



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

Instituto de Física

Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física

Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física

(MATERIAL DO PROFESSOR)



MNPEF

**O QUE NÃO SE PODE VER: UMA PRÁTICA DE ENSINO SOBRE O ESTUDO DE
OSCILAÇÕES E ONDAS PARA DEFICIENTES VISUAIS**

BRUNA ARAUJO FERREIRA

DEISE MIRANDA VIANNA

Material instrucional associado à dissertação de Mestrado de Bruna Araujo Ferreira, apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Rio de Janeiro

Fevereiro de 2020

SUMÁRIO

| | |
|--|----|
| Capítulo 1 | 3 |
| Introdução | 3 |
| Capítulo 2 | 4 |
| Confeção de materiais | 4 |
| 2.1 Balanço..... | 4 |
| 2.2 Mola | 5 |
| 2.3 Oscilobrilie | 6 |
| 2.4 Conjunto de pêndulos interligados..... | 10 |
| 2.5 Bolinhas flutuantes | 11 |
| 2.6 Caixa de ondas | 12 |
| Capítulo 3 | 15 |
| Desenvolvimento das aulas | 15 |
| 3.1 Roteiro Aula 1 – Oscilação..... | 16 |
| 3.2 Roteiro Aula 2 – Ciclos oscilatórios | 20 |
| 3.3 Roteiro Aula 3 – Onda..... | 22 |

Capítulo 1

Introdução

O material instrucional contém um capítulo mostrando confecção dos materiais construídos e a descrição dos roteiros utilizados na sequência das três aulas aplicadas neste trabalho. O professor poderá reproduzir os materiais ou adaptá-los para utilizar com seus alunos com ou sem deficiência visual.

Capítulo 2

Confecção de materiais

2.1 Balanço

Tomou-se como referência o trabalho da presente autora (Ferreira, 2015), onde o estudo da oscilação foi iniciado em um balanço infantil de uma praça pública. Posteriormente confeccionou-se na Marcenaria do Instituto de Física da UFRJ, um balanço com a base em madeira, com acabamento polido e sem vértices, visando não machucar os alunos. A instalação foi feita pelos funcionários da Oficina Mecânica, do mesmo instituto.



Figura 2.1: Balanço desmontado: assento em azul, plataforma que foi chumbada ao teto e cordas
Fonte: Autoria própria

Na foto acima (Figura 2.1), tem-se as cordas, a plataforma que foi fixada ao teto de um dos laboratórios do Instituto de Física e, em azul, o assento do balanço, em placa de madeira. A plataforma foi chumbada ao teto e, deste modo, o balanço ficou com comprimento de 3,6 m (Figura 2.2), por conseguinte, o período da oscilação será próximo a 3,8 segundos, uma boa duração para a percepção mais aguçada do aluno, para que desta maneira contemple a variação da velocidade durante o ciclo e também possa cronometrar o período da oscilação.

Vale ressaltar que o material com que foi confeccionado e a instalação resultaram num amortecimento das oscilações bem pequeno. Isso facilitou a reflexão do aluno durante as perguntas da primeira aula.



Figura 2.2: Demonstração do balanço, preso ao teto da sala 415 B, do Instituto de Física
Fonte: Autoria própria

2.2 Mola

Para que o aluno seja capaz de compreender que o movimento oscilatório é um ir e vir em torno de um ponto de equilíbrio, exemplifica-se outro tipo de movimento com uma pequena mola de metal e um pedaço de papel grudado nela. O papel servirá de marcador, deslizando num movimento vertical pelo braço. Deste modo, o aluno visualizará um movimento oscilatório vertical, sem interferir muito em seu movimento. A mola será um outro exemplo, utilizado em outras aulas, para exemplificar a oscilação no eixo vertical.



Figura 2.3: Mola sendo utilizada em demonstração com aluna
Fonte: Autoria própria

Espera-se que o aluno identifique os pontos principais da oscilação, observando que é um movimento cíclico de vai e vem em torno do ponto de equilíbrio.

2.3 Oscilobrilie

Para a compreensão da relação entre período e frequência, pensou-se num aparelho que revelasse, através de um gráfico, o movimento que o aluno realizou no balanço e sentiu a oscilação da mola em seu braço. Construiu-se então um oscilógrafo manual (Figura 2.4), exclusivo para esta segunda aula, que registra a posição versus tempo de uma oscilação marcada sobre ele. Consiste em duas placas de MDF, de mesmo tamanho, apoiadas uma sobre a outra, e entre elas um mecanismo de deslizamento ao longo de seu comprimento, feito com trilhos de gaveta do tipo telescópico (Figura 2.5).

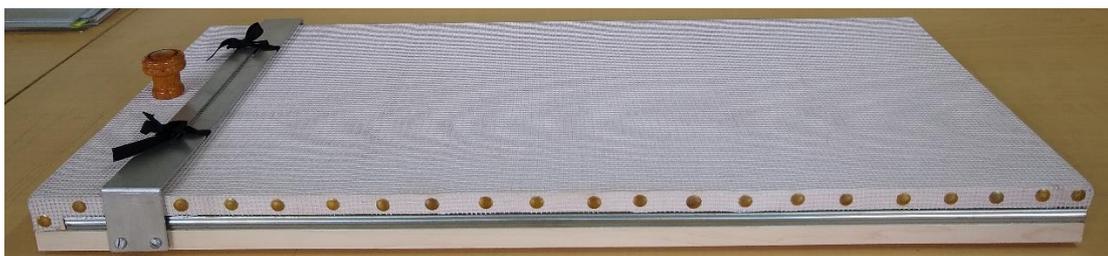


Figura 2.4: Oscilobrilha: Oscilógrafo manual para alunos com deficiência visual
Fonte: Autoria própria



Figura 2.5: Trilhos colocados entre as placas
Fonte: <http://www.renna.com.br/detalhe/trilhos/telesc-pio-light-soft-closing-35mm>

Esse tipo de trilho desliza com facilidade, e foi escolhido para propiciar um movimento suave, com velocidade constante.

