

CIÊNCIAS DA NATUREZA E SUAS TECNOLOGIAS

volume

01

# Física

Resolução de Exercícios

Idelfranio Moreira de Sousa  
Ricardo Augusto Gomes Jacob



COLEÇÃO PRÉ-UNIVERSITÁRIO  
EM FASCÍCULOS

ORGANIZADOR: Prof. Clayton Lima  
7ª Edição – Fortaleza – CE – 2016

  
Smile Editorial



**Smile Editorial**

Todos os direitos reservados.

É proibida a reprodução, mesmo parcial, por qualquer processo, seja eletrônico, mecânico ou qualquer outro, sem a autorização prévia, por escrito, da editora.

**Direção Editorial:** Clayton Lima  
**Gerência Editorial:** Lourdes Amaral  
**Autoria:** Idelfranio Sousa e  
Ricardo Augusto Gomes Jacob  
**Coordenação Editorial:** Tatyane Pereira  
**Assistência Editorial:** Ronaldo Oliveira  
**Capas e Projeto Gráfico:** Edwaldo Junior e Rodrigo Enéas  
**Imagem da Capa:** Stock.xchng  
**Ilustração:** Edwaldo Junior  
**Diagramação:** Smile Editorial  
**Revisão:** Smile Editorial

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Bibliotecária: Camila Stela Pereira Nunes CRB 3ª Região 861

C433 Chagas, Caio César Moreira.  
Física: Resolução de Exercícios / Idelfranio Sousa,  
Ricardo Augusto Gomes Jacob Castro – Fortaleza: Smile Editorial, 2016.  
1 v. ; 38 p. – (Coleção Pré-Universitário em Fascículos, 030)  
  
Obra em fascículos.  
ISBN 978-85-456-0173-9  
  
I. Física: Resolução de Exercícios. Título.  
  
CDD 530

Índice para catálogo sistemático:  
I. Física 530

**Ano 2016**

#### Neste Volume

> FÍSICA I .....	01
> FÍSICA II .....	12
> FÍSICA III .....	20
> FÍSICA IV .....	29

**Smile Editorial**

Rua Pereira Filgueiras, 15  
CEP: 60.160-150 – Fortaleza – Ceará – Brasil  
smile@smileeditorial.com.br

# FÍSICA I – 2016

## VOLUME I – Física I

Capítulo	Título	Subtítulo	Tópicos	Nº de Aulas Sugerido	Previsão do Professor
1	Conhecimentos Básicos e Fundamentais	Introdução à Física	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. A Física e a Natureza</li> <li>2. A Física e os Avanços Tecnológicos</li> <li>3. O Método Científico</li> <li>4. Medição</li> <li>5. Unidades de Medida</li> <li>6. Sistema Internacional de Unidades (SI)</li> <li>7. Notação Científica</li> <li>8. Ordem de Grandeza</li> <li>9. Unidades Usuais Não Pertencentes ao SI</li> </ol>	2	
2	Conhecimentos Básicos e Fundamentais	Vetores	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Definição de Vetor</li> <li>2. Grandezas Escalares e Grandezas Vetoriais</li> <li>3. Elementos de um Vetor</li> <li>4. Notação de um Vetor</li> <li>5. Operações Vetoriais</li> </ol>	1	
3	O Movimento, o Equilíbrio e a Descoberta das Leis Físicas	Cinemática Escalar	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Conceitos Básicos</li> <li>2. Classificação dos Movimentos</li> <li>3. Os Gráficos da Cinemática e suas Aplicações</li> <li>4. Movimento Uniforme</li> <li>5. Movimento Uniformemente Variado</li> </ol>	4	
<b>Aula de Comentários dos Exercícios de Revisão e Aprofundamento</b>				1	

## VOLUME II – Física I

Capítulo	Título	Subtítulo	Tópicos	Nº de Aulas Sugerido	Previsão do Professor
4	O Movimento, o Equilíbrio e a Descoberta das Leis Físicas	Cinemática Angular	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Grandezas Lineares e Grandezas Angulares</li> <li>2. Movimento Circular Uniforme</li> <li>3. Acoplamento de Polias</li> </ol>	2	
5	O Movimento, o Equilíbrio e a Descoberta das Leis Físicas	Cinemática Vetorial	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Grandezas Escalares e Grandezas Vetoriais</li> <li>2. Composição de Movimentos</li> <li>3. Movimento Relativo</li> </ol>	2	
6	O Movimento, o Equilíbrio e a Descoberta das Leis Físicas	Lançamentos de Projéteis	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Lançamento Vertical</li> <li>2. Lançamento Horizontal</li> <li>3. Lançamento Oblíquo</li> </ol>	3	
<b>Aula de Comentários dos Exercícios de Revisão e Aprofundamento</b>				1	

### VOLUME III – Física I

Capítulo	Título	Subtítulo	Tópicos	Nº de Aulas Sugerido	Previsão do Professor
7	O Movimento, o Equilíbrio e a Descoberta das Leis Físicas	Introdução à Dinâmica	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. As Leis de Newton</li> <li>2. As Forças da Dinâmica</li> <li>3. As Componentes da Força Resultante</li> <li>4. Exemplos Clássicos da Componente Tangencial</li> <li>5. Exemplos Clássicos da Componente Centrípeta</li> </ol>	4	
8	O Movimento, o Equilíbrio e a Descoberta das Leis Físicas	A Energia Mecânica e sua Conservação	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Noções de Trabalho e Energia</li> <li>2. Trabalho (W)</li> <li>3. Forças Conservativas e Forças Dissipativas</li> <li>4. Potência (P)</li> <li>5. Rendimento de uma Máquina (<math>\eta</math>)</li> <li>6. Energia Mecânica (<math>E_M</math>)</li> <li>7. Sistemas Conservativos e Dissipativos</li> <li>8. Teorema da Energia Cinética</li> </ol>	2	
<b>Aula de Comentários dos Exercícios de Revisão e Aprofundamento</b>				1	

### VOLUME IV – Física I

Capítulo	Título	Subtítulo	Tópicos	Nº de Aulas Sugerido	Previsão do Professor
9	O Movimento, o Equilíbrio e a Descoberta das Leis Físicas	A Quantidade de Movimento e sua Conservação	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Impulso (<math>\vec{I}</math>)</li> <li>2. Quantidade de Movimento (<math>\vec{Q}</math>) ou Movimento Linear (<math>\vec{p}</math>)</li> <li>3. Teorema do Impulso</li> <li>4. Conservação da Quantidade de Movimento</li> <li>5. Colisões</li> </ol>	2	
10	O Movimento, o Equilíbrio e a Descoberta das Leis Físicas	Centro de Massa	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Centro de Massa e a Ideia de Ponto Material</li> <li>2. Centro de Massa de um Sistema</li> <li>3. Sistema Isolado de Forças Externas</li> </ol>	2	
11	O Movimento, o Equilíbrio e a Descoberta das Leis Físicas	Estática dos Sólidos	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Equilíbrio do Ponto Material</li> <li>2. Momento de uma Força em Relação a um Ponto</li> <li>3. Equilíbrio do Corpo Extenso</li> <li>4. Tipos de Equilíbrio</li> </ol>	2	
<b>Aula de Comentários dos Exercícios de Revisão e Aprofundamento</b>				1	

# FÍSICA II – 2016

## VOLUME I – Física II

Capítulo	Título	Subtítulo	Tópicos	Nº de Aulas Sugerido	Previsão do Professor
1	O Calor e os Fenômenos Térmicos	Termometria	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Calor e Temperatura</li> <li>2. O Termômetro</li> <li>3. Escalas Termométricas Usuais</li> </ol>	1	
2	O Calor e os Fenômenos Térmicos	Propagação do Calor	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Condução</li> <li>2. Convecção</li> <li>3. Irradiação</li> <li>4. A Garrafa Térmica</li> <li>5. O Efeito Estufa e o Aquecimento Global</li> </ol>	2	
3	O Calor e os Fenômenos Térmicos	Calorimetria	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Calor Sensível</li> <li>2. Calor Latente</li> <li>3. Sistema Termicamente Isolado</li> </ol>	2	
4	O Calor e os Fenômenos Térmicos	Curvas de Fase	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Curva de Fusão</li> <li>2. Curva de Ebulição</li> <li>3. Curva de Sublimação</li> <li>4. Diagramas de Fase</li> </ol>	1	
5	O Calor e os Fenômenos Térmicos	Gases Perfeitos	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Modelo de Gás Ideal</li> <li>2. Equação de Clapeyron</li> <li>3. Lei Geral dos Gases Perfeitos</li> <li>4. Transformações Especiais</li> </ol>	1	
Aula de Comentários dos Exercícios de Revisão e Aprofundamento				1	

## VOLUME II – Física II

Capítulo	Título	Subtítulo	Tópicos	Nº de Aulas Sugerido	Previsão do Professor
6	O Calor e os Fenômenos Térmicos	Termodinâmica	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Trabalho Termodinâmico (<math>W</math>)</li> <li>2. Energia Interna de um Gás (<math>U</math>)</li> <li>3. Calor Trocado pelo Gás (<math>Q</math>)</li> <li>4. Primeira Lei da Termodinâmica</li> <li>5. Máquinas Térmicas</li> <li>6. Segunda Lei da Termodinâmica e Entropia</li> <li>7. Máquinas Frigoríficas</li> </ol>	4	
7	O Calor e os Fenômenos Térmicos	Energia Elétrica Via Calor	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Usinas Termelétricas</li> <li>2. Usinas Geotérmicas</li> <li>3. Usinas Nucleares</li> </ol>	3	
Aula de Comentários dos Exercícios de Revisão e Aprofundamento				1	

### VOLUME III – Física II

Capítulo	Título	Subtítulo	Tópicos	Nº de Aulas Sugerido	Previsão do Professor
8	O Calor e os Fenômenos Térmicos	Dilatação Térmica	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Dilatação dos Sólidos</li> <li>2. Dilatação dos Líquidos</li> <li>3. Dilatação Anômala da Água</li> </ol>	2	
9	A Mecânica e o Funcionamento do Universo	Gravitação Universal	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. As Leis de Kepler</li> <li>2. Lei da Gravitação Universal</li> <li>3. Aceleração da Gravidade (<math>\bar{g}</math>)</li> <li>4. Corpos em Órbita</li> <li>5. A Corrida Espacial</li> <li>6. O Programa Espacial Brasileiro</li> <li>7. O Movimento das Marés</li> <li>8. As Fases da Lua</li> <li>9. Eclipse Solar e Eclipse Lunar</li> </ol>	4	
Aula de Comentários dos Exercícios de Revisão e Aprofundamento				1	

### VOLUME IV – Física II

Capítulo	Título	Subtítulo	Tópicos	Nº de Aulas Sugerido	Previsão do Professor
10	O Movimento, o Equilíbrio e a Descoberta de Leis Físicas	Hidrostática	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Densidade (<math>d</math>) e Massa Específica (<math>\rho</math>)</li> <li>2. Pressão (<math>p</math>)</li> <li>3. Pressão Atmosférica (<math>p_0</math>)</li> <li>4. Princípio de Stevin</li> <li>5. Princípio de Pascal</li> <li>6. Princípio de Arquimedes</li> </ol>	4	
11	O Movimento, o Equilíbrio e a Descoberta de Leis Físicas	Análise Dimensional	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Grandezas Físicas Fundamentais e Derivadas</li> <li>2. Dimensão das Grandezas Físicas da Mecânica</li> <li>3. Homogeneidade das Fórmulas Físicas</li> </ol>	2	
Aula de Comentários dos Exercícios de Revisão e Aprofundamento				1	

# FÍSICA III – 2016

## VOLUME I – Física III

Capítulo	Título	Subtítulo	Tópicos	Nº de Aulas Sugerido	Previsão do Professor
1	Oscilações, Ondas, Óptica e Radiação	Osciladores	1. Período e Frequência 2. Sistema Massa-Mola 3. Pêndulo Simples	1	
2	Oscilações, Ondas, Óptica e Radiação	Introdução à Ondulatória	1. Definição de Onda 2. Classificação das Ondas 3. Ondas Periódicas	2	
3	Oscilações, Ondas, Óptica e Radiação	Ondas Eletromagnéticas	1. Espectro Eletromagnético 2. Equação de Planck 3. Efeito Fotoelétrico	2	
4	Oscilações, Ondas, Óptica e Radiação	Fenômenos Ondulatórios: Reflexão	1. Definição de Reflexão 2. Leis da Reflexão 3. Reflexão de Ondas em Cordas 4. Reflexão de Ondas Sonoras 5. Reflexão de Ondas Luminosas	2	
<b>Aula de Comentários dos Exercícios de Revisão e Aprofundamento</b>				1	

## VOLUME II – Física III

Capítulo	Título	Subtítulo	Tópicos	Nº de Aulas Sugerido	Previsão do Professor
5	Oscilações, Ondas, Óptica e Radiação	Fenômenos Ondulatórios: Difração, Polarização e Ressonância	1. Definição de Difração; Difração da Luz e do Som 2. Definição de Polarização; Polarização da Luz 3. Definição de Ressonância; Aplicações Práticas de Ressonância	1	
6	Oscilações, Ondas, Óptica e Radiação	Fenômenos Ondulatórios: Interferência	1. Princípio da Superposição e da Independência das Ondas 2. Interferência Construtiva e Destrutiva 3. Interferência em Ondas Bidimensionais 4. Defasamento	1	
7	Oscilações, Ondas, Óptica e Radiação	Fenômenos Ondulatórios: Refração	1. Definição de Refração 2. Refração de Ondas Bidimensionais 3. Refração da Luz 4. Reflexão Total 5. Aplicações Práticas da Refração e da Reflexão Total 6. Refração de Luz Policromática; Arco-íris	4	
8	Oscilações, Ondas, Óptica e Radiação	Introdução à Acústica	1. Frequência das Ondas Sonoras 2. Velocidade das Ondas Sonoras 3. Qualidades Fisiológicas do Som	1	
<b>Aula de Comentários dos Exercícios de Revisão e Aprofundamento</b>				1	

### VOLUME III – Física III

Capítulo	Título	Subtítulo	Tópicos	Nº de Aulas Sugerido	Previsão do Professor
9	Oscilações, Ondas, Óptica e Radiação	Acústica: Instrumentos Sonoros	1. Cordas Vibrantes 2. Tubos Sonoros	2	
10	Oscilações, Ondas, Óptica e Radiação	Acústica: Efeito Doppler	1. Definição de Efeito Doppler 2. Equação do Efeito Doppler	1	
11	Oscilações, Ondas, Óptica e Radiação	Introdução à Óptica Geométrica	1. Princípios da Óptica Geométrica 2. Câmara Escura 3. Sombra e Penumbra 4. Fases da Lua 5. Eclipses	2	
12	Oscilações, Ondas, Óptica e Radiação	Sistemas Ópticos Reflexivos	1. Espelhos Planos	1	
<b>Aula de Comentários dos Exercícios de Revisão e Aprofundamento</b>				1	

### VOLUME IV – Física III

Capítulo	Título	Subtítulo	Tópicos	Nº de Aulas Sugerido	Previsão do Professor
13	Oscilações, Ondas, Óptica e Radiação	Sistemas Ópticos Reflexivos	1. Espelhos Esféricos – Estudo Gráfico 2. Espelhos Esféricos – Estudo Analítico	2	
14	Oscilações, Ondas, Óptica e Radiação	Sistemas Ópticos Refrativos	1. Dióptro Plano 2. Lentes Esféricas – Estudo Gráfico 3. Lentes Esféricas – Estudo Analítico 4. Lentes Esféricas: Óptica da Visão	3	
15	Oscilações, Ondas, Óptica e Radiação	Instrumentos Ópticos	1. Máquina Fotográfica 2. Projetor de Imagens 3. Microscópio Composto 4. Luneta	1	
<b>Aula de Comentários dos Exercícios de Revisão e Aprofundamento</b>				1	

# FÍSICA IV – 2016

## VOLUME I – Física IV

Capítulo	Título	Subtítulo	Tópicos	Nº de Aulas Sugerido	Previsão do Professor
1	Fenômenos Elétricos	Introdução à Eletrostática	1. Introdução à Eletricidade 2. Processos de Eletrização	2	
2	Fenômenos Elétricos	Força Elétrica	1. A Lei de Coulomb	1	
3	Fenômenos Elétricos	Campo Elétrico	1. O que se entende por Campo Elétrico? 2. O Vetor Campo Elétrico 3. Linhas de Campo Elétrico ou Linhas de Força Elétrica	2	
4	Fenômenos Elétricos	Energia Potencial Elétrica, Potencial Elétrico e Trabalho	1. Energia Potencial Elétrica 2. Potencial Elétrico 3. Trabalho da Força Elétrica	1	
5	Fenômenos Elétricos	Equilíbrio Eletrostático	1. Condutor em Equilíbrio Eletrostático	1	
<b>Aula de Comentários dos Exercícios de Revisão e Aprofundamento</b>				1	

## VOLUME II – Física IV

Capítulo	Título	Subtítulo	Tópicos	Nº de Aulas Sugerido	Previsão do Professor
6	Fenômenos Elétricos	Capacitores	1. Definição de Capacitância 2. Energia Potencial em um Capacitor	1	
7	Fenômenos Elétricos	Introdução à Eletrodinâmica	1. Corrente Elétrica 2. Efeitos da Corrente Elétrica 3. Elementos do Circuito Elétrico 4. Leis de Ohm 5. Potência e Energia Elétrica 6. Voltímetro e Amperímetro	6	
<b>Aula de Comentários dos Exercícios de Revisão e Aprofundamento</b>				1	

### VOLUME III – Física IV

Capítulo	Título	Subtítulo	Tópicos	Nº de Aulas Sugerido	Previsão do Professor
8	Fenômenos Elétricos	Circuitos Elétricos com Resistores	1. Associação de Resistores em Série 2. Associação de Resistores em Paralelo 3. Associação de Resistores Mista	2	
9	Fenômenos Elétricos	Geradores e Receptores	1. Geradores Elétricos 2. Receptores Elétricos	3	
10	Fenômenos Elétricos	Circuitos Elétricos com Capacitores	1. Associação de Capacitores em Série 2. Associação de Capacitores em Paralelo	1	
<b>Aula de Comentários dos Exercícios de Revisão e Aprofundamento</b>				1	

### VOLUME IV – Física IV

Capítulo	Título	Subtítulo	Tópicos	Nº de Aulas Sugerido	Previsão do Professor
11	Fenômenos Magnéticos	Introdução ao Magnetismo	1. Definição de Campo Magnético 2. Ímãs Permanentes 3. Bússola 4. Ímã Terra	1	
12	Fenômenos Magnéticos	Fontes Campo Magnético	1. Campo Magnético de um Condutor Retilíneo 2. Campo Magnético de uma Espira 3. Campo Magnético de uma Bobina Chata 4. Campo Magnético de um Solenoide	1	
13	Fenômenos Magnéticos	Força Magnética	1. Força sobre uma Carga Móvel em um Campo Magnético Uniforme 2. Força sobre um Condutor Reto Percorrido por Corrente em um Campo Magnético Uniforme 3. Aplicações Práticas da Força Magnética	2	
14	Fenômenos Magnéticos	Indução Eletromagnética	1. Corrente Induzida e Força Eletromotriz Induzida 2. Fluxo Magnético 3. Lei de Faraday-Neumann 4. Lei de Lenz 5. Aplicações Práticas da Indução Eletromagnética	2	
<b>Aula de Comentários dos Exercícios de Revisão e Aprofundamento</b>				1	

# Resoluções de Exercícios

## FÍSICA I

Capítulo  
01

### Conhecimentos Básicos e Fundamentais

Introdução à Física

## EXERCÍCIOS DE APRENDIZAGEM

### BLOCO 01

01 D

No SI, a posição  $y$  é expressa em metro (m) e o tempo é expresso em segundo (s). Isolando  $b$  na expressão dada:

$$y = \frac{bt^3}{2} \Rightarrow b = 2 \frac{y}{t^3} \left[ \frac{\text{m}}{\text{s}^3} \right] \Rightarrow [b] = \left[ \frac{\text{m}}{\text{s}^3} \right]$$

02 D

No Sistema Internacional de Unidades, temos:

$$\text{Fluxo: } [\Phi] = \left[ \frac{\text{volume}}{\text{tempo}} \right] = \left[ \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right] = [\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}]$$

Gradiente de pressão:

$$[P_1 - P_2] = \left[ \frac{\text{força}}{\text{área}} \right] = \left[ \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2 \cdot \text{m}^2} \right] = [\text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{m}^{-2}] = [\text{kg} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}]$$

Da expressão fornecida no enunciado:

$$\Phi = \frac{(P_1 - P_2)}{R} \Rightarrow R = \frac{(P_1 - P_2)}{\Phi} \Rightarrow [R] = \left[ \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}}{\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}} \right] = [\text{kg} \cdot \text{m}^{-4} \cdot \text{s}^{-1}] \Rightarrow [R] = \left[ \frac{\text{kg}}{\text{m}^4 \cdot \text{s}} \right]$$

### BLOCO 02

01 E

Sabendo que:  $1 \text{ kg} = 1\,000 \text{ g}$  e  $1 \text{ m} = 100 \text{ cm}$ :

$$1 \text{ kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2} \cdot \frac{10^3 \text{ g}}{1 \text{ kg}} \cdot \frac{10^2 \text{ cm}}{1 \text{ m}} = 10^5 \text{ g} \cdot \text{cm} \cdot \text{s}^{-2}$$

Ou seja, para  $1 \text{ g} \cdot \text{cm} \cdot \text{s}^{-2}$ , basta dividir tudo por  $10^5$ :

$$1 \text{ g} \cdot \text{cm} \cdot \text{s}^{-2} = 10^{-5} \text{ kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$$

02 E

Utilizando a primeira expressão dada:

$$E = m \cdot g \cdot h \Rightarrow [E] = \left[ \text{kg} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot \text{m} \right] \Rightarrow [E] = \left[ \text{kg} \cdot \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2} \right]$$

$$[E] = [\text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2}]$$

## EXERCITANDO HABILIDADES

### BLOCO 01

01 E

Resposta do ponto de vista da disciplina de Filosofia

Galileu era não só um sujeito capaz da mais convincente retórica, como também um sujeito capaz das afirmações mais difíceis. Perante

o forte discurso religioso – forte, porém inapropriado para a ciência –, Galileu cumpriu a delicada tarefa de afirmar uma ciência nova baseada puramente na matemática, distante da fé e de qualquer autoridade que não fosse a experiência.

“E talvez tenha ocorrido em Siena o efetivo pronunciamento do famoso *Eppur si muove*. Vejamos que história é essa. Segundo dois livros de meados do século XVIII, logo depois de abjurar, Galileu teria dito “E, no entanto, se move”, referindo-se ao movimento da Terra que acabara de renegar. Os estudiosos sempre acharam esse rompante impossível, ou porque não haveria testemunhas favoráveis para registrá-lo ou porque Galileu saberia das terríveis consequências de tal gesto, se fosse percebido por um inquisidor. Porém, o restauro em 1911 de um quadro espanhol de 1643, no qual aparece inscrita aquela frase, mostra que a história quase certamente já era divulgada com Galileu ainda vivo. E é bastante possível que ele tenha alta e jocosamente pronunciado tal afirmação numa das recepções de Piccolomini”.

P. R. Mariconda & J. Vasconcelos. *Galileu – e a nova Física*. In: Coleção Imortais da ciência. São Paulo: Odysseus Editora, 2006, p. 184.

### Resposta do ponto de vista da disciplina de História

Galileu e suas ideias desafiaram a Igreja Católica e seus dogmas na época do Renascimento, propondo uma observação do mundo baseada em caracteres matemáticos e astronômicos e não mais religiosos. A passagem da questão ressalta que, para ele, a *Bíblia* pode ser interpretada de diferentes maneiras e que, para a observação da natureza, ela não tem valor nenhum.

### BLOCO 02

01 D

Dentre as unidades mencionadas nas opções propostas, podem ser associadas às grandezas destacadas somente as citadas a seguir:

- **unidades de força:** newton (N) e quilograma-força (kgf);
- **unidades de potência:** watt (W), megawatt (MW) e horsepower (hp);
- **unidades de energia:** joule (J), quilojoule (kJ) e quilowatt-hora (kWh);

As demais unidades mencionadas, pascal (Pa) e atmosfera (atm), medem pressão.

## TAREFA DE CASA

### BLOCO 01

01 E

$$12,2 \text{ km/L} \cdot 55 \text{ L/tanque} = 671 \text{ km/tanque} = 6,71 \cdot 10^2 \text{ km/tanque} = 6,71 \cdot 10^2 \cdot 10^3 \text{ m/tanque} = 6,71 \cdot 10^5 \text{ m/tanque.}$$

$$\text{Sendo } 6,71 > 3,16 \text{ (ou } 6,71 > 5,5) \rightarrow \text{OG} = 10^{5+1} = 10^6$$

02 C

$$\text{Área da superfície da Terra} = 4 \pi R^2 = 4 \cdot 3,14 \cdot (6,4 \cdot 10^3)^2 \text{ km}^2 = 12,56 \cdot 40,96 \cdot 10^6 \text{ km}^2 = 514,5 \cdot 10^6 \text{ km}^2 = 5,145 \cdot 10^8 \text{ km}^2$$

$$\text{Área do buraco da camada de ozônio} = 5\% \cdot 5,145 \cdot 10^8 \text{ km}^2 = 5 \cdot 10^{-2} \cdot 5,145 \cdot 10^8 \text{ km}^2 = 25,7 \cdot 10^6 \text{ km}^2 = 2,6 \cdot 10^7 \text{ km}^2$$

03 A

$$1\,000 \text{ L} = 1 \text{ m}^3$$

$$575 \text{ L} \cdot 4 \text{ pessoas} \cdot 1\,000 \text{ casas} = 2\,300\,000 \text{ L} = 2,3 \cdot 10^3 \text{ m}^3$$

$$\text{OG} = 10^3$$

04 C

$$150 \text{ milhões} - 90 \text{ milhões} = 60 \text{ milhões}$$

$$60 \text{ milhões} = 60 \cdot 10^6 = 6 \cdot 10^7$$

$$\text{Sendo } 6 > 7, \text{ então } \text{OG} = 10^{7+1} = 10^8$$

**05 C**  
 $20 \text{ L/min} \cdot 24 \text{ h/dia} \cdot 60 \text{ min/h} = 28\,800 \text{ L/dia} = 2,88 \cdot 10^4 \text{ L/dia}$   
 $\rightarrow \text{OG} = 10^4$

**06 E**  
 Se em 8s é desmatado um campo de futebol ( $10^{-2}$  s), em um ano seria desmatado:  
 $8 \text{ s} \rightarrow 10^{-2}$   
 $32 \cdot 10^6 \text{ s} \rightarrow x$   
 $x = 4 \cdot 10^4 \text{ km}$ . O autor exagerou ao chamar a atenção, pois no período de um ano foram desmatados 20 000 km<sup>2</sup>, e não 40 000 km<sup>2</sup>, como foi calculado.

**07 B**  
 Primeiro devemos calcular o volume do tal cubo:  
 $V = 100 \cdot 100 \cdot 100 = 1\,000\,000 \text{ m}^3 = 10^6 \text{ m}^3$   
 $109 \text{ km}^3 = 1018 \text{ m}^3$

$$\frac{1}{8} \dots\dots\dots 10^6$$

$$x \dots\dots\dots 10^{18}$$

$$10^{18}/10^6 = 10^{12} \text{ peixes.}$$

**08 E**  
 Cada bacteriófago gera  $10^2$  vírus depois de 30 minutos. Depois de 30 minutos, os  $10^2$  vírus geram  $10^4$  vírus. Assim, sucessivamente, ao completar 2 horas, teremos  $10^8$  vírus. Portanto, um bacteriófago gera  $10^8$  vírus em 2 horas. Se são 1 000 bacteriófagos, teremos após 2 horas:  $1\,000 \cdot 10^8 \text{ vírus} = 10^3 \cdot 10^8 = 10^{11} \text{ vírus}$ .

**09 A**  
 Leitura do mês atual = 2354 kWh  
 Leitura do mês anterior = 1876 kWh  
 Consumo mensal =  $2354 - 1876 = 478 \text{ kWh} = 478 \cdot 10^3 \text{ W} \cdot 3600 \text{ s} = 17208 \cdot 10^5 = 1,7 \cdot 10^9 \text{ J/mês}$   
 Consumo desde a instalação do relógio =  $1,7 \cdot 10^9 \text{ J/mês} \cdot 8 \text{ meses} = 13,6 \cdot 10^9 \text{ J} = 1,36 \cdot 10^{10} \text{ J}$

**10 D**  
**Dimensões das grandezas envolvidas:**  
 Potência:  $[M \cdot L^2 \cdot T^{-3}]$   
 Temperatura:  $[\theta]$   
 Aceleração:  $[L \cdot T^{-2}]$   
 Comprimento:  $[L]$   
 Condutividade térmica:  $[M \cdot L \cdot T^{-3} \cdot \theta^{-1}]$   
 Então:  

$$[\gamma] = \frac{[\text{potência}]}{[\text{temperatura}]} \Rightarrow [\gamma] = \frac{[M \cdot L^2 \cdot T^{-3}]}{[\theta]} \Rightarrow [\gamma] = [M \cdot L^2 \cdot T^{-3} \theta^{-1}]$$
  
 Da expressão dada:  

$$\gamma = \frac{k \cdot a \cdot l^3}{v^2} \Rightarrow v^2 = \frac{k \cdot a \cdot l^3}{\gamma}$$
  
 Substituindo nessa última expressão as fórmulas dimensionais acima:  

$$v^2 = \frac{[M \cdot L \cdot T^{-3} \cdot \theta^{-1}] \cdot [L \cdot T^{-2}] \cdot [L^3]}{[M \cdot L^2 \cdot T^{-3} \cdot \theta^{-1}]} \Rightarrow v^2 = \frac{[M \cdot L^5 \cdot T^{-5} \cdot \theta^{-1}]}{[M \cdot L^2 \cdot T^{-3} \cdot \theta^{-1}]} \Rightarrow$$
  

$$v^2 = [L^3 \cdot T^{-2}] \Rightarrow v = [L^3 \cdot T^{-2}]^{\frac{1}{2}} \Rightarrow v = [L^{\frac{3}{2}}] \cdot [L \cdot T^{-1}]$$
  

$$[L^{\frac{3}{2}}] \rightarrow \text{raiz quadrada do comprimento}$$
  

$$[L \cdot T^{-1}] \rightarrow \text{velocidade}$$

**BLOCO 02**

**01 A**  
 Sendo a equação de Clapeyron dada por  $PV = nRT$ , temos:  
 $R = \frac{PV}{nT} \rightarrow [R] = \frac{N \cdot m^{-2} \cdot m^3}{\text{mol} \cdot K} \rightarrow [R] = N \cdot m^{-2} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot K^{-1} \cdot m^3$

**02 A**  
 O Sistema Internacional de Unidades (SI) adota o joule (J) para unidade de energia, em substituição à antiga unidade (caloria), que se referia mais especificamente ao calor, pois antigamente pensavam que o calor era um fluido que passava de um corpo para outro e não uma forma de energia (Teoria do Calórico).

