

## **Título do Experimento: “PÊNDULOS SERPENTE”**

**Organizadores do Experimento no Site:** Ádla Medeiros Rosa e Raynara Souza do Nascimento

**Autores do Experimento:** Alunos do Instituto Federal do Espírito Santo, Campus Cariacica

**Autores do Roteiro:** Ádla Medeiros Rosa e Raynara Souza do Nascimento

### **1. Introdução:**

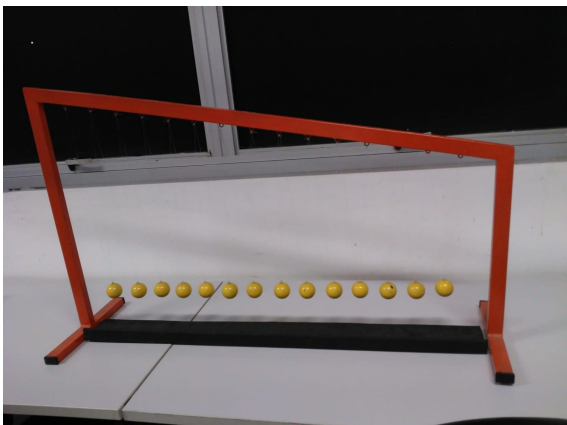
O experimento “pêndulos serpente”, também conhecido como “pêndulos dançantes”, consiste em um conjunto de pêndulos simples posicionados lado a lado. Ao serem colocados para oscilar, a partir de uma posição de equilíbrio, é possível visualizar um movimento ordenado (formando um S) e, após um tempo, é possível visualizar diversos movimentos desordenados.

Esse experimento surgiu por volta do século XIX, de acordo com Barros e Jesus (2014). Na literatura, a primeira descrição do equipamento foi feita por Richard E. Berg (1991), com o objetivo de reproduzir um vídeo do Prof. Carroll Alley em 1987.

Berg utilizou 15 pêndulos com variação em seus comprimentos e colocados a oscilar perpendicularmente a uma barra rígida na qual estavam suspensos. Os comprimentos dos pêndulos não foram escolhidos de forma aleatória, mas foram ajustados de forma que o pêndulo maior executasse  $K$  oscilações em um determinado intervalo de tempo, cada pêndulo era encurtado até que realizasse uma oscilação a mais ( $K+1$ ) nesse mesmo intervalo de tempo.

Vamos supor que todos os pêndulos iniciem o movimento em tempo  $t$  igual a zero, depois de um certo intervalo de tempo, eles se encontram em fase novamente. Porém, todo o sistema passa por uma sequência de ondas harmônicas em sentidos opostos e apresentam alguns movimentos desordenados, conforme visualizado no experimento.

Figura 1 - Pêndulos Dançantes



Fonte: Os Autores, 2022

A Figura 1 se refere ao experimento feito por Fernando Possati, ex-aluno de Licenciatura em Física do Ifes Campus Cariacica, onde utilizou-se 14 pêndulos, com tamanhos ajustados cuidadosamente para que o efeito acima citado ocorresse de forma satisfatória.

## **2. O Experimento Proposto:**

### Materiais necessários:

Suporte de metal

14 esferas de alumínio – sugestão: chaveiro de bola de bilhar

Linha de Nylon

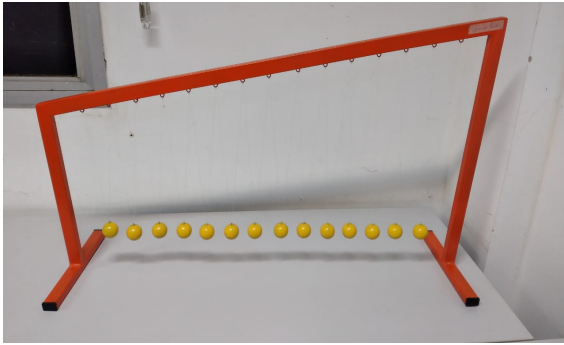
E.V.A

Papelão

### Construção do experimento:

Para a construção deste experimento é preciso de um suporte com o formato de um trapézio, como pode ser visto na Figura 2.