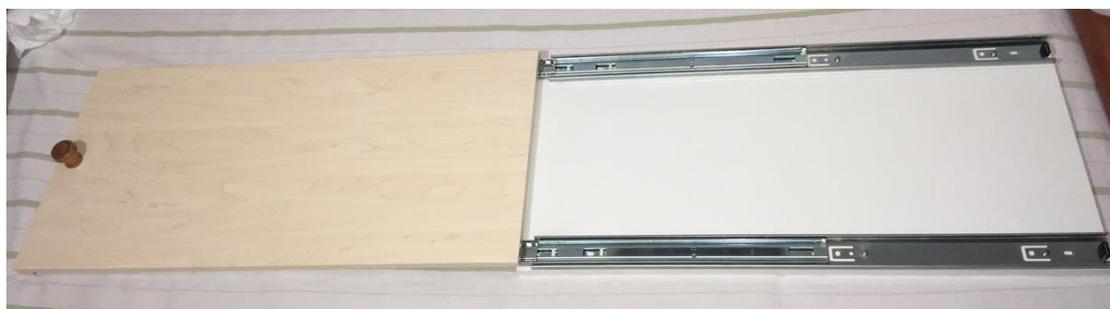


Figura 2.6: Oscilobrilha totalmente aberta: a placa da esquerda se desloca sobre os trilhos
Fonte: Autoria própria

O oscilógrafo não possui qualquer circuito elétrico, seu mecanismo de registro da oscilação é feito de maneira totalmente manual. Sobre a placa de cima, um papel será grudado (Figura 2.7) e, com uma caneta, o aluno fará a oscilação com o braço direito, e puxará a placa de cima com o braço esquerdo, em direção perpendicular ao movimento de oscilação.

Para que o aluno com deficiência visual não perca o eixo da oscilação, e nem deslize a caneta no sentido do deslocamento da placa, uma máscara definindo o eixo de oscilação foi feita e presa à placa de baixo, de maneira que possa oscilar em sentido vertical, enquanto a placa é puxada para a esquerda, na horizontal.

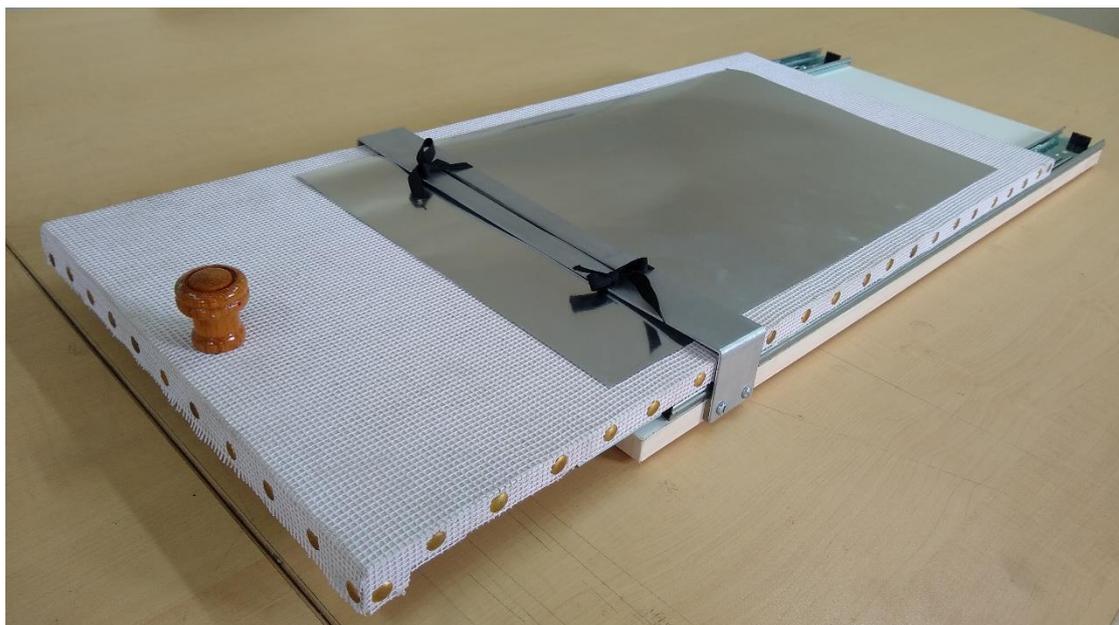


Figura 2.7: Oscilobrilie semi aberto, com uma folha sobre ele
Fonte: Autorial própria

Outro detalhe observado após a construção do material foi que a máscara não foi suficiente para que a oscilação fosse semelhante à oscilação, pois nos extremos, a caneta para bruscamente, e a curva senoidal não fica perfeita. Por isso, prendeu-se, próximo aos extremos, elásticos para que amortecessem o movimento da caneta, suavizando a curva do gráfico (Figura 2.8).