**03 C**  
 Potência é a razão entre o trabalho realizado por uma força e o intervalo de tempo de realização.  
 Em termos matemáticos:  $P = \text{Tr}/\Delta t$   
 O trabalho por sua vez é o produto entre a força e o deslocamento:  
 $\text{Tr} = F \cdot d$   
 A força é o produto entre massa e aceleração:  $F = m \cdot a$   
 A aceleração é a razão entre velocidade e intervalo de tempo:  $a = v/\Delta t$   
 A velocidade é a razão entre deslocamento e tempo:  $v = d/\Delta t$   
 Então:  
 $P = \text{Tr}/\Delta t = (F \cdot d)/\Delta t = (m \cdot a \cdot d)/\Delta t = [m \cdot (v/\Delta t) \cdot d]/\Delta t =$   
 $= (m \cdot v \cdot d)/(\Delta t)^2 = [m \cdot (d/\Delta t) \cdot d]/(\Delta t)^2$   
 $P = m \cdot d^2/\Delta t^3$   
 Nas unidades SI:  $P \rightarrow \text{kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}^3$

**04 B**  
 Tomemos as unidades primitivas no SI das demais grandezas presentes na expressão dada:  
 $[\text{força}] = [\text{massa}] \cdot [\text{aceleração}] \Rightarrow [F] = [\text{kg}] \cdot [\text{m} \cdot \text{s}^{-2}]$   
 $[\text{área}] = [\text{comprimento}]^2 \Rightarrow [A] = [\text{m}^2]$   
 $[\text{velocidade}] = [\text{comprimento}/\text{tempo}] \Rightarrow [v] = [\text{m} \cdot \text{s}^{-1}]$   
 Isolando K:  
 $F_{\text{ar}} = K \cdot A \cdot v \Rightarrow K = \frac{F_{\text{ar}}}{A \cdot v} \Rightarrow K = F_{\text{ar}} \cdot A^{-1} \cdot v^{-1} \Rightarrow$   
 $[K] = [\text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2}] \cdot [\text{m}^2]^{-1} [\text{m} \cdot \text{s}^{-1}]^{-1} \Rightarrow$   
 $[K] = [\text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^1] \Rightarrow$   
 $[K] = [\text{kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}]$

**05 E**  
 $\alpha = Fr^2 = \text{mar}^2$   
 $U[\alpha] = \text{kg} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot \text{m}^2 = \text{kg} \cdot \text{m}^3/\text{s}^2$

- 06 B**
- Correta.**  $6 \text{ m}^2 = 6 (100 \text{ cm})^2 = 6 \cdot 10^4 \text{ cm}^2 = 60\,000 \text{ cm}^2$ .
  - Correta.**  $216 \text{ km/h} = \frac{216}{3,6} \text{ m/s} = 60 \text{ m/s}$ .
  - Errada.**  $3\,000 \text{ m}^3 = 3\,000 (1\,000 \text{ L}) = 3\,000\,000 \text{ L}$ .
  - Correta.**  $7\,200 \text{ s} = \frac{7\,200}{3\,600} \text{ h} = 2 \text{ h}$ .
  - Correta.**  $2,5 \cdot 10^5 \text{ g} = \frac{2,5 \cdot 10^5}{10^3} \text{ kg} = 2,5 \cdot 10^2 \text{ kg} = 250 \text{ kg}$

**07 B**  
 Há que se tomar cuidado, pois a opção (A) apresenta duas grandezas: **posição**, que é uma grandeza escalar, e **deslocamento**, que pode ser escalar ou vetorial. No entanto, há o respectivamente esclarecendo que a grandeza A é **vetorial** e a grandeza B é **escalar**. As opções (C) e (D) são prontamente descartadas, pois apresentam grandezas que são ambas vetoriais e ambas escalares, respectivamente.  
**Momento** de uma força é uma grandeza vetorial, e **trabalho** é uma grandeza escalar, tendo ambos a mesma unidade, resultando do produto de uma força por um comprimento (N.m), embora os significados físicos sejam totalmente diferentes.

**08 A**  
 Observando as unidades de medida de cada uma das grandezas, no SI:  
 $u(V) = u(C) \cdot u(r^2 - d^2)$   
 $\text{m/s} = u(C) \cdot \text{m}^2$   
 $u(C) = \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$

# TAREFA DE CASA

## BLOCO 03

01 D

Observe os seguintes conjuntos de vetores:  
i. CB e BA  
ii. CD, DE e EA

O vetor soma resultante de ambos os conjuntos são os mesmos:  
 $R_1 = CB + BA$   
 $R_2 = CD + DE + EA$

Como  $R_1 = R_2$   
 $CB + BA = CD + DE + EA$   
 $BA - CD = EA + DE - CB$

02 A

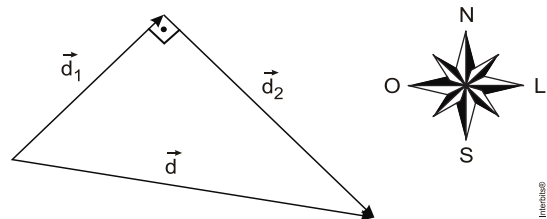
O deslocamento vetorial foi de 500 m, ou seja, 0,5 km. Tendo ocorrido em 30 min, ou seja, 0,5 h, a velocidade vetorial média é de 1 km/h. O espaço efetivamente percorrido foi de 200 m + 100 m + 100 m + 200 m + 100 m + 300 m = 1 000 m.

03 C

$$d = [(10 - 6 \cdot \sin 30^\circ)^2 + (6 \cdot \cos 30^\circ)^2]^{1/2} = [(10 - 6 \cdot 0,5)^2 + (6 \cdot \sqrt{3})^2]^{1/2} = 2\sqrt{19}$$

04 E

Dados:  $d_1 = 120$  km;  $d_2 = 160$  km;  $\Delta t = 1/4$  h.  
A figura ilustra os dois deslocamentos e o deslocamento resultante.



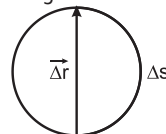
Aplicando Pitágoras:  
 $d^2 = d_1^2 + d_2^2 \Rightarrow d^2 = 120^2 + 160^2 = 14\,400 + 25\,600 = 40\,000 \Rightarrow d = \sqrt{40\,000} \Rightarrow d = 200$  km.

O módulo da velocidade vetorial média é:

$$|\vec{v}_m| = \frac{d}{\Delta t} = \frac{200}{\frac{1}{4}} \Rightarrow 200(4) \Rightarrow |\vec{v}_m| = 800 \text{ km/h}$$

05 C

A figura mostra os deslocamentos escalar e vetorial em meia volta.

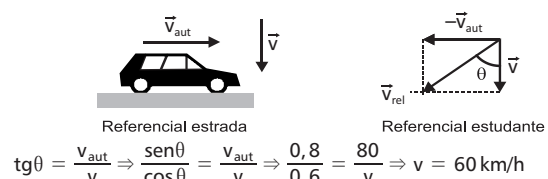


$$\Delta s = \pi R = 30 \text{ m} \rightarrow v_m = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{30}{10} = 3,0 \text{ m/s}$$

$$|\Delta r| = 2R = 20 \text{ m} \rightarrow |\vec{v}_m| = \frac{|\Delta r|}{\Delta t} = \frac{20}{10} = 2,0 \text{ m/s}$$

06 B

Dados:  $v_{\text{aut}} = 80$  km/h;  $\sin \theta = 0,8$  e  $\cos \theta = 0,6$ .  
A figura mostra o automóvel e as velocidades do automóvel ( $\vec{v}_{\text{aut}}$ ) e da chuva ( $\vec{v}$ ), para a pessoa parada na beira da estrada. O diagrama vetorial mostra a composição dessas velocidades para o estudante.



$$\text{tg} \theta = \frac{v_{\text{aut}}}{v} \Rightarrow \frac{\sin \theta}{\cos \theta} = \frac{v_{\text{aut}}}{v} \Rightarrow \frac{0,8}{0,6} = \frac{80}{v} \Rightarrow v = 60 \text{ km/h}$$

09 A

$$F = G m_1 m_2 / d^2$$

$$[F] = \text{MLT}^{-2}$$

$$[m_1] = [m_2] = M$$

$$[d] = L$$

$$\text{MLT}^{-2} = [G] M^2 / L^2$$

$$[G] = M^{-1} L^3 T^{-2}$$

$$u(G) = (\text{kg})^{-1} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{s}^{-2}$$

10 A

No novo sistema de unidades proposto, tem-se:

Tempo  $\rightarrow [T]$   
Massa  $\rightarrow [M]$   
Velocidade  $\rightarrow \left[ \frac{L}{T} \right]$

A altura de uma pessoa é uma medida de comprimento, dado em unidade de comprimento [L].

Logo,  
Altura = (tempo)  $\cdot$  (velocidade)

$$\text{Altura} = [T] \cdot \left[ \frac{L}{T} \right]$$

$$\text{Altura} = [L]$$

## SEÇÃO DESAFIO

01 E

- hora é h e não hrs.
- minutos é min minúsculo e não MIN.
- quilograma é kg minúsculo e não KG.
- a unidade do litro é l minúsculo e não ltrs.
- velocidade de km/h é minúsculo e não KM/H.
- 110 km em vez de 110Km.

Capítulo  
02

## Conhecimentos Básicos e Fundamentais

### Vetores

## EXERCÍCIOS DE APRENDIZAGEM

### BLOCO 03

01 C

Aplicando a lei dos cossenos:

$$a^2 = b^2 + c^2 - bc^2 \cdot \cos A$$

$$a^2 = 70^2 + 100^2 - 70 \cdot 100 \cdot 2 \cdot \cos 135^\circ \quad (\cos 135^\circ = -1,4/2 = -0,7)$$

$$a^2 = 4\,900 + 10\,000 - 14\,000 \cdot -0,7$$

$$a^2 = 14\,900 + 9\,800$$

$$a^2 = 24\,700$$

$$a = 24\,700^{1/2}$$

$$a = 157,16 \text{ km}$$

02 C

O módulo do vetor resultante da soma  $\vec{a} + \vec{b}$  é dado por:

$$R = \sqrt{a^2 + b^2}$$

$$R = \sqrt{(A \cdot v)^2 + (B \cdot v)^2} = \sqrt{A^2 v^2 + B^2 v^2} = (A^2 v^2 + B^2 v^2)^{1/2}$$

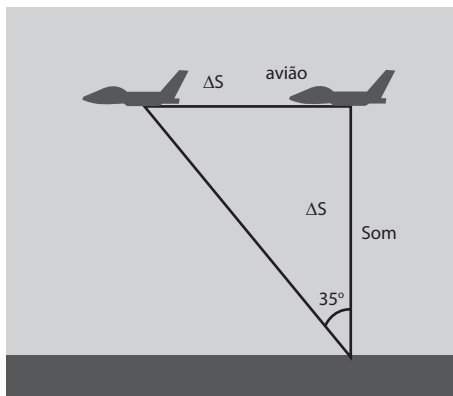
Análise dimensional:

$$R = \sqrt{\left(\text{kg} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2 + \left(\text{kg} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2} = \sqrt{\text{kg}^2 \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2} + \text{kg}^2 \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}} = \left(\text{kg}^2 \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}\right)^{1/2} =$$

$$= \text{kg} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}} = \text{N} \cdot \text{s}$$

07 c

Supondo que o avião voa horizontalmente, a figura mostra as suas posições nos instantes em que emite o som e é visto.



$$\begin{aligned} \text{tg}35^\circ &= \frac{\Delta s_{\text{avião}}}{\Delta s_{\text{som}}} = \frac{v_a \cdot t}{v_s \cdot t} = \frac{\text{sen}35^\circ}{\text{cos}35^\circ} & \frac{v_a}{340} &= \frac{\text{sen}35^\circ}{\text{cos}35^\circ} = \frac{0,57}{0,82} \\ v_a &= \frac{340 \cdot 0,57}{0,82} \approx 236 \text{ m/s} \end{aligned}$$

08 A

Para o que se segue, seja  $v$  o módulo da velocidade do avião no trecho AB.

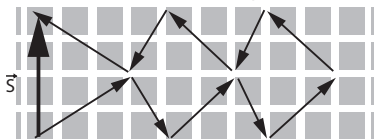
- A) **Correto:** a do avião em relação a C vale  $v$ , enquanto a da sombra em relação ao mesmo ponto vale  $v \cos 30^\circ = 0,866v$ .
- B) **Errado:** o avião se aproxima de sua sombra com velocidade vertical para baixo de módulo  $v \sin 30^\circ = v/2$ .
- C) **Errado:** considerando o exposto na justificativa da alternativa A.
- D) **Errado:** a velocidade do avião em relação à sombra tem módulo  $v/2$  e a desta em relação a C tem módulo igual a  $0,866v$ ; portanto, maior que aquela.
- E) **Errado:** essa velocidade, como já dito, tem módulo igual a  $0,866v$ ; assim, depende da velocidade do avião.

09 c

O módulo da velocidade muda sempre que a aceleração – ou uma componente da aceleração – tiver a mesma direção (não importando o sentido) da velocidade.

10 E

Somando todos os vetores pelo método da linha poligonal:



$$s = 4 \cdot 0,50 = 2,0 \text{ cm}$$

### SEÇÃO DESAFIO

01 E

- (I)  $\vec{F}_B + \vec{F}_E = \vec{F}_C$
- (II)  $\vec{F}_D + \vec{F}_A = \vec{F}_C$
- (III) Sendo  $\vec{R}$  a resultante das cinco forças, tem-se:  
 $\vec{R} = \vec{F}_C + \vec{F}_C + \vec{F}_C \Rightarrow \vec{R} = 3\vec{F}_C$   
 $|\vec{R}| = 3|\vec{F}_C| \Rightarrow |\vec{R}| = 3 \cdot 10 \text{ (N)}$   
 $|\vec{R}| = 30 \text{ N}$

Capítulo  
03

## O Movimento, o Equilíbrio e a Descoberta das Leis Físicas

### Cinemática Escalar

## EXERCÍCIOS DE APRENDIZAGEM

### BLOCO 04

01 B

$$v = 45 \text{ km}/0,5 \text{ h} = 90 \text{ km/h}$$

02 B

$$\begin{aligned} 21 \text{ andares} &\text{ — } 36 \text{ s} \\ 2(x+1) &\text{ — } 39,6 \text{ s} \end{aligned}$$

Logo,  $x = 11$

03 C

Em movimentos de sentidos opostos, o módulo da velocidade relativa é igual à soma dos módulos das velocidades.

$$|v_{\text{rel}}| = |v_1| + |v_2| = 360 + 360 = 720 \text{ km/h} = \frac{720}{3,6} \text{ m/s} \Rightarrow$$

$$|v_r| = 200 \text{ m/s}$$

04 B

Usando a expressão da velocidade escalar média:  $v_{\text{média}} = \frac{\Delta s}{\Delta t}$

Substituindo com os dados fornecidos de distância e tempo e fazendo a transformação de unidades, temos:

$$v_{\text{média}} = \frac{700 \text{ m}}{16 \text{ min}} \cdot \frac{1 \text{ km}}{1000 \text{ m}} \cdot \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} = 2,625 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

### BLOCO 05

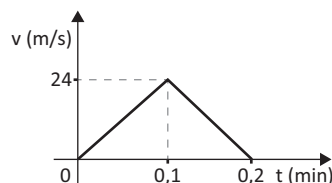
01 A

Considerando desprezível a resistência do ar, a bola desce em queda livre até que, num determinado instante, ela para abruptamente. Assim, a velocidade escalar aumenta linearmente com o tempo, anulando-se instantaneamente, enquanto que a aceleração escalar é constante, até se anular, também, instantaneamente, como mostram os gráficos da alternativa [A].

02

A)  $0,1 \text{ min} = 6 \text{ s}$   
 "área" =  $v_6 - v_0 \Rightarrow 6 \cdot 4 = v_6 - v_0 \Rightarrow v_6 = 24 \text{ m/s}$

B)  $0,2 \text{ min} = 12 \text{ s}$   
 "área" =  $v_{12} - v_6 \Rightarrow 6 \cdot (-4) = v_{12} - 24 \Rightarrow v_{12} = 0$



03 A)

Como a velocidade escalar instantânea foi positiva durante todo o intervalo de tempo considerado, concluímos que a distância percorrida ( $d$ ) é igual à variação de espaço ( $\Delta s$ ), que é dada pela "área" entre o gráfico e o eixo dos tempos ("área" de um trapézio). Assim:

$$d = \text{"área"} = \frac{(30 + 10)}{2} \cdot 5 \Rightarrow d = 100 \text{ m}$$

B) Aplicando a fórmula da velocidade escalar média, temos:

$$v_m = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{100}{5} \Rightarrow v_m = 20 \text{ m/s}$$

No que  $v_m$  é a média aritmética entre as velocidades nos instantes 0 e 5 s:

$$v_m = \frac{v_0 + v_5}{2} = \frac{10 + 30}{2} \Rightarrow v_m = 20 \text{ m/s}$$

04 A) A velocidade inicial é lida diretamente no gráfico:

$$v_0 = -60 \text{ m/s}$$

Devemos calcular a aceleração escalar (que é constante) usando, por exemplo, o intervalo de 0 a 6 s:

$$\text{Em } t_0 = 0: v_0 = -60 \text{ m/s};$$

$$\text{Em } t = 6 \text{ s}: v = 0.$$

Então:

$$\alpha = \frac{v - v_0}{t - t_0} = \frac{0 - (-60)}{6 - 0} \Rightarrow \alpha = 10 \text{ m/s}^2$$

Assim:

$$v = v_0 + \alpha t \Rightarrow v = -60 + 10t \text{ (SI)}$$

B) No intervalo de tempo dado por  $0 \leq t < 6$  s, o corpo moveu-se em sentido oposto ao da trajetória, pois sua velocidade escalar foi negativa (movimento retrógrado). Entretanto, no intervalo dado por  $6 \text{ s} < t \leq 12$  s, o movimento deu-se no mesmo sentido da trajetória, pois a velocidade escalar foi positiva (movimento progressivo). Observe que  $t = 6$  s é o instante em que o corpo para e inverte o sentido do movimento.

C) No intervalo dado por  $0 \leq t < 6$  s, o movimento foi retardado, porque o módulo da velocidade escalar instantânea diminuiu com o tempo, ou porque a velocidade escalar e a aceleração escalar tiveram sinais contrários (velocidade negativa e aceleração positiva). Já no intervalo dado por  $6 \text{ s} < t \leq 12$  s, o movimento foi acelerado, porque o módulo da velocidade escalar instantânea cresceu com o tempo, ou porque a velocidade escalar e a aceleração escalar tiveram sinais iguais (ambas foram positivas).

## BLOCO 06

01 E

Em 1 s devem ser colocadas 5 tampas, devendo, então, passar 5 garrafas. Como os centros de duas garrafas consecutivas é 10 cm, a velocidade da esteira deve ser 50 cm/s, em movimento uniforme.

02 C

Velocidade média do atleta com a ajuda do vento:

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{100 \text{ m}}{9,9 \text{ s}}$$

$$v \approx 10,1 \text{ m/s}$$

## BLOCO 07

01 C

Sendo a mesma rampa nas duas situações, a aceleração escalar (a) e o deslocamento ( $\Delta s$ ) também são iguais nas duas situações.

Dados:  $v_1 = 2 \text{ m/s}$ ;  $v_{01} = 0$ ;  $v_{02} = 1,5 \text{ m/s}$

$$\left\{ \begin{array}{l} v_1^2 = 2a \Delta s \Rightarrow 2^2 = 2a \Delta s \Rightarrow 2a \Delta s = 4 \\ v_2^2 = v_{02}^2 + 2a \Delta s \end{array} \right\} \Rightarrow v_2^2 = 1,5^2 + 4 \Rightarrow$$

$$v_2^2 = 6,25 \Rightarrow v_2 = 2,5 \text{ m/s}$$

02 E

Da Equação de Torricelli:

$$v^2 = v_0^2 - 2a \Delta s \Rightarrow v^2 = 30^2 - 2 \cdot 5 \cdot 50 \Rightarrow v^2 = 400 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow v = 20 \text{ m/s} \Rightarrow v = 72 \text{ km/h}$$

03 E

Dados:  $v_1 = 72 \text{ km/h} = 20 \text{ m/s}$ ;  $\Delta t = 5 \text{ s}$ ;  $d = 2,1 \text{ km} = 2100 \text{ m}$

O carro desloca-se em movimento uniforme. Para percorrer 2,1 km ou 2100 m ele leva um tempo t:

$$d = v_1 t \Rightarrow 2100 = 20 t \Rightarrow t = 105 \text{ s}.$$

Para a viatura, o movimento é uniformemente variado com  $v_0 = 0$ . Sendo  $v_2$  sua velocidade final, temos:

$$d = \frac{v_0 + v_2}{2}(t - \Delta t) \Rightarrow 2100 = \frac{v_2(105 - 5)}{2} \Rightarrow v_2 = \frac{2100(2)}{100} \Rightarrow$$

$$v_2 = 42 \text{ m/s}$$

04 B

Supondo essas acelerações constantes, aplicando a Equação de Torricelli para o movimento uniformemente retardado, vem:

$$v^2 = v_0^2 - 2a \Delta s \Rightarrow 0^2 = v_0^2 - 2a \Delta s \Rightarrow$$

$$a = \frac{v_0^2}{2\Delta s} \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} a_1 = \frac{20^2}{2 \cdot 400} \Rightarrow a_1 = 0,5 \text{ m/s}^2 \\ a_2 = \frac{20^2}{2 \cdot 250} \Rightarrow a_1 = 0,8 \text{ m/s}^2 \end{array} \right\} \Rightarrow |a_1 - a_2| = |0,5 - 0,8| \Rightarrow$$

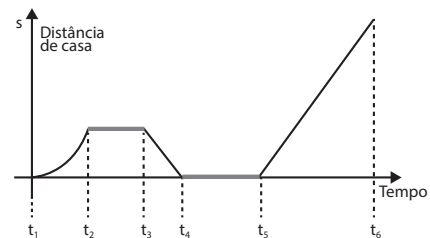
$$|a_1 - a_2| = 0,3 \text{ m/s}^2.$$

## EXERCITANDO HABILIDADES

### BLOCO 03

01 B

Destacaremos as principais características do movimento descrito pelo gráfico abaixo, nos intervalos de tempo destacados.



- Intervalo entre  $t_1$  e  $t_2$ : movimento **progressivo** (s crescente) **acelerado** ( $\theta$  crescente).
- Intervalo entre  $t_2$  e  $t_3$ : **repouso** (s constante).
- Intervalo entre  $t_3$  e  $t_4$ : movimento **retrógrado** (s decrescente) **uniforme** ( $\theta$  constante).
- Intervalo entre  $t_4$  e  $t_5$ : **repouso** (s constante).
- Intervalo entre  $t_5$  e  $t_6$ : movimento **progressivo** (s crescente) **uniforme** ( $\theta$  constante).

De acordo com as características do movimento, em cada intervalo, a história que melhor se adequa ao gráfico é a contada na opção B.

### BLOCO 04

01 E

Tempo de Reação (MU):

$$v = 108 \text{ km/h} = 30 \text{ m/s}$$

$$t = 0,8 \text{ s}$$

$$v = \Delta s / \Delta t \Rightarrow \Delta s = v \cdot \Delta t = 30 \cdot 0,8 = 24 \text{ m}$$

Tempo de Frenagem (MUV):

$$v_0 = 108 \text{ km/h} = 30 \text{ m/s}$$

$$a = -6 \text{ m/s}^2$$

$$v = 0$$

$$v^2 = v_0^2 + 2 \cdot a \cdot \Delta s \Rightarrow 0^2 = 30^2 + 2 \cdot (-6) \cdot \Delta s \Rightarrow 12 \cdot \Delta s = 900 \Rightarrow \Delta s = 75 \text{ m}$$

$$\Delta s_{\text{total}} = 24 \text{ m} + 75 \text{ m} = 99 \text{ m}$$

## TAREFA DE CASA

### BLOCO 04

01 C

Calculando o módulo da aceleração escalar em cada caso:

$$|a| = \frac{|\Delta v|}{\Delta t} \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} |a_1| = 0 \text{ (v constante)} \\ |a_2| = \frac{|40 - 20|}{10} = 2 \text{ m/s}^2 \\ |a_3| = \frac{|0 - 10|}{2} = 5 \text{ m/s}^2 \\ |a_4| = \frac{|0 - 40|}{10} = 4 \text{ m/s}^2 \end{array} \right\} \Rightarrow |a_{\text{máx}}| = 5 \text{ m/s}^2$$

02 A

$$a_m = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{20 - 0}{10} \Rightarrow a_m = 2 \text{ m/s}^2$$

03 B

A velocidade escalar média é dada pela razão entre a distância percorrida e o tempo gasto no percurso.

$$v_m = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

Então para os homens:

$$v_m = \frac{12 \text{ km}}{90 \text{ min}} \cdot \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} = 8 \text{ km/h}$$

E para as mulheres:

$$v_m = \frac{10 \text{ km}}{90 \text{ min}} \cdot \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} = 6,7 \text{ km/h}$$

04 D

A distância em que o avião se encontra do refletor no instante em que o vigia escuta o seu som é dado pelo tempo que a onda sonora chega a ele descontando a distância percorrida pelo avião no mesmo tempo que a onda leva para chegar ao seu destino.

Distância percorrida pelo som ( $d_s$ ) até o observador no momento inicial  $t = 0$  s.

$$d_s = v_s \cdot t \quad (1)$$

Onde:

$v_s$  = velocidade do som no ar (340 m/s) e  $t$  tempo para a onda sonora chegar ao observador.

E a distância que o avião percorre enquanto a onda sonora se desloca até o observador é dada por equação semelhante:

$$d_a = v_a \cdot t \quad (2)$$

Onde:

$d_a$  = distância percorrida pelo avião no tempo  $t$ ,

$v_a$  = velocidade do avião (m/s)

$$\text{Sendo, } v_a = 540 \frac{\text{km}}{\text{h}} \cdot \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}} \cdot \frac{1000 \text{ m}}{1 \text{ km}} = 150 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Fazendo a diferença das equações (1) e (2) temos a distância do observador  $d_o$  ao avião no momento em que ele escuta o som.

$$d_o = (v_s - v_a) \cdot t$$

05 E

[I] **Incorreta.** No horário de *rush*, o tempo de deslocamento de carro de A até B é **igual** ao tempo de deslocamento por metrô em 1 hora.

$$t_{\text{carro}} = \frac{\Delta s_{\text{carro}}}{v_{\text{rush}}} = \frac{12}{12} \Rightarrow \Delta t_{\text{carro}} = 1 \text{ h}$$

[II] **Correta.**

$$\left\{ \begin{array}{l} \Delta t_{\text{carro}} = \frac{\Delta s_{\text{carro}}}{v_{\text{rush}}} = \frac{12}{12} \Rightarrow \Delta t_{\text{carro}} = 1 \text{ h} \\ \Delta t_{\text{metrô}} = \frac{\Delta s_{\text{metrô}}}{v_{\text{metrô}}} = \frac{20}{60} \Rightarrow \Delta t_{\text{metrô}} = \frac{1}{3} \text{ h} \end{array} \right\} \Rightarrow \Delta t_{\text{metrô}} = \frac{1}{3} \Delta t_{\text{carro}}$$

[III] **Correta.**

$$\left\{ \begin{array}{l} \Delta t_{\text{carro}} = \frac{\Delta s_{\text{carro}}}{v_{\text{rush}}} = \frac{12}{42} \Rightarrow \Delta t_{\text{carro}} = \frac{2}{7} \text{ h} = 0,29 \text{ h} \\ \Delta t_{\text{metrô}} = \frac{\Delta s_{\text{metrô}}}{v_{\text{metrô}}} = \frac{20}{60} \Rightarrow \Delta t_{\text{metrô}} = \frac{1}{3} \text{ h} = 0,33 \text{ h} \end{array} \right\} \Rightarrow \Delta t_{\text{carro}} < \Delta t_{\text{metrô}}$$

[IV] **Correta.**

$$\left\{ \begin{array}{l} \Delta t_{\text{carro}} = \frac{\Delta s_{\text{carro}}}{v_{\text{rush}}} = \frac{12}{42} \Rightarrow \Delta t_{\text{carro}} = \frac{2}{7} \text{ h} \\ \Delta t_{\text{metrô}} = \frac{\Delta s_{\text{metrô}}}{v_{\text{metrô}}} = \frac{20}{70} \Rightarrow \Delta t_{\text{metrô}} = \frac{2}{7} \text{ h} \end{array} \right\} \Rightarrow \Delta t_{\text{carro}} = \Delta t_{\text{metrô}}$$

06 E

A velocidade do projétil em relação ao piloto era nula, porque seus movimentos tinham mesmo sentido, com velocidades de mesmo módulo.

07 A

Da definição de velocidade escalar média:

$$v_m = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{15(2,4)}{0,5} = \frac{36}{0,5} \Rightarrow v_m = 72 \text{ km/h}$$

08 D

$$\text{Percurso total} \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} D = 90 \text{ km} \\ \Delta t = 1 \text{ e } 30 \text{ min} = 1,5 \text{ h} = \frac{3}{2} \text{ h} \end{array} \right.$$

$$\text{Primeiro trecho} \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} d_1 = \frac{1}{3} D = \frac{90}{3} = 30 \text{ km} \\ v_1 = 45 \text{ km/h} \end{array} \right\} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \Delta t_1 = \frac{d_1}{v_1} = \frac{30}{45} \Rightarrow \Delta t_1 = \frac{2}{3} \text{ h}$$

$$\text{Segundo trecho} \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} d_2 = D - d_1 = 90 - 30 \Rightarrow d_2 = 60 \text{ km} \\ \Delta t_2 = \Delta t - \Delta t_1 = \frac{3}{2} - \frac{2}{3} \Rightarrow \Delta t_2 = \frac{5}{6} \text{ h} \end{array} \right\} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow v_2 = \frac{d_2}{\Delta t_2} = \frac{60}{\frac{5}{6}} \Rightarrow v_2 = 72 \text{ km/h}$$

09 C

Foi dado pelo enunciado que a distância percorrida ( $\Delta s$ ) foi 1030 metros e a duração do movimento ( $\Delta t$ ) foi de 25 segundos. Logo,

$$v_m = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{1030}{25} \Rightarrow v_m = 41,2 \text{ m/s}$$

10 B

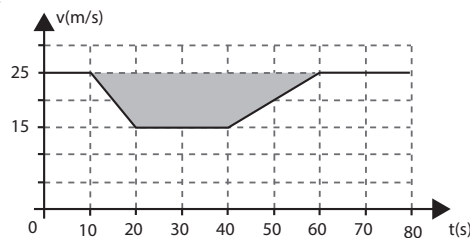
Da definição de velocidade média:

$$v_m = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{500}{2} \Rightarrow v_m = 250 \text{ km/h}$$

## BLOCO 05

01 E

A distância ( $D$ ) pedida é numericamente igual à área hachurada no gráfico.



$$D = \frac{50 + 20}{2} \cdot 10 \Rightarrow D = 350 \text{ m}$$

02 D

Tomando como unidade ( $u$ ) o lado de cada quadrículo, e usando a propriedade do gráfico da velocidade  $\times$  tempo, as áreas dos trapézios fornecem as distâncias percorridas por Encantado ( $d_E$ ) e Brancadeneve ( $d_B$ ):

$$\left\{ \begin{array}{l} d_E = \frac{5 + 1}{2} \times 4 \Rightarrow d_E = 12 \text{ u.} \\ d_B = \frac{6 + 4}{2} \times 3 \Rightarrow d_B = 15 \text{ u.} \end{array} \right\} \Rightarrow d_B > d_E$$

03 A

- Onde o gráfico da posição em função do tempo é um segmento de reta inclinada, o movimento é uniforme e a velocidade escalar é constante e não nula. O sinal da velocidade escalar é dado pela declividade no gráfico do espaço, sendo positiva para função crescente e negativa para função decrescente.
- Onde o gráfico da posição em função do tempo é um segmento de reta horizontal, trata-se de repouso e a velocidade é nula.
- Onde o gráfico da posição em função do tempo é um arco de parábola, o movimento é uniformemente variado e a velocidade varia linearmente com o tempo.

