

# CADERNO DE ATIVIDADES EXPERIMENTAIS PARA A DISCIPLINA DE FÍSICA NA EDUCAÇÃO BÁSICA

Douglas Robaskiewicz Coneglian | Adriana da Silva Fontes | Michel Corci Batista



**CADERNO DE ATIVIDADES EXPERIMENTAIS  
PARA A DISCIPLINA DE FÍSICA NA  
EDUCAÇÃO BÁSICA**

Reitor Marcos Flávio de Oliveira Schiefler Filho  
Vice-Reitora Tangriani Simioni Assmann  
Diretora de Comunicação Maurini de Souza  
Diretora-Adjunta de Com. Ana Paula Ferreira

EDITORA DA UTFPR

Coordenadora-Geral Eunice Liu  
Coordenadora-Adjunta Giani Carla Ito

CONSELHO EDITORIAL

Titulares Andre Sandmann  
Aruanã Antonio dos Passos  
Danyel Scheidegger Soboll  
Janaina Piana  
Letícia Gomes Teofilo da Silva  
Marcos Hidemi de Lima  
Maria Helene Giovanetti Canteri  
Mariane Kempka  
Sara Tatiana Moreira  
Sidemar Presotto Nunes  
Silvana Stremel

Suplentes Adriano Lopes Romero  
Anaís Andrea Neis de Oliveira  
Anna Luiza Metidieri Cruz Malthes  
Anna Silvia Penteadó Setti da Rocha  
Antonio Gonçalves de Oliveira  
Carina Merkle Lingnau  
Elizabeth Mie Hashimoto  
Jezili Dias  
Marcelo Fernando de Lima  
Marcelo Gonçalves Trentin  
Pedro Valerio Dutra de Moraes

As opiniões e os conteúdos expressos neste material  
são de responsabilidade do(s) autor(es) e não refletem,  
necessariamente, a opinião do corpo editorial.

# CADERNO DE ATIVIDADES EXPERIMENTAIS PARA A DISCIPLINA DE FÍSICA NA EDUCAÇÃO BÁSICA

Douglas Robaskiewicz Coneglian

Adriana da Silva Fontes

Michel Corci Batista

Curitiba, 2023

EDUTFPR



CC BY-NC-ND

Esta obra está licenciada com uma Licença Creative Commons - Atribuição-NãoComercial-SemDerivações 4.0 Internacional. Esta licença permite o download e o compartilhamento da obra desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es), sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

---

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

---

Coneglian, Douglas Robaskiewicz  
Caderno de atividades experimentais para a disciplina de física na educação básica [recurso eletrônico] / Douglas Robaskiewicz Coneglian, Adriana da Silva Fontes, Michel Corci Batista. -- Curitiba, PR : EDUTFPR, 2023.  
1 arquivo texto (63 p.) : PDF ; il. ; 103,381 MB.

Título retirado da tela de abertura (visualizado em 04 maio 2023).  
Disponível em formato PDF.  
Modo de acesso : World Wide Web.  
Originalmente apresentado como Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2017.  
Inclui bibliografia: p. 61 e índice de fórmulas.  
ISBN 978-85-7014-245-0

1. Física - Estudo e ensino (Ensino fundamental) - Problemas, exercícios, etc. 2. Física - Experiências. 3. Ensino fundamental - Problemas, exercícios, etc. 4. Laboratórios de física - Problemas, exercícios, etc. 5. Mecânica - Problemas, exercícios, etc. 6. Calorimetria - Problemas, exercícios, etc. 7. Oscilações - Problemas, exercícios, etc. I. Fontes, Adriana da Silva. II. Batista, Michel Corci. III. Título.

CDD: ed. 23 -- 530.07

---

Departamento de Bibliotecas da Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Bibliotecário: Adriano Lopes CRB-9/1429

**Design** Tiago Zarowny, Arthur Macedo Ramiro de Assis, Eduardo Bueno Cordeiro, Eunice Liu, Laise Abrão Bittencourt, Liliam Medeiros, Mayara Hikari Dias Nakai

**Capa** Tiago Zarowny, Eunice Liu

**Revisão** Alana Batista Américo, Anna Júlia Weber, Gabriela Hipólito, Hadson Oliveira, Stheffany Isabelle Rosario dos Santos, Vanessa Carneiro Rodrigues

**Normalização** Amanda Baroni, Hadson Oliveira e Tatiana Campos da Hora Soares

EDUTFPR

Editora da Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Av. Sete de Setembro, 3165

80230-901 Curitiba PR

utfpr.edu.br/editora

editora.utfpr.edu.br

# Sumário

Apresentação do caderno de atividades experimentais	8
<b>MECÂNICA</b>	<b>10</b>
PRÁTICA I: determinação da constante elástica de uma mola helicoidal	12
PRÁTICA II: determinação do empuxo exercido por um líquido	18
PRÁTICA III: empuxo e peso do volume de líquido deslocado (princípio de Arquimedes)	21
<b>CALORIMETRIA</b>	<b>25</b>
PRÁTICA IV: determinação da capacidade térmica do calorímetro	31
PRÁTICA V: determinação do calor específico de uma amostra de cobre ou alumínio	34
<b>OSCILAÇÕES</b>	<b>37</b>
PRÁTICA VI: oscilador harmônico simples (sistema massa-mola)	42
PRÁTICA VII: relação entre período de oscilação e amplitude	48
PRÁTICA VIII: relação entre período de oscilação e massa do pêndulo	51
PRÁTICA IX: relação entre período de oscilação e comprimento do pêndulo	54
PRÁTICA X: pêndulo simples e a aceleração da gravidade local	58
Referências	61
Índice de fórmulas	62
Sobre os autores	63

# APRESENTAÇÃO DO CADERNO DE ATIVIDADES EXPERIMENTAIS

No ano de 2012, a Secretaria de Educação do Estado do Paraná/Departamento de Educação Básica (SEED/DEB) encaminhou para todas as escolas estaduais, que ofertam o ensino médio, dois tipos de kit didático de Física – que foram chamados de Kit Experimental 1 e Kit Experimental 2. Porém, esses equipamentos não apresentavam nenhum manual de utilização e nenhuma proposta de atividade experimental, o que dificultava sua aplicação pelos professores. Nesse contexto, o presente Caderno de Experimentos surgiu da solicitação de alguns professores de escolas estaduais de Campo Mourão e região, em relação à utilização do Kit Experimental 1.

Com base nos equipamentos que o compõem, produzimos dez atividades experimentais organizadas em três tópicos:

1) Mecânica:

- Lei de Hooke;
- Empuxo;
- Princípio de Arquimedes.

2) Calorimetria:

- Medida da capacidade térmica do calorímetro;
- Medida do calor específico de uma peça metálica utilizando o calorímetro.

3) Oscilações:

- Sistema massa-mola;
- Relação entre período de oscilação e amplitude de um pêndulo simples;
- Relação entre período de oscilação e massa do pêndulo;
- Relação entre período de oscilação e comprimento do pêndulo;
- Aceleração da gravidade local.

Almeja-se que este Caderno com propostas experimentais possa auxiliar os professores em suas atividades práticas e que, por meio das atividades de verificação nele sugeridas, os docentes possam ter uma referência para que seus alunos tenham contato com a experimentação, de maneira simples e prática. À medida que eles forem se familiarizando com essa estratégia de ensino, o professor possa realizar experimentos mais complexos como as atividades de investigação.

# A ESTRUTURA DOS EXPERIMENTOS PROPOSTOS

Com base em Peruzzo (2012a, 2012b), todos os experimentos propostos neste caderno de atividades experimentais apresentam a seguinte estrutura:

## **Título**

Evidencia o assunto a ser abordado e é precedido por uma introdução teórica sobre o tema.

## **Objetivos**

Indicam o que se pretende atingir com a realização do experimento proposto.

## **Material utilizado**

Informa os materiais e/ou equipamentos do Kit 1 necessários para a realização do experimento.

## **Procedimentos**

Orienta a montagem e a realização detalhada do experimento com fotos e/ou ilustrações.

## **Análise e discussão**

Apresenta alguns informes relevantes na execução da prática experimental, propondo a substituição de materiais por outros similares e/ou o acréscimo de outrem para a execução do experimento. Em seguida, são apresentados alguns questionamentos como forma de contextualizar a utilização do experimento, permitindo, assim, o confronto entre as concepções prévias dos estudantes e a concepção científica. Dessa forma, facilitando a formação de conceitos científicos, oportunizando uma concordância entre o ensino experimental e teórico.

# MECÂNICA

## LEI DE HOOKE

Molas são estruturas que apresentam a propriedade de deformar-se sob a ação de esforços de tração ou compressão, exercendo, por sua vez, forças de reação no sentido de recuperar as suas dimensões originais (PERUZZO, 2012a).

De fato, quando uma mola está sujeita a uma força  $\vec{F}$  de deformação ao longo de seu comprimento, ela passa a exercer uma força elástica  $\vec{F}_{el}$  de mesma intensidade e sentido oposto ao da força  $\vec{F}$ , assim:

$$\vec{F}_{el} = -\vec{F} \quad 1$$

A força que uma mola troca com objetos em contato com ela é diretamente proporcional à sua deformação, de modo que:

$$\vec{F}_{el} = k \cdot \vec{x} \quad 2$$

em que  $k$  é uma constante de proporcionalidade característica do material que constitui a mola, denominada constante elástica. A equação [2] recebe o nome de **Lei de Hooke**, em homenagem ao físico inglês Robert Hooke (1635-1703), que investigou o comportamento de materiais elásticos.

Experimentalmente, podemos variar uma força aplicada a uma mola e perceber um aumento proporcional em sua deformação, ou seja, abaixo do limite de elasticidade, a força ( $F$ ) aplicada a um corpo elástico e a deformação ( $\Delta x$ ) que ela causa são diretamente proporcionais. Dessa forma, a constante de Hooke ( $k$ ) é dada por meio da equação [3]:

$$k = \frac{F}{\Delta x} \quad 3$$

“O limite de elasticidade é o maior valor para o qual a força e deformação preservam a relação de proporcionalidade” (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2009, p. 13). Fazendo uma média aritmética dos valores encontrados para  $k$ , obtemos a constante elástica de uma mola.