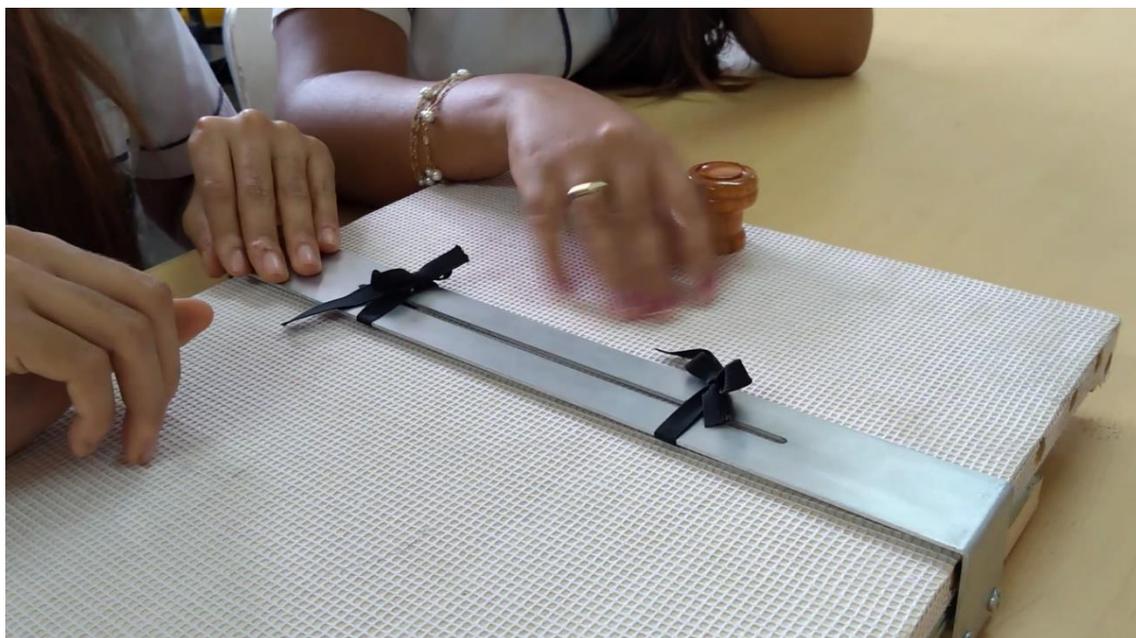


Foto 2.8: Máscara de metal com vazamento para deslizar a ponta da caneta. Detalhe para os elásticos nos extremos para amortecer o movimento da caneta
Fonte: autorial própria

O oscilógrafo foi forrado com Talagarça (Figura 2.9), um tecido que possui trama aberta e firme como uma tela. Dessa maneira, quando a caneta pressionar o papel, ela fará marcas em seu avesso, registrando a posição dela conforme o papel, juntamente com a placa, estiver sendo puxado. A marcação aparecerá em relevo tracejado, permitindo a visualização tátil da curva que será projetada no gráfico.



Figura 2.9: Tecido de Talagarça sobre a superfície do Oscilobrilho
Fonte: Autoria própria

A Talagarça tem a trama parecida com a tela de mosquito, porém, um pouco mais aberta.

A máscara de metal servirá para que a caneta se mantenha no mesmo eixo de oscilação. Deve-se realizar um movimento periódico, de mesma amplitude. O resultado será um gráfico posição versus tempo da oscilação feita pelo aluno (Figura 2.10) e, ao virar a folha do avesso, o aluno poderá perceber as curvas desse gráfico através do relevo causado pela pressão da caneta no papel que estava sob o tecido.

Intitulamos esse oscilógrafo de Oscilobrilho, por possibilitar a confecção do gráfico diretamente em relevo, com sensibilidade parecida com a dos pontos do sistema Braille. Ele pode também ser utilizado para construção de gráficos posição versus tempo do movimento de qualquer corpo, útil também para qualquer aluno com dificuldade em análise gráfica. Mas lembrando que o aluno cego visualizará o gráfico no verso da folha.



Figura 2.10: Averso da folha utilizada no Oscilobrilha marcada pelos alunos
Fonte: Autoria própria

2.4 Conjunto de pêndulos interligados

Para a terceira aula, foi feito este conjunto de pêndulos interligados com uma base em madeira, confeccionada na Marcenaria do Instituto de Física da UFRJ. Os fios foram presos individualmente no tubo de metal encaixado de forma horizontal (Figura 2.11). As massas dos pêndulos foram feitas com chumbada de pesca, pois o formato dificulta a dissipação de energia por atrito com o ar.