Com esses argumentos, analisemos os três gráficos da posição.

**Gráfico 1:** Até o 1º intervalo, o gráfico é um segmento de reta decrescente, sendo a velocidade constante e negativa. No 2º intervalo, é um arco de parábola de declividade decrescente que se liga a um segmento de reta horizontal, indicando que o módulo da velocidade decresce até se anular, levando-nos ao gráfico (c).

**Gráfico 2:** Até o 1º intervalo, o gráfico é um segmento de parábola crescente, cuja declividade está diminuindo até se ligar a um segmento de reta, também crescente, no 2º intervalo, indicando que a

velocidade é sempre positiva, decrescente no 1º intervalo e constante no 2º intervalo, levando-nos ao gráfico (d).

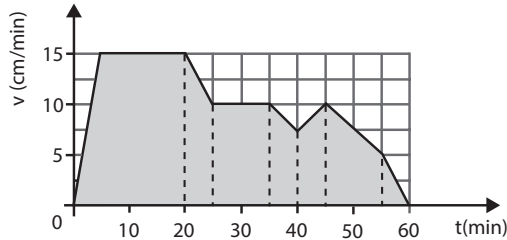
**Gráfico 3:** Até o 1º intervalo, o gráfico é um segmento de reta crescente, sendo a velocidade constante e positiva. No 2º intervalo é um arco de parábola crescente, diminuindo a declividade até o vértice, indicando que a velocidade decresce até se anular. A partir daí, a função torna-se decrescente, aumentando a declividade, indicando que a velocidade torna-se negativa, aumentando em módulo. Essas conclusões levam-nos ao gráfico (b).

**04 E**

1. **Incorreta.** Não podemos afirmar sobre o movimento nos primeiros 3 km, pois só temos informações pontuais.

**05 B**

Para calcular o deslocamento do jipe-robô, usamos a propriedade do gráfico  $v \times t$ , calculando a "área" destacada no gráfico abaixo.



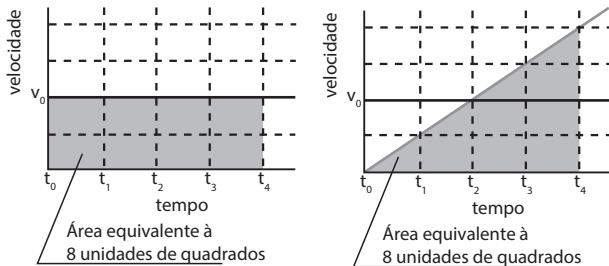
$$\Delta s = \frac{20 + 15}{2} \cdot 15 + \frac{15 + 10}{2} \cdot 5 + 10 \cdot 10 + 2 \cdot \frac{10 + 7,5}{2} \cdot 5 + \frac{10 + 5}{2} \cdot 10 + \frac{5 \cdot 5}{2} \Rightarrow$$

$$\Delta s = 262,5 + 62,5 + 100 + 87,5 + 75 + 12,5 = 600 \text{ cm} \Rightarrow s = 6 \text{ m.}$$

**06 D**

Considerando que os carros B e P iniciem seus movimentos no mesmo espaço e no mesmo instante  $t_0$  (instante em que o carro B passa pelos policiais e a perseguição se inicia), eles irão se encontrar novamente quando percorrerem o mesmo deslocamento no mesmo intervalo de tempo, ou seja:  $\Delta s_B = \Delta s_P$  e  $\Delta t_B = \Delta t_P$ .

Conseqüiremos encontrar o deslocamento de cada carro através da área do gráfico, já que o gráfico dado é de velocidade em função do tempo. Analisando o gráfico dado, concluímos que as áreas serão iguais em  $t_4$ :



**07 E**

Analisando cada uma das afirmativas:

I. **Falsa.** O espaço percorrido pelo piloto de 0 a 8 segundos é dado pela "área" do triângulo abaixo da linha do gráfico, correspondente a esse intervalo de tempo.

$$\Delta s_{0,8} = \frac{8 \times 80}{2} = 320 \text{ m. Como a volta tem 400 m, ele ainda não completou uma volta.}$$

II. **Verdadeira.** Fazendo a "área" de 0 a 9 segundos:

$$\Delta s_{0,9} = \frac{9 + 1}{2} \cdot 80 = 400 \text{ m. O piloto completou uma volta.}$$

III. **Verdadeira.** Entre 8 s e 10 s o movimento é retilíneo e uniforme, portanto, a resultante das forças atuantes sobre o piloto é nula.

IV. **Verdadeira.** Calculando o módulo da desaceleração no intervalo de 10 s a 12 s:

$$a = \frac{|\Delta v|}{\Delta t} = \frac{|20 - 80|}{12 - 10} = \frac{60}{2} \Rightarrow |a| = 30 \text{ m/s}^2.$$

Sendo  $M$  a massa do piloto, a intensidade da resultante na direção do movimento é:

$$R = m |a| \Rightarrow R = M (30).$$

O peso do piloto é:

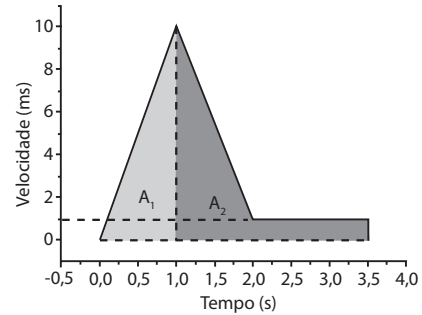
$$P = M g \Rightarrow P = M (10).$$

Fazendo a razão entre essas forças:

$$\frac{R}{P} = \frac{M(30)}{M(10)} \Rightarrow R = 3 P.$$

**08 c**

Pela leitura do gráfico, conclui-se que o objeto atinge a superfície do lago no instante  $t = 1$  s, com velocidade de 10 m/s, pois a partir desse instante sua velocidade começa a diminuir, chegando ao fundo do lago no instante  $t = 3,5$  s, quando a velocidade se anula. A profundidade do lago ( $h_2$ ) pode ser calculada pela "área" ( $A_2$ ) da figura abaixo da linha do gráfico entre  $t = 1$  s a  $t = 3,5$  s.



$$h_2 = "A_2" = \frac{1 \times 9}{2} + (3,5 - 1) \times 1 = 4,5 + 2,5 \Rightarrow h_2 = 7 \text{ m.}$$

**09 D**

Pelo gráfico, percebe-se que o motorista imprudente é o condutor do veículo A, que recebe acelerações e desacelerações mais bruscas.

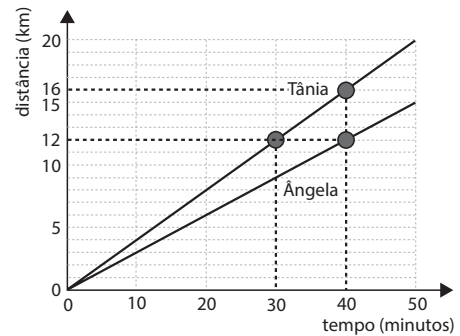
$$\text{De } 10 \text{ s a } 20 \text{ s: } |a_{(10)}| = \frac{30 - 10}{20 - 10} = \frac{20}{10} \Rightarrow |a_{(10)}| = 2,0 \text{ m/s}^2.$$

$$\text{De } 30 \text{ s a } 40 \text{ s: } a_{(30)} = \left| \frac{0 - 30}{40 - 30} \right| = \left| \frac{-30}{10} \right| \Rightarrow a_{(30)} = 3,0 \text{ m/s}^2.$$

**10 c**

Analisando o gráfico:

No instante  $t = 30$  min, Tânia está passando pelo km 12, onde fica a igreja. Ângela passa por esse marco no instante  $t = 40$  min, isto é, 10 min após o telefonema. No instante  $t = 40$  min, Tânia está no km 16, ou seja, 4 km à frente de Ângela.



## SEÇÃO DESAFIO

**01 A**

Nos intervalos de tempo em que a velocidade escalar é constante (1 s a 2 s; 3 s a 4 s e 5 s a 6 s) a aceleração escalar é nula. Nos intervalos 0 a 1 s; 2 s a 3 s; 4 s a 5 s e 6 s a 7 s, a velocidade varia linearmente com o tempo, sendo, então, a aceleração escalar constante.

Podemos, então, fazer  $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$ . Assim:

$$\text{De } 0 \text{ a } 1 \text{ s: } a = \frac{1 - 0}{1 - 0} = 1 \text{ m/s}^2;$$

$$\text{De } 2 \text{ s a } 3 \text{ s: } a = \frac{4 - 1}{3 - 2} = 3 \text{ m/s}^2;$$

$$\text{De } 4 \text{ s a } 5 \text{ s: } a = \frac{-1 - 4}{5 - 4} = -5 \text{ m/s}^2;$$

$$\text{De } 6 \text{ s a } 7 \text{ s: } a = \frac{0 - (-1)}{7 - 6} = 1 \text{ m/s}^2.$$

**BLOCO 06**

**01 c**

Como o comboio partirá do ponto B, às 8h, com uma velocidade constante igual a 40 km/h, e percorrerá uma distância de 60 km para atingir o ponto A, temos:

• tempo de viagem do comboio:  $v = \frac{\Delta s}{\Delta t} \rightarrow 40 = \frac{60}{\Delta t} \rightarrow \Delta t = 1,5h$

$t = 8 + 1,5 = 9,5 \rightarrow t = 9h30min$

Conclusão: o comboio chega ao ponto A às 9h30min.

Como o avião partirá de um ponto C, com velocidade constante igual a 400 km/h e percorrerá uma distância de 300 km até atingir o ponto A, temos:

• tempo de viagem do avião:

$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} \rightarrow 400 = \frac{300}{\Delta t} \rightarrow \Delta t = 0,75h \rightarrow \Delta t = 45min$

Para conseguir interceptar o comboio no ponto A, o avião deverá chegar ao ponto juntamente com o comboio, às 9h30min, ou seja:

$9h30min - 45min = 8h45min$

Conclusão: o avião deverá sair do ponto C às 8h45min, para chegar junto com o comboio no ponto A, às 9h30min.

**02 D**

O tempo deve ser o mesmo para o som e para o sinal elétrico.

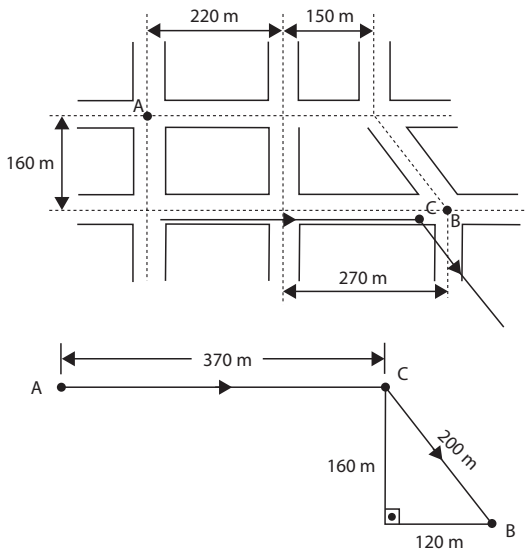
$\Delta t_{\text{sinal}} = \Delta t_{\text{som}} \Rightarrow \frac{L_{\text{cabo}}}{v_{\text{sinal}}} = \frac{d}{v_{\text{som}}} \Rightarrow$

$\Rightarrow \frac{L_{\text{cabo}}}{2,6 \times 10^8} = \frac{680}{340} \Rightarrow L_{\text{cabo}} = 2(2,6 \times 10^8) \Rightarrow$

$\Rightarrow L_{\text{cabo}} = 5,2 \times 10^8 m = 5,2 \times 10^5 km$

**03 c**

Sendo a velocidade constante, em módulo, o menor tempo é aquele em que o caminho é o mais curto (ACB), mostrado na figura.



Para calcular a distância  $D_{CB}$ , aplicamos Pitágoras:

$D_{CB}^2 = 120^2 + 160^2 = 14\,400 + 25\,600 = 40\,000 \Rightarrow D_{CB} = \sqrt{40\,000} \Rightarrow$

$D_{CB} = 200 m$

Calculando a distância ACB:

$D_{ACB} = 370 + 200 = 570 m$

Então o tempo mínimo é:

$t = \frac{D_{ACB}}{v} = \frac{570}{1,5} \Rightarrow t = 380 s$

**04 B**

Convertendo a velocidade para unidades SI:

$v_M = 54/3,6 = 15 m/s$

Sendo o tempo de reação igual a (4/5) s, temos:

$d_R = 15 \cdot \frac{4}{5} = 3 \times 4$

$d_R = 12 m$

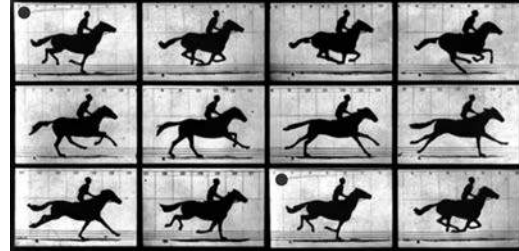
**05 c**

Dados:  $v = 27\,000 km/h; \Delta t = 90 min = 1,5h$

$\Delta s = v \cdot \Delta t = 27\,000 \cdot 1,5 \Rightarrow \Delta s = 40\,500 km$

**06 B**

Observe que as fotos assinaladas são iguais.



Adaptado de: Eadweard Muybridge. Galloping Horse, 1878.

Disponível em: <<http://masters-of-photography.com>>.

Acesso em: 20 out. 2010.

Entre a primeira e a última foram tiradas 10 fotos (cuidado: a primeira não conta. Ela é o referencial)

$f = \frac{n}{\Delta t} \Rightarrow 0,5 = \frac{1}{\Delta t} \rightarrow \Delta t = 2,0 s$

$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{15}{2} = 7,5 m/s$

**07 c**

O tempo que a luz leva para atingir nossos olhos é desprezível, comparado ao tempo que o som leva para atingir nossos ouvidos. Então:

$D = v_{\text{som}} \Delta t = 340 (3) \Rightarrow D = 1\,020 m$

**08 c**

Uma carroça pode se locomover como uma pessoa andando, 3 km/h ou 4 km/h. Neste caso 10 km são percorridos em menos de 4 horas e não em uma semana.

Um carro pode se locomover a 60 km/h ou mais. A 60 km/h a distância de 10 km é realizada em 10 minutos e não em um dia.

Uma caminhada a 4 km/h precisa de 2 horas e meia para 10 km. E desta forma o diagrama é compatível com esta situação.

Para uma bicicleta realizar 10 km em 2,5 minutos sua velocidade deveria ser de 4 km/min = 240 km/h. Fórmula 1 tudo bem, bicicleta não. 10 km em 2,5 segundos corresponde a 4 km/s = 14 400 km/h. Um avião comercial viaja próximo de 1 000 km/h.

**09 c**

Com a distância de 17 m no ar o som percorre, ida e volta, 34 m. Na

velocidade de 340 m/s, o som precisa de  $\frac{34}{340} = 0,1 s$  para ir e voltar. Este é o intervalo de tempo que permite ao cérebro distinguir o som de ida (emitido) e o som de volta (eco).

Para a água com velocidade 1 600 m/s, a distância total percorrida será de  $1600 \cdot 0,1 = 160 m$ . Como esta distância é de ida e volta, a

peessoa deverá estar do anteparo  $\frac{160}{2} = 80 m$ .

**10 A**

$v = d / t$

$36 km/h = (100 m + 200 m + 20 m) / t$

$10 m/s = 320 m / t$

$t = 32 s$

**SEÇÃO DESAFIO**

**01 E**

$v = d / t$

$3 \cdot 10^5 km/s = 150 \text{ milhões de quilômetros} / t$

$3 \cdot 10^5 km/s = 150 \cdot 10^6 km / t$

$t = 50 \cdot 10 s$

$t = 500 s = 8 min$

**BLOCO 07**

**01 A**

A velocidade inicial de frenagem é igual a  $54 \text{ km/h} = 15 \text{ m/s}$ ;  
 $a = -7,5 \text{ m/s}^2$ ;  $d_R = 12 \text{ m}$ ;  $d_F = 15 \text{ m}$ ;  $d_T = 27 \text{ m}$ .  
 Refazendo os cálculos para a velocidade inicial de frenagem igual a  $108 \text{ km/h}$ :

I. Convertendo a velocidade para unidades SI:

$$V_M = 108/3,6 = 30 \text{ m/s}$$

Sendo o tempo de reação igual a  $(4/5) \text{ s}$  temos:

$$d_{R2} = 30 \cdot \frac{4}{5} = 6 \cdot 4$$

$$d_{R2} = 24 \text{ m}$$

$$\therefore d_{R2} = 2d_R \text{ (Verdadeiro)}$$

II. Utilizando a Equação de Torricelli, temos:

$$v^2 = v_0^2 + 2\Delta s$$

$$0^2 = 30^2 + 2(-7,5)d_{F2}$$

$$15d_{F2} = 900$$

$$d_{F2} = 60 \text{ m}$$

$$\therefore d_{F2} = 4d_F \text{ (Falso)}$$

III. A distância total  $d_R$  percorrida no primeiro caso:

$$d_T = d_R + d_F$$

$$d_T = 12 + 15$$

$$d_T = 27 \text{ m}$$

A distância total  $d_{R2}$  percorrida no primeiro caso:

$$d_{T2} = d_{R2} + d_{F2}$$

$$d_{T2} = 24 + 60$$

$$d_{T2} = 84 \text{ m (Falso)}$$

**02 C**

Utilizando a Equação de Torricelli, temos:

$$v^2 = v_0^2 + 2a\Delta s$$

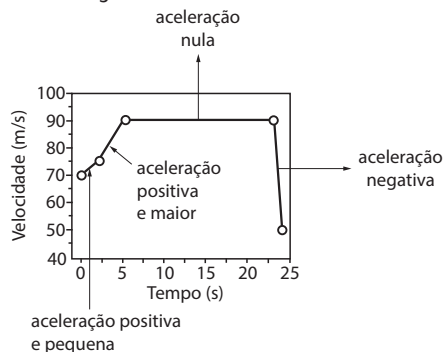
$$0^2 = 15^2 + 2(-7,5)d_F$$

$$15d_F = 15^2$$

$$d_F = 15 \text{ m}$$

**03 D**

Observe o gráfico abaixo:



**04 D**

Dados:  $v_0 = 54 \text{ km/h} = 15 \text{ m/s}$ ;  $\Delta s = 63 \text{ m}$ ;  $t = 3 \text{ s}$ .

Calculando a aceleração escalar:

$$\Delta s = v_0 t + \frac{a}{2} t^2 \Rightarrow 63 = 15(3) + \frac{a}{2}(3)^2 \Rightarrow 18 = \frac{9}{2}a \Rightarrow a = 4 \text{ m/s}^2.$$

A velocidade ao passar pelo semáforo é:

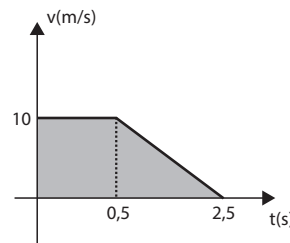
$$v = v_0 + a t \Rightarrow v = 15 + 4(3) \Rightarrow v = 27 \text{ m/s} \Rightarrow v = 97,2 \text{ km/h}.$$

Como a velocidade máxima permitida é  $60 \text{ km/h}$ , o motorista será multado, pois ultrapassará a velocidade máxima.

**05 B**

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \rightarrow -5 = \frac{0 - 10}{\Delta t} \rightarrow \Delta t = 2,0 \text{ s}$$

A figura mostra o gráfico da variação de velocidade em função do tempo.



A área sombreada é numericamente igual ao deslocamento.

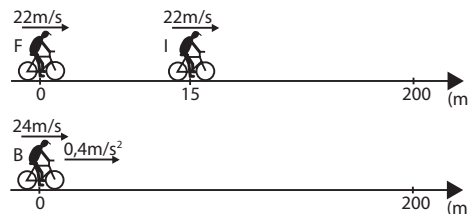
$$\Delta s = \frac{(2,5 + 0,5) \cdot 10}{2} = 15 \text{ m}$$

**06 B**

Até a acionar os freios a velocidade permanece constante. Como a aceleração é constante, a velocidade decresce linearmente com o tempo.

**07 E**

A figura abaixo ilustra a situação descrita. (instante  $t = 0$ ).



O ciclista inglês (I) executa movimento uniforme e o ciclista brasileiro (B) executa movimento uniformemente variado. A partir do instante mostrado ( $t = 0$ ), as respectivas funções horárias dos espaços são:

$$s_I = 15 + 22t \text{ e } s_B = 24t + \frac{0,4}{2} t^2.$$

Igualando essas funções:

$$24t + 0,2t^2 = 15 + 22t \Rightarrow 0,2t^2 + 2t - 15 = 0.$$

Resolvendo essa equação do 2º grau, encontramos:

$$t_1 = -15 \text{ s e } t_2 = 5 \text{ s}.$$

Portanto:  $t = 5 \text{ s}$ .

O ciclista brasileiro alcança o ciclista inglês no instante  $t = 5 \text{ s}$ .

**08 B**

$$v^2 = v_0^2 - 2ad$$

$$108 \text{ km/h} = 30 \text{ m/s}$$

Carro:

$$0 = 30^2 - 2 \cdot 3 \cdot d_{\text{carro}}$$

$$d_{\text{carro}} = 150 \text{ m}$$

Caminhão:

$$0 = 30^2 - 2 \cdot 2 \cdot d_{\text{caminhão}}$$

$$d_{\text{caminhão}} = 225 \text{ m}$$

Distância inicial mínima:  $225 \text{ m} - 150 \text{ m} = 75 \text{ m}$

**09 E**

Note que a velocidade do atleta aumenta até  $43 \text{ km/h} = \frac{43}{3,6} \text{ m/s} \approx 11,9 \text{ m/s}$ , mantém-se constante entre os  $50 \text{ m}$  e os  $60 \text{ m}$  e reduz-se nos últimos  $40 \text{ m}$ .

I. O movimento do atleta é acelerado durante toda a corrida. ERRADO

II. A aceleração do atleta é negativa no trecho entre  $60 \text{ m}$  e  $100 \text{ m}$ . CERTO

III. A máxima velocidade atingida pelo atleta é da ordem de  $11,9 \text{ m/s}$ . CERTO

IV. No trecho entre  $50 \text{ m}$  e  $60 \text{ m}$ , o movimento do atleta é uniforme. CERTO

10 c

- I – Verdadeiro. Entre 0 e  $t_1$ , o módulo da velocidade aumenta e entre  $t_2$  e  $t_3$  diminui.
- II – Falso. Entre  $t_4$  e  $t_5$  o módulo da velocidade aumenta.
- III – Verdadeiro. Entre  $t_4$  e  $t_5$  o módulo da velocidade aumenta e entre  $t_6$  e  $t_7$ , o módulo da velocidade diminui.
- IV – Falso. O taxista acelera entre os instantes  $t_4$  e  $t_5$  e freia entre os instantes  $t_6$  e  $t_7$ .
- V – Verdadeiro. Em ambos os casos a velocidade é constante.
- VI – Verdadeiro. A velocidade é nula.

### SEÇÃO DESAFIO

01 c

Vamos chamar de  $d_x$  a distância máxima para que o predador alcance a presa.

Então, para que o predador tenha no final a mesma posição da presa, as equações do movimento dos dois devem no final ter a mesma posição e se  $d_x$  for maior do que o estabelecido, o predador ficará com fome ok? Então vamos lá:

Equação do predador:

$$\text{até } 4 \text{ s : } x_{\text{predador (inicial)}} = a \cdot t^2/2 \text{ (onde } a = (15 \text{ m/s})/4\text{s) e } t = 4 \text{ s} = (15/4) \times 4^2/2 = 30 \text{ m}$$

$$\text{após } 4 \text{ s : } x_{\text{predador}} = 15 \cdot t \text{ durante } 10 \text{ s}$$

Equação da presa:

$$\text{até } 5 \text{ s : } x_{\text{presa (inicial)}} = a \cdot t^2/2 \text{ (onde } a = (15 \times (4/5))/5 \text{ s) e } t = 5 \text{ s} = (15 \times (4/5)/5) \times 5^2/2 = 30 \text{ m}$$

Como a presa leva 5 segundos para atingir 30 m e o predador leva apenas 4 segundos, podemos concluir que existe uma distância mínima que o predador alcança a presa com 1 segundo de vantagem.

Como queremos a máxima distância que o predador alcança a presa e sabendo que a velocidade final é maior que a presa, vamos equacionar para quando a presa e o predador estiverem em movimento uniforme.

As equações da presa e do predador são, respectivamente, levando-se em conta o tempo necessário para atingir a velocidade uniforme:

$$x_{\text{(predador)}} = 30 + v_{\text{predador}} \times (t - 4)$$

\* o -4 é porque já se passaram 4 segundos para que ele atingisse a velocidade uniforme, ok?

$$x_{\text{(presa)}} = 30 + v_{\text{presa}} \times (t - 5)$$

\* - 5 pelo mesmo motivo descrito acima.

Então, finalmente temos com a presa com  $d_x$  metros de vantagem

$$x_{\text{(predador)}} = x_{\text{(presa)}} + d_x$$

$$30 + v_{\text{predador}} (t - 4) = 30 + v_{\text{presa}} (t - 5) + d_x$$

$$v_{\text{predador}} = 15 \text{ m/s}$$

$$v_{\text{presa}} = 12 \text{ m/s}$$

$$15(t - 4) = 12(t - 5) + d_x$$

Após 14 s que é o máximo que o predador consegue perseguir a presa temos:

$$15(14 - 4) = 12(14 - 5) + d_x$$

$$150 = 108 + d_x$$

$$d_x = 42 \text{ m}$$

## DE OLHO NA REVISÃO

01 E

Tomando as equações horárias das posições de cada móvel, temos:

$$s_1 = 0 + 10t - \frac{1}{2}t^2 \text{ e } s_2 = d - 14t + \frac{1}{4}t^2$$

Em que  $s$  = posição de cada móvel (m) no instante  $t$  (s)

No encontro dos móveis, as posições são iguais.  $s_1 = s_2$ .

$$10t - \frac{1}{2}t^2 = d - 14t + \frac{1}{4}t^2$$

Rearranjando os termos

$$3t^2 - 96t + 4d = 0 \text{ (1)}$$

Sabendo que o encontro ocorre apenas uma vez, temos um choque totalmente inelástico, isto é, a velocidade final das duas partículas é a mesma.

$$v_1 = 10 - t \text{ e } v_2 = -14 + \frac{t}{2}$$

$$v_1 = v_2$$

$$10 - t = -14 + \frac{t}{2} \Rightarrow t = \frac{48}{3} \Rightarrow t = 16 \text{ s}$$

Substituindo o tempo encontrado na equação (1), obtemos:

$$3 \cdot 16^2 - 96 \cdot 16 + 4d = 0 \Rightarrow d = 192 \text{ m}$$

Outra forma de pensar a resolução desta questão a partir da equação (1) é que o encontro dos móveis significa as raízes da equação quadrática. Como esse encontro se dá uma única vez, temos duas raízes reais iguais, ou seja,  $\Delta = 0$  então:

$$(-96)^2 - 4 \cdot 3 \cdot 4d = 0$$

$$9216 - 48d = 0$$

$$d = \frac{9216}{48} \Rightarrow d = 192 \text{ m}$$

02 A

I. Verdadeira. Aplicando a definição de aceleração escalar média:

$$a = a_m = \frac{v}{t} = \frac{10}{10} \Rightarrow a = 1 \text{ m/s}^2.$$

II. Verdadeira. O espaço percorrido é dado pela área entre a linha do gráfico e o eixo dos tempos.

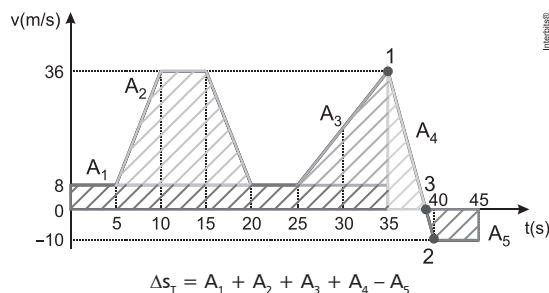
$$\Delta s = \frac{10 \cdot 10}{2} \Rightarrow \Delta s = 50 \text{ m}.$$

III. Falsa. A velocidade é variável.

IV. Falsa. A velocidade aumenta 1,0 m/s a cada segundo.

03 D

Como a posição inicial é zero, a sua posição final será exatamente igual à distância percorrida. Sabendo que a distância percorrida é igual numericamente à área do gráfico, então:



Porém, para que seja possível calcular as áreas 4 e 5, é necessário encontrar o tempo em que acontece a mudança de sentido na velocidade (ponto em que cruza o eixo x).

Sabendo que o movimento de 1 para 2 é um movimento retilíneo uniformemente variado (MRUV), podemos analisar este intervalo de tempo para encontrar a aceleração.

$$v = v_0 + at$$

$$-10 = 36 + a \cdot 5$$

$$a = -9,2 \text{ m/s}^2$$

Agora, analisando o trecho de 1 para 3, temos que:

$$v = v_0 + at$$

$$0 = 36 - 9,2 \cdot t$$

$$t \approx 3,9 \text{ s}$$

Assim,

$$s_T = (35 \cdot 8) + \left[ \frac{(15+5) \cdot 28}{2} \right] + \left[ \frac{10 \cdot 28}{2} \right] + \left[ \frac{3,9 \cdot 36}{2} \right] - \left[ \frac{(6,1+5) \cdot 10}{2} \right]$$

$$s_T = 280 + 280 + 140 + 70,2 - 55,5$$

$$s_T = 714,7 \text{ m}$$

$$s_T \approx 715 \text{ m}$$

04 D

Desceu 300 m e deslocou 400 m para a direita. Pelo Teorema de Pitágoras, o deslocamento vetorial de P até Q vale 500 m.

05 c

Dados:  $\Delta s_1 = 80 \text{ km}$ ;  $v_1 = 80 \text{ km/h}$ ;  $\Delta s_2 = 60 \text{ km}$ ;  $v_2 = 120 \text{ km/h}$ .

O tempo total é a soma dos dois tempos parciais:

$$t = \Delta t_1 + \Delta t_2 \Rightarrow \Delta t = \frac{\Delta s_1}{v_1} + \frac{\Delta s_2}{v_2} = \frac{80}{80} + \frac{60}{120} = 1 + 0,5 \Rightarrow$$

$$t = 1,5 \text{ h}.$$

**06 B**

Dados:  $v_1 = 72 \text{ km/h} = 20 \text{ m/s}$ ;  $v_2 = 36 \text{ km/h} = 10 \text{ m/s}$ ;  
 $v_3 = 18 \text{ km/h} = 5 \text{ m/s}$ ;  $\Delta s_1 = d/4$ ;  $\Delta s_2 = d/2$ ;  $\Delta s_3 = d/4$ .  
 Calculando o tempo de cada trecho e o tempo total:

$$t = \frac{\Delta s}{v} \left\{ \begin{array}{l} \Delta t_1 = \frac{d/4}{20} = \frac{d}{80} \\ \Delta t_2 = \frac{d/2}{10} = \frac{d}{20} \\ \Delta t_3 = \frac{d/4}{5} = \frac{d}{20} \end{array} \right\} \Rightarrow t = \frac{d}{80} + \frac{d}{20} + \frac{d}{20} \Rightarrow \Delta t = \frac{9d}{80}$$

Calculando a velocidade média:

$$v_m = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{d}{9d/80} = \frac{80}{9} \Rightarrow v_m = 8,9 \text{ km/h}$$

**07 D**

Trecho 1, de  $x$  crescente, significa movimento a favor da trajetória, figura C.