Após essa breve revisão do conteúdo, apresentamos uma atividade prática visando melhorar o processo de ensino-aprendizagem, como também de avaliar o seu alcance.

## PRÁTICA I

# DETERMINAÇÃO DA CONSTANTE ELÁSTICA DE UMA MOLA HELICOIDAL

---

### Objetivo

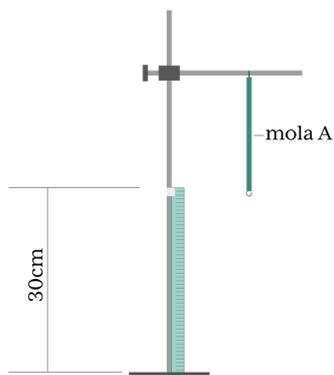
Verificar a Lei de Hooke e determinar a constante elástica de uma mola helicoidal.

### Materiais

suporte universal .....	1
haste vertical .....	1
balança digital .....	1
fixador metálico para pendurar a mola .....	1
régua de 30 cm .....	1
fita crepe .....	1
tesoura sem ponta .....	1
mola helicoidal A (mola com maior diâmetro do Kit 1) .....	1
mola helicoidal B (mola com menor diâmetro do Kit 1) .....	1
conjunto de massas aferidas com gancho suporte do Kit 1 ...	1

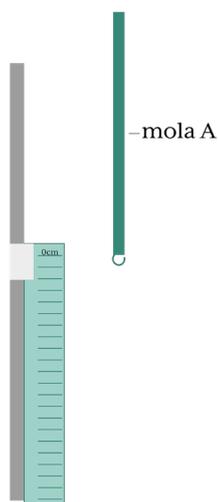
## Procedimentos

1. Montar os materiais necessários para o experimento conforme a F1. Utilizar a fita crepe para prender a régua de 30 cm na lateral da haste vertical;



[F1] Montagem inicial para determinação da constante elástica da mola A

2. Posicionar a extremidade inferior na mola A em  $L_0 = 0$  cm, conforme a F2;



[F2] Comprimento inicial da mola A,  $L_0 = 0$  cm

3. Medir a massa do conjunto (60 g + gancho suporte)  
 $m_{\text{conjunto}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ kg};$
4. Determinar o peso do conjunto, por meio da equação:  $P = m \cdot g$ , adotando  $g = 10 \text{ m/s}^2$ , anotando o valor obtido no Q1, na coluna:  $P = F(\text{N});$
5. Prender o conjunto 60 g + gancho suporte na extremidade da mola;
6. Verificar a deformação  $\Delta L$  sofrida pela mola, anotando o valor obtido no Q1, na coluna  $\Delta L (\text{m});$
7. Retirar o conjunto massa + gancho suporte e verificar se a mola volta para a posição inicial  $L_0 = 0$  cm;
8. Determinar a constante elástica  $k$  por meio da equação  $k = F/\Delta L$ . Anotar o valor obtido no Q1;

9. Acrescentar novos conjuntos de (massa + gancho suporte) repetindo os passos 2 a 8, completando o Q1:

	Massa + gancho suporte	$P = F(N)$	$\Delta L(m)$	$k(N/m)$
1	60 g + gancho			
2	80 g + gancho			
3	100 g + gancho			
4	120 g + gancho			
5	140 g + gancho			
Média aritmética da constante elástica (k) da mola A				

[Q1] Dados para determinação da constante elástica da mola A

Fonte: Autoria própria.

### Observação

Para determinação da constante elástica da mola B (mola com menor diâmetro do Kit 1), recomendamos a utilização de massas aferidas de 50 g sem a utilização do gancho suporte. Apenas adicionar as massas na extremidade da mola B, utilizando os passos 1 a 9 descritos anteriormente, preenchendo o Q2.

	Massa (g)	$P = F(N)$	$\Delta L(m)$	$k(N/m)$
1	250			
2	300			
3	350			
4	400			
5	450			
Média aritmética da constante elástica (k) da mola B				

[Q2] Dados para determinação da constante elástica da mola B

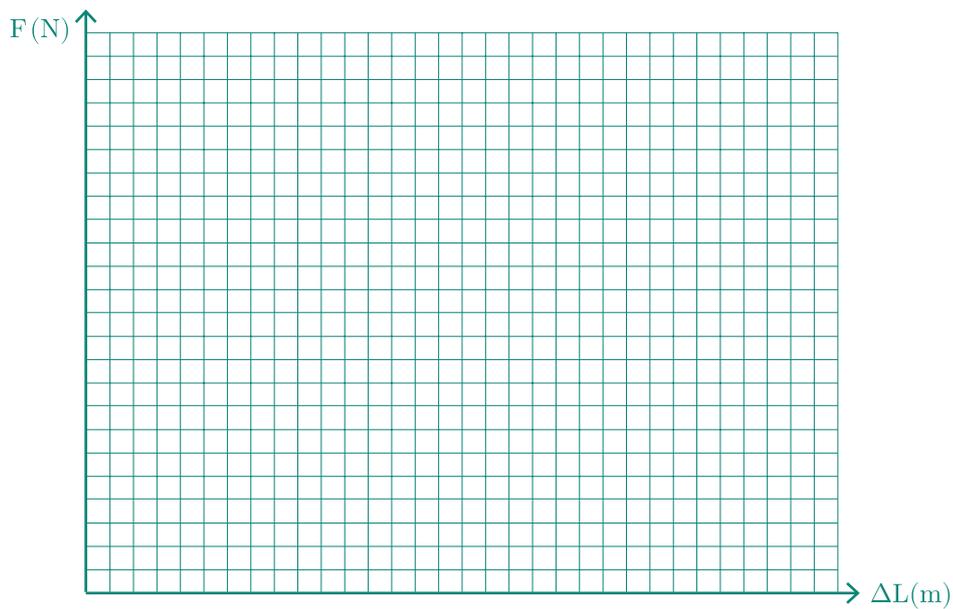
Fonte: Autoria própria.

### Análise e discussão

Para contextualizar a utilização do experimento, sugerimos as atividades a seguir:

1. O que aconteceu com os valores de  $\Delta L$  à medida que F aumentou?
2. Qual é a relação existente entre F e  $\Delta L$ ?

3. Construa o gráfico de  $F$  em função de  $\Delta L$ .



4. Determine o coeficiente angular da reta.
5. Determine o coeficiente linear da reta.
6. Qual é o significado físico do coeficiente angular da reta?
7. A mola ultrapassou o limite de elasticidade? O que é esse limite de elasticidade?
8. Os resultados obtidos comprovam a Lei de Hooke? Em caso afirmativo, enuncie a lei.



## EMPUXO EXERCIDO POR UM LÍQUIDO

Quando mergulhamos um corpo em um líquido, total ou parcialmente, verificamos que este age sobre o corpo exercendo uma força resultante dirigida para cima. Essa força recebe o nome de **empuxo** ( $\vec{E}$ ), cuja intensidade é igual ao peso do líquido deslocado pelo corpo (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2009; PERUZZO, 2012a). Você já deve ter percebido o empuxo ao tentar mergulhar uma bola na água, por exemplo.

O empuxo pode ser determinado pela diferença entre o peso real ( $\vec{P}_R$ ), peso do corpo fora do líquido e o peso aparente ( $\vec{P}_A$ ), peso do corpo imerso em um líquido.

$$\vec{E} = \vec{P}_R - \vec{P}_A$$

4

Também podemos determinar o empuxo por meio do **Princípio de Arquimedes**, que diz que: “Todo corpo sólido mergulhado num líquido em equilíbrio, recebe deste uma força vertical de sentido de baixo para cima cuja intensidade é igual à do peso do líquido deslocado pelo corpo” (RAMALHO JUNIOR; FERRARO; SOARES, 2007). Matematicamente, podemos demonstrar por:

$$E = P_{LD}$$

$$E = m_{LD} \cdot g, \text{ temos que:}$$

$$m_{LD} = \rho \cdot V, \text{ logo:}$$

$$E = \rho \cdot V \cdot g$$

5

em que  $\rho$  é a densidade do líquido,  $V$  o volume do corpo submerso na água, e  $g$  a aceleração da gravidade.

Após essa breve revisão do conteúdo, apresentamos algumas atividades práticas visando melhorar e avaliar o alcance do processo de ensino-aprendizagem.

## PRÁTICA II

# DETERMINAÇÃO DO EMPUXO EXERCIDO POR UM LÍQUIDO

---

### Objetivo

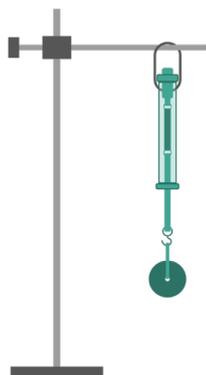
Verificar a existência da força de empuxo exercida por um líquido sobre um corpo quando nele mergulhado.

### Materiais

suporte universal .....	1
haste vertical .....	1
fixador metálico para pendurar o dinamômetro .....	1
dinamômetro de 1 N .....	1
massa aferida de 60 g do Kit 1 .....	1
béquer de 250 ml .....	1
tesoura sem ponta .....	1
água .....	200 ml
álcool .....	200 ml
barbante .....	20 cm

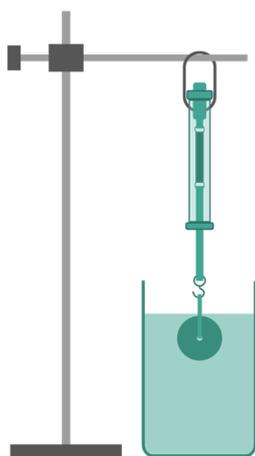
## Procedimentos

1. Zerar o dinamômetro;
2. Com o auxílio do barbante, pendurar a massa aferida de 60 g, conforme a F3;



[F3] Massa aferida de 60 g presa na extremidade do dinamômetro de 1 N

3. Anotar o valor do peso real ( $P_R$ ) indicado no dinamômetro  $P_R = \underline{\quad}$  N;
4. Com o auxílio do béquer, contendo 200 ml de água, mergulhar a massa aferida de modo que ela fique completamente submersa, mas sem tocar o fundo ou a lateral do béquer, conforme a F4;



[F4] Massa de 60 g submersa

5. Anotar o valor do peso aparente ( $P_A$ ) indicado no dinamômetro  $P_A = \underline{\quad}$  N;
6. Por meio da equação:  $\vec{E} = \vec{P}_R - \vec{P}_A$ , determinar o valor do módulo do empuxo  $E = \underline{\quad}$  N;
7. Repetir os procedimentos (1 a 6) utilizando como líquido o álcool.

