes de trabalho e da promoção da interação entre elas.

Justificativa

Como professora de Física do Ensino Médio da rede pública de ensino, pude constatar as dificuldades de aprendizagem que os alunos apresentam em relação aos conceitos desta disciplina, cuja conseqüência mais evidente é o baixo desempenho nas avaliações da aprendizagem.

As questões relativas ao processo ensino–aprendizagem em Física, principalmente em nível médio, têm sido tema de várias pesquisas nessas últimas décadas, as quais têm identificado várias causas para tal situação; dentre elas, se destacam o grande número de alunos por turma, a falta de professores habilitados para ministrar a disciplina, a quase inexistência de equipamentos e atividades práticas/experimentais, a falta de domínio do conteúdo por parte dos professores, as dificuldades metodológicas e didáticas e, principalmente, a concepção do professor sobre o processo ensino-aprendizagem da Física.

É consenso que um professor que não domina os conceitos básicos de uma disciplina ou que não tem facilidade em explicitá-lo, sem dúvida, não terá condições para oferecer um bom ensino. Por outro lado, mesmo aquele professor que domina o conteúdo e é capaz de explicitá-lo pode ensinar de maneira inadequada, na medida em que simplesmente se considera um transmissor de informações. Há também aqueles professores que fazem questão de apresentar a Física como uma Ciência extremamente difícil, da qual só ele tem o domínio, sendo, por isso, “admirado e respeitado” pelos alunos. A estes fatores certamente se somariam outros que poderiam constituir uma lista interminável de razões pelas quais a Física tem sido tão odiada pelos que tentam aprendê-la.

Tradicionalmente a Física é considerada pelos professores uma disciplina difícil de ser ensinada e freqüentemente os alunos apresentam dificuldades de aprendizagem nestes conteúdos. Em parte, isto ocasionou a redução da carga horária desta disciplina nas escolas. Por isso, novos procedimentos de ensino certamente são necessários para motivar a participação dos alunos e aumentar o interesse pelos conteúdos ministrados nas aulas dessa disciplina.

É comum a argumentação de vários professores, que o ensino de Física tem assumido o caráter de preparação para resolução de exercícios de vestibular. Para esses professores, a situação é comprovada ao observarmos o uso indiscriminado de livros e assemelhados, recheados de exercícios preparatórios para as provas de vestibular que, na sua essência, primam pela memorização e pelas soluções algébricas, o que tem sido alvo de sérias críticas.

A maioria dos livros que circulam nas escolas apresenta os conteúdos como um conjunto de conceitos estanques, dando o caráter de Ciência imutável à Física. Porém, o mais problemático das obras está na forte identificação que elas promovem entre a Física e os algoritmos matemáticos. É fácil observar que os textos e, principalmente, os exercícios, são apresentados como Matemática aplicada, onde a questão fundamental se resume a treinar o estudante na resolução de problemas algébricos.

Outra questão levantada, diz respeito à gama imensa de conteúdos que compõem as obras didáticas. Com apenas duas aulas por semana, o professor precisa selecionar quais os conteúdos que irá abordar diante do complexo dessas obras, tendo que, muitas vezes, “pincelar” tópicos desconexos, simplesmente por que é necessário contemplar os itens do livro didático.

Thomaz (2000) argumenta que existem vários pesquisadores defendendo que o trabalho experimental é um meio por excelência para a criação de oportunidades para o desenvolvimento dos alunos. Também afirma que, caso se pretenda que os alunos estejam motivados para a execução de trabalhos experimentais, em qualquer nível de ensino, é preciso que a tarefa que os professores lhes proporcionem seja apelativa, que constitua um desafio, um problema ou uma questão que o aluno veja interesse em resolver, que se sinta motivado para encontrar uma solução.

O desenvolvimento de atividades experimentais pode ser uma possibilidade de transição dos modelos tradicionais de ensino para a construção de formas alternativas de ensinar Física. De acordo com nossa experiência, quando o professor introduz os experimentos em sala de aula, ele se vê frente a um novo comportamento dos alunos: mais interessados e participativos. Neste momento

ele poderá optar por uma determinada didática que inclua o uso de atividades experimentais.

Para Pinho-Alves (2000a), o contato entre a linguagem científica, as teorias, o conhecimento, ou “senso comum” do aluno no processo de experimentação tornam o ensino da Física mais eficaz e próximo do estudante.

Nessa linha, neste trabalho, foram introduzidas atividades experimentais ao longo das aulas expositivas, as quais foram conduzidas pela professora, em um processo de intervenção constante, tratando de relacionar os conteúdos pertinentes à atividade experimental em questão, ao conhecimento prévio (científico ou do senso comum) do aluno, relevante para a aprendizagem do conteúdo ora tratado.