Figura 2 - Suporte



Fonte: Os Autores, 2022

Sobre o meio do pé da base do trapézio, posicione verticalmente uma haste de 60 cm como na Figura 3.

Figura 3 - “Pés”



Fonte: Os Autores

Faça o mesmo procedimento ao segundo pé, porém fixando uma haste de 40 cm. Na parte superior, unindo as duas extremidades, fixe uma haste de 105 cm.

Figura 4 - Haste e “Pés”



Fonte: Os autores, 2022

Ainda na parte superior faça 14 ganchos, como os que estão representados na Figura 5, com 6 cm de distância entre eles. Nestes ganchos serão passadas as linhas de nylon dos pêndulos. Usando a linha e as esferas de alumínio, faça a montagem dos pêndulos.

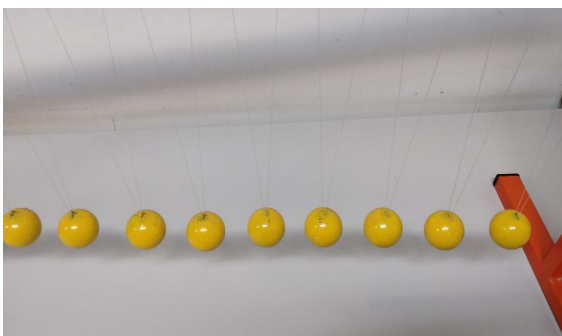
Figura 5 - Ganchos



Fonte: Os Autores

As esferas devem ficar alinhadas. Para alinhar utilize uma linha amarrada nas laterais da armação, norteando as alturas dos pêndulos. Perceba que cada fio terá um comprimento diferente dos outros.

Figura 6 - Pêndulos



Fonte: Os Autores, 2022

Cada pêndulo foi fixado à barra de sustentação por duas linhas, evitando que pudesse oscilar em torno de um único ponto.

Por fim, faça uma “régua” unindo os papelões e envolvendo-a com E.V.A, como na Figura 7, esta régua deve ter o tamanho suficiente para englobar todos os pêndulos.

Figura 7 - “Régua” feita por papelão e E.V.A



Fonte: Os autores, 2022.

Neste caso, confeccionou-se uma régua de 94 cm de comprimento e 10 cm de largura, pode-se utilizar outro material como madeira ou metal nessas mesmas dimensões.

Abaixo, tem-se o comprimento aproximado de cada pêndulo, em ordem decrescente:

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
<i>l(cm)</i>	43	42	41	39	38	37,5	36,5	35	34	33	31,5	30,5	29	27,5

### 3. Roteiro demonstrativo para o professor

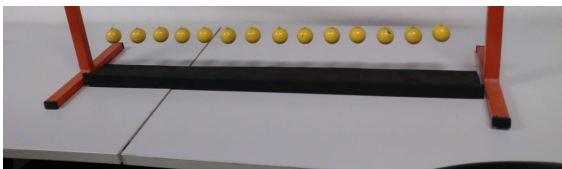
O docente deve expor o experimento em uma bancada ou em uma mesa, de forma que todos os alunos tenham uma boa visualização da experiência que será realizada. Se o professor já apresentou o conteúdo antes de apresentar o experimento, ele pode revisar de forma sucinta o que são pêndulos e explicar para os alunos que o experimento é composto de vários pêndulos simples. No caso em que o professor apresenta o experimento antes de apresentar o conteúdo em sala de aula, ele pode, a partir do experimento, explicar o funcionamento dos pêndulos fazendo uso do próprio experimento.