## Análise e discussão

O professor pode optar por utilizar apenas água como líquido. O ideal seria utilizar duas substâncias com densidades diferentes para que os alunos compreendam que o empuxo depende da den-



## PRÁTICA III

# EMPUXO E PESO DO VOLUME DE LÍQUIDO DESLOCADO (PRINCÍPIO DE ARQUIMEDES)

---

### Objetivo

Verificar que a força de empuxo exercida pelo líquido sobre um corpo tem direção vertical, sentido de baixo para cima e intensidade igual à do peso do fluido deslocado pelo corpo.

### Materiais

suporte universal .....	1
haste vertical .....	1
fixador metálico para pendurar o dinamômetro .....	1
dinamômetro de 1 N (de preferência de precisão de 0,01 N) ..	1
seringa de 10 ml .....	1
massa aferida de 60 g do Kit 1 .....	1
béquer de 250 ml .....	1
copo descartável de 50 ml .....	1
marcador para retroprojeter ou similar .....	1
tesoura sem ponta .....	1
barbante .....	20 cm
água .....	200 ml

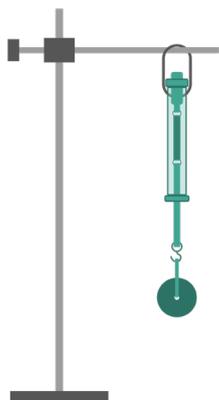
## Procedimentos

1. Zerar o dinamômetro;
2. Colocar uma alça de barbante no copo descartável de 50 ml, conforme F5;



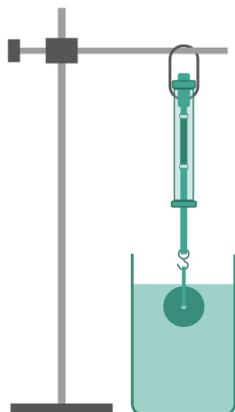
[F5] Copo com alça de barbante

3. Com o auxílio do barbante, pendurar a massa aferida de 60 g, conforme a F6;



[F6] Massa de 60 g presa na extremidade do dinamômetro

4. Anotar o valor do peso real  $P_R$ , indicado no dinamômetro  $P_R = \underline{\hspace{2cm}}$  N;
5. Com o auxílio do béquer, contendo 200 ml de água, mergulhar a massa aferida de modo que ela fique completamente submersa, mas sem tocar o fundo ou a lateral do béquer, conforme a F7. Perceba que o nível de água aumentou;



[F7] Massa de 60 g submersa

6. Com auxílio do marcador para retroprojeter, indicar no béquer o volume de líquido deslocado pelo corpo;
7. Anotar o valor do peso aparente  $P_A$  indicado no dinamômetro ( $P_A = \text{_____ N}$ );
8. Por meio da equação  $\vec{E} = \vec{P}_R - \vec{P}_A$ , determinar o valor do módulo do empuxo ( $E = \text{_____ N}$ );
9. Com auxílio da seringa, retirar o volume de líquido deslocado pelo corpo, indicado no béquer;
10. Retirar a massa aferida submersa na água contida no béquer;
11. Pendurar na extremidade no dinamômetro o copo plástico de 50 ml com alça de barbante, ajustando o “zero” no dinamômetro;
12. Depositar o volume de líquido deslocado contido na seringa no copo de 50 ml;
13. Anotar o valor do peso do volume de líquido deslocado ( $P_{LD} = \text{_____ N}$ ).

### Análise e discussão

O dinamômetro de 1 N do Kit 1 tem precisão de 0,05 N, o que pode dificultar a leitura do módulo do empuxo, além de não aferir o peso do copo com alça de barbante utilizado no experimento. Para uma melhor precisão e análise dos dados, sugerimos que o professor utilize um dinamômetro de 1 N com precisão de 0,01 N. Apesar de a massa do copo de 50 ml com alça de barbante ser praticamente desprezível, pode ocorrer uma diferença significativa na comparação do módulo do empuxo com o peso do líquido deslocado pelo corpo. Por esse motivo, é fundamental a utilização de um dinamômetro mais sensível para comparação do peso do líquido deslocado com o módulo do empuxo. Essas recomendações vão permitir que o experimento atinja o objetivo desejado. Caso o professor não consiga fazer uso do dinamômetro recomendado, sugerimos que ele discuta com seus alunos os possíveis erros decorrentes da precisão do equipamento nas medidas aferidas durante a prática.

Recomendamos ao professor, para contextualizar a atividade prática, as atividades a seguir:

1. Qual é o valor do módulo do empuxo  $\vec{E}$ ?
2. Qual é o valor do módulo do peso do volume de líquido deslocado pelo corpo?
3. Compare o peso do volume de líquido deslocado pelo corpo submerso com o valor do módulo do empuxo. O que você concluiu a partir disso?
4. Enuncie o princípio de Arquimedes.
5. Partindo do conceito de massa específica ( $m = p \cdot V$ ), demonstre a equação do empuxo por meio da igualdade:  $E = P_{LD}$ .



# **CALORIMETRIA**

## ESTUDOS DE CALORIMETRIA

Antes de iniciarmos os estudos de Calorimetria, a área da Física que estuda o calor, suas medidas e seus processos de transferência, apresentamos os principais conceitos científicos abordados pelo tema.

**Temperatura:** é a grandeza física que indica a intensidade média de agitação das partículas que compõem um corpo (BARROS; PAULINO, 1999).

**Calor:** é a energia térmica em trânsito que se transfere espontaneamente devido a uma diferença de temperatura. Sendo o calor uma forma de energia, no Sistema Internacional de Unidades (SI) a unidade de medida é o joule (J), em homenagem ao físico James Prescott Joule (1818–1889), que demonstrou a equivalência entre a energia mecânica e a energia térmica (NEWTON; HELOU; GUALTER, 2013).

### Observação

Além do joule, podemos usar também a unidade caloria (cal) para determinar quantidades de calor. Assim, temos que:  $1 \text{ cal} = 4,186 \text{ J}$ . No entanto, para facilitar os cálculos, é comum aparecer o valor de 4,2 joules para cada caloria (ARTUSO, 2013).

**Equilíbrio térmico:** é a situação na qual todos os corpos que compõem um sistema estão à mesma temperatura (BARROS; PAULINO, 1999).

**Capacidade térmica:** é a quantidade de calor  $Q$  necessária para que a temperatura de um corpo varie uma unidade, ou seja, “a capacidade térmica indica a quantidade de calor que o corpo deve receber ou ceder para que sua temperatura varie uma unidade” (NEWTON; HELOU; GUALTER, 2013). Portanto, a capacidade térmica  $C$  é o quociente entre a quantidade de calor  $Q$  trocado por um corpo e sua correspondente variação de temperatura ( $\Delta\theta$ ).

$$C = \frac{Q}{\Delta\theta}$$

1

### Observação

A unidade de medida mais usada na capacidade térmica de um corpo é  $\text{cal}/^\circ\text{C}$ . No SI, a unidade de capacidade térmica é  $\text{J}/\text{K}$  (ARTUSO, 2013).

Outro modo de definir a capacidade térmica é levar em consideração o calor específico ( $c$ ) do material que compõe o corpo, assim como sua massa ( $m$ ). Dessa forma, também podemos definir a capacidade térmica como:

$$C = m \cdot c$$

2

**Calor específico:** o calor específico ( $c$ ) é uma característica fundamental de qualquer material. Cada grama de certa substância sempre necessita absorver ou liberar determinada quantidade de calor para sofrer variação de um grau em sua temperatura (ARTUSO, 2013). A essa quantidade de calor característica da substância damos o nome de calor específico. Matematicamente, temos:

$$c = \frac{C}{m}$$

3

### Observação

Vimos que a capacidade térmica por uma unidade de massa é denominada calor específico ( $c$ ), dado usualmente pela unidade cal/g.°C. No SI, o calor específico é medido em J/kg.K ou J/kg.°C (ARTUSO, 2013).

O Q3 apresenta o calor específico de algumas substâncias.

Substância	Calor específico (em cal/g.°C)
Água	1,000
Alumínio	0,219
Cobre	0,093
Ferro	0,550
Chumbo	0,031
Estanho	0,119
Bronze	0,090
Zinco	0,093

[Q3] Calor específico de algumas substâncias

Fonte: Newton, Helou e Gualter (2013).

**Calor sensível:** “É o calor que, recebido ou cedido por um corpo, provoca nele uma variação de temperatura” (NEWTON; HELOU; GUALTER, 2013).

Para calcular a quantidade de calor sensível que um corpo recebe ou cede, usamos a definição de calor específico.

$$c = \frac{C}{m} \text{ substituindo (1) em (3), temos:}$$

$$c = \frac{1}{m} \cdot \frac{Q}{\Delta\theta} = \frac{Q}{m \cdot \Delta\theta} \rightarrow Q = m \cdot c \cdot \Delta\theta$$

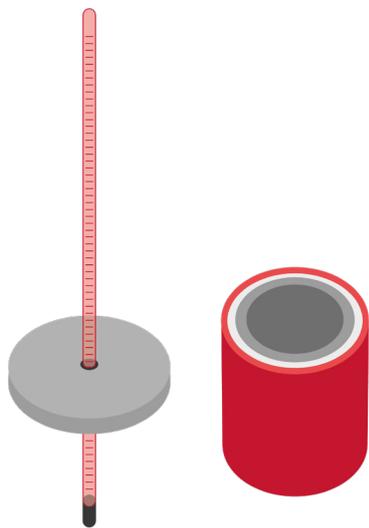
4

## Observação

A equação [4] é denominada de **equação fundamental da calorimetria**, em que,  $\Delta\theta = \theta_{\text{final}} - \theta_{\text{inicial}}$ . Dessa forma, se a temperatura aumenta,  $\theta_{\text{final}} > \theta_{\text{inicial}}$  e  $\Delta\theta > 0$ . Nesse caso, a quantidade de calor  $Q$  é positiva. Se a temperatura diminui,  $\theta_{\text{final}} < \theta_{\text{inicial}}$  e  $\Delta\theta < 0$ . E nesse caso,  $Q$  é negativa (NEWTON; HELOU; GUALTER, 2013).