É consenso entre os professores de Física que a atividade experimental atrai os alunos. O estudo aqui desenvolvido é decorrente dessa evidência e tem por objetivo modificar a dinâmica da sala de aula, adotando experimentos ao longo das aulas com a função de envolver os alunos e promover maior participação nas atividades em sala facilitando, dessa forma, a aprendizagem significativa dos conteúdos em questão.

Apresentamos a seguir, a nossa proposta de trabalho, que visa a inserção de atividades experimentais ao longo das aulas, para promover a integração teoria-prática como forma de facilitar a aprendizagem significativa de conceitos físicos em nível de ensino médio, nos tópicos de *Movimento Harmônico Simples* e *Reflexão e Refração da Luz*

A INSERÇÃO DE ATIVIDADES EXPERIMENTAIS PARA A FACILITAÇÃO DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE CONCEITOS FÍSICOS EM NÍVEL DE ENSINO MÉDIO

MOVIMENTO HARMÔNICO SIMPLES

REFLEXÃO, REFRAÇÃO E DISPERSÃO DA LUZ

Plano de aula 1: pêndulo simples

O objetivo dessa aula é o de determinar o período de oscilação de um pêndulo simples e verificar a sua dependência dos outros parâmetros envolvidos no movimento deste dispositivo. Nesse contexto, os objetivos de estimar o valor de g (aceleração da gravidade) e de explicitar as principais características do MHS deverão também ser alcançados para que o aluno identifique as principais grandezas físicas envolvidas no movimento do pêndulo simples.

Para que os objetivos acima sejam atingidos a apresentação do conteúdo é feita por meio de discussões promovidas, mediadas e dirigidas pelo professor no decorrer das aulas.

Elaboração da situação-problema

Para despertar o interesse dos alunos para a atividade experimental e promover a compreensão do conteúdo em questão, foi preparada uma seção de problemas a serem postos em discussões. Assim, espera-se, o contato com o assunto seria mais proveitoso e os alunos seriam motivados, pela discussão, a relacionar os eventos em pauta com aqueles, pertinentes, presentes no seu cotidiano.

Para este experimento a situação-problema é colocada em termos das questões:

O que é um pêndulo simples?

Você identifica exemplos de pêndulo simples no seu dia-a-dia? Quais seriam?

Para que serve a pêndulo simples?

Qual a dependência do pêndulo simples com o comprimento do fio, com a massa e com o ângulo que o fio faz com a vertical durante a oscilação?

Você pode identificar as principais características do MHS no movimento do pêndulo simples? Quais seriam? Explique suas conclusões a respeito dessa questão.

Tempo da Atividade: aproximadamente 3 aulas

Material utilizado: cronômetro; transferidor; pêndulo de fio fino; duas massas diferentes; régua de 1m.

Em um primeiro momento, o trabalho envolve a integração dos alunos e discussão sobre a relação entre o tema previamente estudado em sala de aula e o experimento. Em um segundo momento, a atividade experimental, em si, é desenvolvida; os alunos são levados a desenvolver uma discussão, tentando relacionar aquilo que observam no experimento com o conteúdo teórico correspondente com os fenômenos que podem observar ao seu redor.

Plano de aula 2: sistema massa-mola

O principal objetivo dessa aula é o de determinar o período de oscilação de um sistema massa mola e verificar a sua dependência dos outros parâmetros envolvidos. Além disso, um outro objetivo importante é o de identificar as principais características do MHS.

Elaboração da situação-problema

Para propiciar aos alunos, situações frutíferas que os levem a estabelecer relações entre aquilo que ele observa ao desenvolver atividade experimental e os conceitos previamente estudados, procurando facilitar a aprendizagem significativa, serão realizadas discussões relativas às principais questões da atividade experimental:

O que é um sistema massa mola?

Identifique neste experimento as principais características do MHS.

Qual é a dependência entre o período do sistema massa mola e a massa do sistema e a constante elástica da mola?

Tempo da Atividade: aproximadamente 2 aulas.

Material utilizado: cronômetro; molas; duas massas diferentes.

A aula deverá se desenvolver priorizando as discussões sobre os principais conceitos/idéias envolvidas na atividade experimental, relacionando-os a eventos já conhecidos dos alunos e presentes no seu dia-a-dia.

Plano de aula 3: espelhos planos

O objetivo dessa aula é o de compreender o processo de formação de imagem pelos espelhos planos, explicitando suas características e analisando associação de espelhos.

Elaboração da situação-problema

A resolução da situação-problema deverá transcorrer em forma de discussão sobre as questões diretoras propostas, relacionando os conceitos envolvidos à atividade experimental e aos eventos já conhecidos pelos alunos, pertinentes à situação. Para isso, as questões colocadas são:

O que é um espelho plano?

Como se dá a formação de imagens pelos espelhos planos?

Quais os tipos e as características das imagens formadas pelos espelhos planos?

Quais as situações onde são utilizadas as associações de espelhos planos e para quê?

Tempo da Atividade: aproximadamente 3 aulas.