Trecho 2, de  $x$  constante, significa repouso, figura B.

Trecho 3, de  $x$  decrescente, significa movimento contra a orientação da trajetória, figura A.

**08 B**

- I. **Incorreta.** O movimento do corpo no trecho  $T_1$  é acelerado.
- II. **Correta.** No trecho  $T_3$ , o corpo está em movimento com aceleração diferente de zero, em sentido oposto ao da velocidade, pois o movimento é retardado.
- III. **Incorreta.** No trecho  $T_2$ , a velocidade é constante e a aceleração é nula.

**09 Distância percorrida durante o tempo de resposta:**

Dados:  $v = 100 \text{ km/h} = (100/3,6) \text{ m/s}$ ;  $\Delta t = 0,36 \text{ s}$ .

$$D = v \cdot \Delta t = \frac{100}{3,6} \cdot 0,36 \Rightarrow D = 10 \text{ m.}$$

**Aceleração média de frenagem:**

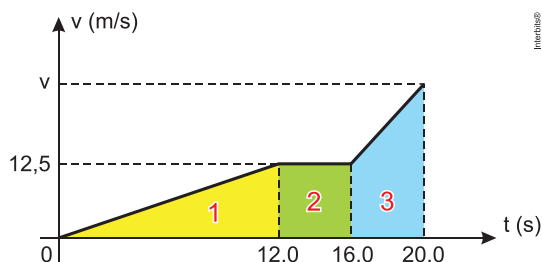
Dados:  $v_0 = 100 \text{ km/h} = (100/3,6) \text{ m/s}$ ;  $v = 0$ ;  $\Delta t = 5 \text{ s}$ .

Supondo trajetória retilínea, a aceleração escalar é:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{0 - \frac{100}{3,6}}{5} \Rightarrow a = -5,6 \text{ m/s}^2.$$

**10 A**

Como a área sob um gráfico de velocidade *versus* o tempo nos fornece a distância percorrida e pelo enunciado sabemos que a pista tem 200 m, podemos calcular a velocidade final.



De acordo com o gráfico calculamos as áreas 1, 2 e 3:

$$A_1 = \frac{12 \cdot 12,5}{2} = 75$$

$$A_2 = (16 - 12) \cdot 12,5 = 50$$

$$A_3 = \frac{(v + 12,5) \cdot 4}{2} = 2v + 25$$

A área total será:

$$A = 75 + 50 + 2v + 25 = 2v + 150$$

$$2v + 150 = 200 \Rightarrow v = 25 \text{ m/s} \therefore v = 90 \text{ km/h}$$

# Resoluções de Exercícios

## FÍSICA II

Capítulo  
01

O Calor e os Fenômenos Térmicos  
Termometria

### EXERCÍCIOS DE APRENDIZAGEM

#### BLOCO 01

01 B

$$\frac{\theta_c - 0}{100 - 0} = \frac{F - 32}{212 - 32} \Rightarrow \frac{\theta_c}{100} = \frac{87,8 - 32}{180} \Rightarrow \theta_c = \frac{5(55,8)}{9} \Rightarrow \theta_c = 31^\circ\text{C}$$

02 C

I. Correta

Da equação da dilatação:  $\Delta V = V_0 \gamma \Delta \theta$ . Quanto maior o volume inicial ( $V_0$ ), tanto maior a dilatação.

II. Correta

Atingido o equilíbrio térmico, cessa a transferência de calor do paciente para o termômetro, cessa o aquecimento do termômetro e não há mais variação de volume.

III. Incorreta

$\Delta V = V_0 \gamma \Delta \theta$ . O coeficiente de dilatação ( $\gamma$ ) depende da substância termométrica, portanto, se o mercúrio for substituído por álcool, a dilatação será diferente, necessitando alterar a graduação da escala.

03 E

A equação de variação de temperaturas para as duas escalas mencionadas é:

$$\frac{\Delta C}{5} = \frac{\Delta F}{9} \Rightarrow \frac{\Delta C}{5} = \frac{36}{9} \Rightarrow \Delta C = 20^\circ\text{C}$$

### EXERCITANDO HABILIDADES

#### BLOCO 01

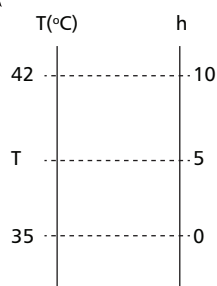
01 E

A temperatura interfere fortemente nos ecossistemas. Águas quentes têm menos oxigênio dissolvido e por isso comportam populações menores de peixes, que, devido ao aumento do metabolismo causado pela temperatura, ainda estarão consumindo mais oxigênio. Apesar disso, todo organismo tem sua temperatura ótima de funcionamento e se a redução da temperatura é benéfica para alguns, certamente será prejudicial a outros. Para que se garanta o equilíbrio numa dada situação, é necessário o monitoramento e o controle da temperatura de modo a evitar alterações que causem mudança drástica no comportamento do sistema.

### TAREFA DE CASA

#### BLOCO 01

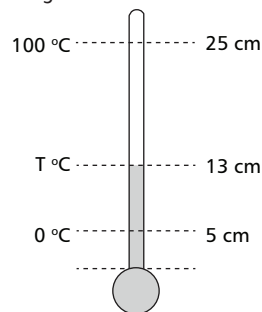
01 A



$$\frac{T - 35}{42 - 35} = \frac{5 - 0}{10 - 0} \Rightarrow \frac{T - 35}{7} = 0,5 \Rightarrow T - 35 = 3,5 \Rightarrow T = 38,5^\circ\text{C}$$

02 A

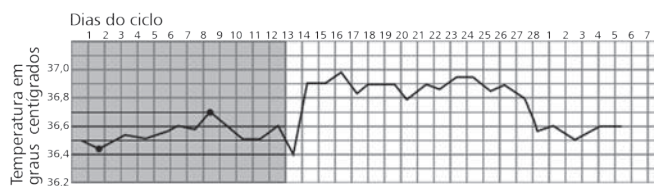
A figura mostra os dados.



$$\frac{T - 0}{100 - 0} = \frac{13 - 5}{25 - 5} \Rightarrow \frac{T}{100} = \frac{8}{20} \Rightarrow 20T = 800 \Rightarrow T = 40^\circ\text{C}$$

03 B

A parte sombreada do gráfico mostra o período seguro.



No período seguro a temperatura varia entre um mínimo de  $36,45^\circ\text{C}$  e  $36,70^\circ\text{C}$ .

$$\Delta T = 36,70 - 36,45 = 0,25^\circ\text{C}$$

04 E

$100^\circ\text{C}$  equivalem a  $180^\circ\text{F}$  (de variação); logo,  $2^\circ\text{C}$  equivalem a  $3,6^\circ\text{F}$  (de variação).

$100^\circ\text{C}$  equivalem a  $100\text{K}$  (de variação); logo,  $2^\circ\text{C}$  equivalem a  $2,0\text{K}$  (de variação).

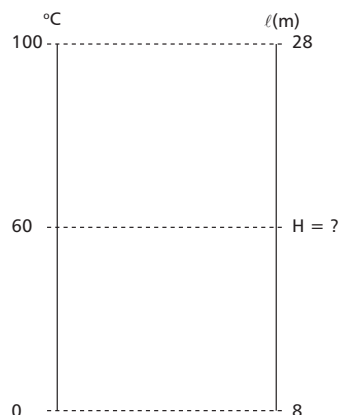
05 C

Teoricamente, a menor temperatura que se pode atingir é  $-273\text{ }^\circ\text{C} = 0\text{ K}$ . Portanto, a temperatura sugerida só pode ser da escala Fahrenheit.

06 A

$$\frac{60 - 0}{100 - 0} = \frac{H - 8}{28 - 8}$$

$$\frac{50}{100} = \frac{H - 8}{20} \therefore H = 20\text{cm}$$



07 B

$100\text{ }^\circ\text{C}$  equivalem a  $180\text{ }^\circ\text{F}$  (de variação); logo,  $5,4\text{ }^\circ\text{F}$  equivalem a  $3\text{ }^\circ\text{C}$  (de variação).

08 D

$$A - 22 / 74 - 22 = B - 20 / 70 - 20$$

$$52B - 50A = 60$$

se  $B = A (= X)$ ; então  $X = 30\text{ }^\circ\text{C} = 243\text{ K}$

09 A

$$A - 1 / 99 - 1 = B - 0 / 100 - 0$$

$$100B - 98A = 100$$

se  $B = A (= X)$ ; então  $X = 50\text{ }^\circ\text{C}$

10 C

Fazendo a conversão temos:

$$\frac{T_v - (-20)}{100 - (-20)} = \frac{T_x - 0}{60 - 0} \Rightarrow \frac{T_v + 20}{120} = \frac{40}{60} \Rightarrow T_v = 60\text{ }^\circ\text{Y}$$

### SEÇÃO DESAFIO

01 B

Como a indicação das duas escalas é igual em valor absoluto temos:

$$\frac{T_c}{5} = \frac{T_f - 32}{9} \Rightarrow \frac{|X|}{5} = \frac{|X| - 32}{9} \Rightarrow$$

como para  $0\text{ }^\circ\text{C}$  temos  $32\text{ }^\circ\text{F}$ , podemos supor a possibilidade de que para valores em Fahrenheit acima de zero e abaixo de  $32\text{ }^\circ\text{F}$ , a temperatura Celsius estará assumindo valores negativos.

$$\text{Assim, } \frac{-X}{5} = \frac{X - 32}{9} \Rightarrow 5X - 160 = -9X \Rightarrow 14X = 160 \Rightarrow X = 11,4\text{ }^\circ\text{F}$$

Logo a temperatura Celsius será  $-11,4\text{ }^\circ\text{C}$

Capítulo  
02

## O Calor e os Fenômenos Térmicos

### Propagação do Calor

## EXERCÍCIOS DE APRENDIZAGEM

### BLOCO 02

01 E

A ideia é reduzir o fluxo de calor.

02 B

Calor é energia térmica em trânsito e temperatura indica o grau de agitação das partículas de um sistema.

03 D

- I. Barra de ferro = sólido = condução
- II. Sol = raios infravermelhos = radiação
- III. Vento = convecção.

04 E

Usando a Lei de Fourier, temos:

$$\phi = \frac{k A \Delta\theta}{L}$$

$$40 = \frac{0,00010 \cdot 1,0 \cdot 10^4 \cdot 40}{L} \Rightarrow L = 1,0\text{ cm}$$

Assim:

$$d = \frac{m}{v} = \frac{m}{AL} \Rightarrow d = \frac{0,5 \cdot 10^3}{1,0 \cdot 10^4 \cdot 1,0}$$

$$\boxed{d = 5,0 \cdot 10^{-2}\text{ g/cm}^3}$$

## EXERCITANDO HABILIDADES

### BLOCO 02

01 C

As aletas têm por função aumentar o fluxo de calor do transformador para o ambiente, dificultando o seu superaquecimento. Este aumento do fluxo é respaldado pela equação de Fourier, segundo a qual o fluxo de calor entre dois corpos em contato, submetidos a diferentes temperaturas é diretamente proporcional à área da interface dos dois.

02 E

O único processo que não está associado à convecção é o aquecimento diurno do nosso planeta, que está associado à transferência de calor por irradiação do Sol à Terra, através de ondas eletromagnéticas.

### BLOCO 03

01 C

O vidro favorece o aquecimento interno, pois é transparente às radiações solares e opaco para as radiações de baixa frequência, vindas do ambiente interno. De maneira similar, um carro estacionado ao Sol, aquece mais quando os vidros das portas estão levantados.

02 E

O Efeito Estufa é próprio da atmosfera terrestre e é necessário para que a Terra não congele por inteiro devido à perda de calor para o espaço. Ele foi acelerado pela poluição causada pelo uso massivo de combustíveis fósseis e pela derrubada de florestas e redução/envenenamento de superfícies líquidas (consumidores de  $\text{CO}_2$ ), causando um aumento na proporção de  $\text{CO}_2$  livre na atmosfera e um aumento na taxa de retenção de calor pela atmosfera.

03 C

Caso parássemos a produção massiva de  $\text{CO}_2$ , ainda demoraria um bom tempo para a temperatura parar de subir, pois teríamos que esperar que os consumidores naturais de gás carbônico dessem conta de todo o excesso gerado pelo homem.

04 E

O calor flui do Sol para a Terra por irradiação, através da propagação de ondas eletromagnéticas, enquanto a transferência das massas de ar quente (menos densas) ao longo de uma chaminé deve-se à propagação do calor por convecção.

## TAREFA DE CASA

### BLOCO 02

01 D

A madeira tem condutividade térmica menor do que a cerâmica. Estando à temperatura menor que os nossos pés, o calor flui mais lentamente para a madeira, causando-nos a sensação térmica de estar menos frio.

02 E

Da simples análise da tabela, devemos escolher o material de maior condutividade térmica e maior razão entre absorvância e emitância.

03 B

O calor específico sensível representa uma espécie de “resistência” do material, ou da substância, à variação de temperatura. Assim, devido ao baixo calor específico, a temperatura da areia varia rapidamente quando recebe ou cede calor. Relativamente à areia, a água tem alto calor específico; havendo pouco vapor d’água na atmosfera, não há um regulador térmico para impedir a grande amplitude térmica.

04 B

- I. **Incorreta.** Cobertores são usados no inverno porque são de materiais isolantes térmicos, que impedem a perda de calor para o meio ambiente.
- II. **Correta.**
- III. **Incorreta.** As correntes de convecção levam o ar mais quente para cima e o mais frio para baixo.

05 B

- I. O tubo metálico é para favorecer a condução do calor para a água.
- II. O tubo em forma serpentina aumenta o comprimento, favorecendo a absorção.
- III. O tubo pintado de preto favorece a absorção.
- IV. A água fria entra por baixo para haver convecção.
- V. O isolamento é para evitar condução.
- VI. O vidro é para evitar a condução para o meio externo.

06 B

Calor é energia térmica em trânsito, fluindo do corpo mais quente para o corpo mais frio.

07 E

A propagação da energia do Sol à Terra é por irradiação. As luvas são feitas de materiais isolantes térmicos (lã, couro etc.) dificultando a condução do calor.

08 E

Em relação à garrafa pintada de branco, a garrafa pintada de preto comportou-se como um corpo melhor absorvedor durante o aquecimento e melhor emissor durante o resfriamento, apresentando, portanto, maior taxa de variação de temperatura durante todo o experimento.

09 C

A lã é um isolante térmico dificultando o fluxo de calor do corpo humano para o ambiente.

10 E

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{KA\Delta\theta}{L} \rightarrow \frac{mL_r}{\Delta t} = \frac{KA\Delta\theta}{L} \rightarrow \Delta t = \frac{mL_r L}{KA\Delta\theta}$$
$$\rightarrow \Delta t = \frac{500 \cdot 80 \cdot 20}{0,5 \cdot 80 \cdot 400} = 50 \text{ s}$$

### SEÇÃO DESAFIO

01 B

O fluxo térmico através da primeira barra é igual ao da segunda.

$$\frac{\Delta Q_1}{\Delta t} = \frac{\Delta Q_2}{\Delta t} \rightarrow \frac{K_1 A \Delta T_1}{L} = \frac{K_2 A \Delta T_2}{L} \rightarrow 1 \cdot (T_2 - 300) = 0,2 \cdot (1500 - T_2)$$

$$T_2 - 300 = 300 - 0,2 T_2 \rightarrow 1,2 T_2 = 600 \rightarrow T_2 = 500 \text{ K}$$

### BLOCO 03

01 E

Analisando cada uma das proposições:

- I. **Falsa.** O calor vindo do Sol chega à Terra pelo processo de radiação, pois é o único que ocorre no vácuo.
- II. **Verdadeira.**
- III. **Falsa.** De acordo com a equação de Planck, a energia (E) transportada por uma radiação eletromagnética é diretamente proporcional à sua frequência (f):  $E = h f$ . A radiação infravermelha (abaixo da vermelha) tem frequência menor que a radiação visível, sendo, portanto, menos energética.

02 C

Nós, brasileiros, usamos lã, que é um isolante térmico, para impedir que o calor se propague do nosso corpo (mais quente) para o meio ambiente (mais frio). No caso dos povos do deserto, eles usam lã para impedir a passagem do calor do meio ambiente (mais quente) para os próprios corpos (mais frios). A cor branca apresenta maior índice de refletividade de luz, diminuindo a absorção e, conseqüentemente, o aquecimento do tecido.

03 E

O gelo possui baixo coeficiente de condutividade térmica, impedindo a perda de calor de dentro do hotel para o meio ambiente.

04 A

É na região central em que é menor a diferença entre a temperatura de Ana e a temperatura ambiente, assim, o fluxo (a transferência) de calor é menor.

05 A

O fósforo acenderá primeiro no cubo que atingir a temperatura final de ignição mais rapidamente, ou seja, aquele que possuir maior condutividade térmica. Neste caso é o cubo feito de ouro, o cubo A. Quanto ao tamanho da aresta do cubo ela dilatará conforme seu coeficiente de dilatação, que é maior no chumbo. Assim a aresta do cubo A será menor que a do cubo B.

06 B

O vidro deixa a luz passar e conseqüentemente calor por radiação, mas não deixa o calor passar para fora por condução (estufa). Os tanques pintados de preto absorvem grande quantidade desta energia que é levada à água por condução.

07 B

As paredes prateadas refletem raios eletromagnéticos e evitam a troca de calor por irradiação. O vácuo impede troca de calor por condução e por convecção.

08 A

O ar que está sobre o solo resfria-se mais do que o ar que está sobre o mar criando um zona de alta pressão em terra e baixa pressão sobre o mar. A opção aproximada da resposta correta é a letra A.

09 C

$$\text{Parede de 4 cm; } \frac{35}{200} = 17,5\%$$

$$\text{Parede de 10 cm; } \frac{15}{200} = 7,5\%$$

Diferença: 10%

10 D

Se a superfície participa com 50% os outros 50% estão associados à atmosfera, o que invalida a alternativa A e a alternativa B. A atmosfera absorve 20% e não 70%. A irradiação de energia a partir da superfície é de apenas 6%.

## EXERCÍCIOS DE APRENDIZAGEM

### BLOCO 03

01 C

Do enunciado, temos que:

$$C_A = C_B \Rightarrow \frac{C_B}{C_A} = \frac{6}{5} \Rightarrow m_A = m_B + 100$$

Sabendo que a capacidade térmica e o calor específico estão relacionados pela seguinte equação,  $C = m \cdot c$ . Podemos então dizer que:

$$C_A = C_B \Rightarrow m_A \cdot c_A = m_B \cdot c_B \Rightarrow \frac{C_A}{C_B} = \frac{m_B}{m_A} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{5}{6} = \frac{m_B}{m_B + 100} \Rightarrow 5 \cdot m_B + 500 = 6 \cdot m_B \Rightarrow$$

$$\Rightarrow m_B = 500 \text{ g}$$

Sabendo que,  
 $m_A = m_B + 100$   
 $m_A = 600 \text{ g}$

Como é pedido a amostra mais leve, logo a resposta é 500 g.

02 D

O calor necessário  $Q_{\text{nec}}$  para aquecer a água será dado pelo calor sensível:

$$Q_{\text{nec}} = m \cdot c \cdot \Delta T = 1000 \text{ g} \cdot 1 \text{ cal/g}^\circ\text{C} \cdot (100 - 10)^\circ\text{C}$$

$$Q_{\text{nec}} = 9 \cdot 10^4 \text{ cal}$$

Como somente 20% do calor fornecido pela combustão do carvão  $Q_{\text{form}}$  representa o  $Q_{\text{nec}}$ :

$$Q_{\text{nec}} = 0,2 \cdot Q_{\text{form}}$$

$$Q_{\text{form}} = \frac{9 \cdot 10^4 \text{ cal}}{0,2} = 4,5 \cdot 10^5 \text{ cal}$$

Logo, a massa de carvão será dada pela razão entre a quantidade total de calor emitida pela combustão e o calor de combustão por grama de carvão.

$$m = \frac{4,5 \cdot 10^5 \text{ cal}}{6000 \text{ cal/g}} = 75 \text{ g}$$

### BLOCO 04

01 A

$$Q_{\text{água}} = Q_{\text{cond}} \Rightarrow m c \Delta\theta = m_v L_v \Rightarrow$$

$$\Rightarrow m = \frac{m_v L_v}{c \Delta\theta} = \frac{100 \cdot 540}{1 \cdot 100} \Rightarrow m = 540 \text{ g}$$

02 B

De fato:

$$L = \text{calor/massa} = -30/30 = -1 \text{ cal/g}$$

03 C

$$20 \text{ cal/s} \cdot (50 - 10) \text{ s} = 100 \text{ g} \cdot L$$

$$L = 8 \text{ cal/g}$$

## EXERCITANDO HABILIDADES

### BLOCO 04

01 C

$$100 \text{ kcal} = 100\,000 \text{ cal} = 420\,000 \text{ J}$$

$$\Delta t = \frac{420\,000 \text{ J}}{60 \text{ W}} = 7\,000 \text{ s} \approx 117 \text{ min}$$

02 A

Nos grandes centros urbanos, a temperatura média é mais elevada que a do seu entorno devido a alguns fatores, entre os quais destacamos o fato do concreto empregado na construção dos edifícios e o asfalto utilizado na pavimentação das ruas e avenidas absorverem intensamente o calor, e possuírem pequena inércia térmica, ou seja, apresentarem baixo valor para o calor específico.

### BLOCO 05

01 D

Em dias de intenso calor, a sudorese ajuda a manter a temperatura do nosso corpo praticamente constante, pois precisamos fornecer calor ao suor para que este evapore.

02 E

Os tecidos utilizados na confecção dos uniformes esportivos de atletas profissionais devem favorecer a evaporação do suor, o que implica no recebimento de calor do nosso corpo necessário à sua mudança de estado físico.

03 B

Num ambiente refrigerado, o nosso corpo está continuamente fornecendo calor para o ar que o cerca, devido à diferença de temperatura entre eles, provocando o seu aquecimento. Num ambiente refrescado com a ajuda de um ventilador, o vento acelera o processo de evaporação do nosso suor. Para que o suor evapore, ele rouba calor do nosso corpo, refrescando-o.

## TAREFA DE CASA

### BLOCO 04

01 A

$$Q_{\text{aluminio}} = Q_{\text{cobre}}$$

$$m_{Al} \cdot c_{Al} \cdot \Delta t_{Al} = m_{Cu} \cdot c_{Cu} \cdot \Delta t_{Cu}$$

Sendo  $\Delta t_{Al} = \Delta t_{Cu}$  e  $c_{Al} > c_{Cu}$ ; então,  $m_{Al} < m_{Cu}$ .  
E, com isso,  $C_{Al} = C_{Cu}$ .

02 D

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta t$$

$$Q = 0,5 \cdot 10^3 \cdot 0,1 \cdot (520 - 20)$$

$$Q = 25 \cdot 10^3 \text{ cal}$$

03 A

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta t$$

$$150 \cdot 10 = 75 \cdot c \cdot (45 - 25)$$

$$c = 1,00 \text{ cal/g} \cdot ^\circ\text{C}$$

04 C

$$Q_{\text{paciente}} = 60\% \cdot |Q_{\text{bolsa}}|$$

$$Q_{\text{paciente}} = 0,6 \cdot |500 \cdot 1 \cdot (40 - 60)|$$

$$Q_{\text{paciente}} = 6\,000 \text{ calorias}$$

05 B

$$10\,000 \text{ cal/min} \cdot \Delta t = 500 \text{ g} \cdot 1 \text{ cal/g} \cdot ^\circ\text{C} \cdot (80 - 30)^\circ\text{C}$$

$$\Delta t = 2,5 \text{ minutos}$$

06 E

$$Q = (d \cdot V) \cdot c \cdot \Delta T$$

$$Q = (60 \cdot 10^3) \cdot 1 \cdot (25 - 10)$$

$$Q = 9 \cdot 10^5 \text{ cal}$$

**07 A**  
 $P \cdot 1/5 \text{ h} = (4 \text{ L} \cdot 0,9 \text{ kg/L}) \cdot 0,5 \text{ cal/g} \cdot ^\circ\text{C} \cdot (200 - 20) ^\circ\text{C}$   
 $P = 1\,620 \text{ kcal/h}$   
 $1\,620/0,8 = 4\,100 \text{ kcal/h}$

**08 A**  
 $36,6 ^\circ\text{C} - 29 ^\circ\text{C} = \Delta t$   
 $6,7 \cdot 10^{-1} ^\circ\text{C} = 1 \text{ h}$   
 $\Delta t \approx 10 \text{ h}$

**09 C**  
 $m = d \cdot V = 1,2 \cdot 8 = 9,6 \text{ g}$   
 $Q = m \cdot c \cdot \Delta T = 9,6 \cdot 0,24 \cdot 17 = 39,16 \text{ kcal}$   
 $39,16 \text{ kcal} \rightarrow 1 \text{ min}$   
 $x \rightarrow 1 \text{ dia}$   
 $x = 56,4 \text{ kcal}$

**10 D**  
 $60\% \cdot 50 \text{ marteladas} = 30 \text{ marteladas}$   
 $Q = m \cdot c \cdot \Delta T$   
 $Q = 50 \text{ g} \cdot 0,1 \text{ cal/g} \cdot ^\circ\text{C} \cdot 10 ^\circ\text{C}$   
 $Q = 50 \text{ g} \cdot 0,1 \cdot 4,2 \text{ J/g} \cdot ^\circ\text{C} \cdot 10 ^\circ\text{C}$   
 $Q = 210 \text{ J}$   
 Logo,  $210 \text{ J} / 30 \text{ marteladas} = 7 \text{ J/martelada}$

### QUESTÃO DESAFIO

**01 A**  
 $Q = m \cdot c \cdot \Delta T = m \cdot g \cdot h$   
 $c \cdot \Delta T = g \cdot h$   
 $\Delta T = g \cdot h/c = 10 \cdot 42 / 0,1 \cdot 4,2 \cdot 103 = 1 ^\circ\text{C}$

### BLOCO 05

**01 B**  
 Partindo da temperatura inicial de  $-50 ^\circ\text{C}$  até a liquefação completa, o gráfico mostra 105 cal. Depois de liquefeito, para elevar de  $100 ^\circ\text{C}$  a temperatura do líquido, são mais 100 cal ( $205 \text{ cal} - 105 \text{ cal} = 100 \text{ cal}$ ).

**02 C**  
 Em um minuto: circulam 18 litros de água na serpentina  $\rightarrow$   
 $\rightarrow 18 \text{ kg} = 18\,000 \text{ g}$ ;  $T_0 = 20 ^\circ\text{C}$ ;  $T = 40 ^\circ\text{C}$   
 $Q = m \cdot c \cdot \Delta T = 18\,000 \cdot 1 \cdot (40 - 20) = 360\,000 \text{ cal}$   
 No mesmo minuto: 12 litros de água a ser resfriada  $12 \text{ kg} = 12\,000 \text{ g}$ ;  
 $T_0 = 85 ^\circ\text{C}$ ;  $T = ?$   
 $Q = m \cdot c \cdot \Delta T \rightarrow -360\,000 = 12\,000 \cdot 1 \cdot (T - 85) \rightarrow -30 = T - 85 \rightarrow$   
 $\rightarrow T = 85 - 30 = 55 ^\circ\text{C}$

**03 A**  
 $Q_{\text{resfriamento da água}} + Q_{\text{fusão do gelo}} + Q_{\text{aquecimento da água resultante da fusão do gelo}}$   
 $1000 \text{ g} \cdot 1 \text{ cal/g} \cdot ^\circ\text{C} \cdot (36 - 98) ^\circ\text{C} + n \cdot 55 \text{ g} \cdot 80 \text{ cal/g} +$   
 $+ n \cdot 55 \text{ g} \cdot (36 - 0) ^\circ\text{C}$   
 $n = 10 \text{ cubos de gelo}$

**04 C**  
 As quantidades de calor sensível liberadas por cada uma das bolas são transferidas para os blocos de gelos. Como o ferro tem maior condutividade térmica que a madeira, ele transfere calor mais rapidamente, sofrendo um resfriamento mais rápido. A quantidade de calor sensível de cada esfera é igual, em módulo, à quantidade de calor latente absorvida por cada bloco de gelo.

$$|Q|_{\text{bola}} = |Q|_{\text{gelo}} \Rightarrow mc|\Delta T| = m_{\text{gelo}}L_{\text{gelo}} \Rightarrow m_{\text{gelo}} = \frac{mc\Delta T}{L_{\text{gelo}}}$$

Como as massas das bolas são iguais e as variações de temperatura também, a massa de gelo fundida em cada caso é diretamente proporcional ao calor específico do material que constitui a bola. Assim, analisando a expressão, vemos que funde menor quantidade de gelo a bola de material de menor calor específico, no caso, a de metal.

**05 E**  
 O somatório dos calores trocados é nulo.  
 $Q_1 + Q_2 = 0 \Rightarrow m_1 c_1 \Delta T_1 + m_2 c_2 \Delta T_2 = 0 \Rightarrow$   
 $\Rightarrow 200(80 - 25) + m_2(80 - 100) = 0 \Rightarrow$   
 $20m_2 = 11\,000 \Rightarrow m_2 = 550$

**06 C**  
 $Q_{\text{água quente}} + Q_{\text{xicara}} = 0$   
 $150 \cdot 1(T - 100) + 125 \cdot 0,2 \cdot (T - 9) = 0$   
 $T = 87 ^\circ\text{C}$

**07 C**  
**Dados:**  $P = 100 \text{ W}$ ;  $m = 60 \text{ kg}$ ;  $c = 4,2 \times 10^3 \text{ J/kg} \cdot ^\circ\text{C}$ ;  $\Delta T = 5 ^\circ\text{C}$ .  
 Da expressão de potência:  
 $P = \frac{Q}{\Delta t} \Rightarrow \Delta t = \frac{Q}{P} = \frac{m c \Delta \theta}{P} = \frac{60 \times 4,2 \times 10^3 \times 5}{100} = 12\,600 \text{ s} \Rightarrow$   
 $\Delta t = \frac{12\,600}{3\,600} \text{ h} \Rightarrow$   
 $\Delta t = 3,5 \text{ h}$

**08 B**  
 Os 100 g de água líquida do calorímetro e o próprio calorímetro encontram-se inicialmente a  $20 ^\circ\text{C}$  e no final apresentarão esta mesma temperatura. Logo, a troca de calor ocorrerá entre os 200 g de água a  $100 ^\circ\text{C}$  e a massa de água líquida a  $0 ^\circ\text{C}$ .  
 $Q_{\text{água quente}} + Q_{\text{água fria}} = 0 \Rightarrow m_Q \cdot c_{\text{água}} \cdot \Delta\theta_{\text{água quente}} + m_F \cdot c_{\text{água}} \cdot \Delta\theta_{\text{água fria}} = 0$   
 $200 \cdot (20 - 100) + m_F(20 - 0) = 0 \Rightarrow m_F = 800 \text{ g}$

**09 C**  
 Seja  $Q$  o módulo da quantidade de calor trocada entre o gelo de  $-40 ^\circ\text{C}$  até  $0 ^\circ\text{C}$  e a água de  $80 ^\circ\text{C}$  até  $40 ^\circ\text{C}$ .