## Conhecendo o calorímetro

O calorímetro é um instrumento utilizado para medir a capacidade térmica de um corpo, o calor específico de um material ou mesmo a quantidade de calor absorvida ou cedida por uma substância. Ele é constituído basicamente de um vaso de metal revestido por um isolante térmico e fechado por uma tampa isolante contendo um orifício central pelo qual se introduz o termômetro [F8]. Geralmente, a tampa pode conter um furo adicional para o emprego de um agitador utilizado para mexer a mistura e facilitar as trocas de calor entre as substâncias contidas no calorímetro (BONJORNO *et al.*, 2013; NEWTON; HELOU; GUALTER, 2013; STEFANOVITS, 2013).



[F8] Calorímetro do Kit Experimental I encaminhado pela SEED/DEB

O funcionamento de um calorímetro baseia-se na transferência de calor que ocorre quando se colocam em contato duas substâncias com temperaturas diferentes.

Conhecidas as propriedades de uma substância, consegue-se determinar a capacidade térmica ou o calor específico da outra, por meio da verificação das temperaturas inicial e final no interior do calorímetro (STEFANOVITS, 2013, p. 36).

Uma vez que o calorímetro é termicamente isolado, a soma das quantidades de calor transferidas é nula. Assim, a quantidade de calor que um corpo ou uma substância ganha é igual à quantidade que o outro perde. Esse fato é justificado pelo princípio das trocas de calor.

Quando dois ou mais corpos trocam calor apenas entre si, a soma das quantidades de calor trocadas pelos corpos até atingir o equilíbrio térmico é igual a zero.

$$\sum Q_{\text{Liberado}} + \sum Q_{\text{Absorvido}} = 0$$

5

Não podemos esquecer que o calorímetro, além de servir como recipiente, também participa das trocas de calor, cedendo calor para seu conteúdo ou recebendo-o dele.

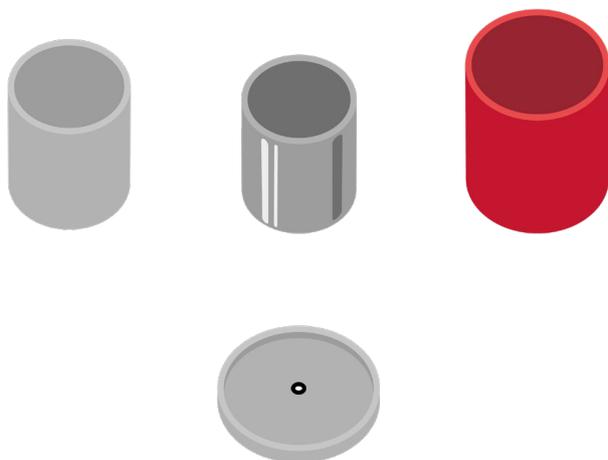
Em princípio, “um calorímetro é denominado ideal quando, além de impedir as trocas de calor entre seu conteúdo e o meio externo, não troca calor com os corpos nele contidos” (NEWTON, 2013, p. 40). Esse tipo de calorímetro existe somente na teoria, aparecendo com frequência em enunciados de exercícios. Nesses casos, os enunciados informam que o calorímetro tem **capacidade térmica desprezível**.

### Fique atento!

Para obter erros experimentais abaixo de 10%, o calorímetro não pode permitir perdas significativas de calor para o meio externo.

### Testando o calorímetro

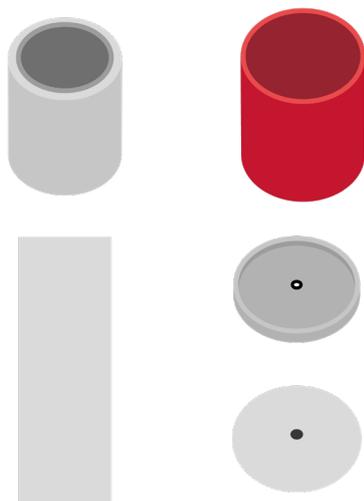
Inicialmente, testamos o calorímetro do Kit 1 para determinar o calor específico de uma amostra de cobre e alumínio, admitindo que sua capacidade térmica era desprezível. Também não realizamos nenhuma adaptação ou modificação ao equipamento. Com base em nossos testes, percebemos que a estrutura do calorímetro se aquecia consideravelmente. Esse fato nos levou à constatação de que o calorímetro não era um bom isolante térmico, pois obtivemos erros experimentais elevadíssimos para o calor específico dos metais citados. Dessa forma, entendemos que o equipamento em sua forma original [F9] não constitui um sistema termicamente isolado. Para minimizar os erros e encontrar medidas mais confiáveis, apresentaremos a seguir algumas adaptações em sua estrutura.



[F9] Calorímetro do Kit Experimental I sem modificações

## Sugestões e adaptações ao calorímetro para o aprimoramento das medidas de capacidade térmica e calor específico

As mudanças que se fizeram necessárias para o bom funcionamento do calorímetro foram: o fundo do copo plástico na cor vermelha foi isolado com um E.V.A branco, assim como a tampa com orifício central. Além disso, o copo interno de alumínio de 220 ml envolvido em isopor foi revestido por uma folha de papel A4, dobrada ao meio na posição retrato. Essas adaptações são apresentadas na F10.



[F10] Adaptações sugeridas pelo autor ao calorímetro do Kit Experimental 1

Sugerimos ao professor que, ao trabalhar com o calorímetro do Kit Experimental 1, faça as devidas adaptações mencionadas e leve em consideração no cálculo do calor específico a capacidade térmica deste equipamento, pois as adaptações são simples e fáceis de serem aplicadas e podem garantir o nível de confiabilidade. Assim, facilitando o trabalho do professor e a aprendizagem do aluno. Em nossos testes, com esse procedimento, obtivemos o valor de  $7,8 \text{ cal}/^{\circ}\text{C}$  de capacidade térmica.

Após essa breve revisão do conteúdo, de conhecer as adaptações e sugestões empregadas ao calorímetro, apresentamos algumas atividades práticas relacionadas ao conteúdo e equipamento, visando melhorar o processo de ensino-aprendizagem, como também avaliar seu alcance.

## PRÁTICA IV

# DETERMINAÇÃO DA CAPACIDADE TÉRMICA DO CALORÍMETRO

---

### Objetivo

Determinar a capacidade térmica do calorímetro do Kit Experimental 1.

### Materiais

calorímetro .....	1
balança digital .....	1
béquer de vidro de 250 ml .....	1
resistência para aquecer o béquer contendo água .....	1
termômetro de álcool ou mercúrio (-10 °C a 110 °C) .....	1
água .....	200 ml

## Procedimentos

1. Medir 50 g de água, em temperatura ambiente, e colocá-la no calorímetro, anotando a temperatura do sistema após o equilíbrio térmico ( $m_{\text{água fria}} = \text{_____ g}$ ;  $T_i = \text{_____ } ^\circ\text{C}$ );
2. Medir 100 g de água e aquecê-la ( $m_{\text{água quente}} = \text{_____ g}$ );
3. Retirar a água do aquecedor quando temperatura ultrapassar  $80 ^\circ\text{C}$ ;
4. Com o auxílio do termômetro, medir a água para uma maior homogeneidade e a temperatura de equilíbrio da água quente, mas de modo rápido, para que a temperatura não baixe muito;
5. Rapidamente, abrir o calorímetro, colocar a água quente e fechá-lo;
6. Medir a temperatura final de equilíbrio térmico ( $T_f = \text{_____ } ^\circ\text{C}$ );
7. Com os dados obtidos, considerando o calor específico da água igual a  $1,0 \text{ cal/g}\cdot^\circ\text{C}$ , determinar a capacidade térmica do calorímetro utilizando a equação [6].

$$m \cdot c \cdot (T_f - T_i)_{\text{Água fria}} + m \cdot c \cdot (T_f - T_i)_{\text{Água quente}} + C \cdot (T_f - T_i)_{\text{Calorímetro}} = 0 \quad 6$$

## Análise e discussão

Repetir os procedimentos (1 a 7) por, no mínimo, três vezes, e fazer uma média aritmética dos valores de capacidade térmica obtidos. Dessa forma, o valor da capacidade térmica obtida ficará mais preciso. Recomenda-se que, após a primeira utilização do calorímetro, sejam secadas as partes úmidas com o auxílio de um pano ou papel toalha seco. Se a folha de papel A4 estiver úmida, substituí-la imediatamente por outra seca e limpa. Essas recomendações evitarão que possíveis trocas de calor indesejadas influenciem nas medidas de capacidade térmica obtidas.

*Sugere-se ao professor, como forma de contextualizar a utilização do conteúdo e equipamento, as atividades a seguir:*

1. Qual foi o valor encontrado para a capacidade térmica do calorímetro?
2. O que diz o princípio das trocas de calor?
3. O que é a capacidade térmica de um corpo?
4. Qual a condição para que um calorímetro seja denominado ideal?
5. Agora que você realizou o experimento, explique com suas palavras o princípio de funcionamento de um calorímetro.
6. Faça um levantamento sobre as possíveis fontes de erros experimentais, para a medida da capacidade térmica do calorímetro.



## PRÁTICA V

# DETERMINAÇÃO DO CALOR ESPECÍFICO DE UMA AMOSTRA DE COBRE OU ALUMÍNIO

---

### Objetivo

Determinar o calor específico de uma amostra de cobre ou alumínio.