Material Utilizado: espelhos planos; transferidor; um pequeno objeto; uma folha de papel.

Plano de aula 4: composição e decomposição da Luz branca

O principal objetivo de cada um dos experimentos é apresentado a seguir:

- 1- Estudo qualitativo do processo de dispersão da luz branca através de um prisma.
- 2- Estudo qualitativo do processo de composição da luz a partir das componentes primárias.

Elaboração da situação-problema

A situação-problema foi estabelecida em termos das questões:

O que são cores primárias?

O que são cores secundárias?

Quais são os tipos de luz?

O que é a luz branca?

Como a luz branca pode ser decomposta?

Como se dá a composição da luz branca?

Tempo da Atividade: aproximadamente 3 aulas.

Material Utilizado: espectômetro de mão e um disco de Newton.

Roteiros de apoio para as atividades experimentais

Para cada uma das atividades experimentais, incorporadas às aulas com o intuito de promover a integração teoria-prática e conduzidas por meio de discussões dirigidas pela docente, foi elaborado um material de suporte, que convençionamos chamar de **Roteiro de Apoio**.

Cada um desses roteiros contém um texto curto sobre os fundamentos teóricos mínimos que dão suporte à atividade, os objetivos a serem alcançados, os materiais a serem utilizados e o procedimento a ser seguido para efetuar a tomada de dados.

Os textos sobre os fundamentos teóricos, são curtos e contém apenas as idéias básicas sobre o tema a ser tratado na atividade experimental. Isso porque tais conteúdos já tinham sido tratados previamente em sala de aula e, portanto, não nos interessava apresenta-los em forma de texto, em nível mais aprofundado. O tratamento dos principais conceitos referentes à atividade experimental em questão, deveria ser feito durante as aulas, promovendo a integração teoria-prática, da forma prevista para no estudo visando a aprendizagem significativa de tais conceitos.

Roteiro de Apoio 1

Atividade experimental: o pêndulo simples

Leia com atenção e desenvolva as atividades propostas em cada uma das seções ou etapas deste roteiro, para garantir um bom resultado para o seu trabalho.

Fundamentos Teóricos

Um pêndulo simples consiste de um fio leve e inextensível (que não estica) de comprimento L , tendo na sua extremidade inferior, por exemplo, uma esfera de massa m ; a extremidade superior é fixa em um ponto, tal que ele possa oscilar

livremente (consideremos a resistência do ar desprezível), com amplitudes pequenas ($\theta_{\text{máximo}} = 10^\circ$).

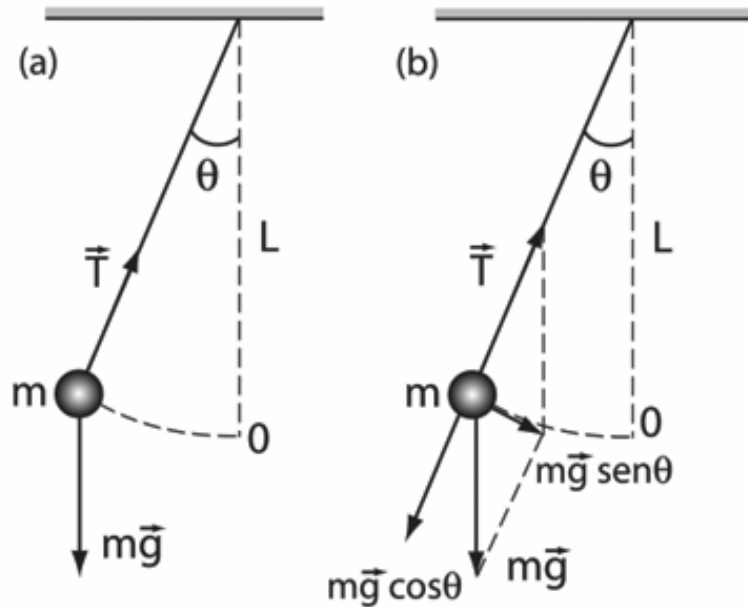


Figura 1 - (a) Representação do pêndulo simples, no instante inicial, e das forças que agem na partícula de massa m . (b) Em destaque as componentes radial e tangencial da força peso à trajetória.

Quando o pêndulo é deslocado de sua posição de equilíbrio e solto, ele oscila sob a ação da força peso, apresentando um movimento periódico. Chamamos de movimento harmônico, qualquer movimento que se repete a intervalos regulares de tempo. As forças que atuam sobre a esfera de massa m são: a força peso \mathbf{p} e a força de tração \mathbf{T} , que o fio exerce sobre a esfera em qualquer instante.

Considerando um sistema de eixos cartesianos tal que o eixo x seja tangente à trajetória da massa e o eixo y na direção do raio da trajetória (direção do fio), temos as componentes da força peso como sendo:

- $p_x = p \cdot \sin\theta = m \cdot g \cdot \sin\theta$ e $p_y = p \cdot \cos\theta = m \cdot g \cdot \cos\theta$

Quando o ângulo θ for muito pequeno (10°) podemos fazer a aproximação de que $\sin\theta \approx \theta$. Neste caso, o pêndulo executa um movimento harmônico simples (MHS).