Do gráfico,  $Q = 4\,000 \text{ cal}$ .  
 Calculando as massas iniciais de água ( $m_1$ ) e gelo ( $m_2$ ):  
 $\left\{ \begin{array}{l} \text{Água: } -Q = m_1 c_a \Delta\theta_a \Rightarrow -4\,000 = m_1(1)(40 - 80) \Rightarrow m_1 = 100 \text{ g} \\ \text{Gelo: } Q = m_2 c_g \Delta\theta_g \Rightarrow 4\,000 = m_2(0,5)(0 - 40) \Rightarrow m_2 = 200 \text{ g} \end{array} \right.$

A massa de gelo que funde ( $m'$ ) é a que recebeu  $Q' = 4\,000 \text{ cal}$

$$Q' = m' L_f \Rightarrow 4\,000 = m'(80) \Rightarrow m' = 50 \text{ g}$$

A massa de água ( $m$ ) no equilíbrio térmico é:  
 $m = m_1 + m' = 100 + 50 \Rightarrow \boxed{m = 150 \text{ g}}$

**10 C**  
 A quantidade de calor trocada pelo vapor para condensar é igual ao calor sensível responsável por aumentar a temperatura da pele.  
 $Q_{\text{latente}} = Q_{\text{sensível}}$   
 $m_v \cdot L_v = m_p \cdot c \cdot \Delta T$   
 $\Delta T = \frac{m_v \cdot L_v}{m_p \cdot c} = \frac{0,6 \text{ g} \cdot \frac{1000}{3} \text{ cal/g}}{5 \text{ g} \cdot 1 \text{ cal/g} \cdot ^\circ\text{C}} = 40 ^\circ\text{C}$

### QUESTÃO DESAFIO

**01 B**  
**Dados:**  
 $m = 80 \text{ g} = 0,08 \text{ kg}$   
 $T_0 = 20 ^\circ\text{C}$   
 $\mu = 0,3$   
 $V_0 = 10 \text{ m/s}$   
 $t = 3,33 \text{ s}$   
 $g = 10 \text{ m/s}^2$   
 $1 \text{ cal} = 4 \text{ J}$   
 $c = 0,2 \text{ cal/g} \cdot ^\circ\text{C}$

Cálculo da força normal do bloco:

$$N = P$$

$$N = m \cdot g$$

$$N = 0,08 \cdot 10$$

$$N = 0,8 \text{ N}$$

Cálculo da força de atrito:

$$F_{\text{at}} = \mu \cdot N$$

$$F_{\text{at}} = 0,3 \cdot 0,8$$

$$F_{\text{at}} = 0,24 \text{ N}$$

Força resultante vai ser igual à força de atrito:

$$R = F_{\text{at}}$$

$$m \cdot a = F_{\text{at}}$$

$$0,08 \cdot a = 0,24$$

$$a = 0,24/0,08$$

$$a = 3 \text{ m/s}^2 \rightarrow \text{em módulo}$$

Cálculo da distância percorrida (d) aplicando a equação de Torricelli:

$$v^2 = v_0^2 + 2 \cdot a \cdot \Delta s$$

$$v = 0$$

$$0 = v_0^2 - 2 \cdot a \cdot d$$

$$d = v_0^2/2a$$

$$d = 10^2/2 \cdot 3$$

$$d = 100/6$$

$$d = 16,67 \text{ m}$$

O trabalho da força de atrito vai ser igual à energia absorvida.

Cálculo do trabalho da força de atrito:

$$W = F_{\text{at}} \cdot d$$

$$W = 0,24 \cdot 16,67$$

$$W = 4 \text{ J}$$

Como 80% da energia foi absorvida pelo bloco:

$$100\% \text{ — } 4 \text{ J}$$

$$80\% \text{ — } E$$

$$E = 80 \cdot 4/100$$

$$E = 320/100$$

$$E = 3,2 \text{ J} \rightarrow \text{energia absorvida em joules}$$

$$1 \text{ cal} = 4 \text{ J}$$

$$1 \text{ cal} \text{ — } 4 \text{ J}$$

$$E \text{ — } 3,2 \text{ J}$$

$$E = 3,2/4$$

$$E = 0,8 \text{ cal} \rightarrow \text{energia absorvida em calorias}$$

Cálculo da variação de temperatura do bloco em graus Celsius:

$$E = Q$$

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T$$

$$E = m \cdot c \cdot \Delta T$$

$$0,8 = 80 \cdot 0,2 \cdot \Delta T$$

$$0,8 = 16 \cdot \Delta T$$

$$\Delta T = 0,8/16$$

$$\Delta T = 0,05 \text{ }^\circ\text{C}$$

Pela relação entre as escalas Celsius e Fahrenheit (levando em consideração somente o número de divisões de cada escala):

$$\Delta T_c/5 = \Delta T_f/9$$

$$0,05/5 = \Delta T_f/9$$

$$0,01 = \Delta T_f/9$$

$$\Delta T_f/9 = 0,01$$

$$\Delta T_f = 0,01 \cdot 9$$

$$\Delta T_f = 0,09 \text{ }^\circ\text{F}$$

Capítulo  
04

## O Calor e os Fenômenos Térmicos

### Curvas de Fase

## EXERCÍCIOS DE APRENDIZAGEM

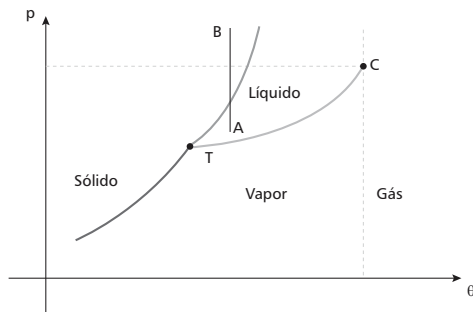
### BLOCO 05

01 E

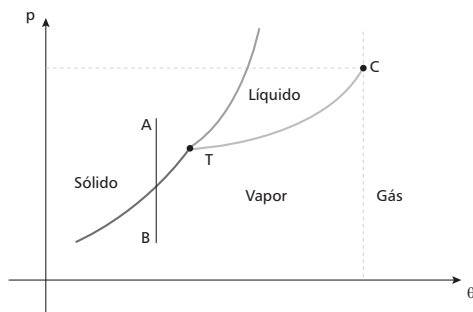
Se o sólido que se forma flutua sobre a parte ainda líquida, concluímos que a densidade do sólido é menor do que a do líquido. Logo, o volume da substância aumenta na solidificação.

02 E

- I. **Incorreta.** Se a substância aumenta de volume ao sofrer fusão ela pertence à maioria das substâncias. Portanto, um aumento de pressão sobre ela deverá aumentar o seu ponto de fusão.
- II. **Correta.** Um líquido pode se solidificar à temperatura constante apenas por elevação da pressão sobre ele, conforme se observa no diagrama a seguir (A → B):



III. **Correta.** Uma substância, mantida à temperatura constante e menor que a do ponto triplice, pode passar do estado sólido ao gasoso apenas por redução da pressão, conforme se observa no diagrama abaixo (A → B):



## EXERCITANDO HABILIDADES

### BLOCO 06

01 C

O óleo, por ser menos denso, forma uma película sobre a água, dificultando a sua evaporação, consequentemente, afetando seu ciclo.

## TAREFA DE CASA

### BLOCO 06

01 C

- I. Ao se resfriar o alimento até temperaturas abaixo de  $0 \text{ }^\circ\text{C}$ , a água nele contida se solidifica. Assim, tem-se a passagem do estado líquido para o sólido, o que é representado pela seta 2.
- II. A sublimação, passagem direta do estado sólido para o estado gasoso, é representada pela seta 3.

02 B

No estado representado pelo ponto Z a água está na fase líquida.

03 A

A temperatura de  $31 \text{ }^\circ\text{C}$  corresponde à temperatura crítica do  $\text{CO}_2$ . Acima desta temperatura a substância é um gás.

04 E

- I. **Incorreta.** A temperatura de ebulição depende da altitude do local, pois depende da pressão atmosférica.
- II. **Correta.** Quanto maior a pressão de vapor, maior a volatilidade.
- III. **Incorreta.** A pressão de vapor independe da extensão do líquido.

05 D

- II. Quanto maior a temperatura do líquido, maior a pressão de vapor.
- III. A pressão de vapor do líquido depende do líquido, ou seja, das forças intermoleculares que o definem.
- IV. O ponto triplo representa o equilíbrio entre as três fases, logo, as pressões de vapor são iguais.

## TAREFA DE CASA

### BLOCO 07

01 E

Como a expansão é isotérmica, pela lei geral dos gases:

$$pV = p_0V_0 \Rightarrow p = \frac{p_0V_0}{V} \Rightarrow p = \frac{120 \cdot 1}{15} \Rightarrow$$

$$p = 8 \text{ atm.}$$

02 D

Quando uma bola está totalmente murcha a pressão do ar no seu interior é igual à pressão atmosférica. Quando enchemos a bola, a indicação do medidor (manômetro) dá a pressão do ar no seu interior acima da pressão atmosférica. Assim, quando se diz que a bola foi calibrada com pressão de 0,6 atm, na verdade, o ar no interior da bola está sob pressão de  $1 \text{ atm} + 0,6 \text{ atm} = 1,6 \text{ atm}$ .

Dados:  $T_0 = 32^\circ\text{C} = 273 \text{ K}$ ;  $T = 13^\circ\text{C} = 286 \text{ K}$ .

Supondo que o ar no interior das bolas comporte-se como gás perfeito, temos:

$$\frac{p}{T} = \frac{p_0}{T_0} \Rightarrow p = \frac{T}{T_0}p_0 \Rightarrow p = \frac{286}{305}p_0.$$

Aplicando essa expressão a cada um dos valores da tabela dada:

$$p_A = \frac{286}{305}0,6 \Rightarrow p_A = 0,56 \text{ atm.}$$

$$p_B = \frac{286}{305}0,7 \Rightarrow p_B = 0,67 \text{ atm.}$$

$$p_C = \frac{286}{305}0,8 \Rightarrow p_C = 0,75 \text{ atm.}$$

$$p_D = \frac{286}{305}0,9 \Rightarrow p_D = 0,84 \text{ atm.}$$

$$p_E = \frac{286}{305}1,0 \Rightarrow p_E = 0,93 \text{ atm.}$$

Os cálculos mostram que somente as bolas B, C, D e E satisfazem as condições impostas.

03 D

O volume inicial ( $V_0$ ) de ar no frasco é:

$$V_0 = 50 - 35 \Rightarrow V_0 = 15 \text{ mL.}$$

Como foram retirados 10 mL de líquido e as paredes do frasco não murcharam, como indica a figura, o volume ( $V$ ) ocupado pelo ar passa a ser:

$$V = 15 + 10 \Rightarrow V = 25 \text{ mL.}$$

Sendo constante a temperatura, e  $p$  e  $p_0$  as respectivas pressões final e inicial do ar, aplicando a Lei Geral dos Gases:

$$pV = p_0V_0 \Rightarrow p(25) = p_0(15) \Rightarrow p = \frac{15}{25}p_0 \Rightarrow p = 0,6 p_0 \Rightarrow$$

$$p = 60\% p_0.$$

Então, a pressão final é 40% menor, em relação à pressão inicial.

04 C

Dados:  $T_1 = 8^\circ\text{C} = 281 \text{ K}$ ;  $V_1 = 1 \text{ L}$ ;  $P_2 = 1 \text{ atm}$ ;  $V_2 = 900 \text{ cm}^3 = 0,9 \text{ L}$ ;  $T_2 = T_1 + 6 = 287 \text{ K}$ .

Considerando o ar como gás ideal, pela equação geral dos gases ideais:

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2} \Rightarrow \frac{p_1 (1)}{281} = \frac{1(0,9)}{287} \Rightarrow p_1 = \frac{252,9}{287}$$

$$p_1 = 0,88 \text{ atm.}$$

05 C

$$\frac{p_0 V_0}{T_0} = \frac{pV}{T} \rightarrow \frac{1,0 \cdot 10^5 \cdot 50}{300} = \frac{5 \cdot 10^3 \cdot V}{210} \rightarrow V = 700 \text{ m}^3$$

06 D

Dados:  $p_0 = 1 \text{ atm}$ ;  $p = 275 \text{ atm}$ ;  $T_0 = 27^\circ\text{C} = 300 \text{ K}$ ;  $T = 57^\circ\text{C} = 330 \text{ K}$ . Aplicando a lei geral dos gases:

$$\frac{p_0 V_0}{T_0} = \frac{pV}{T} \Rightarrow V_0 = \frac{p T_0}{p_0 T} V \Rightarrow V_0 = \frac{275 \times 300}{1 \times 330} V \Rightarrow$$

$$\Rightarrow V_0 = 250 V$$

06 A

- I. **Correta.** O equilíbrio líquido-vapor consiste, exatamente, na ocorrência de evaporação e de condensação com a mesma velocidade.  
III. **Correta.** Também é característica líquido-vapor que a pressão de vapor se mantenha constante.

07 C

- I. **Correta.** Sendo mais baixa a altitude da cidade A, a pressão atmosférica é menor. Logo, a temperatura de fusão é menor.  
III. **Correta.** Sendo maior a altitude da cidade B, a pressão atmosférica – e a temperatura de ebulição – é menor.

08 E

A condição para a fervura é atingida quando a pressão de vapor aumenta até tornar-se igual à pressão ambiente.

09 C

No éter, as interações intermoleculares são mais fracas e a pressão máxima de vapor é menor.

10 B

A temperatura de mudança de fase de uma substância depende da pressão. Para a água, o aumento de pressão diminui o ponto de fusão. No caso, o aumento de pressão devido aos patins diminui a temperatura de fusão do gelo, ocorrendo o derretimento.

Capítulo  
05

## O Calor e os Fenômenos Térmicos

### Gases Perfeitos

## EXERCÍCIOS DE APRENDIZAGEM

### BLOCO 06

01 C

Considerando o processo isotérmico e comportamento de gás perfeito para o ar, da equação geral dos gases:

$$\frac{pV}{T} = \frac{p_0V_0}{T_0} \Rightarrow 140 \cdot 1,42 \cdot 10^{-2} = 1 \cdot V_2 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow V_2 \cong 2 \text{ m}^3$$

02 E

Dados:  $T_1 = 200 \text{ K}$ ;  $T_2 = 400 \text{ K}$ ;  $n_1 = 2 \text{ mols}$ ;  $n_2 = 2 n_1 = 4 \text{ mols}$ . Da equação geral dos gases:

$$\frac{p_1 V_1}{n_1 T_1} = \frac{p_2 V_2}{n_2 T_2} \Rightarrow \frac{V_1}{2 \cdot (200)} = \frac{V_2}{4 \cdot (400)} \Rightarrow V_2 = 4 V_1.$$

## EXERCITANDO HABILIDADES

### BLOCO 07

01 E

Sabemos que a pressão atmosférica diminui com o aumento da altitude. Assim, de acordo com a equação de Clapeyron, temos:  
 $pV = nRT \Rightarrow n$  é diretamente proporcional a  $p$ .

Assim, a diminuição da pressão do ar diminui a sua massa e, consequentemente, o teor de oxigênio.

02 D

As três primeiras opções estão erradas, pois estão relacionadas com o princípio da inércia. A associação correta é com o ar que sai do balão de aniversário furado, pois, em ambos os casos, a matéria é sugada pelo ambiente de menor pressão.

**07 D**

Pela lei geral dos gases  $(p \cdot V/T)_0 = (p \cdot V/T)$  e considerado o volume constante do freezer:

$$\frac{p_0}{273 + 27} = \frac{p}{273 - 18}$$

$\frac{p_0}{300} = \frac{p}{255} \rightarrow p = \left(\frac{255}{300}\right) \cdot p_0 = 0,85 \cdot p_0 = 85\%$  da pressão inicial, que é a atmosférica.

**08 E**

Se o cilindro está molhado até 70% da sua altura interna, significa que o ar estava ocupando 30% do volume do cilindro ( $V = 0,3V_0$ ). A pressão no fundo do lago vale:

$$p = p_{\text{atm}} + \rho gh \rightarrow p = 10^5 + 10^3 \cdot 10 \cdot 21 = 3,1 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2 = 3,1 \text{ atm}$$

Aplicando a equação dos gases, temos:

$$\frac{p_0 V_0}{T_0} = \frac{pV}{T} \rightarrow \frac{1 \cdot V_0}{27 + 273} = \frac{3,1 \cdot 0,3V_0}{T} \rightarrow T = 279 \text{ K} = 6^\circ \text{C}$$

**09 C**

$$p_1 V_1 = p_2 V_2$$

$$200 \text{ atm} \cdot 9 \text{ L} = 1 \text{ atm} \cdot V_2$$

$$V_2 = 1800 \text{ L}$$

Sendo 40 L a cada 1 minuto, teríamos 45 minutos para os 1800 L.

**10 A**

A 20 m de profundidade a pressão total seria de 3 atm.

Assim:

$$p_1 V_1 = p_2 V_2$$

$$1 \text{ atm} \cdot V_1 = 3 \text{ atm} \cdot V_2$$

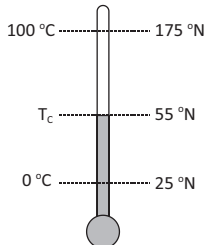
$$V_2 = 0,3 V_1$$

## DE OLHO NA REVISÃO

**01 C**

$$t_c - 0 / 100 - 0 = t_{sp} - 25 / 54 - 25$$

$$t_c / 100 = t_{sp} - 25 / 29$$

**02 B**

De acordo com o esquema acima:

$$\frac{t_c - 0}{100 - 0} = \frac{55 - 25}{175 - 25} \Rightarrow \frac{t_c}{100} = \frac{30}{150} \Rightarrow t_c = \frac{30}{1,5} \Rightarrow t_c = 20^\circ \text{C}$$

A quantidade de divisões que ele fez não altera as temperaturas. O fato de ter feito 100 divisões em sua escala somente indica que cada divisão representa 1,5 °N. Se fizesse 150 divisões, cada divisão seria 1 °N, ou se fizesse 15 divisões, cada divisão seria 10 °N, mas 55 °N continuam correspondendo a 20 °C.

Assim, por exemplo, se a temperatura subiu 0 °C para 20 °C, subiu 20 divisões na escala Celsius, tendo subido também 20 divisões na escala Nova, pois ambas as escalas têm 100 divisões. Como cada divisão representa 1,5 °N, a temperatura subiu  $20 \times 1,5 = 30$  °N, indo, então, de 25 °N para 55 °N.

**03 D**

A relação entre as escalas Celsius e Fahrenheit é mostrada abaixo:

$$\frac{F - 32}{9} = \frac{C}{5} \rightarrow \frac{F - 32}{9} = \frac{-20}{5}$$

$$F - 32 = -36 \rightarrow F = -4^\circ \text{F}$$

A relação entre as escalas Celsius e Kelvin é mostrada abaixo:

$$K = C + 273 \rightarrow K = -20 + 273 = 253 \text{ K}$$

Portanto,  $K + F = 249$

**04 B**

Dados:  $\theta_1 = 32^\circ \text{F} \Rightarrow h_1 = 20 \text{ mm}$ ;  $\theta_2 = 212^\circ \text{F} \Rightarrow h_2 = 80 \text{ mm}$ ;  
 $\theta = 92^\circ \text{F} \Rightarrow h = ?$

$$\frac{h - h_1}{h_2 - h_1} = \frac{\theta - \theta_1}{\theta_2 - \theta_1} \Rightarrow \frac{h - 20}{80 - 20} = \frac{92 - 32}{212 - 32} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{h - 20}{60} = \frac{60}{180} \Rightarrow h - 20 = 20 \Rightarrow h = 40 \text{ mm.}$$

**05 D**

Sabendo que  $Q = m \cdot c \cdot \Delta T$  pode-se encontrar os valores de  $Q_1$  e  $Q_2$  pelos dados fornecidos no gráfico. Desta forma,

$$Q_1 = 0,1 \cdot 1 \cdot (5 - (-5))$$

$$Q_1 = 2 \text{ J}$$

E

$$Q_2 - 6 = 0,1 \cdot 2,5 \cdot (45 - 5)$$

$$Q_2 = 10 + 6$$

$$Q_2 = 16 \text{ J}$$

Logo,

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{2}{16} = \frac{1}{8}$$

**06 B**

$$Q = mc |\Delta\theta| = 6 \times 10^{24} \times 0,5 \times |700 - 2700| \Rightarrow Q = 6 \times 10^{27} \text{ J}$$

**07 C**

Sendo o calor sensível dado por:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T$$

O calor específico explicitado fica:

$$c = \frac{Q}{m \cdot \Delta T}$$

Calculando com os valores fornecidos:

$$c = \frac{470 \text{ cal}}{100 \text{ g} \cdot (70^\circ \text{C} - 20^\circ \text{C})} = 0,094 \frac{\text{cal}}{\text{g} \cdot ^\circ \text{C}}$$

**08 A**

Comparando os quatro líquidos entre si através das curvas de vaporização apresentadas no gráfico da questão, notamos que para uma dada temperatura fixa (coluna vertical) para os quatro líquidos, o líquido A apresenta maior pressão de vapor, sendo assim, de todos os componentes é o líquido que possui o mais baixo ponto de ebulição sendo o mais volátil de todos. A constatação também pode ser feita para uma mesma pressão (linha horizontal) em que ao cruzar pelas curvas de vaporização nos informam a temperatura de ebulição para esta pressão. Por exemplo: Para a pressão de 760 mm Hg, a ordem crescente dos pontos de ebulição (PE) é:  $PE_A < PE_B < PE_C < PE_D$ . Sendo A o mais volátil.

**09 E**

A água gelada contida no copo resfria a parede externa do copo. O ar em contato com essa parede também se resfria, atingindo, para a pressão ambiente, temperatura menor que a do ponto de condensação dos vapores de água nele contido, que passam, então, para a fase líquida, conforme mostra o diagrama de fases da água, na figura a seguir.

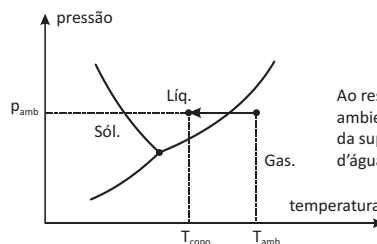


Diagrama de fases da água

**10 A**

$$p_0 / T_0 = p / T$$

$$1,7 \cdot 10^5 / (17 + 273) = p / (37 + 273)$$

$$1,7 \cdot 10^5 / 290 = p / 310$$

$$p = 1,7 \cdot 10^5 (310/290)$$

$$p = 1,8 \cdot 10^5$$

# Resoluções de Exercícios

## FISICA III

Capítulo  
01

Oscilações, Ondas,  
Óptica e Radiação

Osciladores

### EXERCÍCIOS DE APRENDIZAGEM

#### BLOCO 01

01 B

Pelo gráfico, observamos que como a altura da nova cidade é maior, o novo  $g$  será menor. Pela equação dada  $(T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{L}{g}})$ , um  $g$  menor faz com que o novo período seja maior. Dessa forma, concluímos que o pêndulo demora mais para fazer um ciclo e, sendo assim, o relógio atrasa. Para compensar a diminuição do  $g$ , devemos variar o  $L$  na mesma proporção de  $g$ , para que a razão  $L/g$  fique constante. Como o  $g$  fica menor, devemos diminuir o valor de  $L$ .

02 C

Para o relógio adiantar, o tempo de um ciclo (período) do relógio em questão está menor que o normal. Logo, devemos aumentar o período. Pela equação  $T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{L}{g}}$ , podemos concluir que para aumentar  $T$ , temos que aumentar o valor do comprimento do pêndulo ( $L$ ).

03 A

O período de um sistema massa-mola é obtido pela equação  $T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{m}{K}}$ , onde  $m$  é a massa do bloco preso a mola e  $K$  é a constante elástica da mola.

### EXERCITANDO HABILIDADES

#### BLOCO 01

01 B

Os primeiros padrões de tempo usados estavam diretamente ligados a fenômenos naturais periódicos, como os dias e noites, as fases da Lua ou as estações do ano.

02 E

Após a invenção dos transistores e a consequente miniaturização dos circuitos eletrônicos usando semicondutores de Germânio e, posteriormente, Silício, em 1957 foi construído o primeiro relógio eletrônico de pulso.

03 A

Sendo osciladores, servem como base de tempo para a construção de relógios.

### TAREFA DE CASA

#### BLOCO 01

01 C

$g = 10 \text{ m/s}^2$   
 $T = 1 \text{ s}$   
 $L = ?$

$$T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{L}{g}} \Rightarrow 1 = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{L}{10}} \Rightarrow \left(\frac{1}{2 \cdot \pi}\right)^2 = \left(\sqrt{\frac{L}{10}}\right)^2 \Rightarrow \\ \Rightarrow L = \frac{10}{4 \cdot \pi^2} \Rightarrow L = 0,25 \text{ m}$$

02 A

$$\text{Situação 1} \Rightarrow \begin{cases} m_1 = m \\ K_1 = K \end{cases}$$

$$T_1 = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{m_1}{K_1}} \Rightarrow f_1 = \frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot \sqrt{\frac{K_1}{m_1}} \Rightarrow f_1 = \frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot \sqrt{\frac{K}{m}}$$
$$f = \frac{1}{T_1}$$

$$\text{Situação 2} \Rightarrow \begin{cases} m_2 = 4 \cdot m \\ K_2 = K \end{cases}$$

$$T_2 = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{m_2}{K_2}} \Rightarrow f_2 = \frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot \sqrt{\frac{K_2}{m_2}} \Rightarrow f_2 = \frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot \sqrt{\frac{K}{4 \cdot m}} \Rightarrow \\ \Rightarrow f_2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot \sqrt{\frac{K}{m}} \Rightarrow f_2 = \frac{1}{2} \cdot f_1$$

03 A

O período do pêndulo simples é dado por  $T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{L}{g}}$ . Na superfície da Lua, a gravidade é menor que na superfície da Terra, tornando o período maior e fazendo o relógio trabalhar mais lento, atrasando-se.

04 C

coração  $\Rightarrow \{86 \text{ bat/min}$

$$\text{Pêndulo} \Rightarrow \begin{cases} L = 10 \text{ m} \\ g = 10 \text{ m/s}^2 \\ T = ? \text{ batidas} \end{cases}$$

Para o coração, temos:

$$86 \text{ batidas} \rightarrow 60 \text{ s} \Rightarrow \Delta t = \frac{60}{86} \Rightarrow \Delta t = 0,7 \text{ s}$$
$$1 \text{ batida} \rightarrow \Delta t$$

Para o pêndulo, temos:

$$T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{L}{g}} \Rightarrow T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{10}{10}} \Rightarrow T = 2 \cdot \pi \text{ s} \Rightarrow T = 6,28 \text{ s}$$

Cálculo do período do movimento em batidas do coração:

$$\begin{matrix} 1 \text{ batida} & \rightarrow & 0,7 \text{ s} \\ x \text{ batidas} & \rightarrow & 6,28 \text{ s} \end{matrix} \Rightarrow 0,7 \cdot x = 6,28 \Rightarrow x \approx 9 \text{ batidas.}$$

05 D

Para um pêndulo simples, o período é dado por  $T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{L}{g}}$ . Para que o relógio não seja alterado, o valor de  $L$  (comprimento do pêndulo) deve ser constante. No inverno, a diminuição da temperatura faz o fio se contrair. Logo, devemos aumentar o comprimento  $L$  para compensar. No verão, a elevação de temperatura faz o fio se dilatar. Logo, devemos diminuir o valor de  $L$  para compensar.

06 D

Os períodos não dependem das massas. Quanto maior o comprimento, maior o período  $(T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{L}{g}})$ . Então, de acordo com a tabela, teremos:  $T_1 < T_2 < T_3$  e  $L_1 < L_2 < L_3$ .

07 D

$$\begin{cases} M+m=100 \text{ kg} \\ f=0,5 \text{ Hz} \\ \pi=3 \\ K=? \end{cases}$$

$$\begin{aligned} T &= 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{M+m}{K}} \\ T &= \frac{1}{f} \Rightarrow T = \frac{1}{0,5} \Rightarrow T = 2 \text{ s} \\ \Rightarrow \left(\frac{1}{3}\right)^2 &= \left(\sqrt{\frac{100}{K}}\right)^2 \Rightarrow \frac{1}{9} = \frac{100}{K} \Rightarrow 900 \text{ N/m} \end{aligned}$$

08 B

Observando a expressão para o período do aparelho (texto),

$T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{M+m}{K}}$ , pode-se perceber que o período de oscilação é diretamente proporcional à raiz quadrada das massas. Como a frequência é inversamente proporcional ao período, conclui-se que com massas maiores o aparelho oscila com frequência menor.

09 B

$$\begin{cases} T_A = T \\ L_A = L \\ g_A \end{cases} \Rightarrow T_A = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{L}{g_A}} \Rightarrow T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{L}{g_A}} \quad (I)$$

$$\begin{cases} T_B = (10/9) \cdot T \\ L_B = L \\ g_B \end{cases} \Rightarrow T_B = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{L}{g_B}} \Rightarrow \frac{10}{9} \cdot T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{L}{g_B}} \Rightarrow T = \frac{9}{10} \cdot 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{L}{g_B}} \quad (II)$$

Igualando as expressões I e II, temos:

$$\begin{aligned} \frac{9}{10} \cdot 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{L}{g_B}} &= 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{L}{g_A}} \Rightarrow \left(\frac{9}{10} \cdot \sqrt{\frac{L}{g_B}}\right)^2 = \left(\sqrt{\frac{L}{g_A}}\right)^2 \\ \Rightarrow \frac{81}{100} \cdot \frac{L}{g_B} &= \frac{L}{g_A} \Rightarrow \frac{g_A}{g_B} = \frac{100}{81} \end{aligned}$$

10 C

$$\text{Massa-mola} \Rightarrow \begin{cases} f_M = 2 \cdot f \\ K = 4 \text{ N/m} \\ m = ? \end{cases}$$

$$\text{Pêndulo} \Rightarrow \begin{cases} L = 1 \text{ m} \\ g = 10 \text{ m/s}^2 \\ f_p = f \end{cases}$$

Para o pêndulo, temos:

$$\begin{aligned} T_p &= 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{L}{g}} \\ f_p &= \frac{1}{T_p} \\ \Rightarrow f &= \frac{\sqrt{10}}{2 \cdot \pi} \text{ Hz} \end{aligned}$$

Para o sistema massa-mola, temos:

$$\begin{aligned} T_M &= 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{m}{K}} \\ f_M &= \frac{1}{T_M} \\ \Rightarrow f_M &= \frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot \sqrt{\frac{K}{m}} \Rightarrow 2 \cdot f = \frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot \sqrt{\frac{4}{m}} \Rightarrow \\ \Rightarrow 2 \cdot \frac{\sqrt{10}}{2 \cdot \pi} &= \frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot \sqrt{\frac{4}{m}} \Rightarrow (2 \cdot \sqrt{10})^2 = \left(\sqrt{\frac{4}{m}}\right)^2 \Rightarrow 4 \cdot 10 = \frac{4}{m} \Rightarrow \\ \Rightarrow m &= 0,1 \text{ kg} \end{aligned}$$

Capítulo  
02

Oscilações, Ondas,  
Óptica e Radiação

Introdução à Ondulatória

## EXERCÍCIOS DE APRENDIZAGEM

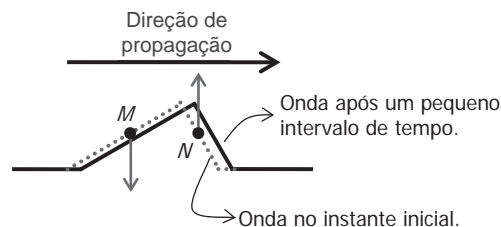
### BLOCO 02

01 D

Nesta questão devemos observar a definição de onda: vibração que se propaga sem transportar matéria. Logo, a onda promove apenas um deslocamento vertical na garrafa (movimento de sobe e desce). Dessa forma, a velocidade horizontal que a garrafa tinha inicialmente não é alterada pela onda.