### Materiais

calorímetro .....	1
amostra de cobre .....	1
amostra de alumínio .....	1
balança digital .....	1
béquer de vidro de 250 ml .....	1
resistência para aquecer o béquer contendo água.....	1
termômetro de álcool ou mercúrio (-10 a 110 °C) .....	1
água .....	200 ml

## Procedimentos

1. Colocar no calorímetro uma peça metálica, cuja massa deve ser aferida ( $m_{\text{peça metálica}} = \text{_____ g}$ );
2. Medir 50 g de água, em temperatura ambiente, e colocar no calorímetro, anotando a temperatura do sistema após o equilíbrio térmico ( $m_{\text{água fria}} = \text{_____ g}; T_i = \text{_____ } ^\circ\text{C}$ );
3. Medir 100 g de água e aquecê-la ( $m_{\text{água quente}} = \text{_____ g}$ );
4. Retirar a água do aquecedor quando temperatura ultrapassar  $80 ^\circ\text{C}$ ;
5. Com o auxílio do termômetro, mexer a água para uma maior homogeneidade e a temperatura de equilíbrio da água quente, mas não demorar muito para que sua temperatura não baixe;
6. Rapidamente, abrir o calorímetro, colocar a água quente e fechá-lo;
7. Medir a temperatura final de equilíbrio térmico ( $T_f = \text{_____ } ^\circ\text{C}$ );
8. Com os dados obtidos, considerando o calor específico da água igual a  $1,0 \text{ cal/g}\cdot^\circ\text{C}$ , determinar o calor específico da peça metálica utilizando a equação [7]:

$$m.c.(T_f - T_i)_{\text{Água fria}} + m.c.(T_f - T_i)_{\text{Água quente}} + m.c.(T_f - T_i)_{\text{Peça metálica}} + C.(T_f - T_i)_{\text{Calorímetro}} = 0$$

7

9. Consultar a literatura e determinar o erro experimental para o calor específico do cobre e do alumínio, utilizando a equação [8].

$$\Delta\% = \frac{|\text{Valor}_{\text{Teórico}} - \text{Valor}_{\text{Experimental}}|}{\text{Valor}_{\text{Teórico}}} \cdot 100$$

8

## Observação

Se o desvio percentual entre o valor teórico e o valor experimental ficar abaixo de 10 %, suas medidas encontram-se dentro do tolerável, portanto, são confiáveis.

## Análise e discussão

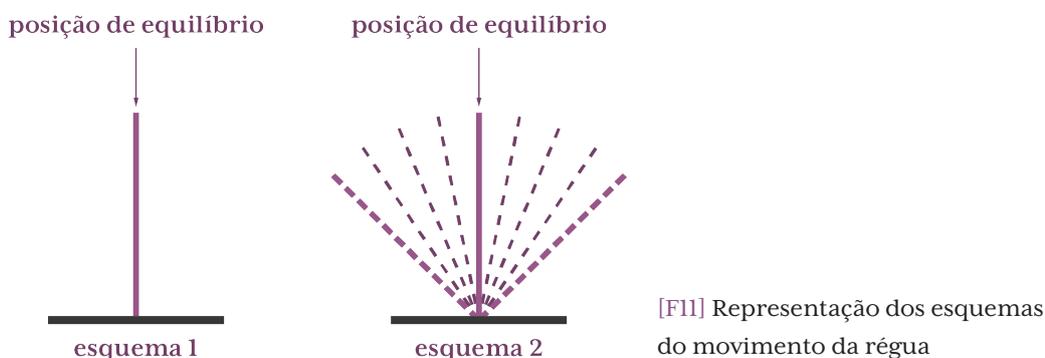
No cálculo do calor específico, é recomendável que se considere a capacidade térmica do calorímetro. Além disso, após a primeira utilização do equipamento, devem-se secar as partes úmidas com o auxílio de um pano ou papel-toalha secos. Caso a folha de papel A4 esteja úmida, substitua-a imediatamente por outra seca e limpa. Essas recomendações evitarão que possíveis trocas de calor indesejáveis influenciem nas medidas de calor específico.



# OSCILAÇÕES

## MOVIMENTO OSCILATÓRIO

Em princípio, “um movimento é oscilatório quando ocorre periodicamente em torno de uma posição central, conhecida como posição de equilíbrio” (STEFANOVITS, 2013, p. 135). Para exemplificar o que é um movimento oscilatório, imagine uma lâmina flexível ou uma régua presa perpendicularmente a um suporte como mostra a F11. Todos os pontos que constituem a régua estão em posição de equilíbrio (esquema 1). Se inclinarmos sua extremidade e soltarmos, todos os pontos passam a realizar um movimento oscilatório em torno da mesma posição central de equilíbrio (esquema 2).



Dessa forma, “as oscilações correspondem a vibrações localizadas enquanto as ondas estão associadas à propagação” (NUSSENZVEIG, 2002, p. 39). No dia a dia, encontramos uma infinidade de movimentos oscilatórios, como os movimentos do pêndulo de um relógio, de uma criança que brinca num balanço ou o batimento das asas de um beija-flor. Nossa fala, audição e visão também são frutos de fenômenos oscilatórios.

Dois exemplos de movimento oscilatório merecem destaque na Física: o movimento oscilatório de um corpo suspenso por um fio, conhecido como **pêndulo simples** e as oscilações de um corpo preso a uma mola, conhecido como **sistema massa-mola**.

### Grandezas relevantes no movimento oscilatório

De modo geral, as oscilações são caracterizadas pelo movimento de vaivém de um ponto em relação a uma posição de equilíbrio, ou seja, algo oscila para cima e para baixo, para frente e para trás, ou, ainda, para direita e para a esquerda (PERUZZO, 2012b). Por se tratar de um movimento repetitivo, a análise das oscilações pode ser realizada pelos conceitos de período, frequência e amplitude. Assim, temos que:

- a) O período ( $T$ ) do movimento oscilatório é o intervalo de tempo necessário para o corpo realizar uma oscilação completa (movimento de ida e volta);

- b) A frequência ( $f$ ) do movimento oscilatório é o número de oscilações completas realizadas pelo corpo em certo intervalo de tempo;
- c) A relação entre período e frequência é dada por:

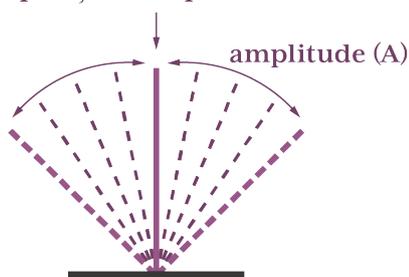
$$T = \frac{1}{f}$$

1

em que o período é medido em segundos (s) e a frequência, medida em (Hz).

Por fim, a amplitude é outra grandeza importantíssima no movimento oscilatório. Ela corresponde à medida de maior distância em relação à posição de equilíbrio, conforme a F12.

posição de equilíbrio



[F12] A amplitude de um movimento oscilatório

De acordo com a F12, o comprimento da trajetória do movimento oscilatório é sempre o dobro de sua amplitude.

## Movimento harmônico simples (MHS)

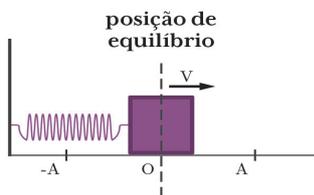
O movimento harmônico simples (MHS) é um movimento periódico em que um corpo realiza sucessivas oscilações em torno de uma posição de equilíbrio no qual está submetido a uma força restauradora. A aceleração desse tipo de movimento é dirigida para a posição de equilíbrio e sua intensidade é proporcional à distância em relação à posição de equilíbrio (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2009; MACHADO, 2000; NUSSENZVEIG, 2002; PERUZZO, 2012b; STEFANOVITS, 2013).

## Sistema massa-mola

Um caso típico de MHS é o sistema massa-mola, formado por um corpo preso a uma mola que oscila periodicamente em torno de uma posição de equilíbrio (NUSSENZVEIG, 2002; PERUZZO, 2012b; STEFANOVITS, 2013). Para deslocar um corpo de sua posição de equilíbrio, em se tratando de um sistema massa-mola, é preciso esticar ou comprimir a mola presa ao corpo, que, ao ser liberado, tende a voltar à posição de equilíbrio. Esse tipo de movimento se dá no sentido contrário ao do deslocamento inicial que ocasionou a deformação da mola. Dessa forma, a força elástica  $\vec{F}_{el}$  atua como a força restauradora, responsável pelo fato de o corpo oscilar em torno da posição de equilíbrio. A F13 apresenta os esquemas de seis momen-

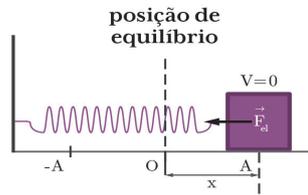
tos distintos de um sistema massa-mola, considerando um plano horizontal sem atrito.

**Posição de equilíbrio**  
 $x = 0$



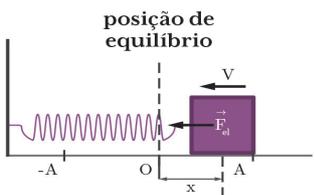
- A mola está na posição de equilíbrio.
- A força elástica é nula, pois a mola está relaxada; porém o corpo tem velocidade, o que acarreta a distensão da mola.

**Distensão máxima**  
 $x = A$



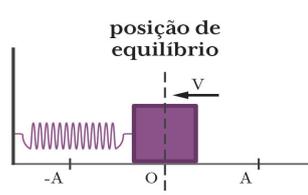
- A mola apresenta distensão máxima.
- A força elástica é máxima, e a velocidade é nula.

**Retorno à posição de equilíbrio**  
 $0 < x < +A$



- A mola está voltando à posição de equilíbrio.
- O corpo tem velocidade no mesmo sentido da força elástica.

**Posição de equilíbrio**  
 $x = 0$



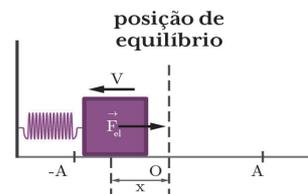
- A mola está na posição de equilíbrio.
- A força elástica é nula, porém o corpo ainda tem velocidade.
- Por inércia, ocorre a compressão da mola.

**Compressão**  
 $-A < x < 0$



- A mola está sendo comprimida.
- A força elástica volta a atuar, mas no sentido contrário ao da velocidade.

**Compressão máxima**  
 $x = -A$



- A mola sofre compressão máxima.
- A força elástica é máxima e a velocidade é nula.

[F13] Representação dos distintos momentos presentes no sistema massa-mola

Fonte: Adaptado de Stefanovits (2013).