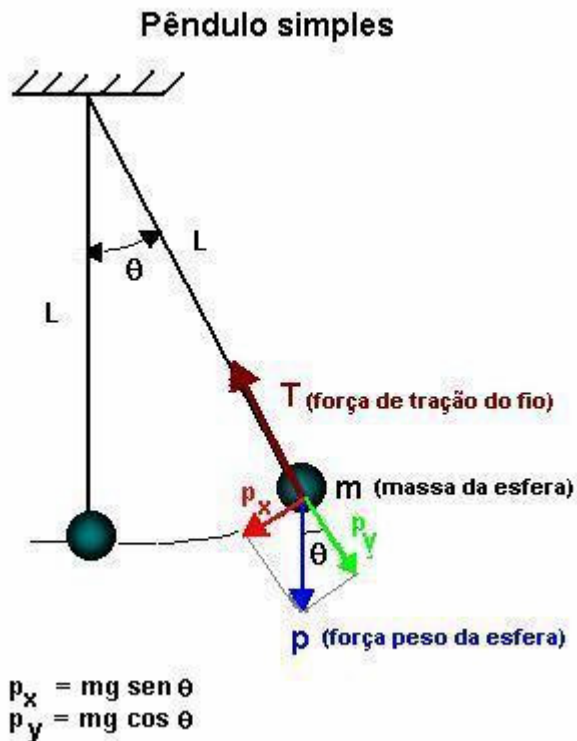


Figura 2: ilustração de um pêndulo simples oscilando. Invertendo o seu deslocamento, não alteramos o seu período.

O MHS é um movimento periódico que se desenvolve de um modo particular; neste tipo de movimento periódico, o deslocamento do corpo (no nosso caso a massa m) em relação a origem é dependente do tempo. A principal característica do MHS é a de que sobre a massa atua uma força restauradora que é tangente ao movimento e tem sinal contrário do deslocamento. No MHS temos, então, grandezas característica do movimento periódico: o período, a frequência, a amplitude. O período do pêndulo simples é dado pela expressão: $T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$

Onde:

T = período (s);

L = comprimento do fio (m);

g = aceleração da gravidade (m/s^2).

O Pêndulo Simples, através da expressão acima, também fornece um método para medições do valor de g , a aceleração da gravidade. Podemos determinar L e T , usando equipamentos de um laboratório de ensino, e estimar o valor de g , através da seguinte expressão:

$$\mathbf{g = 4\pi^2 L/T^2}$$

Para chegar à expressão acima, fizemos o seguinte procedimento matemático:

Da equação geral temos que:

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

Passando o número que está fora da raiz para o membro inverso com a função inversa:

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

Passando a função inversa da raiz para o membro oposto:

$$\left(\frac{T}{2\pi}\right)^2 = \left(\frac{L}{g}\right)$$

Realizando o produto do meio que é igual o produto dos extremos, chegamos a seguinte relação:

$$T^2 g = 4\pi^2 L$$

Finalmente, deixando apenas g , no primeiro membro temos que:

$$\mathbf{g = 4\pi^2 L/T^2}$$

Como já dissemos, nesse tipo de movimento existe uma força restauradora que tende a trazer ou manter o sistema na posição de equilíbrio. Este fato constitui a principal característica do Movimento Harmônico Simples (MHS).

Procedimento Experimental: medida da aceleração da gravidade

Objetivos:

- ✓ Determinar o período de oscilação de um pêndulo simples e verificar a sua dependência com os outros parâmetros envolvidos.
- ✓ Estimar o valor de g local (aceleração da gravidade).

Materiais:

- ✓ Cronômetro ;
- ✓ Transferidor;
- ✓ Pêndulo de fio fino;
- ✓ Duas massas diferentes;
- ✓ Régua de 1m.

Procedimentos:

1. Faça variações no comprimento (L) do pêndulo e determine o respectivo período para cada um desses comprimentos (coloque o pêndulo próximo à borda da mesa e trabalhe com uma pequena amplitude de oscilação equivalente a, no máximo, $\theta = 10^\circ$). Efetue as medidas necessárias e complete a tabela abaixo. Seja cuidadoso na obtenção das medidas de tempo. Mantenha os outros parâmetros constantes.

Comprimento L (m)	Tempo de 10 oscilações (s)	Período T (s)
0,5		
0,7		
0,8		
0,9		
1,0		

Tabela 1 : registro de dados

2- Repita o procedimento acima para massas diferentes, mantendo os outros parâmetros constantes.

Massa (Kg)	Tempo de 10 oscilações (s)	Período T (s)
M₁		
M₂		

Tabela: 2 registro de dados

3- Repita o procedimento acima para ângulos diferentes, mantendo os outros parâmetros constantes.