02 D

Para a resolução dessa questão, devemos lembrar inicialmente que toda onda é constituída de dois movimentos: vibração + propagação. O movimento de propagação (horizontal) está representado pela seta acima da onda. Já o movimento de vibração será perpendicular ao movimento de propagação (vibração vertical), uma vez que em uma corda a onda é transversal. Outro ponto simples a ser observado é que a onda passa pelo ponto e, após a passagem da onda, o ponto deve retornar a posição inicial. Vamos analisar o movimento pela figura a seguir.



A figura mostra que quando a onda se propaga de uma pequena distância para direita, o ponto N, nesse instante, sobe e o ponto M, nesse mesmo instante, desce.

03 D

O som e o ultrassom são vibrações mecânicas de matéria – ondas mecânicas. Nas ondas de rádio, micro-ondas e luz temos a vibração de campos elétricos e magnéticos – ondas eletromagnéticas.

### BLOCO 03

01 A

Dados:

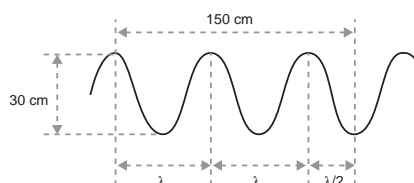
$$\begin{cases} V = 344 \text{ m/s} \\ f = 100 \text{ kHz} = 100 \cdot 10^3 \text{ Hz} \end{cases}$$

$$\begin{aligned} V &= \lambda \cdot f \Rightarrow 340 = \lambda \cdot 100 \cdot 10^3 \Rightarrow \lambda = \frac{340}{100 \cdot 10^3} \Rightarrow \\ \Rightarrow \lambda &= 3,4 \cdot 10^{-3} \text{ m} \Rightarrow \lambda = 3,4 \text{ mm} \end{aligned}$$

02 C

Observando-se a figura, pode-se concluir que:

$$\{V = 1,5 \text{ m/s}$$



$$2,5 \cdot \lambda = 150 \text{ cm} \Rightarrow \lambda = 60 \text{ cm} \Rightarrow \lambda = 0,6 \text{ m}$$

Pela relação fundamental da ondulatória:

$$V = \lambda \cdot f \Rightarrow 1,5 = 0,6 \cdot f \Rightarrow f = 2,5 \text{ Hz}$$

**03 D**

Na figura fornecida, o intervalo de tempo representado corresponde à metade do período da onda, ou seja,  $\frac{T}{2} = 10 \cdot 10^{-6} \text{ s}$ . Assim, temos:

$$f = \frac{1}{T} \Rightarrow f = \frac{1}{2 \cdot 10 \cdot 10^{-6}} \Rightarrow f = 50000 \text{ Hz}$$

Da tabela fornecida, conclui-se que esse apito pode ser ouvido apenas por gatos e morcegos.

**04 D**

Dados:

$$\begin{cases} 10 \text{ ciclos} \rightarrow 5 \text{ s} \\ \lambda = 2 \text{ cm} \\ V = ? \end{cases}$$

$$\begin{cases} 10 \text{ ciclos} \rightarrow 5 \text{ s} \\ f \text{ ciclos} \rightarrow 1 \text{ s} \end{cases} \Rightarrow 5 \cdot f = 10 \Rightarrow f = 2 \text{ Hz}$$

$$V = \lambda \cdot f \Rightarrow V = 2 \cdot 2 \Rightarrow V = 4 \text{ cm/s}$$

**05 A**

$$\begin{cases} 20 \text{ ciclos} \rightarrow 5 \text{ s} \\ f = ? \end{cases}$$

$$\begin{cases} 20 \text{ ciclos} \rightarrow 5 \text{ s} \\ f \text{ ciclos} \rightarrow 1 \text{ s} \end{cases} \Rightarrow 5 \cdot f = 20 \Rightarrow f = 4 \text{ Hz}$$

Observe que, apesar do número de ciclos por segundo ter aumentado, as condições de propagação não foram alteradas. Logo, a velocidade de propagação não será alterada. Como a nova frequência é o dobro da anterior, o comprimento de onda será reduzido à metade. Dessa forma, a velocidade de propagação se mantém constante.

## TAREFA DE CASA

### BLOCO 02

**01 B**

O som e a imagem são registrados a partir de uma câmera. Esse registro é transformado em ondas eletromagnéticas, que se propagam independente do meio material. Essas ondas são emitidas e recebidas por antenas. O aparelho de TV transforma essa onda, que foi recebida pela antena, novamente em som e imagem.

**02 A**

No espaço intergaláctico (vácuo) não existe a possibilidade de propagação do som (onda mecânica). Ocorre apenas a propagação da luz (onda eletromagnética).

**03 C**

O *Laser* e o *Radar* são aplicações de ondas eletromagnéticas. Dentre as citadas, a radiografia é a única aplicação de ondas eletromagnéticas (raios X); as demais são aplicações de ondas mecânicas.

**04 B**

O som da explosão não é detectado na Terra, pois precisa de um meio material para se propagar. (O som é onda mecânica.)

**05 E**

A voz é som, que no ar é onda mecânica e longitudinal. Quando captado pelo microfone da aparelhagem de rádio, é convertido em onda elétrica e transmitida através do espaço como onda eletromagnética, que é captada pelas antenas na Terra, decodificada e novamente convertida em som. Imagens também são transmitidas por este mesmo processo.

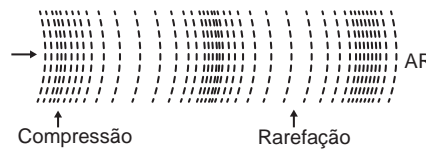
**06 D**

Os pontos da corda (exceto as extremidades presas) vibram perpendicularmente à corda ou à direção de propagação da onda, o que as tornam ondas transversais.



**07 C**

O som propaga-se no ar por meio de compressões e rarefações sucessivas do meio, que ocorrem na mesma direção de propagação da onda sonora, por isso, no ar o som é uma onda longitudinal.



**08 B**

A propagação dos pulsos de luz é possível no vácuo por se tratar de uma onda eletromagnética. Nenhuma das demais características citadas nas outras alternativas garantiria a propagação das ondas no vácuo.

**09 B**

Para analisar a questão você deve lembrar-se que a onda na superfície da água é transversal (tem direção de vibração perpendicular à direção de propagação). Logo, as alternativas A e C não satisfazem essa condição. A seguir lembre-se que a onda não transporta matéria. Dessa forma, a onda passa pelo ponto. Observe que uma crista está prestes a passar pelo ponto P. Logo, o ponto P está subindo.

**10 D**

- I. ERRADA. As ondas na superfície de um lago são bidimensionais.
- II. CORRETA.
- III. CORRETA.
- IV. ERRADA. A onda na corda é mecânica e transversal. A frase não está tratando das ondas sonoras.

### BLOCO 03

**01 C**

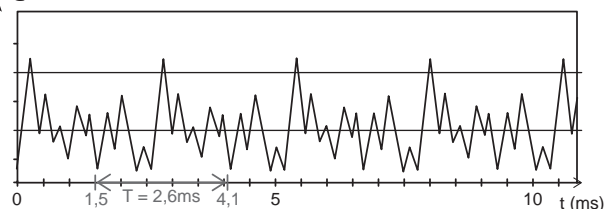
Pela figura I, temos:  $\lambda = 50 \text{ cm} \Rightarrow \lambda = 0,50 \text{ m}$ .

Pela figura II, temos:  $T = 0,50 \text{ s}$ .

Logo:

$$V = \frac{\lambda}{T} \Rightarrow V = \frac{0,50}{0,50} \Rightarrow V = 1 \text{ m/s}$$

**02 C**



Pelo gráfico,  $T = 2,6 \text{ ms} = 2,6 \cdot 10^{-3} \text{ s}$ .

$$f = \frac{1}{T} \Rightarrow f = \frac{1}{2,6 \cdot 10^{-3}} \Rightarrow f \approx 385 \text{ Hz}$$

Pela tabela, a frequência que mais se aproxima do valor calculado é da nota Sol.

03 D

A frequência de queda das gotas aumenta, fazendo com que a frequência da onda na superfície da água aumente. Não existe nenhuma alteração do meio (a profundidade da água não muda rapidamente). Logo, a velocidade de propagação da onda ( $v$ ) não se altera. Sendo assim, com base no que foi dito e pela equação  $V = \lambda \cdot f$ , podemos concluir que o comprimento de onda ( $\lambda = d$ ) diminui.

04 A

Uma vez que o meio de propagação (água) não sofrerá alteração, a velocidade permanecerá a mesma. Com o aumento do ritmo (frequência), o comprimento de onda deve diminuir.

$$V_{\text{constante}} = \lambda \downarrow \cdot f \uparrow$$

05 E

$$\begin{cases} \lambda = 200 \text{ km} \\ v = 800 \text{ km/h} \\ \Delta t_{\text{descida}} = ? \end{cases}$$

$$v = \frac{\lambda}{T} = 800 = \frac{200}{T} \Rightarrow T = \frac{1}{4} \text{ h} \Rightarrow T = 15 \text{ min}$$

O tempo decorrido entre o deslocamento do navio do ponto mais alto até o ponto mais baixo imediatamente posterior corresponde à metade do período da onda:

$$\Delta t_{\text{descida}} = \frac{T}{2} \Rightarrow \Delta t_{\text{descida}} = \frac{15}{2} \Rightarrow \Delta t_{\text{descida}} = 7,5 \text{ min}$$

06 C

No vácuo, todas as radiações eletromagnéticas têm a mesma velocidade ( $3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ ). Da equação fundamental da ondulatória:

$$V_{\text{constante}} = \lambda \downarrow \cdot f \uparrow$$

Essa expressão nos mostra que o comprimento de onda é inversamente proporcional à frequência. Como radiações diferentes possuem diferentes frequências, os comprimentos de onda também são diferentes.

07 B

Para impedir a passagem da onda, o tamanho da malha deve ser menor que o menor comprimento de onda. Admitindo que quanto maior a frequência, menor é o comprimento de onda, temos que  $f_{\text{MÁX}} = 1200 \text{ MHz}$ .

$$v = \lambda_{\text{MÍN}} \cdot f_{\text{MÁX}} \Rightarrow 3 \cdot 10^8 = \lambda_{\text{MÍN}} \cdot 1200 \cdot 10^6 \Rightarrow \lambda_{\text{MÍN}} = 0,25 \text{ m} \Rightarrow \lambda_{\text{MÍN}} = 25 \text{ cm}$$

08 B

Como as ondas por Daniel são produzidas no mesmo local, podemos concluir que as condições de propagação das duas ondas são idênticas. Sendo assim, temos:

$$v_1 = v_2$$

Cada vez que a varinha toca na água teremos a formação de um ciclo. Sendo assim:

$$1 \text{ ciclo} \Rightarrow 5 \text{ segundos} \Rightarrow T_1 = 5 \text{ s}$$

$$1 \text{ ciclo} \Rightarrow 3 \text{ segundos} \Rightarrow T_2 = 3 \text{ s}$$

$$T_2 < T_1$$

Sendo a frequência o inverso do período ( $f = \frac{1}{T}$ ), temos:  $f_2 > f_1$

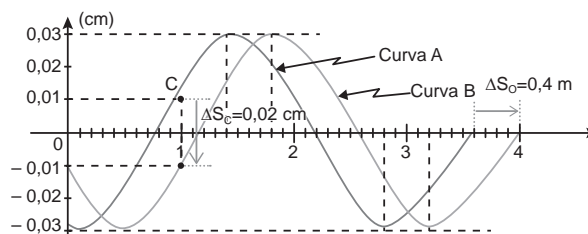
A partir da condição  $v_1 = v_2$  e pela equação  $v = \frac{\lambda}{T}$ , temos:

$$\frac{\lambda_1}{T_1} = \frac{\lambda_2}{T_2} \Rightarrow T_2 < T_1 \Rightarrow \lambda_2 < \lambda_1$$

09 D

$$\begin{cases} \Delta t = 0,10 \text{ s} \\ \Delta t < T \end{cases}$$

A onda em questão é uma onda transversal. Logo, a velocidade de propagação e a velocidade de vibração do ponto são perpendiculares. Como  $\Delta t < T$ , podemos assumir que o deslocamento da onda é menor que o comprimento de onda.



Cálculo da velocidade de propagação da onda:

$$v_0 = \frac{\Delta S_0}{\Delta t} \Rightarrow v_0 = \frac{0,4}{0,1} \Rightarrow v_0 = 4 \text{ m/s}$$

Cálculo da velocidade média do ponto C:

$$v_c = \frac{\Delta S_c}{\Delta t} \Rightarrow v_c = \frac{0,02}{0,1} \Rightarrow v_c = 0,2 \text{ cm/s}$$

10 E

$$\begin{cases} \frac{\lambda}{2} = 20 \text{ cm} \\ 5 \text{ ciclos} \leftrightarrow 40 \text{ s} \end{cases}$$

Pela figura,  $\lambda = 40 \text{ cm}$ .

Cálculo da frequência:

$$\begin{cases} 5 \text{ ciclos} \leftrightarrow 40 \text{ s} \\ f \text{ ciclos} \leftrightarrow 1 \text{ s} \end{cases} \Rightarrow 40 \cdot f = 5 \Rightarrow f = 0,125 \text{ Hz}$$

Cálculo da velocidade:

$$v = \lambda \cdot f \Rightarrow v = 0,4 \cdot 0,125 \Rightarrow v = 0,5 \text{ m/s}$$

Cálculo do período:

$$T = \frac{1}{f} \Rightarrow T = \frac{1}{0,125} \Rightarrow T = 8 \text{ s}$$

Capítulo 03

## Oscilações, Ondas, Óptica e Radiação

### Ondas Eletromagnéticas

## EXERCÍCIOS DE APRENDIZAGEM

### BLOCO 04

01 B

A radiação eletromagnética relacionada ao aquecimento é o infravermelho.

02 A

Dados:

$$\{\lambda_x < \lambda_R\}$$

$$v = \lambda \cdot f \Rightarrow \begin{cases} v_x = v_R = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s} \\ \lambda_x < \lambda_R \Rightarrow f_x > f_R \end{cases}$$

$$E_{\text{fóton}} = h \cdot f \Rightarrow \begin{cases} h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s (const.)} \\ f_x > f_R \Rightarrow E_x > E_R \end{cases}$$

03 B

A energia de um fóton, pela equação de Planck, depende apenas da frequência. Como a frequência de uma onda não é alterada em uma mudança de meio, a energia do fóton da luz no vidro e no vácuo são iguais. Logo, a razão entre as energias será igual a 1.

### BLOCO 05

01 C

O efeito fotoelétrico ocorre quando fótons incidem em uma superfície metálica, retirando elétrons do material.

**02 B**

A retirada de elétrons de uma superfície metálica a partir da energia absorvida do fóton chama-se efeito fotoelétrico. A teoria parte do princípio de que um elétron pode absorver a energia de um fóton (“pacote luminoso”).

**03 D**

Para que um fóton retire um elétron do material é necessário que a energia do fóton seja maior ou igual à função trabalho do material. Entende-se como função trabalho do material a energia gasta para desligar o elétron do material.

## EXERCITANDO HABILIDADES

### BLOCO 02

**01 B**

Na leitura do texto, encontramos que os canais altos de VHF (7 a 13) ocupam faixas de frequência superior à do FM comercial.

**02 A**

As ondas de rádio são eletromagnéticas, e na FM comercial as informações são registradas na onda (modulação) na forma de variações na frequência da onda principal (portadora), daí o nome “frequência modulada”.

## TAREFA DE CASA

### BLOCO 04

**01 B**

Pelo espectro dado, podemos observar que a luz (radiação incidente) tem menor comprimento de onda que o infravermelho (radiação reemitida). Logo, a frequência da luz é maior que do infravermelho.

**02 C**

Dados:

$$\begin{cases} h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s} \\ v = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s} \\ \lambda = 600 \text{ nm} = 600 \cdot 10^{-9} \text{ m} \end{cases}$$

$$\begin{aligned} E_{\text{fóton}} &= h \cdot f \Rightarrow E_{\text{fóton}} = h \cdot \frac{v}{\lambda} \\ v &= \lambda \cdot f \Rightarrow f = v/\lambda \end{aligned}$$

$$\Rightarrow E_{\text{fóton}} = 6,6 \cdot 10^{-34} \cdot \frac{3 \cdot 10^8}{600 \cdot 10^{-9}} \Rightarrow E_{\text{fóton}} = 3,3 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

**03 C**

As partículas fluorescentes que se prendem ao tecido absorvem a radiação ultravioleta emitida pelo sol, o que promove a excitação dos elétrons do material fluorescente. Os elétrons ao perderem a excitação liberam fótons luminosos. Logo, além da roupa branca refletir a luz branca, temos a emissão de luz branca pela absorção de ultravioleta.

**04 C**

O texto afirma que uma das formas de se empregar as ondas THz é para ver através de paredes, logo, essas ondas devem conseguir atravessar o material com certa facilidade.

**05 D**

Analisando individualmente cada uma:

A) INCORRETA – Pela equação fundamental da ondulatória

$$v = \lambda \cdot f \Rightarrow 3 \cdot 10^8 = 10^{-8} \cdot f \Rightarrow f = 3 \cdot 10^{16} \text{ Hz}$$

B) INCORRETA – As ondas sonoras são ondas mecânicas e não eletromagnéticas.

C) INCORRETA – As ondas são manifestações que possuem velocidades específicas para cada meio de propagação.

D) CORRETA.

E) INCORRETA – Pela equação fundamental da ondulatória, a frequência e o comprimento de onda são INVERSAMENTE proporcionais e não diretamente.

$$v_{\text{constante}} = \lambda \downarrow \cdot f \uparrow$$

**06 B**

Pela tabela, os comprimentos de onda das radiações infravermelho, da luz visível e dos raios ultravioleta UV-A são maiores que  $3,1 \cdot 10^{-7} \text{ m}$  (310 nm). Pelo desenho, verificamos que o UV mais potente, maior frequência (UV-C), só penetra até a termosfera e, por isso, os protetores solares devem nos proteger principalmente do UV-A e do UV-B.

**07 D**

As reações de amadurecimento da banana produzem substâncias fluorescentes, que as fazem brilhar na presença de ultravioleta.

**08 A**

São consideradas ionizantes as radiações com frequências superiores às visíveis (ultravioleta, raios X e raios gama), bem como feixes de partículas alfa e beta. Estas radiações são capazes de arrancar elétrons das espécies químicas, provocando sua ionização. Ao ser irradiado, o alimento não entra em contato com a fonte radioativa, não ficando contaminado. Além dos usos citados, também há outros, como a geração de energia elétrica em centrais nucleares, marcadores radioativos para exames na medicina e para a pesquisa de remédios.

**09 B**

$$\begin{cases} f_{\text{vermelha}} < f_{\text{verde}} \\ \text{No ar} \rightarrow v_{\text{vermelha}} = v_{\text{verde}} = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s} \end{cases}$$

$$v_{\text{constante}} = \lambda \downarrow \cdot f \uparrow \Rightarrow \lambda_{\text{vermelha}} > \lambda_{\text{verde}}$$

$$E_{\text{fóton}} \uparrow = h \cdot f \uparrow \Rightarrow \begin{cases} h \rightarrow \text{constante} \\ f_{\text{vermelha}} < f_{\text{verde}} \\ E_{\text{vermelha}} < E_{\text{verde}} \end{cases}$$

**10 C**

$$\begin{cases} h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s} \\ v = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s} \\ \lambda = 1,5 \cdot 10^{-11} \text{ m} \end{cases}$$

$$\begin{aligned} E_{\text{fóton}} &= h \cdot f \\ v &= \lambda \cdot f \Rightarrow f = v/\lambda \end{aligned} \Rightarrow E_{\text{fóton}} = h \cdot \frac{v}{\lambda}$$

$$\Rightarrow E_{\text{fóton}} = 6,6 \cdot 10^{-34} \cdot \frac{3 \cdot 10^8}{1,5 \cdot 10^{-11}} \Rightarrow E_{\text{fóton}} = 1,32 \cdot 10^{-14} \text{ J}$$

### BLOCO 05

**01 C**

Pela Equação de Einstein para o Efeito Fotoelétrico ( $E_{C_{\text{Máx}}} = h \cdot f - W$ ),

$$\text{temos: } E_{C_{\text{Máx}}} > 0 \Rightarrow h \cdot f > W \Rightarrow f > \frac{W}{h}$$

Logo, podemos afirmar que  $f > \frac{W}{h}$  é a condição para que ocorra o efeito fotoelétrico.

**02 C**

$$\begin{cases} h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s} \\ 1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J} \\ W = 2,3 \text{ eV} \\ f = 1,00 \cdot 10^{15} \text{ Hz} \\ E_{C_{\text{Máx}}} = ? \end{cases}$$

Primeiro, vamos corrigir as unidades. Vamos colocar o W em joule:

$$\left. \begin{array}{l} 1\text{eV} \rightarrow 1,6 \cdot 10^{-19}\text{ J} \\ 2,3\text{eV} \rightarrow W \end{array} \right\} \Rightarrow W = 2,3 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \Rightarrow W = 3,68 \cdot 10^{-19}\text{ J}$$

Pela equação de Einstein para o efeito fotoelétrico, temos:

$$\begin{aligned} E_{c_{\text{Máx}}} &= h \cdot f - W \Rightarrow E_{c_{\text{Máx}}} = 6,63 \cdot 10^{-34} \cdot 1 \cdot 10^{15} - 3,68 \cdot 10^{-19} \Rightarrow \\ &\Rightarrow E_{c_{\text{Máx}}} = 6,63 \cdot 10^{-19} - 3,68 \cdot 10^{-19} \Rightarrow \\ &\Rightarrow E_{c_{\text{Máx}}} = (6,63 - 3,68) \cdot 10^{-19} \Rightarrow E_{c_{\text{Máx}}} = 2,95 \cdot 10^{-19}\text{ J} \end{aligned}$$

03 D

O efeito fotoelétrico consiste na retirada de elétrons de um determinado material, através da energia de fótons.

04 A

Pela equação do Efeito Fotoelétrico de Einstein ( $E_{c_{\text{Máx}}} = h \cdot f - W$ ), para que ocorra o efeito fotoelétrico é necessário que  $E_{c_{\text{Máx}}} > 0$ . Logo:

$$h \cdot f - W > 0 \Rightarrow h \cdot f > W \Rightarrow f > \frac{W}{h}$$

Pela equação, podemos concluir que a emissão de elétrons depende da frequência da radiação incidente.

05 E

Painéis fotovoltaicos são compostos por células fotoelétricas que, por efeito fotoelétrico, convertem energia luminosa em energia elétrica.

06 A

Dentre todas as cidades citadas, Natal é a mais próxima da linha do Equador e, por isso, recebe os raios solares com inclinações menores durante a maior parte do ano.

07 C

O cloreto de prata é incolor, mas a prata metálica é opaca, barrando a passagem da luz. Quanto mais ultravioleta, mais cloreto de prata é decomposto, liberando mais prata metálica e escurecendo mais a lente.

08 D

O enunciado exige menor impacto ambiental. Já que a incidência solar na região é alta, a melhor forma para obtenção de energia é a fotovoltaica.

09 A

A alternativa A, no texto, mostra que os protetores absorvem UV, mas como conseguimos nos bronzear, significa que eles só absorvem as UVBs. Os infravermelhos não são afetados, pois se os protetores absorvessem essa radiação, não sentiríamos o calor quando os usássemos.

10 D

- I. CORRETA: O funcionamento das lentes (refração) e dos espelhos (reflexão) é explicado com base na teoria ondulatória da radiação eletromagnética.
- II. ERRADA: a transformação de energia solar em elétrica é explicada pelo efeito fotoelétrico, que tem como base o modelo corpuscular da radiação eletromagnética.
- III. ERRADA: Pela equação do Efeito Fotoelétrico de Einstein ( $E_{c_{\text{Máx}}} = h \cdot f - W$ ), para que ocorra o efeito fotoelétrico é necessário que  $E_{c_{\text{Máx}}} > 0$ . Logo:  $h \cdot f - W > 0 \Rightarrow h \cdot f > W \Rightarrow f > \frac{W}{h}$   
Pela equação, podemos concluir que a emissão de elétrons depende da frequência da radiação incidente.
- IV. CORRETA: Pela equação do Efeito Fotoelétrico de Einstein ( $E_{c_{\text{Máx}}} = h \cdot f - W$ ), temos: Maior  $f \Rightarrow$  Maior  $E_{c_{\text{Máx}}}$

Capítulo  
04

Oscilações, Ondas,  
Óptica e Radiação

Fenômenos Ondulatórios: Reflexão

## EXERCÍCIOS DE APRENDIZAGEM

### BLOCO 06

01 C

Em uma reflexão, a onda não muda de meio, logo, a velocidade de propagação não se altera. Não existe alteração na fonte das ondas. Logo, a frequência não se altera. Dessa forma, o comprimento de onda também não se altera.

02 E

O primeiro passo para a resolução da questão é avaliar, através da figura, a distância percorrida pela onda no intervalo de tempo considerado ( $\Delta t = 1,5\text{ s}$ ). Pela figura da onda incidente, podemos observar que a onda deve percorrer uma distância de 6 m para iniciar a reflexão. Pela figura da onda refletida, podemos observar que a onda percorreu uma distância de 12 m. Dessa forma, a distância percorrida total é de 18 m. Logo:

$$V = \frac{\Delta s}{\Delta t} \Rightarrow V = \frac{18}{1,5} \Rightarrow V = 12\text{ m/s}$$

03 C

Pelo texto, podemos concluir que o tempo de eco será igual ao intervalo de tempo entre duas palmas.

Cálculo do intervalo de tempo entre duas palmas:

$$\left. \begin{array}{l} 30\text{ palmas} \rightarrow 60\text{ s} \\ 1\text{ palma} \rightarrow \Delta t \end{array} \right\} \Rightarrow 30 \cdot \Delta t = 60 \Rightarrow \Delta t = 2\text{ s}$$

$$t_{\text{eco}} = \Delta t = 2\text{ s}$$

$$V = \frac{\Delta s}{\Delta t} \Rightarrow V = \frac{2 \cdot d}{t_{\text{eco}}} \Rightarrow 330 = \frac{2 \cdot d}{2} \Rightarrow d = 330\text{ m}$$

### BLOCO 07

01 A

A bandeira será iluminada com luz monocromática amarela. Logo:

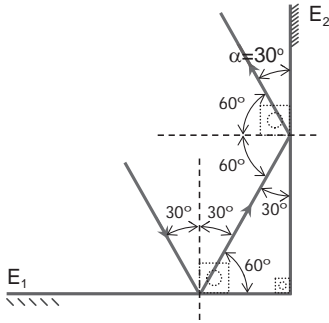
- A parte I é branca. A superfície branca reflete todas as cores. Logo, a luz amarela incidente será refletida e essa parte será vista na cor amarela.
- A parte II é azul. A superfície azul absorve a luz amarela. Logo, o olho do observador não receberá luz dessa parte e veremos essa parte na cor preta (ausência de luz).
- A parte III é amarela. A superfície amarela reflete a luz amarela. Logo, essa parte será vista na cor amarela.
- A parte IV é verde. A superfície verde absorve a luz amarela. Logo, o olho do observador não receberá luz dessa parte e verá essa parte na cor preta (ausência de luz).

02 A

A partir do texto, podemos concluir que a camiseta é verde. Quando esta camiseta é iluminada com luz azul, esta luz será absorvida. Logo, o olho do observador não receberá luz e verá essa parte na cor preta. Ainda pelo enunciado, podemos concluir que a palavra PUCPR é azul. Quando a palavra é iluminada com luz azul, esta luz será refletida. Logo, o olho do observador verá essa parte na cor azul.

03 A

Para a resolução dessa questão, devemos lembrar que o ângulo de incidência deve ser medido em relação à normal e que o ângulo de incidência é igual ao ângulo de reflexão.



## EXERCITANDO HABILIDADES

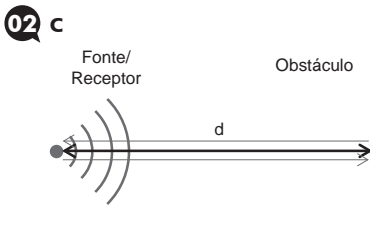
### BLOCO 03

- 01 B** Substância B. Essa é a substância que apresenta a maior absorbância para comprimentos de onda menores que 400nm (raios ultravioleta).
- 02 C** O protetor solar deve refletir e/ou absorver a radiação eletromagnética.

## TAREFA DE CASA

### BLOCO 06

- 01 C** Quando a crista chega a parede, como a corda está fixa, a crista puxa a parede para cima (ação). A parede não se desloca devido a sua grande inércia. A parede, então, reage (reação), puxando a corda para baixo. Como a inércia da corda é pequena, esta aceita ser puxada para baixo, fazendo a crista se transformar em um vale.



Dados:

$$\begin{cases} t_{\text{eco}} = 2 \text{ ms} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ s} \\ V = 300000 \text{ km/s} \\ d = ? \end{cases}$$

$$V = \frac{\Delta S}{\Delta t} \Rightarrow 300000 = \frac{2 \cdot d}{2 \cdot 10^{-3}} \Rightarrow d = 300 \text{ km}$$

- 03 B**
- I. Repetição do som  $\rightarrow$  eco;
  - II. Prolongamento do som  $\rightarrow$  reverberação;
  - III. Aumento da intensidade do som  $\rightarrow$  reforço.

- 04 D** Como se trata de eco, a onda sonora percorre duas vezes a distância (D) a ser determinada no intervalo de tempo ( $\Delta t$ ) entre a emissão e a recepção. Sendo V a velocidade de propagação do som no tecido, vem:

$$V = \frac{\Delta S}{\Delta t} \Rightarrow V = \frac{2 \cdot D}{\Delta t} \Rightarrow D = \frac{V \cdot \Delta t}{2}$$

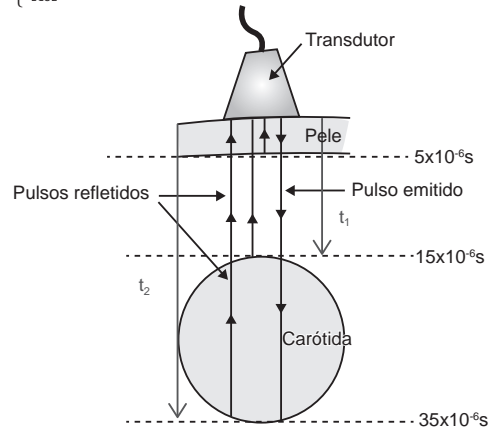
Portanto, as variáveis envolvidas na determinação de distâncias com a técnica da ultrassonografia são a velocidade de propagação e o tempo.

- 05 A** Ao favorecer a absorção dos sons que as atingem, as forrações diminuem muito a quantidade de ondas sonoras refletidas percorrendo o ambiente, reduzindo a poluição sonora.