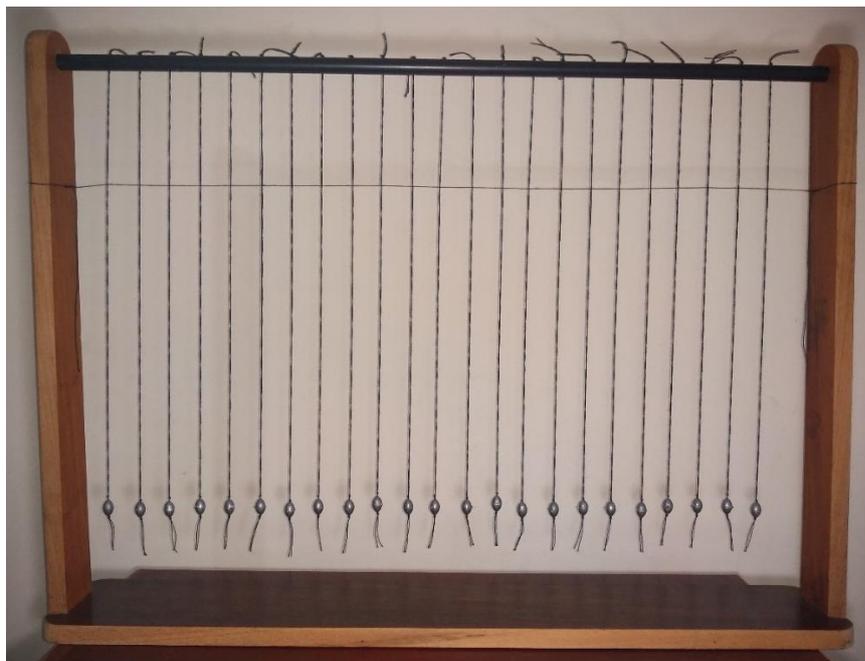


Figura 2.11: Conjunto de pêndulos interligados. Vinte e dois pêndulos dispostos no mesmo plano, interligados por um fio horizontal que passa entrelaçando todos eles
Fonte: Autoria própria

Então, o fio passou pelo peso de chumbo e amarrado com um nó, ficou suspenso, deixando um pedaço de fio que será usado para sensibilizar o braço do aluno, para que este perceba o movimento ondulatório do conjunto quando o primeiro pêndulo for perturbado, oscilando e transmitindo aos outros. Essa transmissão acontece porque um fio é transpassado por todos os pêndulos e amarrado de maneira que, ao ser puxado pelo primeiro, puxará o segundo e assim se propagará o movimento aos demais. Um conjunto de pêndulos semelhantes já foi utilizado em trabalho anterior (Ferreira, 2015).

Essa percepção se dará colocando o braço embaixo de todos os osciladores que, através do fio na ponta de cada pêndulo, será possível senti-los moverem-se todos (Figura 2.12).



Figura 2.12: Braço do aluno sobre os pêndulos
Fonte: Autoria própria

2.5 Bolinhas flutuantes

Para a mesma aula, será mostrada a propagação da onda num recipiente de água com pequenas esferas plásticas flutuantes. O aluno pega uma das bolas com a mão sobre a água e, com a outra, acompanha uma segunda que está flutuando no recipiente, sem apertá-la. A primeira mão eleva a bola e a solta na água, enquanto a outra mão sentirá a segunda oscilando na água (Figura 2.13).

Com este experimento, também pode-se mostrar que a distância entre as bolas modifica o tempo de chegada do pulso. E quaisquer que seja o local em que soltar a bola, o movimento chegará à bola que está flutuando.



Figura 2.13: Aluna segura uma bola em cada mão. Uma delas é erguida e abandonada no recipiente com água
Fonte: Autoria própria

2.6 Caixa de ondas

Para finalizar as aulas, construiu-se um desenho em relevo de uma senóide (Figura 2.14), para representar uma imagem de um instante de uma onda transversal. Essa imagem se desloca em cima de uma tampa de uma caixa de madeira, deslizando sobre uma base (Figura 2.15).

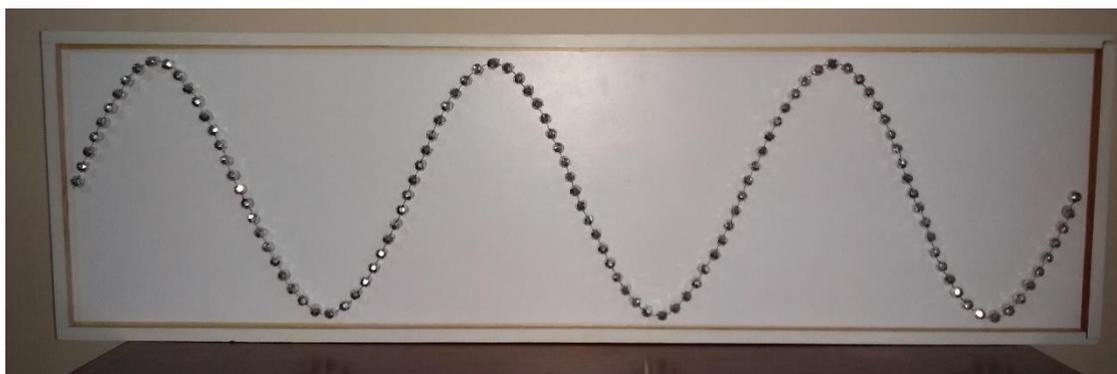


Figura 2.14: Caixa de ondas: desenho de um instante de uma onda transversal, sobre uma tampa de uma caixa de madeira
Fonte: Autoria própria

O desenho foi construído em cima da tampa de uma caixa em MDF, confeccionada pelo funcionário da Marcenaria do Instituto de Física da UFRJ. Em cima dela, forrou-se um plástico Contact, para não danificar a madeira, e com cola quente, fixou-se o fio de bolinhas (Figura 2.16).



Figura 2.15: Caixa de ondas com a tampa deslocada
Fonte: Autoria própria



Figura 2.16: Detalhe em perfil do relevo do desenho
Fonte: Autoria própria

Com este modelo, simularemos uma onda em movimento, onde o pulso se propaga a partir da esquerda, puxando o desenho que está na tampa e deixando a base fixa. O aluno acompanhará com as mãos espalmadas e paradas e observará que todo o conjunto se desloca para a direita, com certa velocidade.

Entendido que o conjunto se desloca para a direita, encaixamos novamente a tampa e puxamos, mas neste momento, o aluno deficiente visual irá observar apenas o que acontece com um oscilador, à medida que os pulsos se propagam. O aluno apoiará o braço direito na direção perpendicular à de propagação e se atentará pelo tato, ao que está sentindo ao longo do eixo do seu braço.