Ângulos θ (°)	Tempo de 10 oscilações (s)	Período T (s)
A₁		
A₂		
A₃		

Tabela 3: registro de dados

Tarefas

- 1) Com base nos dados experimentais que você obteve, explicita qual é a dependência (relação) entre o período de oscilação de um pêndulo simples, com a massa, com a amplitude e com comprimento do fio.
- 2) Calcule o valor da gravidade local (g), utilizando os dados que você obteve e registrou.
- 3) Compare o valor obtido no item anterior com o valor $g = 9,81\text{m/s}^2$, calculando o erro percentual.

Roteiro de Apoio 2

Atividade experimental: o sistema massa-mola

Fundamentos teóricos

Um bloco de massa m está em repouso preso à uma mola de constante elástica k , sobre uma superfície horizontal lisa (atrito desprezível) quando este bloco é deslocado da sua posição de equilíbrio – alongando ou comprimindo a mola – e abandonado em seguida, ele passa a oscilar em torno da sua posição de equilíbrio em uma trajetória retilínea. Esse sistema, é um exemplo de sistema massa-mola e constitui um dispositivo clássico para o estudo do movimento oscilatório.

A Fig.3 mostra a análise dinâmica do MHS em alguns instantes do movimento.

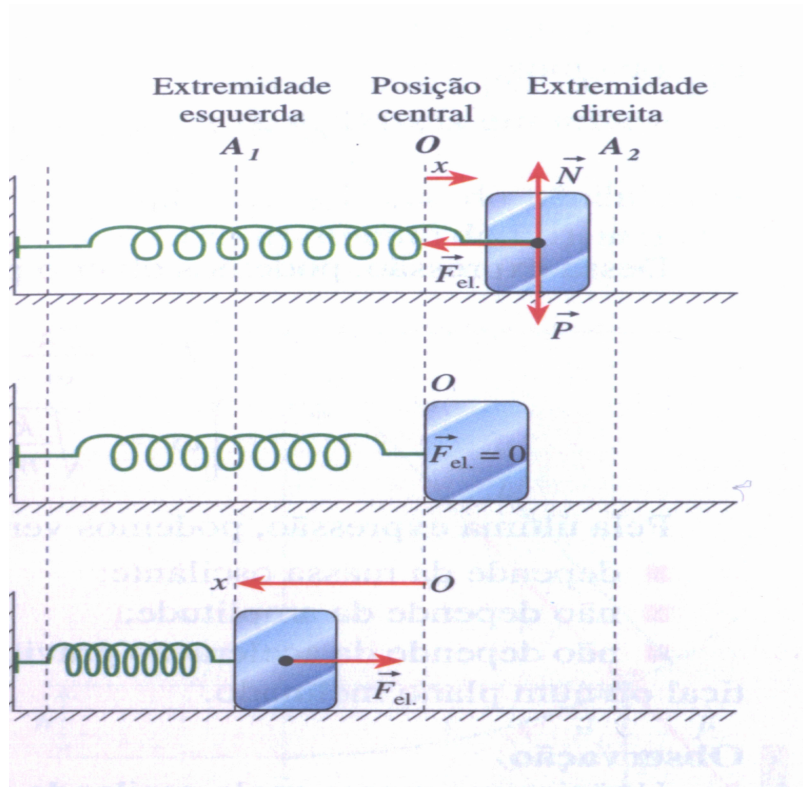


Figura 3, alguns dos movimentos possíveis em um sistema massa-mola.

Muitos dos movimentos oscilatórios surgem a partir da existência de forças restauradoras que tendem a manter os sistemas em estados ou posições de equilíbrio. Essas forças restauradoras são, basicamente, do tipo elásticas, obedecendo, portanto, a Lei de Hooke, traduzida pela expressão: $F = -kX$.

Esse sistema possui uma posição de equilíbrio a qual chamaremos de ponto 0 ($x = 0$). Toda vez que tentamos tirar esse sistema dessa posição 0, surge uma força restauradora $F = -kX$, que tenta trazê-lo de volta à posição inicial, ou seja, à posição de equilíbrio.

Habitualmente a posição Xm representa o deslocamento máximo, a partir da posição de equilíbrio, quando a mola é comprimida, enquanto que a posição $+Xm$ representa o deslocamento máximo, a partir da posição de equilíbrio, quando a mola é estendida. À medida que afastamos o bloco de massa m da posição de equilíbrio, a força restauradora vai aumentando (estamos tomando o valor de X crescendo positivamente à direita do ponto de equilíbrio). Se empurrarmos o bloco de massa m para a esquerda da posição 0, uma força de sentido contrário e proporcional ao deslocamento X surgirá tentando manter o bloco na posição de equilíbrio 0.