- 06 B**
- $$\begin{cases} t_{\text{eco}} = 0,2 \text{ s} \\ V_{\text{som}} = 1500 \text{ m/s} \\ h = ? \text{ (profundidade)} \end{cases}$$

$$V = \frac{\Delta S}{\Delta t} \Rightarrow 1500 = \frac{2 \cdot h}{0,2} \Rightarrow h = 150 \text{ m}$$

- 07 B**
- $$\begin{cases} V = 1,5 \cdot 10^5 \text{ cm/s} \\ t_{\text{ECO1}} = 15 \cdot 10^{-6} \text{ s} \\ t_{\text{ECO2}} = 35 \cdot 10^{-6} \text{ s} \end{cases}$$



Tempo para onda chegar na parede superior da carótida:

$$t_1 = \frac{15 \cdot 10^{-6}}{2} \Rightarrow t_1 = 7,5 \cdot 10^{-6} \text{ s}$$

Tempo para onda chegar na parede inferior da carótida:

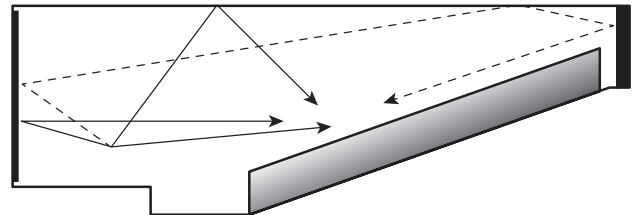
$$t_2 = \frac{35 \cdot 10^{-6}}{2} \Rightarrow t_2 = 17,5 \cdot 10^{-6} \text{ s}$$

Tempo gasto pela onda para atravessar a carótida:

$$\Delta t = t_2 - t_1 = 17,5 \cdot 10^{-6} - 7,5 \cdot 10^{-6} \Rightarrow \Delta t = 10 \cdot 10^{-6} \text{ s}$$

$$V = \frac{\Delta S}{\Delta t} \Rightarrow 1,5 \cdot 10^5 = \frac{D}{10 \cdot 10^{-6}} \Rightarrow D = 1,5 \text{ cm}$$

- 08 A** Observe o desenho:



Os sons vindos do palco, bem como os refletidos pelo teto, percorrem distâncias que diferem pouco entre si, e chegam à plateia com pequena diferença de tempo, produzindo reforços e melhorando a audição; já os do fundo da sala, percorreriam uma distância muito maior, chegando muito atrasados e produzindo ecos desagradáveis.

- 09 D** Para começar a análise dessa questão, você deve observar que a questão não contextualiza o local onde ocorreu o relâmpago. Logo, não podemos falar de reflexões em objetos. O que de fato ocorre é que um relâmpago tem quilômetros de extensão, logo, em toda a

sua extensão ocorre a expansão do ar e a produção do som. Dessa forma, temos uma fonte sonora extensa e recebemos sons de diferentes partes em momentos diferentes.

10 A

O tempo de eco para a vértebra é o tempo de ida e volta do sinal de ultrassom.

$$V = \frac{\Delta S}{\Delta t} \Rightarrow 1540 = \frac{2 \cdot (0,02 + 0,03 + 0,02)}{t_{\text{eco}}} \Rightarrow t_{\text{eco}} = \frac{0,14}{1540} \Rightarrow t_{\text{eco}} = 9,1 \cdot 10^{-5} \text{ s}$$

### BLOCO 07

01 A

Pelo gráfico da absorção, podemos observar que as luzes de cores violeta, azul e vermelha são mais absorvidas. A absorção da luz verde é quase nula. Logo, a luz verde será muito refletida.

02 C

- I. ERRADA – Um objeto branco, iluminado com luz verde, reflete a luz verde.
- II. CORRETA – Lembre-se que a luz branca é a superposição de todas as cores. Logo, o corpo vermelho reflete a luz vermelha e absorve as demais cores.
- III. CORRETA.
- IV. ERRADA – Um objeto transparente azul, quando iluminado com luz branca, reflete e refrata a luz azul, absorvendo as demais cores.

03 C

A cor que vemos é refletida pelas folhas, portanto não é usada para fotossíntese.

04 D

Na retina humana há os cones, sensíveis à frequência e responsáveis pelo processamento da cor, e os bastonetes, sensíveis à intensidade e, por isso, responsáveis pelo processamento de forma, luz e sombra, contraste. Sem as informações dos cones, a imagem é vista em tons de cinza, indo do branco até o preto total.

05 A

Devemos lembrar que o ângulo de incidência deve ser igual ao de reflexão; o desenho correto deve obedecer a esta lei.

06 A

A cor que vemos foi refletida, as demais foram absorvidas pelo objeto.

07 A

A resolução deste problema está diretamente ligada à compreensão do conceito de albedo, explicado em linhas gerais no enunciado. A figura apresenta alguns valores de albedo de materiais urbanos, sendo possível discernir quais seriam os mais adequados para minimizar o desconforto térmico dos grandes centros urbanos, ou seja, aqueles que apresentariam o maior albedo.

- A) CORRETA – Conforme análise da figura, esses telhados oferecem o maior albedo.
- B) INCORRETA – O concreto possui um albedo maior que o do asfalto, portanto a proposta só faria diminuir o albedo e aumentar ainda mais o desconforto térmico.
- C) INCORRETA – Áreas verdes têm albedo baixo, ao contrário do que diz a alternativa; mas não favorecem o desconforto térmico, uma vez que proporcionam também umidade na atmosfera próxima, o que contribui para diminuir a sensação de calor de quem está por perto.
- D) INCORRETA – A pintura colorida é menos eficiente para refletir a luz do que a branca, logo, a proposta faz diminuir o albedo, em vez de aumentá-lo.
- E) INCORRETA – Esta alternativa nem sequer afeta o albedo dos grandes centros urbanos, pois não propõe nenhuma modificação nos materiais usados nas edificações.

08 D

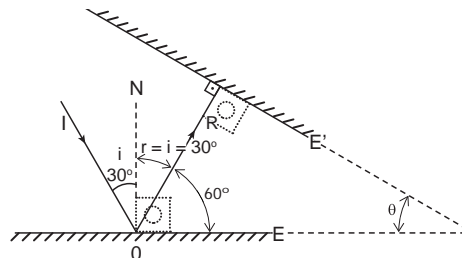
O lado de fora, por estar mais iluminado, reflete mais luz e ofusca a imagem que vem de dentro do ambiente, por isso só vemos reflexo do lado de fora. Do lado de dentro, há menos luz para ser refletida e o reflexo fica ofuscado pela luz intensa que vem de fora, possibilitando vermos o que está fora.

09 C

O enunciado da questão exclui qualquer possibilidade de reflexão difusa (que espalha a luz). O raio refletido no espelho, ao obedecer a lei da reflexão, não será direcionado para o olho. Logo, nada será visto.

10 B

Observe a figura:



$$60^\circ + 90^\circ + \theta = 180^\circ \Rightarrow \theta = 30^\circ$$

## DE OLHO NA REVISÃO

01 B

$$\left. \begin{array}{l} m_1 = m \\ L_1 = L \end{array} \right\} \Rightarrow T_1 = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{L_1}{g}} \Rightarrow T_1 = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{L}{g}}$$

$$\left. \begin{array}{l} m_2 = 2 \cdot m \\ L_2 = L \end{array} \right\} \Rightarrow T_2 = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{L_2}{g}} \Rightarrow T_2 = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{L}{g}}$$

$$\left. \begin{array}{l} m_3 = 2 \cdot m \\ L_3 = L \end{array} \right\} \Rightarrow T_3 = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{L_3}{g}} \Rightarrow T_3 = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot L}{g}}$$

$$T_3 > T_2 = T_1$$

02 E

- I. ERRADA – A onda do mar transporta energia mecânica.
- II. CORRETA.
- III. ERRADA – Se toda energia da onda do mar fosse absorvida pelo surfista, a onda deixaria de existir.
- IV. ERRADA – Pela equação de energia cinética ( $E_c = \frac{m \cdot v^2}{2}$ ), podemos concluir que, se dobrarmos a velocidade, a energia quadruplicará.
- V. CORRETA.
- VI. CORRETA.

03 A

1. Eu sou a mosca que pousou em sua sopa. Para a mosca pousar na sopa, é necessário que ela não afunde. Para isso ocorrer, as moléculas de água da sopa devem ter uma ligação entre elas (tensão superficial), alternativa d.
2. Eu sou a mosca no seu quarto a zum-zum-zumbizar. O voo da mosca gera ondas sonoras (mecânicas). "Zum-zum-zumbizar" está associado com a propagação destas ondas, alternativa a.
3. Água mole em pedra dura tanto bate até que fura. Escoamento de um fluido devido à ação do campo gravitacional, alternativa c.
4. Olha do outro lado agora eu tô sempre junto de você. Associação do olho humano com um instrumento óptico, alternativa b.

04 B

$$\left\{ \begin{array}{l} \lambda = 2 \text{ m} \\ T = 2 \text{ s} \end{array} \right. \\ v = \frac{\lambda}{T} \Rightarrow v = \frac{2}{2} \Rightarrow v = 1 \text{ m/s}$$

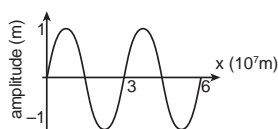
**05 B**Dado:  $\{V = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ 

Gráfico I

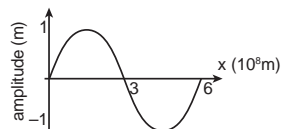


Gráfico II

Pelo Gráfico I, temos:  $\lambda = 3 \cdot 10^7 \text{ m}$ .

Pela equação fundamental da ondulatória, temos:

$$V = \lambda \cdot f \Rightarrow 3 \cdot 10^8 = 3 \cdot 10^7 \cdot f \Rightarrow f = 10 \text{ Hz}$$

Pelo Gráfico II, temos:  $\lambda = 6 \cdot 10^8 \text{ m}$ .

Pela equação fundamental da ondulatória, temos:

$$V = \lambda \cdot f \Rightarrow 3 \cdot 10^8 = 6 \cdot 10^8 \cdot f \Rightarrow f = 0,5 \text{ Hz}$$

Logo, as frequências obtidas pelos gráficos ficam dentro das faixas das ondas  $\alpha$  e  $\delta$ .**06 D**

Pelo gráfico, vemos que o período do batimento desse atleta é 0,5 s.

Como a frequência é o inverso do período, vem:

$$f = \frac{1}{T} \Rightarrow f = \frac{1}{0,5} \Rightarrow f = 2 \text{ Hz}$$

Logo, são 2 batimentos por segundo ou 120 batimentos por minuto.

**07 C**

Existem dois tipos de protetor solar: o protetor físico, que reflete a radiação para que nossa pele não a absorva, e o protetor químico, que absorve a radiação para que nossa pele não a absorva.

**08 E**

A alternativa incorreta é a E, pois se aumentarmos a função trabalho do material que constitui a placa, o elétron perde mais energia ao se desligar do material, saindo com menor energia.

**09 C**

A concha acústica tem como objetivo redirecionar o som que se espalharia em todas as direções para o público, através da reflexão.

**10 B**A única figura que mostra o raio refletido obedecendo a lei da reflexão ( $i = r$ ) é a da alternativa B. Observe também que para existir a formação de imagem, a luz deve refletir apenas nas superfícies espelhadas.

# Resoluções de Exercícios

## FÍSICA IV

Capítulo  
01

Fenômenos Elétricos  
Introdução à Eletrostática

### EXERCÍCIOS DE APRENDIZAGEM

#### BLOCO 01

01 C

- Correta.
- Errada. Garfield, ao esfregar suas patas no tapete, faz uma eletrização por atrito.
- Correta.

02 D

Como a nuvem está positiva, temos a atração de elétrons livres do solo e do para-raios. Logo, teremos um movimento de elétrons do solo para a nuvem através do para-raios.

#### BLOCO 02

01 E

O atrito entre o canudinho e a lã promove uma troca de elétrons entre eles, fazendo com que os dois se eletrizem com cargas de sinais opostos. Quando aproximamos o canudinho eletrizado da parede neutra, teremos uma atração entre eles. Como a parede e o canudinho são isolantes elétricos, não existirá troca de elétrons entre eles.

02 A

Na situação I, existe uma força de atração entre a esfera eletrizada e a esfera neutra devido ao processo de indução. Com o contato da situação II, as esferas passam a ter o mesmo sinal. Na situação III, como as esferas apresentam o mesmo sinal, existe uma força de repulsão entre elas.

03 D

Dados:  
⇒ Esferas idênticas.  
⇒  $Q_x = 0$ ;  $Q_y = +Q$  e  $Q_z = -Q$ .  
⇒ Contato entre X e Y:

$$Q_x' = Q_y' = \frac{0 + Q}{2} \Rightarrow Q_x' = Q_y' = +\frac{Q}{2}$$

⇒ Contato entre X e Z:

$$Q_x'' = Q_z' = \frac{\frac{Q}{2} + (-Q)}{2} \Rightarrow Q_x'' = Q_z' = \frac{Q - 2Q}{2} \Rightarrow$$

$$Q_x'' = Q_z' = \frac{-Q}{2} \Rightarrow Q_x'' = Q_z' = -\frac{Q}{2} \cdot \frac{1}{2} \Rightarrow$$

$$Q_x'' = Q_z' = -\frac{Q}{4}$$

### EXERCITANDO HABILIDADES

#### BLOCO 01

01 A

Houve eletrização por atrito entre os cabelos da aluna e o pente. Desta forma, o pente (carregado) atrai os pedaços de papel (provavelmente neutros).

02 B

A bexiga é de material isolante. O excesso de cargas fica retido na região atritada. Esse excesso de cargas induz cargas de sinais opostos na superfície da parede, acarretando a atração.

### TAREFA DE CASA

#### BLOCO 01

01 B

Dados:  $\begin{cases} Q = +4,0 \cdot 10^{-15} \text{ C} \\ e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C} \end{cases}$

Já que a carga é "positiva", a partícula "perdeu elétrons". Para descobrirmos qual é a quantidade de elétrons perdidos, utilizaremos:

$$Q = n \cdot e \Rightarrow 4 \cdot 10^{-15} = n \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \Rightarrow n = \frac{4 \cdot 10^{-15}}{1,6 \cdot 10^{-19}}$$

$$\Rightarrow n = 2,5 \cdot 10^4 \text{ prótons em excesso}$$

$$\Rightarrow n = 2,5 \cdot 10^4 \text{ elétrons perdidos}$$

02 C

Dados:  $\begin{cases} Q = 7,2 \cdot 10^{-19} \text{ C} \\ e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C} \end{cases}$

Já que a carga é "positiva", a partícula "perdeu elétrons". Para descobrirmos qual é a quantidade de elétrons perdidos, utilizaremos:

$$Q = n \cdot e \Rightarrow 7,2 \cdot 10^{-19} = n \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}$$

$$\Rightarrow n = \frac{7,2 \cdot 10^{-19}}{1,6 \cdot 10^{-19}} \Rightarrow n = 4,5 \text{ elétrons}$$

Esta quantidade de elétrons não é verdadeira, uma vez que a quantidade de partículas elementares é indivisível. Desta forma, a medida está errada e não merece nossa confiança.

03 B

Dados:  $\begin{cases} Q = -580000 \text{ C} = 5,8 \cdot 10^5 \text{ C} \\ e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C} \end{cases}$

Já que a carga total da Terra foi informada, teremos:

$$Q = -n \cdot e \Rightarrow -5,8 \cdot 10^5 = -n \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}$$

$$\Rightarrow n = \frac{5,8 \cdot 10^5}{1,6 \cdot 10^{-19}} \Rightarrow n = 3,625 \cdot 10^{24} \text{ elétrons em excesso.}$$

04 E

O íon mostrado ganhou 3 elétrons. Dessa forma, o íon apresenta 3 elétrons em excesso, portanto:

$$Q = -n \cdot e \Rightarrow Q = -3 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}$$

$$\Rightarrow Q = -4,8 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

05 D

No trecho "ter feito a experiência de esfregar a ponta de uma caneta num tecido", há a sinalização de atrito entre dois corpos. Nesse processo, um corpo cede elétrons para o outro: quem cedeu fica positivo e quem recebeu, negativo. Dessa forma, ao final do processo, os corpos adquirem cargas de sinais diferentes.

06 E

No trecho "o acidente ocorreu quando uma pessoa ainda não identificada disparou um foguete contendo serpentina laminada em direção aos fios de energia elétrica", a serpentina laminada é feita de metal, que facilita o choque, por se tratar de material condutor de eletricidade.

07 C

O pente está carregado porque foi atritado pelo cabelo, adquirindo carga elétrica. O papel não está carregado, pois não participou da eletrização.

08 B

O pente, ao ser "passado no cabelo", entra em atrito com o mesmo, eletrizando-o. Os cabelos eletrizados com carga de mesmo sinal se repelem, promovendo o "frizz".

09 E

De acordo com o princípio da conservação das cargas elétricas, a carga total de um sistema de cargas é constante, isto é, a carga total do pión será mantida antes e após a desintegração. Se a carga total antes era +e, a carga total após será +e, e como o múon já é declarado com carga +e, o neutrino terá carga nula.

10 A

Dado: D possui carga negativa.  
C e D se repelem: C possui carga negativa.  
A e C se atraem: A possui carga positiva ou neutra.  
A e B se repelem: B possui carga positiva.

## BLOCO 02

01 B

A esfera E foi repelida pela esfera Y. Isso garante que elas estão eletrizadas com cargas de mesmo sinal. Entre as esferas X e E tivemos uma força de atração. Como já sabemos que a esfera E está eletrizada, a esfera X pode estar eletrizada com carga de sinal oposto à carga de E ou a esfera X pode estar neutra.

02 B

$$\text{Condição inicial: } \begin{cases} Q_A = -2 \cdot Q \\ Q_B = +4 \cdot Q \\ Q_C = +3 \cdot Q \\ Q_D = +6 \cdot Q \end{cases}$$

Quando dois corpos idênticos entram em contato, a somatória das cargas elétricas dos corpos antes do contato será dividida em partes iguais entre eles.

Primeiro contato: A com B.

$$Q_A' = Q_B' = \frac{Q_A + Q_B}{2} \Rightarrow Q_A' = Q_B' = \frac{-2 \cdot Q + 4 \cdot Q}{2} \Rightarrow$$

$$Q_A' = Q_B' = +Q$$

Segundo contato: A com C:

$$Q_A'' = Q_C' = \frac{Q_A' + Q_C}{2} \Rightarrow Q_A'' = Q_C' = \frac{Q + 3 \cdot Q}{2} \Rightarrow$$

$$Q_A'' = Q_C' = +2 \cdot Q$$

Terceiro contato: A com D:

$$Q_A''' = Q_D' = \frac{Q_A'' + Q_D}{2} \Rightarrow Q_A''' = Q_D' = \frac{2 \cdot Q + 6 \cdot Q}{2} \Rightarrow$$

$$Q_A''' = Q_D' = +4 \cdot Q$$

Sendo assim, a carga final da esfera A será 4.Q.

03 A

Em qualquer processo de eletrização, o resultado final será um desequilíbrio entre o número de elétrons e o número de prótons.

04 D

Quando aproximamos um corpo eletrizado de um corpo condutor neutro ocorre o fenômeno de indução eletrostática. Para que o corpo neutro fique eletrizado, este deve ser ligado a um outro corpo condutor para que ocorra troca de elétrons.

05 C

A nuvem positiva atrai elétrons livres da Terra para o para-raio pelo processo de indução eletrostática.

06 C

- A) Errada. Corpos com carga de mesmo sinal se repelem. Corpos com cargas de sinais opostos se atraem.
- B) Errada. Na eletrização por atrito, os corpos ficam eletrizados com cargas de sinais opostos.
- C) Correta. O indutor e o induzido sempre terão sinais opostos.
- D) Errada. Na eletrização por contato, os corpos se eletrizam com cargas de mesmo sinal.
- E) Errada. Corpos isolantes podem ser eletrizados por atrito.

07 B

O atrito entre a roupa e o corpo faz com que ambos se eletrizem com cargas de sinais opostos. Quando encostamos nosso corpo (considerado um condutor de eletricidade) em um corpo metálico (também condutor de eletricidade), ocorre a transferência de elétrons entre o nosso corpo e o corpo metálico.

08 A

O atrito entre o corpo da aluna e outros objetos faz com que o corpo fique eletrizado e o contato entre seu corpo e outros objetos condutores elétricos proporciona o choque. Essa situação é mais percebida em locais de clima muito seco, pois nessa condição o ar isolante não "descarrega" o nosso corpo.

09 D

Todas as afirmativas são verdadeiras, exceto a II, pois o processo de eletrização não é indução, mas sim, contato.

10 C

As figuras ilustram a situação descrita.



Figura 1

Figura 2

Na Figura 1, devido à presença do bastão, ocorre a polarização de cargas nas esferas. A Figura 2 mostra as esferas com cargas de mesmo módulo e sinais opostos.

Capítulo  
02

## Fenômenos Elétricos

### Força Elétrica

## EXERCÍCIOS DE APRENDIZAGEM

### BLOCO 03

01 A

$$\text{Dados: } \begin{cases} Q_A = 8 \mu\text{C} = 8 \cdot 10^{-6} \text{ C} \\ Q_B = 2 \mu\text{C} = 2 \cdot 10^{-6} \text{ C} \\ d = 20 \text{ cm} = 20 \cdot 10^{-2} \text{ m} = 2 \cdot 10^{-1} \text{ m} \\ k = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2} \\ F = ? \end{cases}$$

$$F_{AB} = F_{BA} = \frac{k \cdot |Q_A| \cdot |Q_B|}{d_{AB}^2} \Rightarrow F_{AB} = F_{BA} = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 8 \cdot 10^{-6} \cdot 2 \cdot 10^{-6}}{(2 \cdot 10^{-1})^2} \Rightarrow$$

$$F_{AB} = F_{BA} = \frac{9 \cdot 8 \cdot 2 \cdot 10^{-3}}{4 \cdot 10^{-2}} \Rightarrow F_{AB} = F_{BA} = 3,6N$$

02 C

As forças elétricas entre dois corpos eletrizados formam um par ação e reação. Dessa forma, possuem mesmo módulo, mesma direção e sentidos opostos.

## TAREFA DE CASA

### BLOCO 03

01 D

Dados:

$$\begin{cases} \text{Força de atração} \\ F = 4 \cdot 10^{-2} \text{ N} \\ d = 3 \cdot 10^{-2} \text{ m} \\ Q_1 = 2 \cdot 10^{-8} \text{ C} \\ k = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2} \\ Q_2 = ? \end{cases}$$

Pela Lei de Coulomb, temos:

$$F_{12} = F_{21} = \frac{k \cdot |Q_1| \cdot |Q_2|}{d_{12}^2} \Rightarrow 4 \cdot 10^{-2} = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 2 \cdot 10^{-8} \cdot |Q_2|}{(3 \cdot 10^{-2})^2} \Rightarrow$$

$$4 \cdot 10^{-2} = \frac{9 \cdot 2 \cdot 10^1 \cdot |Q_2|}{9 \cdot 10^{-4}} \Rightarrow |Q_2| = \frac{4 \cdot 10^{-2} \cdot 10^{-4}}{2 \cdot 10^1} \Rightarrow$$

$$|Q_2| = 2 \cdot 10^{-7} \text{ C}$$

Para que a força seja de atração, os corpos devem estar eletrizados com cargas de sinais opostos. Logo, se  $Q_1$  é positivo  $Q_2$  será negativo.

$$Q_2 = -2 \cdot 10^{-7} \text{ C} \Rightarrow$$

02 D

Situação 1:

$$\begin{cases} Q_A = +Q \\ Q_B = -q \\ d_{AB} = d \\ F_{AB} = F \end{cases}$$

Situação 2:

$$\begin{cases} Q_A' = +4 \cdot Q \\ Q_B' = +3 \cdot q \\ d_{AB}' = 2 \cdot d \\ F_{AB}' = ? \end{cases}$$

Aplicando a Lei de Coulomb para a situação 1, temos:

$$F_{AB} = \frac{k \cdot |Q_A| \cdot |Q_B|}{d_{AB}^2} \Rightarrow F_{AB} = \frac{k \cdot Q \cdot q}{d^2} = F$$

Observe que, na situação 1, os corpos possuem cargas de sinais opostos. Logo, a força é de atração.

Aplicando a Lei de Coulomb para a situação 2, temos:

$$F_{AB}' = \frac{k \cdot |Q_A'| \cdot |Q_B'|}{(d_{AB}')^2} \Rightarrow F_{AB}' = \frac{k \cdot 4 \cdot Q \cdot 3 \cdot q}{(2 \cdot d)^2}$$

$$\Rightarrow F_{AB}' = \frac{k \cdot 4 \cdot Q \cdot 3 \cdot q}{4 \cdot d^2} \Rightarrow F_{AB}' = 3 \cdot \frac{k \cdot Q \cdot q}{d^2}$$

$$\Rightarrow F_{AB}' = 3 \cdot F$$

Observe que, na situação 2, os corpos possuem cargas de mesmo sinal. Logo, a força será de repulsão.

03 C

Utilizando a Lei de Coulomb:  $F_{AB} = F_{BA} = \frac{k \cdot |Q_A| \cdot |Q_B|}{d_{AB}^2}$ , podemos perceber que, caso a distância entre duas cargas dobre, a forma entre elas cairá para um quarto da original. Demonstrando:

$$F = \frac{k \cdot |Q_A| \cdot |Q_B|}{d^2}$$

$$F' = \frac{k \cdot |Q_A| \cdot |Q_B|}{(2 \cdot d)^2} \Rightarrow F' = \frac{1}{4} \cdot \frac{k \cdot |Q_A| \cdot |Q_B|}{d^2} \Rightarrow F' = \frac{1}{4} \cdot F$$

04 A

Os vetores  $\vec{F}_{AB}$  e  $\vec{F}_{BA}$  formam um par de forças de ação e reação. Logo, possuem a mesma direção, o mesmo módulo e sentidos opostos.

$$F_{AB} = F_{BA} = \frac{k \cdot |Q_A| \cdot |Q_B|}{d^2} \Rightarrow F_1 = F_2$$

05 E

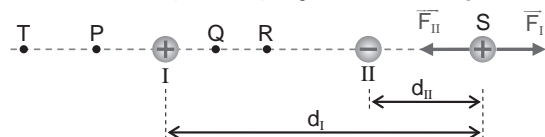
A resposta da questão é baseada na Lei de Coulomb:

$$F = \frac{k \cdot |Q_A| \cdot |Q_B|}{d_{AB}^2}$$

- A) incorreta – Não há força eletrostática entre corpos eletricamente neutros.  
 B) incorreta – Pela Lei de Coulomb, a força de repulsão é a mesma para corpos eletricamente carregados com a mesma carga, independentemente do seu sinal.  
 C) incorreta – Como, pela Lei de Coulomb, a força eletrostática depende do inverso do quadrado da distância, se a mesma for reduzida à metade, a intensidade da força será quatro vezes maior.  
 D) incorreta – Pela Lei de Coulomb, a força eletrostática depende do inverso do quadrado da distância.  
 E) correta.

06 C

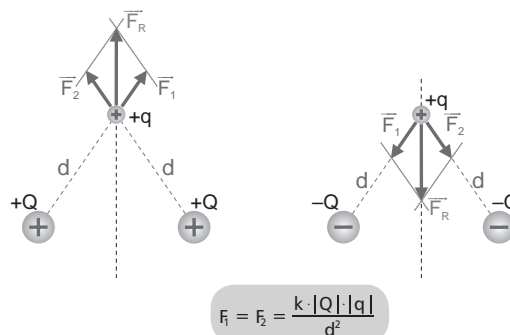
Para que o corpo pontual com carga positiva fique em equilíbrio, é necessário que a resultante das forças que atuam sobre ele seja zero. Como a questão considera apenas as forças elétricas que as esferas I e II fazem sobre o corpo pontual, as duas forças devem apresentar o mesmo módulo, a mesma direção e sentidos opostos. Essa condição vetorial é obtida apenas na posição S. Observe a figura a seguir:



Caso o corpo pontual fosse colocado nos pontos T e P, os vetores teriam a mesma direção e sentidos opostos, mas pelo fato de o corpo estar mais perto do corpo I, que possui maior carga, o módulo da força feita pelo corpo I será maior que o módulo da força feita pelo corpo II.

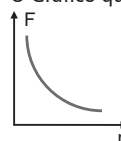
07 E

Para que o corpo mantenha a trajetória retilínea, a força elétrica resultante sobre ele deve ser nula ou ter direção vertical. Essas condições são obtidas apenas na figura da alternativa E. Observe a figura a seguir:



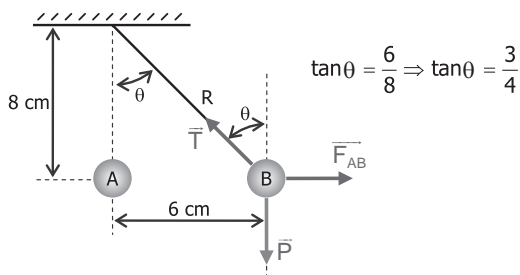
08 C

A variação do módulo da força elétrica em função da variação da distância entre dois corpos é regida pela Lei de Coulomb  $F = \frac{k \cdot |Q_A| \cdot |Q_B|}{r_{AB}^2}$ . O Gráfico que obedece a função dada é colocado a seguir:

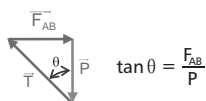


09 A

Dados:  $\begin{cases} Q_A = Q_B = +Q = ? \\ m = 0,2 \text{ kg} \\ g = 10 \text{ m/s}^2 \end{cases}$



Como o enunciado afirma que o corpo B está em equilíbrio, temos que a resultante das forças que agem sobre o corpo B é zero. Dessa forma, podemos montar o digrama de vetores a seguir:



$$\tan \theta = \frac{F_{AB}}{P} \Rightarrow \tan \theta = \frac{3}{4} \Rightarrow \frac{F_{AB}}{m \cdot g} = \frac{3}{4} \Rightarrow F_{AB} = \frac{3}{4} \cdot m \cdot g = \frac{3}{4} \cdot 0,2 \cdot 10 \Rightarrow F_{AB} = 1,5 \text{ N}$$

Pela Lei de Coulomb, temos:

$$F_{AB} = \frac{k \cdot |Q_A| \cdot |Q_B|}{d_{AB}^2} \Rightarrow 1,5 = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot |Q| \cdot |Q|}{(6 \cdot 10^{-2})^2} \Rightarrow \frac{1,5 \cdot 36 \cdot 10^{-4}}{9 \cdot 10^9} = |Q|^2 \Rightarrow |Q|^2 = 60 \cdot 10^{-14} \Rightarrow Q = \sqrt{60} \cdot 10^{-7} \text{ C}$$

10 B

Dados:  $\begin{cases} d_{AC} = 2 \text{ dm} = 2 \cdot 10^{-1} \text{ m} \\ d_{BC} = 6 \text{ dm} = 6 \cdot 10^{-1} \text{ m} \end{cases}$

Para garantir que o corpo com carga  $Q_C$  fique em equilíbrio devido às forças elétricas, temos:

$$F_{RC} = 0 \Rightarrow F_{AC} = F_{BC} \Rightarrow \frac{k \cdot |Q_A| \cdot |Q_C|}{d_{AC}^2} = \frac{k \cdot |Q_B| \cdot |Q_C|}{d_{BC}^2} \Rightarrow \frac{|Q_A|}{d_{AC}^2} = \frac{|Q_B|}{d_{BC}^2} \Rightarrow \frac{5 \cdot 10^{-6}}{(2 \cdot 10^{-1})^2} = \frac{|Q_B|}{(6 \cdot 10^{-1})^2} \Rightarrow |Q_B| = \frac{5 \cdot 10^{-6} \cdot 36 \cdot 10^{-2}}{4 \cdot 10^{-2}} \Rightarrow |Q_B| = 45 \cdot 10^{-6} \text{ C}$$

Como  $Q_A$  e  $Q_B$  possuem o mesmo sinal, podemos afirmar que:

$$Q_B = +45 \cdot 10^{-6} \text{ C} \Rightarrow Q_B = +45 \mu\text{C}$$

Como os vetores  $\vec{E}$  e  $\vec{F}$  possuem mesma direção e sentidos opostos, pela definição vetorial do campo elétrico  $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$ , podemos afirmar que  $q_0$  é negativo ( $q_0 < 0$ ).