Deste modo, o estudante poderá perceber que os pulsos se propagam transmitindo um movimento, enquanto cada oscilador sobe e desce no mesmo eixo.

Destaca-se que mesmo o aluno vidente tem dificuldades em olhar a propagação de uma onda e fixar seus olhos em um ponto para entender que na onda

o que se desloca é o pulso, mas os osciladores permanecem se movendo no mesmo eixo. Esse esquema interativo também será aproveitado com o mesmo interesse para os alunos videntes, mas para que visualmente este aluno não se perca, colocaremos uma máscara (Figura 2.17) para que ele fixe os olhos em um ponto e consiga fazer a mesma observação do deficiente visual.

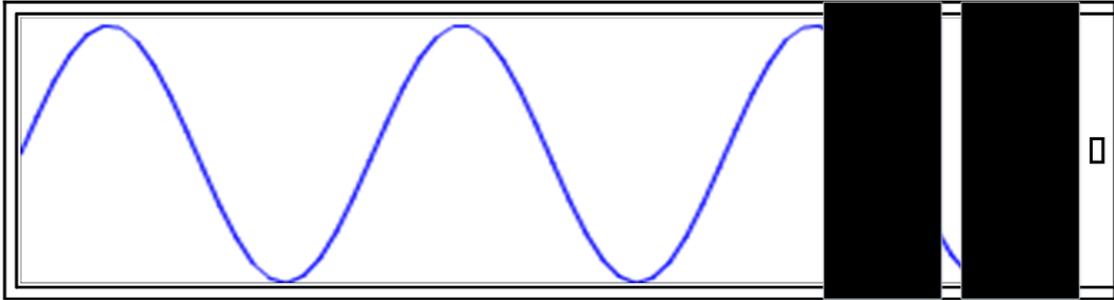


Figura 2.17: Esquema da caixa de ondas com a máscara, evidenciando apenas um pedaço da onda, que oscilará verticalmente quando a tampa se deslocar para a direita
Fonte: Autoria própria

Capítulo 3

Desenvolvimento das aulas

A estrutura e o desenvolvimento das aulas foram estabelecidos de modo que permitam que o aluno, com ou sem deficiência visual, consiga compreender os conceitos fundamentais da Física ondulatória. O conteúdo parte da oscilação de um pêndulo, passando pelos ciclos oscilatórios e finalmente abarcando a definição de onda, utilizando a perspectiva do ensino por investigação. Tomando como referência o trabalho da autora (Ferreira 2015), o estudo da oscilação será iniciado em um balanço, semelhante aos balanços infantis, permitindo que o aluno tenha sua percepção aguçada e, desta maneira, contemple a variação da velocidade durante o ciclo, compreendendo o período de um oscilador. Em seguida, a partir de um gráfico posição x tempo de um oscilador, discute-se o período de um ciclo e o significado da frequência.

Finalmente, tendo entendido como se comporta um oscilador, passaremos para um conjunto de osciladores que transporta energia, fazendo com que o aluno possa ter uma compreensão mais ampla, visualizando que, em qualquer onda, um conjunto de osciladores transfere energia de um ponto a outro, estando cada um deles, oscilando em torno de um ponto de equilíbrio.

As aulas foram realizadas com alunos de um colégio federal da zona oeste do Rio de Janeiro. Foram escolhidos quatro alunos de uma mesma turma do 2º ano do ensino médio, que já haviam estudado o início da cinemática. O ano letivo se iniciou em abril e as aulas ocorreram final de junho e início de julho do ano de 2019. Todos os quatro alunos realizaram o ensino fundamental no Instituto Benjamim Constant.

Os conteúdos foram vistos em três aulas subsequentes, com duração que variou de uma hora e meia a duas horas e meia. A primeira aula foi realizada no Instituto de Física da Universidade Federal do Rio de Janeiro, num dos laboratórios de Física Experimental, onde foi instalado o balanço, no contrapiso do próximo andar. Os alunos foram deslocados para a universidade com a autorização dos responsáveis e da escola. As outras aulas foram realizadas no próprio colégio, e os materiais foram levados para lá.

Os tópicos das aulas e seus objetivos foram assim dispostos:

Aula 1 – oscilação

- Movimento oscilatório: vai e vem em torno de ponto de equilíbrio;
- Velocidade e aceleração nos extremos e nos pontos de equilíbrio;

Aula 2 – ciclos oscilatórios

- Período;
- Gráfico $S \times t$ de um oscilador;
- Identificação do período no gráfico;
- Frequência;

Aula 3 – onda

- Onda como energia que se propaga por um conjunto de osciladores;
- Onda periódica;
- Significado físico do comprimento de onda;

Os roteiros a seguir não compõem a estrutura de uma aula de laboratório, mas um guia exclusivo para o professor que realizará as aulas com alunos deficientes visuais. A metodologia utilizada do ensino por investigação exige um preparo anterior do professor, de maneira que sejam propostas nestas aulas, situações e perguntas para que os alunos reflitam sobre os fenômenos abordados. Dessa forma, a autora pensou numa sequência didática de experimentos e perguntas que poderiam fazer com que os alunos conseguissem entender os conceitos pretendidos.

Contudo, no capítulo “Coleta e análise de dados”, nota-se que muitas vezes os alunos modificam essa estrutura, mas o esqueleto dela permanece a fim de que se conquiste os objetivos finais.