**Período do sistema massa-mola**

Uma das variáveis mais marcantes no MHS é o período, devido a sua regularidade ser muito útil nas medições de tempo, determinação de massa e constante elástica de uma mola (PERUZZO, 2012b; STEFANOVITS, 2013). O período ( $T$ ) de um oscilador massa-mola é dado por:

$$T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{m}{k}}$$

2

Em que a massa  $m$  e a constante elástica da mola  $k$  são expressas em unidades no Sistema Internacional de Unidades (SI). Como o período só depende de  $m$  e  $k$ , a oscilação de um sistema massa-mola ideal apresenta o mesmo período, tanto na horizontal quanto na vertical.

Sendo o período o inverso da frequência, temos:

$$f = \frac{1}{2\pi} \cdot \sqrt{\frac{k}{m}}$$

3

Sendo  $k$  uma constante, a qual depende da mola, por meio de [3], percebe-se que, aumentando a massa  $m$  suspensa, a frequência de oscilação diminui ou o período de oscilação aumenta.

Outra constatação importante do período de um sistema massa-mola é que ele não depende da amplitude nem da gravidade local. Assim, o movimento do referido sistema terá o mesmo período na Terra ou em qualquer outro planeta. Essa comprovação é importantíssima para medir a massa de um astronauta a bordo de uma espaçonave. Como não é possível usar uma balança, devido ao estado de imponderabilidade, usa-se uma cadeira que, acoplada às molas, funciona como um sistema massa-mola. Esse sistema está atrelado a um cronômetro, que afere o período levado pelo sistema para realizar uma oscilação. Conhecendo-se o período e a constante elástica da mola, substituindo na equação do período, obtém-se a massa do astronauta. A F14 apresenta o sistema descrito.



[F14] Astronauta se posicionando na cadeira para determinação de sua massa

FONTE: Nasa (1985).

Após essa breve revisão do conteúdo, apresentamos uma atividade prática visando melhorar o processo de ensino-aprendizagem, como também de avaliar o seu alcance.

## PRÁTICA VI

# OSCILADOR HARMÔNICO SIMPLES (SISTEMA MASSA-MOLA)

---

### Objetivos

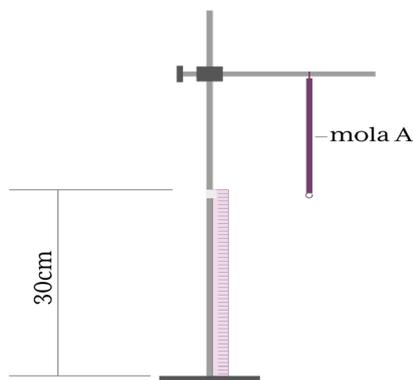
Estudar e compreender o movimento harmônico simples presente no sistema massa-mola, observando que um corpo elástico obedece à Lei de Hooke.

### Materiais

suporte universal .....	1
haste vertical.....	1
fixador metálico para pendurar a mola .....	1
mola helicoidal A (mola com maior diâmetro do Kit 1) .....	1
conjunto de massas aferidas do Kit 1.....	1
cronômetro do Kit 1.....	1
fita crepe .....	1
tesoura sem ponta .....	1
calculadora .....	1
balança digital .....	1

## Procedimentos

1. Montar os materiais necessários para o experimento conforme a F15. Utilizar a fita crepe para prender a régua de 30 cm na lateral da haste vertical, de modo que o ponto zero fique alinhado com a extremidade inferior da mola A;



[F15] Montagem inicial da prática do sistema massa-mola

2. Medir a massa do conjunto (60 g + gancho suporte) ( $m_{\text{conjunto}} = \underline{\hspace{1cm}} \text{kg}$ ). Utilizar todas as casas após a vírgula. Anotar o valor obtido no Q4 na coluna “massa oscilante pendurada”;
3. Pendurar a mola A no fixador metálico. Em seguida, acrescentar o conjunto (60 g + gancho suporte) em sua extremidade, estabelecendo o repouso do conjunto massa-mola, conforme a F15;
4. Afastar o conjunto (60 g + gancho suporte) cerca de 3 cm da posição de equilíbrio (3 cm é a amplitude), e liberá-lo cuidadosamente para que o conjunto massa-mola inicie um movimento oscilatório na vertical;
5. Com o cronômetro do Kit 1, medir o tempo de 10 oscilações completas. Repetir esse procedimento três vezes e anotar os valores no Q4 na coluna “tempo 10 oscilações”;
6. Determinar o tempo médio  $\bar{t}$  das 10 oscilações. Anotar o valor no Q4, na coluna “tempo médio”;
7. Determinar o período T, isto é, o tempo gasto para realizar uma oscilação completa. Utilizar a equação:  $T = \bar{t}/n$ . Anotar o valor no Q4 na coluna “período T”, utilizando três casas após a vírgula;
8. Determinar a frequência do período T, utilizando a equação:  $T = \bar{t}/n$ . Anotar o valor no Q4;
9. Repetir os procedimentos anteriores, preenchendo o Q4.

	Massa + gancho suporte	Massa oscilante pendurada (kg)	Tempo 10 oscilações (s)	Tempo Médio $\bar{t}$ (s)	Período T(s)	Frequência (Hz)
1	60 g + gancho suporte					
2	90 g + gancho suporte					
3	120 g + gancho suporte					
4	150 g + gancho suporte					

[Q4] Registro de dados do oscilador harmônico simples (sistema massa-mola)

Fonte: Autoria própria.

### Análise e discussão

Sugere-se ao professor que oriente os alunos que forem marcar o tempo de 10 oscilações utilizando o cronômetro para que liberem também a massa oscilante. A amplitude utilizada é cerca de 3 cm abaixo da posição de equilíbrio do conjunto massa-mola. É importante acionar o cronômetro quando se libera a massa oscilante, tomando o cuidado para que ela realize um movimento oscilatório na vertical. Esses procedimentos evitarão possíveis erros nas medidas dos tempos das oscilações e, conseqüentemente, no período T. Em nossos testes, obtivemos um valor de 8,5 N/m para a constante elástica k da mola A.

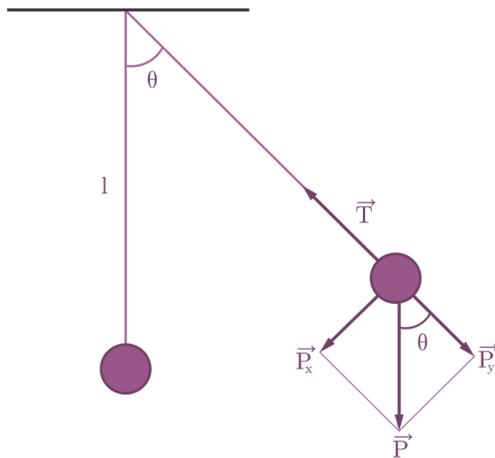
Aconselha-se ao professor, para contextualizar a utilização do experimento, as seguintes atividades:

1. Qual é a força restauradora responsável pelo fato do corpo oscilar em torno da posição de equilíbrio?
2. O que podemos perceber com o período T e a frequência f, quando aumentamos a massa m suspensa? Qual é a relação entre essas duas grandezas?
3. O período T do oscilador harmônico simples (sistema massa-mola) depende de quais variáveis?
4. Por que no cálculo do período T desprezamos a massa da mola?
5. Determine a constante elástica k da mola para o conjunto (90 g + gancho suporte) por meio da equação:  $k = (2\pi/T)^2 m$ . Utilize como m a massa oscilante pendurada e o período T do Q4. Use  $\pi = 3,14$ .  $k = \underline{\hspace{2cm}}$  N/m.



## PÊNULO SIMPLES

O pêndulo simples consiste numa massa  $m$  suspensa por um fio de comprimento  $L$  que oscila em torno de uma posição de equilíbrio como o pêndulo de um relógio. Quando afastado de sua posição de equilíbrio e abandonado, o pêndulo se movimenta em um plano vertical sob ação da gravidade. Esse movimento é oscilatório e periódico para pequenas amplitudes (NUSSENZVEIG, 2002; PERUZZO, 2012b; STEFANOVITS, 2013). A F16 representa as forças que atuam sobre o corpo suspenso do pêndulo simples, desprezando-se a resistência do ar e a massa do fio.



[F16] Esquema das forças atuantes na massa  $m$  do pêndulo simples

As forças que atuam na massa pendular são a tração ( $\vec{T}$ ) exercida pelo fio e o peso ( $\vec{P}$ ) da massa. A força peso está sendo decomposta segundo as direções da reta tangente e da reta normal à trajetória da massa  $m$ . A componente tangencial do peso  $\vec{P}_x$  é a força restauradora do movimento oscilatório do pêndulo. Se as oscilações ocorrerem em ângulos pequenos ( $\theta_{\max} \leq 10^\circ$ ), tem-se que o  $\sin \theta \cong \theta$  (NUSSENZVEIG, 2002; PERUZZO, 2012b). Dessa forma, o movimento passa a ser harmônico e o período  $T$  do pêndulo simples pode ser calculado por:

$$T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{L}{g}} \quad 4$$

em que  $g$  é aceleração da gravidade e  $L$  o comprimento do fio.

A frequência de oscilação do pêndulo simples é dada por:

$$f = \frac{1}{2\pi} \cdot \sqrt{\frac{g}{L}} \quad 5$$

em que  $g$  é aceleração da gravidade e  $L$  o comprimento do fio.



## PRÁTICA VII

# RELAÇÃO ENTRE PERÍODO DE OSCILAÇÃO E AMPLITUDE

---

### Objetivo

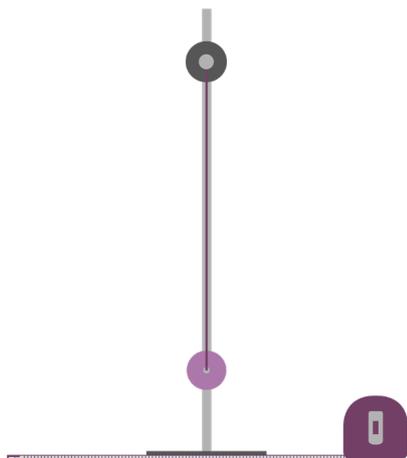
Compreender que para pequenas amplitudes o período de oscilação não se altera.