Se puxarmos o bloco de massa m e, em seguida, o soltarmos, o sistema vai oscilar em torno da posição de equilíbrio 0. O período do um sistema massa-mola

em MHS é dado por: $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{K}}$

Onde:

T = período (s);

m = massa (kg)

k = constante da mola(N/m).

Procedimento experimental: determinação do período de oscilação

Objetivos:

- ✓ Determinar o período de oscilação de um sistema massa- mola.

- ✓ Verificar a dependência do período de um sistema massa-mola em relação aos outros parâmetros envolvidos.

Materiais:

- ✓ Cronômetro
- ✓ molas
- ✓ Duas massas diferentes

Procedimentos:

1 - Utilizando uma mola de constante elástica k conhecida e duas massas diferentes, também conhecidas, meça o período de oscilação do sistema massa-mola para cada uma das massas, preenchendo a tabela abaixo (mantendo k constante).

Massa (kg)	Tempo de 10 oscilações (s)	Período T (s)
m_1		
m_2		

Tabela: 4 : registro de dados

2- Utilizando duas molas de constantes elásticas conhecidas e diferentes, meça o período de oscilação do sistema massa-mola para cada uma das molas, preenchendo a tabela abaixo (mantendo a massa constante).

Constante elástica (k)	Tempo de 10 oscilações (s)	Período T (s)
k_1		

Tabela 5: registro de dados

Obs.: Caso o período seja muito pequeno para ser medido diretamente com um cronômetro, meça o tempo necessário para que o sistema complete, por exemplo, dez ciclos completos, o que aumentará sua precisão. Faça o sistema oscilar com grande amplitude e determine o período da oscilação. Em seguida, determine o período para oscilações de amplitude bem pequena, comparando esses resultados.

Tarefas

1. Com base nos dados experimentais que você obteve, explicita a dependência (relação) entre o período de oscilação de um sistema massa-mola e a sua massa.
2. Com base nos dados experimentais que você obteve, explicita qual é a dependência (relação) entre o período de oscilação de um sistema massa-mola e a sua constante k .
3. Calcule o valor do período do sistema massa-mola para cada uma das massas utilizadas.

Roteiro de Apoio 3.

Atividade experimental: associação de espelhos planos

Fundamentos teóricos.

Os espelhos planos fazem parte dos chamados sistemas ópticos refletivos, os quais associam a cada imagem um objeto. Uma pessoa, utilizando um espelho plano, vê a sua imagem e a de outros objetos que estejam dentro do seu campo visual.

A imagem, de um corpo é determinada pelo cruzamento dos raios de luz refletidos pelo sistema óptico. Esta imagem é considerada real quando formada pelo cruzamento efetivo dos raios luminoso emergentes, e virtual, quando formada pelo cruzamento dos prolongamentos dos raios refletidos.

Nos espelhos planos, a imagem formada será simétrica em relação ao objeto, mantendo todas as características do mesmo. Geralmente um espelho plano associa uma imagem virtual a um objeto real.

Resumidamente podemos caracterizar a imagem formada pelo espelho plano como segue descrito abaixo e pela Figura 4:

- 1-** a imagem é virtual (atrás do espelho);
- 2-** a imagem tem o mesmo tamanho do objeto;
- 3-** imagem e objeto são eqüidistantes (estão à mesma distância do espelho);
- 4-** objeto e imagem são reversos (enantiomorfos), ou seja, o espelho troca a direita pela esquerda e vice-versa.

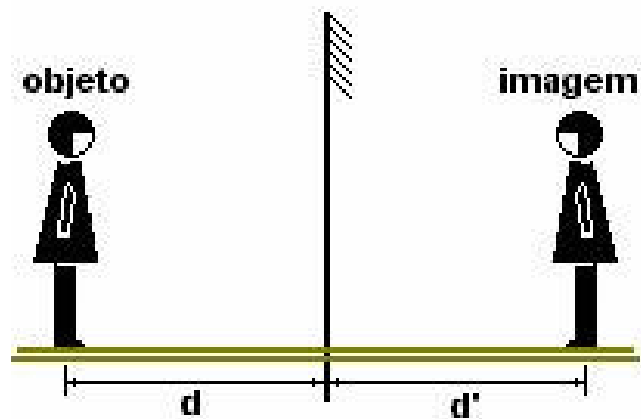


Fig. 4 – formação de imagem por espelho plano

Os espelhos planos podem ser associados entre si, como exemplificado na Figura 6. A associação de espelhos planos é usada, por exemplo, no cinema, dentre outras coisas, para dar a impressão do aumento do número de personagens em cena.



Fig.5 - associação de espelhos planos:

O número de imagens (N) pode ser calculado pela expressão:

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

Onde:

N = número de imagens;

α = ângulo formado entre os espelhos.