3.1 Roteiro Aula 1 – Oscilação

Público alvo: Alunos do 2º ano do ensino médio com deficiência visual ou cegos.

Duração: 1h e 30min.

Materiais necessários: Balanço, mola de metal e cronômetro.

Objetivo: Fazer com que o aluno compreenda que o movimento oscilatório é um constante “ir e vir” em torno de um ponto de equilíbrio e observe que a velocidade é variável. E ao final, meça o período de sua oscilação no balanço e calcule a frequência.

Para isto, utiliza-se um balanço - como os de criança - e serão feitas algumas perguntas, e, à medida em que as respostas forem obtidas, outras intervenções sejam feitas pelo professor.

Inicialmente, coloca-se o aluno no balanço, e em repouso, explica-se a ele que ali é a posição que se chama ponto de equilíbrio, e que a distância em que ele se deslocar deste ponto e se abandonar para oscilar é a amplitude inicial do movimento.

Espera-se que o aluno perceba facilmente como a velocidade varia. Deve-se então, perguntar em que momento a velocidade se reduz ao mínimo e o que faz isso acontecer, de modo que perceba que existe momentos em que a velocidade é mínima e outros em que ela é máxima, sendo a força gravitacional, o peso, responsável por esta variação.

Pede-se a observação cinestésica que seu corpo faz ao balançar. E em sequência são feitas questões abertas, pedindo para que o aluno represente com gestos seu movimento no balanço.

Nos quadros abaixo, seguem uma sucessão de perguntas a serem feitas aos alunos. De acordo com as respostas deles, as perguntas devem ser adaptadas ao novo momento.

- Descreva o movimento.
- Esse movimento tem um começo?
- Descreva as posições.
- Em quais posições você para?
- O movimento é constante ou varia ao longo do trajeto?
- Onde a velocidade é menor?
- Onde a velocidade é maior?
- O que faz esta velocidade se modificar?

As questões são feitas uma a uma, seguindo a ordem de acordo com as respostas dos alunos. Pretende-se com esta prática, tornar claro que o movimento oscilatório é um movimento cíclico, que tem um início e fim e novamente se repete.

Em seguida, pergunta-se sobre a repetição do movimento, para que ele perceba que o movimento é cíclico.

- Este movimento muda ou se repete?
- O que se repete?

Para reforçar todos os conceitos observados, uma pequena mola de metal com um pedaço de papel grudado nela, será usada para exemplificar outro tipo de movimento oscilatório. O papel servirá de marcador, deslizando num movimento vertical pelo braço. O professor colocará o braço do aluno deficiente visual em posição vertical, e paralelo ao braço, segurará a mola. O aluno puxará a mola para baixo e soltando-a, colocará ela em movimento e o papel grudado na mola deslizará pelo braço e o aluno perceberá sua oscilação. Pede-se:

- Compare este movimento, com o seu no balanço.
- Represente no seu braço o movimento.

Espera-se que o aluno identifique os pontos principais da oscilação, observando que é um movimento cíclico de vai e vem em torno do ponto de equilíbrio.

Em seguida será exposto o conceito de período, como o intervalo de tempo transcorrido entre o início e final de um evento que se repete, e o aluno será instigado a voltar ao balanço e cronometrar o período de cada oscilação. Usando as respostas anteriores, orienta-se como medir o período.

Antes da medição de tempo, certifica-se de que o aluno tenha compreendido em quais momentos poderia se iniciar e pausar o cronômetro.

- Em que momento o tempo deve começar a ser registrado e em que momento se deve parar?
- Por quê?

O aluno será apresentado ao cronômetro e será ensinado como fazer o registro. Cada aluno medirá seu período de oscilação.

Para finalizar, será apresentado o conceito de frequência, como a quantidade de vezes em que o evento se repete num intervalo de tempo.

Pode ser usada como exemplo de frequência a contagem dos batimentos cardíacos, os próprios alunos podem medir em seus punhos, quantos batimentos acontecem em um minuto. Mostrando que a frequência é expressa em número de vezes por unidade de tempo.

- Um atleta com frequência cardíaca de 120 batimentos por minuto, tem quantos batimentos por segundo?
- Qual o período de um batimento do coração deste atleta?

O professor deve então introduzir a unidade “Hertz”, mostrando que ela é inversamente igual à unidade “segundo”.

Assim, instiga-se o aluno a medir a quantidade de oscilações que o balanço faz em um minuto. Deve-se ser usado um cronômetro digital em contagem regressiva, ou um temporizador, que sinalize o término de um minuto.

- Quantas oscilações acontecem em um minuto?
- Quantas oscilações acontecem em um segundo?
- Qual o período de uma oscilação?

Uma vez que o período de oscilação deve variar entre três e quatro segundos, a frequência no sistema internacional de unidades será um valor fracionado. Se o período de oscilação é quatro segundos, significa que em um segundo, se completou apenas a quarta parte da oscilação, ou seja, um quarto de oscilação por segundo.

Recorda-se a definição de frequência, mostrando que as grandezas período e frequência são inversamente proporcionais. A partir do conceito de frequência, apresenta-se matematicamente sua relação com o período.

3.2 Roteiro Aula 2 – Ciclos oscilatórios

Duração: 1h e 30min.

Materiais necessários: Oscilobrilie, rolo de papel manteiga e caneta.

Objetivo: Identificar no gráfico posição versus tempo de um oscilador, o início e fim de um período, e compreender a relação entre período e frequência.