### Materiais

suporte universal .....	1
haste vertical.....	1
fixador metálico .....	1
massa aferida de 30 g do Kit 1 .....	1
trena de 5 m do Kit 2 .....	1
cronômetro do Kit 1.....	1
calculadora .....	1
tesoura sem ponta .....	1
barbante .....	1 m

## Procedimentos

1. Montar o equipamento conforme a F17, prendendo a massa aferida de 30 g na extremidade do fio, de modo que o furo central fique na posição horizontal. O comprimento do fio deve ser de 0,4 m, distância aferida do fixador metálico até o centro da massa de 30 g;



[F17] Montagem inicial da prática VII

2. Afastar 5 cm de sua posição de equilíbrio (5 cm é o valor da amplitude). Soltar a massa e deixar oscilar livremente;
3. Medir o tempo de 10 oscilações e determinar o período de oscilação, ou seja, o tempo de uma oscilação, utilizando três casas após a vírgula. Transcrever o resultado no Q5;
4. Repetir os procedimentos anteriores para as amplitudes de 10 cm, 15 cm e 20 cm, preenchendo o Q5.

Amplitude	Tempo de 10 oscilações	Período T(s)
5 cm		
10 cm		
15 cm		
20 cm		

[Q5] Registros dos períodos das amplitudes de 5 a 20 cm

Fonte: Autoria própria.

## Análise e discussão

Sugere-se ao professor que oriente os alunos que forem marcar o tempo de oscilação utilizando o cronômetro para que também liberem a massa na extremidade do pêndulo. Esse procedimento evitará possíveis erros nas medidas dos períodos. É importante frisar que o comprimento do pêndulo é a distância entre o suporte ao centro da massa suspensa.



## PRÁTICA VIII

# RELAÇÃO ENTRE PERÍODO DE OSCILAÇÃO E MASSA DO PÊNDULO

---

### Objetivo

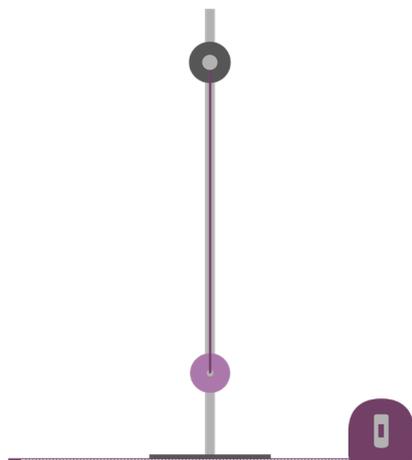
Compreender que o período de oscilação não depende da massa do pêndulo.

### Materiais

suporte universal .....	1
haste vertical.....	1
fixador metálico.....	1
conjunto de massas aferidas do Kit 1.....	1
trena de 5 m do Kit 2 .....	1
cronômetro do Kit 1.....	1
calculadora .....	1
tesoura sem ponta .....	1
fita crepe ou adesiva estreita .....	1
barbante .....	1 m

## Procedimentos

1. Montar o equipamento conforme a F18, prendendo a massa aferida de 30 g na extremidade do fio na posição vertical. O comprimento do fio deve ser de 0,4 m, distância aferida do fixador metálico até o centro da massa de 30 g;



[F18] Montagem inicial da prática VIII

2. Afastar 10 cm de sua posição de equilíbrio (10 cm é o valor da amplitude). Soltar a massa e deixar oscilar livremente;
3. Medir o tempo de 10 oscilações e determinar o período de oscilação, ou seja, o tempo de uma oscilação, utilizando três casas após a vírgula. Transcrever o resultado no Q6;
4. Repetir os procedimentos anteriores para as massas de 60 g, 90 g e 120 g, utilizando a fita crepe para unir as massas, caso seja necessário. Preencher o Q6.

Massa pendular	Tempo de 10 oscilações	Período T(s)
30 g		
60 g		
90 g		
120 g		

[Q6] Registros dos períodos das diferentes massas pendulares

Fonte: Autoria própria.

## Análise e discussão

No conjunto de massas aferidas do Kit 1, não foram incluídas as massas de 90 g e 120 g. Para obter essas massas, sugerimos ao professor utilizar as massas (60 g + 30 g) e (100 g + 20 g), unidas por fita crepe, para impedir a interferência da resistência do ar na execução do experimento.



## PRÁTICA IX

# RELAÇÃO ENTRE PERÍODO DE OSCILAÇÃO E COMPRIMENTO DO PÊNDULO

---

### Objetivo

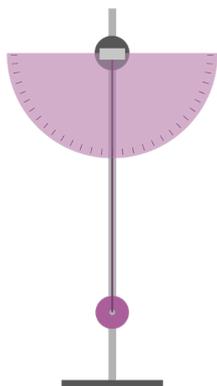
Compreender a relação entre o período de oscilação e o comprimento do pêndulo.

### Materiais

suporte universal .....	1
haste vertical.....	1
fixador metálico.....	1
massa aferida de 60 g do Kit 1 .....	1
trena de 5 m do Kit 2 .....	1
cronômetro do Kit 1.....	1
transferidor didático (180°) .....	1
calculadora .....	1
tesoura sem ponta .....	1
barbante .....	1 m

## Procedimentos

1. Montar o equipamento conforme a F19, prendendo a massa aferida de 60 g na extremidade do fio na posição vertical. O comprimento do fio deve ser de 0,4 m, distância aferida do fixador metálico até o centro da massa de 60 g;



[F19] Montagem inicial prática IX

2. Afastar  $10^\circ$  de sua posição de equilíbrio ( $10^\circ$  é o valor da amplitude). Soltar a massa e deixar oscilar livremente;
3. Medir o tempo de 10 oscilações e determinar o período de oscilação, ou seja, o tempo de uma oscilação, utilizando três casas após a vírgula. Transcrever o resultado no Q7;
4. Utilizando a equação  $T=1/f$ , calcular a frequência para o correspondente comprimento de pêndulo anotando no Q7;
5. Diminuir o comprimento do fio em 10 cm, repetindo os procedimentos preenchendo o Q7.

Comprimento	Tempo de 10 oscilações	Período T(s)	Frequência f(Hz)
40 cm			
30 cm			
20 cm			
10 cm			

[Q7] Registros dos períodos para os diferentes comprimentos do pêndulo

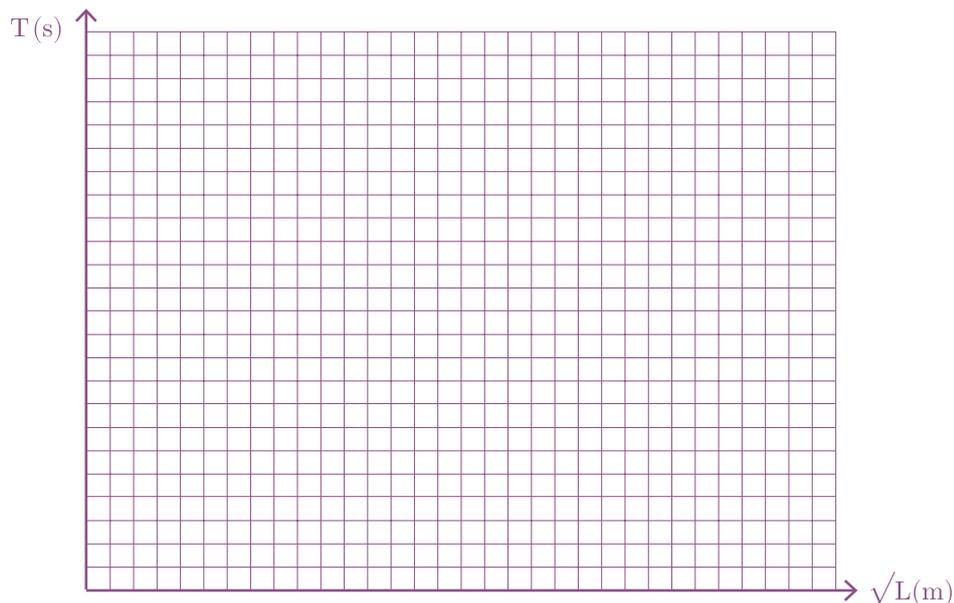
Fonte: Autoria própria.

## Análise e discussão

Sugere-se ao professor que, durante o experimento, ao diminuir o comprimento do fio de 10 em 10 cm, enrole-o ao suporte. Esse procedimento fará com que se economize barbante na realização da prática experimental. É importante frisar que o comprimento do pêndulo é a medida aferida entre o fixador metálico até o centro da massa suspensa.

Recomenda-se ao professor, para contextualizar a utilização do equipamento, os seguintes questionamentos:

1. O período e a frequência dependem do comprimento do pêndulo?
2. O que ocorre com o período quando diminuimos o comprimento do pêndulo?
3. O que ocorre com a frequência quando diminuimos o comprimento do pêndulo?
4. Qual a relação entre período e frequência?
5. O que você espera que aconteça com a frequência, ao aumentarmos o comprimento do pêndulo?
6. O que você espera que aconteça com o período, ao aumentarmos o comprimento do pêndulo?
7. O que você conclui a respeito do período e da frequência de um pêndulo com comprimento fixo, se variarmos apenas a massa pendular?
8. O que você conclui a respeito do período e da frequência de um pêndulo com comprimento fixo, se variarmos apenas a amplitude?
9. Construa o gráfico do período ( $T$ ) em função da raiz quadrada do comprimento do pêndulo ( $\sqrt{L}$ ) de um pêndulo simples. Qual é o aspecto do gráfico?



10. Com base no gráfico, qual a relação entre período ( $T$ ) e raiz quadrada do comprimento do pêndulo ( $\sqrt{L}$ ) de um pêndulo simples?
11. Verificamos experimentalmente a lei dos comprimentos num pêndulo simples. Com base nos conhecimentos adquiridos nesta prática, enuncie a referida lei.