As condições para esta expressão ser válida são:

- Quando $360^\circ/\alpha$ for um número par, o objeto pode ficar em qualquer posição entre os dois espelhos.
- Quando $360^\circ/\alpha$ for um número ímpar, o objeto deve se localizar no plano bissetor do ângulo diedro dos dois espelhos, ou seja, o objeto tem que ficar eqüidistante dos dois espelhos.

Exemplo:

Vamos considerar o ângulo entre os dois espelhos igual a 90° . Substituindo na expressão para o número de imagens, temos que $n = 360 / 90 = 4$ (número par). O objeto pode se situar em qualquer posição entre os dois espelhos.

O número de imagens fornecidas será:

$$n = (360^\circ/90^\circ) - 1 = 4 - 1 = 3 \text{ imagens.}$$

Procedimento experimental: verificação do número de imagens em espelhos planos associados.

Objetivos:

- Verificar a dependência entre o ângulo formado pelos dois espelhos e o número de imagens fornecidas pela associação.

Materiais:

- ✓ Espelhos planos;

- ✓ Transferidor;
- ✓ Um pequeno objeto;
- ✓ Uma folha de papel.

Procedimentos:

1. Posicione os dois espelhos de modo a formar os ângulos indicados na tabela abaixo; confira com os colegas e com o professor se você está fazendo isso corretamente;
2. Com o transferidor, marque no papel um ângulo de 60° . Faça com que os espelhos fiquem em uma posição na qual mantenha esse ângulo entre eles;
3. Coloque o pequeno objeto entre os espelhos e conte o número de imagens;
4. Faça variações nos ângulos com os valores indicados na tabela abaixo, e verifique a quantidade de imagens formadas, preenchendo a tabela:

Ângulos α ($^\circ$)	Número de imagens
30	
36	
40	
45	
60	
90	
120	
180	

Tabela 6: registro de dados

Tarefas

1. Verifique se os valores encontrados na experiência, para o número de imagens é o mesmo daquele encontrado quando utilizamos o valor correspondente do ângulo aplicado diretamente na fórmula. Faça os cálculos;
2. Explique com suas palavras qual é a relação entre o ângulo formado pelos espelhos e o número de imagens.
3. Você consegue vislumbrar uma aplicação do que você aprendeu nesta aula na vida cotidiana? Qual seria?

Roteiro de Apoio 4

Atividade Experimental: a decomposição e a composição da luz branca

Fundamentos teóricos

Podemos dizer que LUZ é uma forma de energia que ilumina o mundo. Ela e outras radiações eletromagnéticas são emitidas por objetos energéticos ou quentes. A luz é o único componente do espectro eletromagnético (que inclui as microondas, os raios ultravioletas e os raios X) que pode ser detectado pelo olho humano. Vemos os objetos quando eles refletem a luz em direção a nossos olhos. No vácuo, a luz se move a 300.000 Km por segundo, e nada é mais rápido do que ela.

A luz branca pode ser composta e decomposta. O matemático e astrônomo Isaac Newton, foi o pioneiro na apresentação dos resultados de seus estudos, no século XVII, sobre o fenômeno da decomposição da luz branca nas diferentes cores que a compõem. Newton elaborou sua teoria a respeito da idéia geral de que a luz branca é composta por diferentes cores e que cada uma dessas cores interage de forma diferente com o meio.

A luz, ao atravessar a superfície de certos materiais, freqüentemente muda sua direção. Esta mudança de direção de um feixe de luz, ao passar de um material (ou meio) para outro é chamado de refração.

O fenômeno da refração da luz, juntamente com o fato de que a luz branca é composta por diferentes cores as quais interagem de forma diferente com o meio, nos dão as informações básicas para o desenvolvimento e a compreensão dessa atividade experimental.

Decomposição da luz por prisma

Para produzir a decomposição da luz, Newton utilizou um prisma, que desvia cada cor em diferentes ângulos de emergência ao ser atravessado pelo feixe de luz branca. A Fig.7 ilustra a incidência de um feixe de luz branca em um prisma o qual, ao ser atravessado por ela, refrata-a nas cores indicadas.

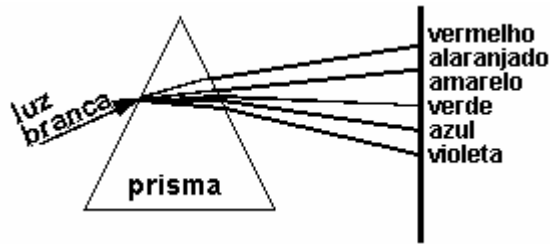


Figura 6: decomposição da luz branca pelo prisma

A decomposição da luz também pode acontecer através de uma rede de difração que consiste em um suporte (transparente ou refletor) com ranhuras (linhas) finíssimas. Neste dispositivo, em cada milímetro de extensão pode haver de 500 a 1000 dessas ranhuras, que fazem com que, inicialmente, cada cor do feixe de luz incidente se desvie em várias direções (difração). A seguir, segundo direções determinadas desse feixe difratado, cores iguais sofrem um processo de interferência construtiva e se reforçam e em outras direções, sofrem interferência destrutiva. O resultado final é equivalente àquele obtido com o prisma, a saber, a decomposição de um feixe de luz policromática em seus componentes monocromáticos; porém, desta vez, com maior eficiência, quer dizer, com melhor e mais uniforme separação entre os componentes monocromáticos.