Resgata-se, aqui, os exemplos da aula 1, definindo período como o tempo gasto para a realização de um evento. Quando se realiza um evento, diz-se que se completou um ciclo. Pergunta-se como fora medido o período no balanço e na mola, para que os alunos percebam o início e o fim de um ciclo.

O oscilobrilie nada mais é do que um oscilógrafo manual, que registra a posição versus tempo de uma oscilação marcada sobre ele. Consiste em duas placas de MDF, de mesmo tamanho, apoiadas uma sobre a outra, e entre elas um mecanismo de deslizamento ao longo de seu comprimento, feito com trilhos de gaveta. O oscilógrafo não possui qualquer circuito elétrico, seu mecanismo de registro da oscilação é feito de maneira totalmente manual, onde a pessoa fará a oscilação com o braço direito, e puxará a placa de cima com o braço esquerdo, em direção perpendicular ao movimento de oscilação. O oscilógrafo foi forrado com Talagarça, um tecido que possui trama aberta e firme como uma tela. Dessa maneira, quando a caneta pressionar o papel, ela fará marcas em seu avesso, registrando a posição dela conforme o papel, juntamente com a placa, estiver sendo puxado. A marcação aparecerá em relevo tracejado, permitindo a visualização tátil da curva que será projetada no gráfico.

Sobre o tecido do oscilobrilie, prende-se um pedaço do papel manteiga na extensão da placa. Estando o instrumento estável numa mesa horizontal, o próprio aluno, com auxílio do professor, reproduzirá o movimento da mola, da primeira aula, com a mão direita, marcando sobre o papel manteiga esse movimento. Com a mão esquerda, puxará a parte superior do oscilobrilie para a esquerda, em direção perpendicular ao movimento oscilatório. A caneta fará o movimento de ir e vir dentro de uma máscara, para que se mantenha o mesmo eixo de oscilação. Deve-se realizar um movimento periódico, de mesma amplitude.

Antes do aluno construir o gráfico posição versus tempo, o professor deve mostrar o que acontece quando se pressiona a caneta na folha apoiada sobre o tecido, deixando o aluno desenhar qualquer forma e, virando o verso, mostrar que seu desenho foi projetado em relevo quando pressionou o papel sobre o tecido. Dessa maneira, no momento em que ele estiver realizando a oscilação, terá consciência que estará marcando o verso do papel.

Explica-se ao aluno todo o procedimento, pedindo para que ele repita com a caneta o movimento que ele sentiu em seu braço, da mola oscilando. Ao final do procedimento, o gráfico apresentará uma curva aproximadamente senoidal. O professor marcará os eixos cartesianos, sem dizer a que correspondem, a fim de mostrar que o registro formou um gráfico.

E em seguida, pede-se então que o aluno visualize o registro e pergunta-se:

- Essa imagem revela o movimento que você fez com a mão direita?
- O que aconteceu quando o tempo passou e você deslocou a folha para a esquerda?
- Tente explicar a relação do movimento que você fez e o desenho no papel.
- O que representa o eixo horizontal deste gráfico?
- O que ficou registrado pelo eixo vertical deste gráfico durante o movimento?

Se o aluno não conseguir relacionar a oscilação com o desenho, explica-se a ele que o registro feito, puxando com velocidade constante, permite a formação do gráfico posição versus tempo da oscilação realizada por ele, pois o deslocamento da folha naquela direção marca as posições do oscilador enquanto o tempo é transcorrido.

Pergunta-se:

- Neste registro, há um ciclo ou vários ciclos concluídos?
- Com os dedos, indique o início e final de um período.
- Quantos ciclos se completaram?

Pede-se que ele repita o processo, aumentando a frequência da oscilação. E mantendo a mesma escala ao puxar a tampa para a esquerda.

- Repetindo o processo, numa frequência maior, o desenho permanece com o mesmo número de ciclos ou muda?
- Em uma oscilação mais lenta, como ficaria o desenho?

Espera-se que o aluno conclua que no mesmo gráfico estarão registrados mais ciclos. E com um período maior, acontecerão menos ciclos.

Os alunos farão novamente o processo, com frequências diferentes. Depois disso, observarão que o número de ciclos é diferente, comparando com suas previsões.

- Analise em cada gráfico, de maior e menor frequência, onde o período é maior e menor.
- Como poderíamos calcular o período dessa oscilação?

Espera-se que o aluno conclua que se pode medir o tempo total do gráfico e dividir pelo número de ciclos, para obter o período.

- E a frequência, de que maneira podemos calcular?

Reforça-se aqui o fato de período e frequência serem inversamente proporcionais.

3.3 Roteiro Aula 3 – Onda

Duração: 2h.

Materiais necessários: Pêndulos interligados, caixa box com água e bolinhas flutuantes, caixa de onda.

Objetivo: Estabelecer a relação entre a onda e os osciladores.

O aluno terá contato com um conjunto de pêndulos simples interligados, todos na vertical. É importante que o aluno visualize todo o conjunto, para entender como estão livres para oscilar e que um fio passa por todos eles, interligando um ao outro. Depois do primeiro contato, o professor posicionará o braço direito do aluno embaixo de todos os pêndulos, e colocará na mão livre do aluno, o primeiro pêndulo, para que ele puxe e solte de certa altura.

Essa percepção da propagação do movimento se dará colocando o braço embaixo de todos os osciladores que, com material flexível preso embaixo de cada oscilador, será possível senti-los moverem-se pelo braço. Nesse momento seguem as seguintes questões:

- É instantâneo o movimento?
- Por que se movem?
- De que maneira se movem?