## PRÁTICA X

# PÊNDULO SIMPLES E A ACELERAÇÃO DA GRAVIDADE LOCAL

---

### Objetivo

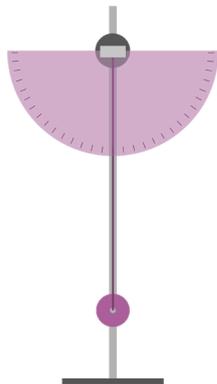
Determinar o valor da aceleração da gravidade local por meio do movimento de um pêndulo simples.

### Materiais

suporte universal .....	1
haste vertical.....	1
fixador metálico.....	1
massa aferida de 60 g do Kit 1 .....	1
trena de 5 m do Kit 2 .....	1
cronômetro do Kit 1.....	1
transferidor didático (180°) .....	1
calculadora .....	1
tesoura sem ponta .....	1
barbante .....	1 m

## Procedimentos

1. Montar o equipamento conforme a F20, prendendo a massa aferida de 60 g na extremidade do fio na posição vertical. O comprimento do fio deve ser de 0,4 m, distância aferida do fixador metálico até o centro da massa de 60 g;



[F20] Montagem inicial da prática X

2. Afastar  $10^\circ$  de sua posição de equilíbrio ( $10^\circ$  é o valor da amplitude). Soltar a massa e deixá-la oscilar livremente;
3. Medir o tempo de 10 oscilações e determinar o período de oscilação, ou seja, o tempo de uma oscilação, utilizando três casas após a vírgula. Transcrever o resultado no Q8;
4. Repetir os procedimentos anteriores preenchendo o Q8;

Nº repetições	Tempo de 10 oscilações	Período T(s)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
Média dos períodos T(s)		

[Q8] Registros dos períodos das oscilações

Fonte: Autoria própria.

5. A análise de um pêndulo simples nos mostrou que, para pequenas oscilações, um pêndulo simples descreve um MHS, portanto, seu período de oscilação pode ser descrito por:

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

Isolando  $g$  na equação do período, temos:

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

6

6. Utilizando a média dos períodos do pêndulo no Q7, e a equação [6] para o cálculo de  $g$  acima, determine o valor de  $g$  local  $g = \underline{\hspace{2cm}}$  m/s<sup>2</sup>.

### Análise e discussão

Se os alunos sentirem dificuldades em isolar na equação do período do pêndulo simples, o professor terá uma ótima oportunidade para demonstrar como se obtém por meio da referida equação. Como dissemos anteriormente, recomendamos ao professor que oriente os alunos que forem marcar o tempo de oscilação, utilizando o cronômetro, para que liberem também a massa na extremidade do pêndulo evitando, assim, possíveis erros nas medidas dos períodos.

Recomenda-se ao professor, para contextualizar a utilização da prática experimental, os seguintes questionamentos:

1. Sabendo que o valor teórico de  $g$  é de 9,81 m/s<sup>2</sup>, determine o erro percentual para  $g$  experimental, utilizando a equação:

$$\Delta\% = \frac{|\text{Valor}_{\text{Teórico}} - \text{Valor}_{\text{Experimental}}|}{\text{Valor}_{\text{Teórico}}} \cdot 100$$

2. Os valores teórico e experimental de  $g$  são iguais? A que se devem as diferenças observadas entre estes dois valores?
3. O comprimento do pêndulo influencia no valor da aceleração da gravidade?
4. O que aconteceria com o período de um pêndulo simples se o mesmo fosse levado à Lua e lá colocado a oscilar?

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## REFERÊNCIAS

- ARTUSO, A. R.; WRUBLEWSKI, M. **Física**. Ensino médio. São Paulo: Positivo, 2013, v. 2.
- BARROS, C.; PAULINO, W. R. **Física e Química**. Ensino fundamental – 46. São Paulo: Ática, 1999.
- BATISTA, M. C.; BATISTA, D. C. **Física**: atividades experimentais. 1. ed. Maringá: Unicesumar, 2016.
- BONJORNO, J. R. *et al.* **Física**: termodinâmica, óptica, ondulatória. 2. ed. São Paulo: FTD, 2013.
- HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de física**. volume 2: gravitação, ondas e termodinâmica. Rio de Janeiro: LTC, 2009.
- MACHADO, K. D. **Equações diferenciais aplicadas à física**. 2. ed. Ponta Grossa: UEGP, 2000.
- NASA. **Payload specialists Millie Hughes-Fulford in Body Mass Measurement Device**, 1985. Disponível em: <https://picryl.com/media/payload-specialists-millie-hughes-fulford-in-body-mass-measurement-device-f2fbb9>. Acesso em: 17 mar. 2023.
- NEWTON, V. B.; HELOU, R. D.; GUALTER J. B. **Física 2**: termologia, ondulação e óptica. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2013.
- NUSSENZVEIG, H. M. **Curso de física básica 2**: fluidos – oscilações e ondas – calor. 4. ed. rev. São Paulo: Edgard Blücher, 2002.
- PERUZZO, J. **Experimentos de física básica**: mecânica. Editora: São Paulo: LF, 2012a.
- PERUZZO, J. **Experimentos de física básica**: termodinâmica, ondulatória e óptica. São Paulo: LF, 2012b.
- RAMALHO JUNIOR, F.; FERRARO, N. G.; SOARES, P. A de T. **Os fundamentos da Física**: mecânica. 9. ed. rev. ampl. São Paulo: Moderna, 2007.
- STEFANOVITS, Â. **Ser protagonista**: Física. Ensino Médio. SM, São Paulo: SM, 2013. v. 2.

# ÍNDICE DE FÓRMULAS

## MECÂNICA

1	$F_{el} = -\vec{F}$	2	$\vec{F}_{el} = k \cdot \vec{x}$
3	$k = \frac{F}{\Delta x}$	4	$\vec{E} = \vec{P}_R - \vec{P}_A$
5	$E = \rho \cdot V \cdot g$		

## CALORIMETRIA

1	$C = \frac{Q}{\Delta\theta}$	2	$C = m \cdot c$
3	$c = \frac{C}{m}$	4	$c = \frac{1}{m} \cdot \frac{Q}{\Delta\theta} = \frac{Q}{m \cdot \Delta\theta} \rightarrow Q = m \cdot c \cdot \Delta\theta$
5	$\sum Q_{Liberado} + \sum Q_{Absorvido} = 0$		
6	$m \cdot c \cdot (T_F - T_i)_{\text{Água fria}} + m \cdot c \cdot (T_F - T_i)_{\text{Água quente}} + C \cdot (T_F - T_i)_{\text{Calorímetro}} = 0$		
7	$m \cdot c \cdot (T_F - T_i)_{\text{Água fria}} + m \cdot c \cdot (T_F - T_i)_{\text{Água quente}} + m \cdot c \cdot (T_F - T_i)_{\text{Peça metálica}} + C \cdot (T_F - T_i)_{\text{Calorímetro}} = 0$		
8	$\Delta\% = \frac{ \text{Valor}_{\text{Teórico}} - \text{Valor}_{\text{Experimental}} }{\text{Valor}_{\text{Teórico}}} \cdot 100$		

## OSCILAÇÕES

1	$T = \frac{1}{f}$	2	$T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{m}{k}}$
3	$f = \frac{1}{2\pi} \cdot \sqrt{\frac{k}{m}}$	4	$T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\left(\frac{L}{g}\right)}$
5	$f = \frac{1}{2\pi} \cdot \sqrt{\frac{g}{L}}$	6	$g = \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 \cdot L$

## SOBRE OS AUTORES

### **Douglas Robaskiewicz Coneglian**

É mestre em Ensino de Física pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) e é licenciado em Física e Matemática pela mesma instituição. Atua como técnico de Laboratório de Física do Departamento Acadêmico de Física da UTFPR do campus Campo Mourão. Possui experiência com divulgação de Ciência em espaços não formais. É membro do grupo de pesquisa chamado Laboratório para o desenvolvimento do ensino de Ciências e Astronomia, o LADECA.

### **Adriana da Silva Fontes**

É doutora em Física pela Universidade Estadual de Londrina (UEL) e é licenciada em Física e Matemática pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE). Possui estágio de Pós-doutorado em Educação para a Ciência e a Matemática pela Universidade Estadual de Maringá (UEM). É professora do Departamento Acadêmico de Física da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), campus Campo Mourão. Possui experiência na área de Ensino de Física. É membro do grupo de pesquisa Laboratório para o desenvolvimento do ensino de Ciências e Astronomia, o LADECA.

### **Michel Corci Batista**

É doutor em Educação para a Ciência e a Matemática e licenciado em Física pela Universidade Estadual de Maringá (UEM). É professor do Departamento Acadêmico de Física da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), campus Campo Mourão. Possui experiência na área de Ensino de Física e Astronomia. É embaixador da Network for Astronomy School Education (NASE) no Brasil. É líder do grupo de pesquisa chamado Laboratório para o desenvolvimento do ensino de Ciências e Astronomia (LADECA), e é coordenador do Polo Astronômico Rodolpho Caniato da UTFPR do campus Campo Mourão.

Titulo	Caderno de atividades experimentais para a disciplina de Física na Educação Básica
Formato	21 x 27,5 cm
Tipografia	Mrs Eaves XL Serif OT   Zuzana Licko Mr Eaves San OT   Zuzana Licko
Licença	CC BY-NC-ND

**EDUTFPR**

Este livro, produzido pela EDUTFPR, é financiado com recurso público e visa à ampla e democrática disseminação do conhecimento. Esta edição promove o ODS 4 Educação de qualidade, que tem o intuito de assegurar a educação inclusiva, equitativa e de qualidade para todos, envolvendo docentes e discentes em sua produção e promovendo diversas oportunidades de aprendizagem ao longo da vida. Além disso, é favorável à preservação de árvores e diminuição da pegada de carbono global.

Curitiba  
25°26'20.4"S 49°16'08.4"W  
Feito no Brasil  
Made in Brazil  
2023

Esta obra é fruto de uma profunda reflexão sobre a importância das atividades experimentais para o ensino de Física no ensino público no estado do Paraná. Na tentativa de contribuir com as instituições públicas, os autores elaboram roteiros de atividades que auxiliam no uso dos Kits de laboratório enviados pelo Governo às instituições. O livro apresenta experimentos para diferentes áreas da Física, como Mecânica, Calorimetria e Oscilações, que poderão lhe ajudar nas aulas experimentais de Física.