A luz branca pode ser obtida pela superposição de três cores-luz: vermelho, verde e azul, que são cores puras, as cores primárias. A Fig.7 mostra as cores-luz.



Figura 7: as cores primárias

Para recompor a luz branca através da soma das cores, utilizamos um dispositivo chamado disco de Newton. Este disco que é pintado com as mesmas cores que compõem o espectro de luz branca adquire, quando girado velozmente e recebendo uma iluminação intensa, uma cor uniformemente branca. À medida



que aumenta a velocidade do disco, as cores vão-se somando, o matiz geral aparece acinzentado e, finalmente, só se observa um círculo uniforme esbranquiçado. A Fig.8 mostra um exemplo de Disco de Newton.

Figura 8: Disco de Newton

Procedimento experimental: decomposição e recomposição da luz branca.

Objetivos:

- Observar a dispersão da luz branca através de um prisma.
- Observar a composição da luz branca a partir de suas cores primárias.

Material:

- Um disco de Newton ;
- fonte de luz;
- diafragma com fenda única larga;
- prisma equilátero;
- anteparo
- folha de papel branco;

- fita adesiva;
- Espectômetro de mão.

Procedimento:

1. Fixe com fita adesiva, uma folha de papel branco sobre a plataforma e outra sobre o anteparo.
2. Monte o equipamento conforme o indicado na Fig.9. Observe, sobre a plataforma, a trajetória do feixe de luz que emerge do prisma.

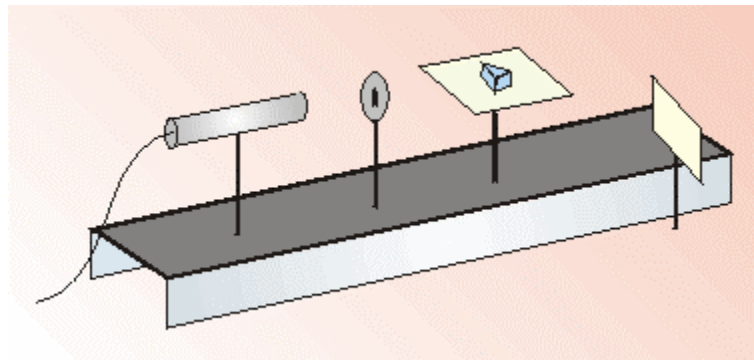


Figura 9: montagem experimental

3. Coloque o anteparo fora do trilho, na direção do feixe emergente, à aproximadamente 30 cm do prisma, como indicado na Fig. 11 abaixo.

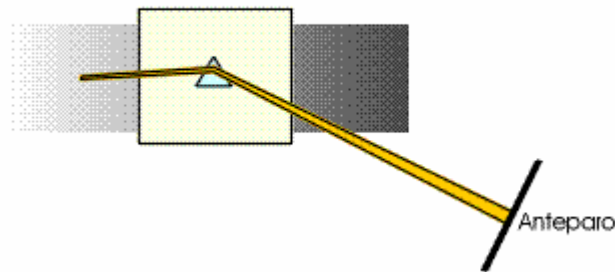


Figura 10: montagem experimental

4. Projete o feixe de luz emergente do prisma sobre o anteparo e observe o espectro da luz branca.
5. Observe as lâmpadas da sala com o auxílio do espectômetro.
6. Gire o disco de Newton rapidamente e, com base nas discussões desenvolvidas para cumprir os itens anteriores, faça e explicita, justificando, todas as observações que você julga importante para o estudo do fenômeno de composição e decomposição da luz branca.

Tarefas

1. Quantas e quais as cores você consegue distinguir ao olhar para o equipamento montado sobre a plataforma?
2. Compare o seu resultado com o de seus colegas.
3. Que cor sofre maior desvio angular, em relação ao feixe incidente?
4. Para qual cor o índice de refração do prisma é menor?
5. Compare os resultados com os de outros colegas.
6. O que você observou ao observar as lâmpadas da sala de aula com o espectômetro?
7. As cores visualizadas foram as mesmas nos dois procedimentos?
8. O que você observou ao girar o Disco?
9. Quais são as suas conclusões a respeito do estudo sobre a composição e decomposição da luz que você realizou?

Bibliografia Citada

PINHO-ALVES, J. Atividades experimentais: do método à prática construtivista. 302 f. tese de Doutorado. PPGE/CED/UFSC-Florianópolis/SC, 2000a.

THOMAZ, M. F. A experimentação e a formação de professores de ciências: uma reflexão. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v.17, n.3: p.360-369, 2000.