Inicialmente, o docente pode pedir a um aluno que coloque para oscilar o pêndulo de maior comprimento e, juntamente com os demais estudantes, observe seu comportamento. Logo em seguida, ele pode solicitar que outro aluno coloque para oscilar o pêndulo de menor comprimento e, como anteriormente, observe seu comportamento comparando com o comportamento do primeiro pêndulo.

Objetivo: Analisar a relação entre o comprimento do pêndulo e o seu período.

Em seguida, o professor ou algum aluno pode liberar todos os pêndulos de uma mesma altura e ao mesmo tempo. Para isso, basta fazer uso da “régua” feita de papelão e E.V.A, como pode ser visto na foto abaixo.

Figura 8 - “Régua” de E.V.A preta



Fonte: Os Autores, 2022

Objetivo: mostrar ao estudante que pêndulos simples independentes, quando construídos de forma apropriada, podem mostrar uma dança sincronizada e em determinados momentos podem apresentar movimentos desordenados, provenientes das diferenças no comprimento dos pêndulos.

#### 4. Roteiro investigativo com baixo grau de abertura<sup>1</sup> para o aluno

**1º Passo:** Objetivo → Distinguir comprimentos das cordas

- a) *Utilize uma fita métrica para fazer as medições e preencher a tabela abaixo, do menor pêndulo para o maior:*

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
$l(m)$														

**2º Passo:** Objetivo → Distinguir a diferença dos períodos e determinar qual a contribuição do comprimento

- b) *Considere  $g = 9,8 \frac{m}{s^2}$  e determine o período dos 14 pêndulos utilizando a*

*fórmula  $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$  Qual a diferença entre eles? O que contribui para tal diferença?*

<sup>1</sup> **Baixo grau de abertura:** Apresenta apenas "roteiros estruturados", ou seja, todos os procedimentos.



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
$T(s)$														

**3º Passo:** Objetivo → Calcular a frequência

c) *Agora calcule a frequência através da fórmula  $f = \frac{1}{T}$  explique o que contribui para a frequência dos pêndulos.*

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
$f(Hz)$														

### 5. Roteiro investigativo com maior grau de abertura<sup>2</sup> para o aluno

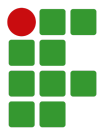
**1º passo:** Se colocarmos para oscilar o maior e o menor pêndulo, soltos de uma mesma altura e ao mesmo tempo, qual será a influência do comprimento do pêndulo no tempo de oscilação?

**2º passo:** Coloque para oscilar o maior e o menor pêndulo, como no passo anterior, de uma mesma altura e ao mesmo tempo. Sua hipótese estava correta? Caso não esteja correta, o que diferiu da sua resposta?

**3º passo:** Agora, com o auxílio da “régua” feita de papelão e E.V.A, posicione todos os pêndulos em uma determinada altura e solte-os. Construa uma hipótese que justifique os movimentos formados pelos pêndulos, por que e em que momento esse formato desaparece? Inclua na sua hipótese a relação entre o comprimento dos pêndulos e o seu período.

---

<sup>2</sup> **Maior grau de abertura:** Roteiro em que apresenta apenas a lista de materiais, onde os procedimentos são elaborados pelos alunos e grande parte das perguntas e conclusões são deixadas em aberto.



**INSTITUTO FEDERAL**

Espírito Santo

Campus Cariacica

## 6. Referências

JESUS, V.L.B. de e BARROS, M.A.J. As múltiplas faces da dança dos pêndulos. **Revista Brasileira de Ensino de Física** [online]. 2014, v. 36, n. 4 [Acessado 19 Maio 2022], 4309. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1806-11172014000400010>>. Epub 28 Nov 2014. ISSN 1806-9126. <https://doi.org/10.1590/S1806-11172014000400010>.

NERES, João. **Catálogo - Experimentos de Física**. p.01-46, Janeiro, 2019. Disponível em: <<https://educapes.capes.gov.br/bitstream/capes/599076/2/Produto%20-%20Jo%C3%A3o%20Marcus%20Neres.pdf>>.