Deseja-se que o aluno entenda que a transferência de movimento através dos osciladores é uma onda.

- Descreva o que você sentiu.
- O que você percebeu em seu braço?
- Parece algum fenômeno?

Depois, num recipiente de água com duas pequenas esferas plásticas flutuantes, será propagado um pulso, fazendo-o perceber que a onda transfere o movimento, sem transportar matéria. O aluno pega uma das bolas com a mão e a eleva. A outra mão envolve uma segunda bola que está flutuando no recipiente, sem apertá-la. A primeira mão elevada solta a bola na água, enquanto a outra mão sentirá a segunda bola oscilando na água, e então perguntaremos:

- O que você sentiu na bola parada?

- Como que ela se mexeu?
- Como o movimento chegou nela?

Faz-se uma comparação entre os pêndulos interligados e as moléculas de água, mostrando que quando as pequenas partes estão interligadas, uma parte se movimenta, transferindo o movimento para todo o conjunto, mas que cada parte oscila em torno do ponto de equilíbrio. E então podemos denominar esse fenômeno como onda.

Feito isto, será mostrada a Caixa de Onda, que é um desenho de uma onda transversal feita em relevo sobre um plano. É uma caixa de MDF, com o encaixe, como as antigas caixas que guardavam dominó, e na tampa, foi colado uma corda, formando o desenho de uma onda.

À princípio, o aluno explorará o desenho com as mãos e perceberá que se parece com o gráfico de um oscilador que foi construído na aula 2. A partir daí, explica-se que essa imagem representa também uma onda, semelhante à que ele sentiu no braço, através do movimento dos pêndulos, e que muitas ondas periódicas apresentam esta visualização.

Então, a partir desse modelo, será simulado o movimento de uma onda, onde o pulso se propaga a partir da esquerda. Será puxado o desenho que está na tampa, deixando a base fixa. O aluno acompanhará com as mãos espalmadas e paradas e observará que todo o conjunto se desloca para a direita, com certa velocidade.

Agora, entendido que o conjunto se desloca para a direita, repete-se o deslocamento da tampa, mas neste momento, o aluno deficiente visual irá observar apenas o que acontece com um único oscilador à medida que os pulsos se propagam. O aluno apoiará o braço esquerdo na direção perpendicular à de propagação e se atentarão ao que está sentindo ao longo do eixo do seu braço. Deste modo, o estudante pode perceber que os pulsos se propagam transmitindo um movimento, enquanto cada oscilador sobe e desce no mesmo eixo. Pergunta-se:

- O que você está sentindo no braço?
- O que sobe e desce?

- Faça o mesmo em outras posições. O que está acontecendo?

Mostra-se que em cada posição, encontra-se um oscilador, e o que ele sente no braço é a oscilação de cada um deles. Conclui-se assim, que o fenômeno ondulatório acontece quando os osciladores estão interligados, indo e vindo em torno de um ponto de equilíbrio. Pergunta-se:

- Você consegue contar um ciclo de um oscilador?
- Arraste o desenho e mostre o início e fim do ciclo que você percebe acontecer no seu braço esquerdo.
- Enquanto a propagação se desloca da esquerda para a direita, o que sobe e desce?

Então puxa-se a representação da onda e pede-se para que identifique o início e término de um ciclo como fez no gráfico da aula 2. Quando ele indicar onde acabou o ciclo, mostra-se que a onda percorreu um espaço e introduz-se a questão da velocidade da onda para cada meio que se propaga.

Este deslocamento específico para cada período é denominado comprimento de onda, ou seja, o espaço percorrido pela onda em cada ciclo da fonte que produz os pulsos. Sendo constantes numa onda periódica, o período, comprimento de onda e frequência, em determinado meio. A conclusão desta etapa se dá no desenvolvimento da equação da velocidade da onda, a partir dos conceitos já definidos.

- Denominamos onda periódica, aquela que tem o período de seus osciladores constante. Quando esta variável é modificada, o espaço percorrido pela perturbação é alterado?
 - A onda possui certa velocidade de propagação, de acordo com o meio em que se propaga. Alterada essa velocidade, o comprimento de onda é alterado?
 - Como podemos relacionar a velocidade de propagação da onda, às variáveis comprimento de onda e período de oscilação dos osciladores?

- Se a velocidade é a rapidez com que um corpo se desloca num intervalo de tempo, a velocidade da onda pode ser o deslocamento do pulso, no intervalo de um período?

Pretende-se, dessa forma, conseguir compreender a equação que relaciona a velocidade da onda aos parâmetros: comprimento de onda e período, identificando ainda, que o período depende do oscilador que é a fonte do movimento ondulatório.

A partir daí, pode-se voltar ao Oscilobrilha para simular um oscilador fonte, e a velocidade em que se puxa, pode representar a velocidade da onda no meio. Será possível a partir dessas construções mentais, uma ampla visualização e imaginação para explorar os fenômenos ondulatórios, seguindo o conteúdo de formação do ensino médio.

É importante lembrar que todo aluno tem dificuldades em olhar a propagação de uma onda e fixar seus olhos em um ponto para entender que na onda, o que se desloca é o pulso, e os osciladores permanecem se movendo no mesmo eixo. Esse esquema interativo também será aproveitado com o mesmo interesse para os alunos videntes, mas para que visualmente este aluno não se perca, uma máscara esconderá o movimento de toda a onda, mostrando apenas um eixo, para que ele fixe os olhos em um ponto e consiga fazer a mesma observação que o deficiente visual faz com o braço.