02 C

Dados:  $\begin{cases} E = 3,6 \cdot 10^6 \text{ N/C} \\ d = 10 \text{ cm} = 10 \cdot 10^{-2} \text{ m} = 10^{-1} \text{ m} \\ k = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2} \\ Q = +? \end{cases}$

$$E = \frac{k \cdot |Q|}{d^2} \Rightarrow |Q| = \frac{E \cdot d^2}{k} \Rightarrow |Q| = \frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot (10^{-1})^2}{9 \cdot 10^9} \Rightarrow |Q| = \frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot 10^{-2}}{9 \cdot 10^9} \Rightarrow |Q| = 4 \cdot 10^{-6} \text{ C} \Rightarrow Q = +4 \mu\text{C}$$

### BLOCO 05

01 D

Dados:  $\begin{cases} q = 2,0 \mu\text{C} = 2,0 \cdot 10^{-6} \text{ C} \\ m = 1,0 \cdot 10^{-5} \text{ kg} \\ g = 10 \text{ m/s}^2 \\ \text{Partícula em equilíbrio} \\ E = ? \end{cases}$

Para que a partícula fique em equilíbrio, é necessário que a resultante das forças que agem sobre a partícula seja nula. Para isso, é necessário que a força elétrica e a força peso possuam a mesma direção, o mesmo módulo e sentidos opostos. Logo:

$$\begin{cases} F = P \\ F = E \cdot |q| \end{cases} \Rightarrow E \cdot |q| = m \cdot g \Rightarrow E = \frac{m \cdot g}{|q|} \Rightarrow E = \frac{1,0 \cdot 10^{-5} \cdot 10}{2 \cdot 10^{-6}} \Rightarrow E = 0,5 \cdot 10^2 \Rightarrow E = 50 \text{ N/C}$$

02 E

- I. Correta.
- II. Correta.
- III. Correta. Quanto maior a carga elétrica de um corpo, maior a intensidade do campo elétrico. Na representação do campo elétrico através das linhas de campo, a intensidade está relacionada ao número de linhas por unidade de volume (mais linhas representam um campo mais intenso).

## EXERCITANDO HABILIDADES

### BLOCO 02

01 C

Conforme o texto, o movimento contínuo de elétrons (vento de elétrons) promove pequenos deslocamentos dos átomos e o fechamento das fissuras.

## TAREFA DE CASA

### BLOCO 04

01 D

Dados:  $\begin{cases} |q| = ? \\ F = 0,004 \text{ N} = 4 \cdot 10^{-3} \text{ N} \\ E = 800 \text{ N/C} = 8 \cdot 10^2 \text{ N/C} \end{cases}$

$$E = \frac{F}{|q|} \Rightarrow |q| = \frac{F}{E} \Rightarrow |q| = \frac{4 \cdot 10^{-3}}{8 \cdot 10^2} \Rightarrow |q| = 0,5 \cdot 10^{-5} \text{ C} \Rightarrow |q| = 5 \cdot 10^{-6} \text{ C} \Rightarrow |q| = 5 \mu\text{C}$$

Capítulo  
03

## Fenômenos Elétricos

### Campo Elétrico

## EXERCÍCIOS DE APRENDIZAGEM

### BLOCO 04

01 C

Vamos começar observando o vetor campo elétrico  $\vec{E}$ . Ele tem direção radial e aponta "para fora". Isso me permite afirmar que  $Q$  é positivo ( $Q > 0$ ).

02 E

Dados: 
$$\begin{cases} Q = 8 \cdot 10^{-7} \text{ C} \\ F = 1,6 \cdot 10^{-2} \text{ N} \\ q = 2 \cdot 10^{-7} \text{ C} \\ E = ? \end{cases}$$

Aplicando a definição de campo elétrico, temos:

$$E = \frac{F}{|q|} \Rightarrow E = \frac{1,6 \cdot 10^{-2}}{2 \cdot 10^{-7}} \Rightarrow E = 0,8 \cdot 10^5 \Rightarrow E = 8 \cdot 10^4 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

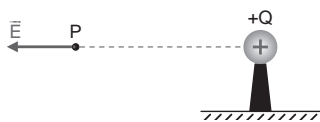
03 B

Dados: 
$$\begin{cases} Q = 60 \mu\text{C} = 60 \cdot 10^{-6} \text{ C} \\ d = 20 \text{ cm} = 20 \cdot 10^{-2} \text{ m} = 2 \cdot 10^{-1} \text{ m} \\ k = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2} \end{cases}$$

Pela equação de campo elétrico para corpos puntiformes eletrizados, temos:

$$E = \frac{k \cdot |Q|}{d^2} \Rightarrow E = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 60 \cdot 10^{-6}}{(2 \cdot 10^{-1})^2} \Rightarrow E = \frac{9 \cdot 60 \cdot 10^3}{4 \cdot 10^{-2}} \Rightarrow E = 135 \cdot 10^5 \Rightarrow E = 1,35 \cdot 10^7 \text{ N/C}$$

Como a carga geradora do campo é positiva o vetor possui direção radial e sentido "para fora". Observe a figura a seguir:



04 D

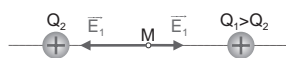
A intensidade de um campo elétrico é inversamente proporcional ao quadrado da distância entre a carga geradora e o ponto no qual se deseja determinar o valor do campo. Dessa forma, o usuário, ao se deslocar do ponto C ao ponto D, dobra essa distância, o que fará com que o valor do campo elétrico reduza-se para um quarto do valor original.

05 B

Materiais metálicos apresentam maior condutividade elétrica, por isso são mais facilmente polarizados e atraídos por campos elétricos externos.

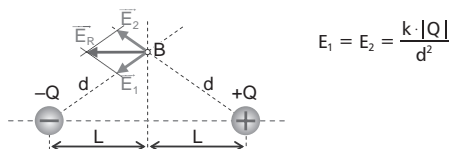
06 C

O campo elétrico gerado por uma carga puntiforme, em um dado ponto, é dado por  $E = \frac{k \cdot |Q|}{d^2}$ . Como M é o ponto médio, as distâncias  $d_2$  e  $d_1$  são iguais. Logo, o corpo que tiver maior carga (corpo 1), vai gerar um campo elétrico de maior intensidade. Como as cargas são positivas, o campo elétrico gerado por elas será radial, apontando "para fora". Observe a figura a seguir:



07 B

O ponto onde o campo elétrico está corretamente representado é o B. Observe o esquema a seguir:



08 B

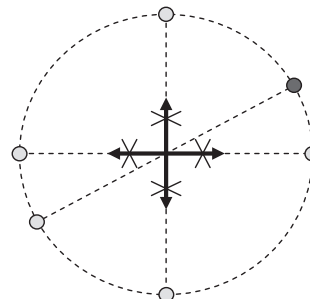
Dados: 
$$\begin{cases} E = 5 \cdot 10^5 \text{ N/C} \\ q = -8 \cdot 10^{-19} \text{ C} \\ \text{A partícula é deslocada para cima} \end{cases}$$

$$F = E \cdot |q| \Rightarrow F = 5 \cdot 10^5 \cdot 8 \cdot 10^{-19} \Rightarrow F = 40 \cdot 10^{-14} \text{ N} \Rightarrow F = 4 \cdot 10^{-13} \text{ N}$$

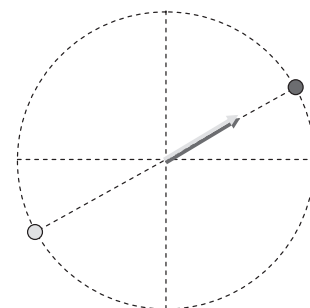
Como o texto afirma que a partícula é deslocada para cima e despreza outras forças, podemos afirmar que o vetor força elétrica é vertical e para cima. Pela definição vetorial do campo elétrico  $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$ , podemos afirmar que, quando  $q$  é negativo, os vetores  $\vec{F}$  e  $\vec{E}$  possuem a mesma direção e sentidos opostos. Logo, o vetor campo elétrico será vertical e para baixo.

09 A

Observe que as cargas diametralmente opostas geram vetores divergentes (no ponto central) que se anulam:



Exceto os vetores criados pelas cargas dispostas nas posições 2 h (vermelha) e 8 h (amarela), pois estes estão na mesma direção e sentido:

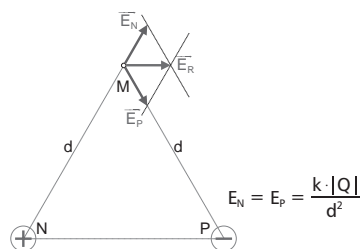


Desta forma, os vetores apresentam a mesma direção e o mesmo sentido, e o vetor resultante é dado por:

$$E = E_2 + E_8 \Rightarrow E = \frac{k \cdot |Q|}{R^2} + \frac{k \cdot |Q|}{R^2} \Rightarrow E = \frac{2 \cdot k \cdot |Q|}{R^2}$$

10 D

Para analisar o vetor campo elétrico resultante no ponto M, podemos retirar o corpo eletrizado que está no ponto.



O corpo colocado em M tem carga negativa. Pela definição vetorial do campo elétrico  $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_M}$ , podemos afirmar que quando  $q_M$  é negativo os vetores  $\vec{F}$  e  $\vec{E}$  possuem a mesma direção e sentidos opostos. Logo, o vetor força elétrica será horizontal e para a esquerda.

## BLOCO 05

01 E

Observando a distribuição das linhas, vemos que o número de linhas que sai da carga da esquerda é o mesmo que o da direita, logo, as cargas possuem o mesmo módulo. Vemos também que o formato das linhas sugere que as cargas possuem sinais opostos, pois as linhas se superpõem. Logo, Júlia e Daniel estão corretos.

02 C

A gota 1 foi deslocada para a direita, logo, podemos concluir que a força elétrica sobre a gota é para a direita. Dessa forma, a força elétrica e o campo elétrico apresentam a mesma direção e o mesmo sentido.

Pela definição vetorial de campo elétrico  $(\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q})$ , podemos dizer que

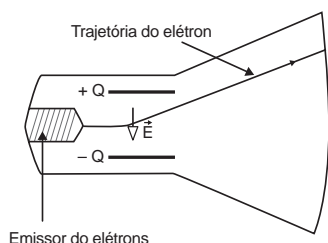
essa combinação entre os vetores ocorre para valores positivos de  $q$ . A gota 2 não apresentou desvio de trajetória, logo, não ficou sujeita a ação de uma força elétrica. Dessa forma, podemos concluir que a gota 2 está neutra.

A gota 3 foi deslocada para a esquerda, logo, podemos concluir que a força elétrica sobre a gota é para a esquerda. Dessa forma, a força elétrica e o campo elétrico apresentam a mesma direção e sentidos opostos. Pela

definição vetorial de campo elétrico  $(\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q})$ , podemos dizer que essa combinação entre os vetores ocorre para valores negativos de  $q$ .

03 C

O vetor campo elétrico entre duas placas planas e paralelas tem direção normal ao plano das placas e sentido da placa positiva para a placa negativa. Como o corpo que está inserido no campo elétrico tem carga negativa (elétrons), de acordo com a definição vetorial de campo elétrico  $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$ , o vetor força elétrica terá a mesma direção e sentido oposto ao vetor campo. Lembre-se que a trajetória dos elétrons será modificada de acordo com o sentido da força elétrica. A alternativa que está de acordo com o exposto é mostrada a seguir:



Emissor do elétrons

04 E

O sentido do campo é "saindo" do corpo com carga positiva e chegando ao corpo com carga negativa. Logo, entre os pontos X e Y, o vetor campo é vertical e para baixo. Entre os pontos Z e W, o vetor campo é vertical e para cima.

05 E

Para a situação dada, o campo elétrico é vertical e para baixo (da placa positiva para a negativa). Como a gota foi desviada para cima, podemos afirmar que a força elétrica é vertical e para cima. Dessa forma,

através da definição vetorial de campo elétrico  $(\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q})$ , concluímos

que a gota da figura está eletrizada negativamente, pois os vetores  $\vec{E}$  e  $\vec{F}$  apresentam a mesma direção e sentidos opostos.

Para invertermos o movimento da gota, basta eletrizar a gota com carga de sinal contrário ao da situação dada.

06 A

$$\text{Dados: } \begin{cases} E = 150 \text{ N/C} \\ g = 10 \text{ m/s}^2 \\ q = -4 \mu\text{C} = -4 \cdot 10^{-6} \text{ C} \\ m = ? \\ \text{Equilíbrio} \end{cases}$$

Para que a esfera fique em equilíbrio, a resultante das forças que atuam sobre a esfera deve ser nula. Como temos apenas a força elétrica e a força peso, os dois vetores devem possuir a mesma direção, o mesmo módulo e sentidos opostos. Logo:

$$\begin{cases} P = F \\ P = m \cdot g \\ F = E \cdot |q| \end{cases} \Rightarrow m \cdot g = E \cdot |q| \Rightarrow m = \frac{E \cdot |q|}{g} \Rightarrow m = \frac{150 \cdot 4 \cdot 10^{-6}}{10} \Rightarrow m = 60 \cdot 10^{-6} \text{ kg} \Rightarrow m = 60 \cdot 10^{-3} \text{ g} \Rightarrow m = 0,06 \text{ g}$$

07 C

$$\text{Dados: } \begin{cases} n = 5 \text{ elétrons} \\ P = 4,0 \cdot 10^{-15} \text{ kg} \\ e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C} \\ \text{Partícula em equilíbrio dinâmico} \\ E = ? \end{cases}$$

A carga da partícula será dada por:

$$q = -n \cdot e \Rightarrow q = -5 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \Rightarrow q = -8 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

Para que a partícula fique com velocidade constante, é necessário que a resultante das forças que agem sobre a partícula seja nula. Para isso, é necessário que a força elétrica e a força peso possuam a mesma direção, o mesmo módulo e sentidos opostos. Logo:

$$\begin{cases} F = P \\ F = E \cdot |q| \end{cases} \Rightarrow E \cdot |q| = P \Rightarrow E = \frac{P}{|q|} \Rightarrow$$

$$E = \frac{4 \cdot 10^{-15}}{8 \cdot 10^{-19}} \Rightarrow E = 0,5 \cdot 10^4 \Rightarrow E = 5 \cdot 10^3 \text{ V/m}$$

08 B

A abelha é um corpo eletrizado que gera ao seu redor um campo elétrico não uniforme. O contato entre o pólen (segundo o enunciado, condutor), que estava neutro com o corpo eletrizado da abelha, faz com que os dois corpos fiquem com mesmo sinal. Logo, o pólen ganha carga elétrica.

09 D

A relação entre a força elétrica e o campo elétrico é de proporção direta, desde que a carga do corpo que está inserido no campo seja constante ( $F = E \cdot |q|$ ). Logo, se quadruplicarmos o campo elétrico, estaremos quadruplicando a força elétrica. De acordo com a segunda Lei de Newton ( $F_R = m \cdot a$ ), para massa constante, podemos afirmar que se quadruplicarmos a força, a aceleração será quadruplicada.

10 B

O vetor campo é tangente à linha de força e o sentido do vetor é igual ao sentido da linha.

Capítulo 04

Fenômenos Elétricos

Energia Potencial Elétrica, Potencial Elétrico e Trabalho

## EXERCÍCIOS DE APRENDIZAGEM

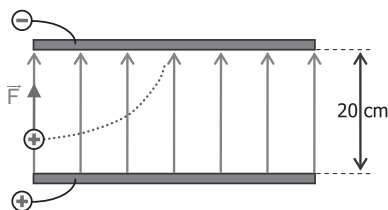
BLOCO 06

01 E

- I. Errada. O deslocamento de M para N é na horizontal e o vetor força está na vertical (na mesma direção do vetor campo elétrico). Logo, a força não interferiu nesse deslocamento, e o trabalho realizado pela força nesse deslocamento é nulo.
- II. Correta.

$$U = E \cdot d \Rightarrow 100 = E \cdot 20 \cdot 10^{-2} \Rightarrow E = \frac{100}{20 \cdot 10^{-2}} \Rightarrow E = 5 \cdot 10^2 \text{ V/m}$$

- III. Correta. O próton, ao entrar no campo elétrico, fica sujeito a uma força elétrica na mesma direção e no mesmo sentido do campo. Dessa forma, além da velocidade na direção horizontal (que é constante), ele passa a ter uma velocidade crescente na direção e no sentido da força. A composição das velocidades promove um deslocamento com uma trajetória parabólica em direção à placa negativa.



02 E

$$\text{Dados: } \begin{cases} U = -10000\text{V} \\ q = -1,6 \cdot 10^{-19}\text{C} \end{cases}$$

$$\tau = q \cdot U \Rightarrow \tau = (-1,6) \cdot 10^{-19} \cdot (-10000) \Rightarrow \tau = 1,6 \cdot 10^{-15}\text{J}$$

## TAREFA DE CASA

### BLOCO 06

01 B

$$\text{Dados: } \begin{cases} Q = +60\mu\text{C} = +60 \cdot 10^{-6}\text{C} \\ q = +6\mu\text{C} = +6 \cdot 10^{-6}\text{C} \\ d_A = 6\text{cm} = 6 \cdot 10^{-2}\text{m} \\ d_B = 12\text{cm} = 12 \cdot 10^{-2}\text{m} \\ \tau_{AB} = ? \end{cases}$$

Cálculo do potencial elétrico do ponto A:

$$V_A = \frac{k \cdot Q}{d_A} \Rightarrow V_A = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 60 \cdot 10^{-6}}{6 \cdot 10^{-2}} \Rightarrow V_A = 90 \cdot 10^5\text{V}$$

Cálculo do potencial elétrico do ponto B:

$$V_B = \frac{k \cdot Q}{d_B} \Rightarrow V_B = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 60 \cdot 10^{-6}}{12 \cdot 10^{-2}} \Rightarrow V_B = 45 \cdot 10^5\text{V}$$

Cálculo do trabalho realizado pela força elétrica:

$$\begin{aligned} \tau_{AB} &= q \cdot (V_A - V_B) \Rightarrow \tau_{AB} = 6 \cdot 10^{-6} \cdot (90 \cdot 10^5 - 45 \cdot 10^5) \Rightarrow \\ \tau_{AB} &= 6 \cdot 10^{-6} \cdot 45 \cdot 10^5 \Rightarrow \tau_{AB} = 270 \cdot 10^{-1} \Rightarrow \tau_{AB} = 27\text{J} \end{aligned}$$

02 A

- Correta: corpos neutros são sempre atraídos por corpos eletrizados.
- Incorreta: corpos condutores se eletrizam fracamente por atrito e, além disso, quando ligados à terra ficam neutros.
- Incorreta: corpos eletrizados positivamente possuem elétrons em falta.
- Incorreta: potencial elétrico é grandeza escalar, e campo elétrico é grandeza vetorial.
- Incorreta: se os corpos forem não idênticos, as cargas serão proporcionais às suas capacidades eletrostáticas.

03 A

$$\text{Dados: } \begin{cases} U = \frac{1}{20000} \\ d = 20\text{m} \end{cases}$$

$$\begin{aligned} U &= E \cdot d \Rightarrow \frac{1}{20000} = E \cdot 20 \Rightarrow E = \frac{1}{4 \cdot 10^5} \Rightarrow E = 0,25 \cdot 10^{-5} \Rightarrow \\ E &= 2,5 \cdot 10^{-6}\text{V/m} \end{aligned}$$

04 D

Pelo gráfico, temos:

$$\begin{cases} r_1 = 3 \cdot 10^{-10}\text{m} \rightarrow E_{p_1} = 3 \cdot 10^{-18}\text{J} \\ r_2 = 9 \cdot 10^{-10}\text{m} \rightarrow E_{p_2} = 1 \cdot 10^{-18}\text{J} \\ \Delta E_c = ? \end{cases}$$

Como a questão afirma que o movimento deve-se apenas à força elétrica, que é uma força conservativa, temos:

$$\begin{aligned} \Delta E_c &= -\Delta E_p \Rightarrow \Delta E_c = -(E_{p_2} - E_{p_1}) \Rightarrow \\ \Delta E_c &= -(1 \cdot 10^{-18} - 3 \cdot 10^{-18}) \Rightarrow \Delta E_c = 2 \cdot 10^{-18}\text{J} \end{aligned}$$

Como a variação foi positiva, podemos afirmar que a energia cinética aumentou de  $2 \cdot 10^{-18}\text{J}$ .

05 A

$$\text{Dados: } \begin{cases} m = 1\text{g} = 10^{-3}\text{kg} \\ q = 40\mu\text{C} = 40 \cdot 10^{-6}\text{C} \\ V_A = 300\text{V} \\ v_A = 0 \text{ (A partícula é abandonada em A)} \\ V_B = 100\text{V} \\ v_B = ? \end{cases}$$

A resultante das forças atuantes na partícula é a força elétrica, logo:

$$\begin{aligned} \tau_{AB} &= \Delta E_c \Rightarrow \tau = E_{c_B} - E_{c_A} \Rightarrow \tau = E_{c_B} \\ \tau_{AB} &= q \cdot (V_A - V_B) \end{aligned} \Rightarrow q \cdot (V_A - V_B) = E_{c_B} \Rightarrow$$

$$\begin{aligned} q \cdot (V_A - V_B) &= \frac{m \cdot v_B^2}{2} \Rightarrow 40 \cdot 10^{-6} \cdot (300 - 100) = \frac{10^{-3} \cdot v_B^2}{2} \Rightarrow \\ \frac{16000 \cdot 10^{-6}}{10^{-3}} &= v_B^2 \Rightarrow v_B = 4\text{m/s} \end{aligned}$$

06 A

$$\text{Dados: } \begin{cases} E = 3 \cdot 10^6\text{V/m} \\ V = 9\text{kV} = 9 \cdot 10^3\text{V} \end{cases}$$

Admitindo que se trate de campo elétrico uniforme, temos:

$$\begin{aligned} U &= E \cdot d \Rightarrow 9 \cdot 10^3 = 3 \cdot 10^6 \cdot d \Rightarrow d = \frac{9 \cdot 10^3}{3 \cdot 10^6} \Rightarrow \\ d &= 3 \cdot 10^{-3}\text{m} \Rightarrow d = 3\text{mm} \end{aligned}$$

07 C

$$\text{Dados: } \begin{cases} |\Delta V| = 80\text{mV} = 80 \cdot 10^{-3}\text{V} \\ \Delta x = (180 - 100) \cdot 10^{-10}\text{m} = 80 \cdot 10^{-10}\text{m} \end{cases}$$

Pela equação fornecida no enunciado, temos:

$$E = \left| \frac{\Delta V}{\Delta x} \right| \Rightarrow E = \frac{80 \cdot 10^{-3}}{80 \cdot 10^{-10}} \Rightarrow E = 1 \cdot 10^7\text{V/m}$$

As linhas de campo "saem" da parte positiva e "chegam" à parte negativa. Logo, o sentido do vetor campo é de fora para dentro.

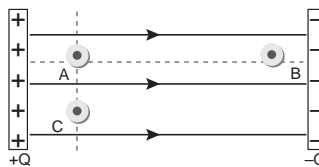
08 D

O elétron-volt é uma unidade de energia. Equivale ao trabalho da força elétrica para acelerar uma partícula com carga igual à carga elementar ( $q = e = 1,6 \cdot 10^{-19}\text{C}$ ) numa ddp de 1 volt. Na eletrostática, a expressão do trabalho da força elétrica é:

$$\tau = q \cdot U \Rightarrow \tau = 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 1 \Rightarrow \tau = 1,6 \cdot 10^{-19}\text{J}$$

09 C

As linhas de campo elétrico mostradas no enunciado são geradas a partir de duas placas planas e paralelas, eletrizadas com cargas de mesmo módulo e sinais opostos. Observe a figura a seguir:



Os pontos A e C apresentam distâncias iguais em relação às placas. Isso permite afirmar que o potencial elétrico em A e em C é igual ( $V_A = V_C$ ). Os pontos A e C estão mais próximos da placa positiva, e o ponto B está mais próximo da placa negativa, isso permite concluir que os pontos A e C possuem maior potencial que o ponto B. Lembre-se que quando caminhamos no sentido da linha de campo, o potencial elétrico diminui.

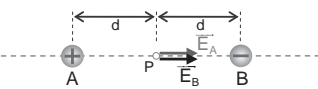
10 D

Determinação do potencial elétrico no ponto médio (P) entre os pontos A e B temos:

$$\left. \begin{aligned} V_A &= \frac{k \cdot Q_A}{d_A} = \frac{k \cdot Q}{d} \\ V_B &= \frac{k \cdot Q_B}{d_B} = -\frac{k \cdot Q}{d} \end{aligned} \right\} \Rightarrow V_P = V_A + V_B$$

$$\Rightarrow V_P = \frac{k \cdot Q}{d} - \frac{k \cdot Q}{d} \Rightarrow V_P = 0$$

Determinação do campo elétrico no ponto médio (P) entre os pontos A e B temos:



$$\left. \begin{aligned} E_A &= \frac{k \cdot |Q_A|}{d_A^2} \\ E_B &= \frac{k \cdot |Q_B|}{d_B^2} \end{aligned} \right\} \Rightarrow E_A = E_B = \frac{k \cdot Q}{d^2}$$

Como  $\vec{E}_A$  e  $\vec{E}_B$  apresentam a mesma direção e o mesmo sentido, o campo elétrico resultante é dado por:

$$E_R = E_A + E_B \Rightarrow E_R = \frac{k \cdot Q}{d^2} + \frac{k \cdot Q}{d^2} \Rightarrow E_R = 2 \cdot \frac{k \cdot Q}{d^2}$$

02 D

$$\text{Dados: } \begin{cases} R = 0,5 \text{ m} \\ V_1 = 9 \cdot 10^3 \text{ V} \\ d_1 = 1 \text{ m} \\ V_{\text{centro}} = ? \\ E_{\text{centro}} = ? \end{cases}$$

Cálculo do potencial elétrico no centro da esfera:

O potencial elétrico é o mesmo em todos os pontos internos da esfera e é determinado pela equação  $V_{\text{interno}} = \frac{k \cdot Q}{R}$ . Vamos usar o potencial do ponto externo para obtermos a carga da esfera.

$$V_{\text{Ext}} = \frac{k \cdot Q_1}{d_1} \Rightarrow 9 \cdot 10^3 = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot Q_1}{1} \Rightarrow Q_1 = 1 \cdot 10^{-6} \text{ C}$$

$$V_{\text{centro}} = V_{\text{interno}} = \frac{k \cdot Q}{R} \Rightarrow V_{\text{centro}} = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 1 \cdot 10^{-6}}{0,5}$$

$$\Rightarrow V_{\text{centro}} = 1,8 \cdot 10^4 \text{ V}$$

O campo elétrico dentro de um condutor eletrizado é nulo.

03 D

No interior de um corpo condutor, o campo elétrico é nulo. Por isso, o telefone no interior da lata de metal fica isolado de qualquer campo elétrico externo.

04 B

Num condutor esférico, as cargas se distribuem de maneira uniforme por toda a sua superfície. Há mais de duzentos anos, os cientistas observaram que um condutor que apresenta em sua superfície uma região pontiaguda dificilmente se mantém eletrizado, pois a carga elétrica fornecida a ele escapa através dessa ponta. Porém, aqueles cientistas não tinham uma explicação satisfatória para o fato.

Hoje sabemos que o poder das pontas ocorre porque, em um condutor eletrizado, a carga tende a acumular-se nas regiões pontiagudas. Em virtude disso, o campo elétrico nessas regiões é mais intenso do que nas regiões mais planas do condutor.

É devido a esse fato que não se recomenda, em dias de chuva, abrigar-se embaixo de árvores e em locais mais altos.

05 D

A) Errado. No interior de um condutor metálico, o potencial é igual em todos os pontos.

B) Errado. A equação  $V = \frac{k \cdot Q}{d}$  pode ser usada para corpos puntiformes eletrizados e esferas eletrizadas.

C) Errado. O campo elétrico no interior de um condutor eletrizado é nulo.

D) Correta.

E) Errada. A árvore pode atrair raios devido ao "poder das pontas".

06 C

A fuselagem do avião funciona como blindagem eletrostática. Em seu interior, o campo elétrico é nulo e o potencial elétrico é constante. Logo, a tripulação está protegida.

07 E

Se uma penitenciária fosse envolvida por uma malha metálica, onde os "buracos" tivessem dimensões menores de 15 cm, não haveria a penetração de campos elétricos em seu interior, tornando-a blindada a ondas eletromagnéticas na faixa da telefonia móvel (da ordem de 1.800 MHz). No entanto, isso não é feito, pelo alto custo, preferindo-se a utilização da interferência, emitindo-se ondas nessa faixa de frequência com intensidade muito maior.

08 D

Ao ser atingido por um raio, a carcaça metálica do carro funcionará como uma Gaiola de Faraday, na qual todos os pontos possuem o mesmo potencial elétrico. Dessa forma, a diferença de potencial (ddp) entre quaisquer pontos é nula.

09 A

Como as duas esferas condutoras foram colocadas em contato, obrigatoriamente elas possuem o mesmo potencial elétrico ( $V_1 = V_2$ ). No contato entre esferas iguais, a carga elétrica total é dividida proporcionalmente aos raios. Sendo  $Q_1$  e  $Q_2$  as cargas dos corpos 1 e 2 após o contato, temos:

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{R_1}{R_2} \Rightarrow \begin{cases} R_1 < R_2 \\ Q_1 < Q_2 \end{cases}$$

Capítulo  
05

## Fenômenos Elétricos

### Equilíbrio Eletrostático

## EXERCÍCIOS DE APRENDIZAGEM

### BLOCO 07

01 E

- I. Correta. Em um corpo condutor carregado, as cargas elétricas distribuem-se de forma que o potencial elétrico de todos os pontos do corpo seja o mesmo. Como consequência, a densidade superficial de cargas é maior em regiões pontiagudas.
- II. Correta. Quando cargas elétricas acumulam-se nas nuvens, cargas de sinais opostos acumulam-se na superfície da Terra. Devido a esse acúmulo, tem-se uma diferença de potencial entre as nuvens e a Terra. Quando essa diferença é suficientemente grande, cargas elétricas movem-se pelo ar, ou seja, ocorre um raio.
- III. Correta. Em corpos metálicos, a distribuição das cargas elétricas se dá de forma que o potencial elétrico seja uniforme, e, portanto, o campo elétrico seja nulo em todos seus pontos.

## EXERCITANDO HABILIDADES

### BLOCO 03

01 B

No interior de um corpo condutor, o campo elétrico é nulo. Por isso, o telefone no interior da lata de metal não funciona.

02 D

Os passageiros não sofrerão dano físico, pois encontram-se no interior de um condutor elétrico. O ônibus funciona como uma blindagem eletrostática, independente dos pneus.

## TAREFA DE CASA

### BLOCO 07

01 E

- I. Correta.
- II. Errada. O potencial elétrico em qualquer ponto interno da esfera e na superfície de uma esfera eletrizada é dado por  $V = \frac{k \cdot Q}{R}$ .
- III. Correta.
- IV. Correta.

- 10 B** O potencial elétrico produzido num ponto fora da casca esférica é dado por:

$$V = \frac{k \cdot Q}{d}$$

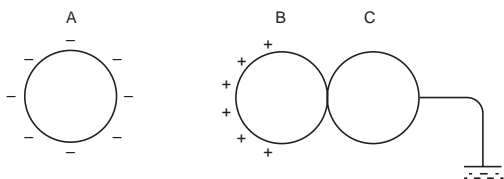
Sendo:  $k$  a constante eletrostática,  $Q$  a carga da casca esférica e  $d$  a distância entre o centro da casca esférica e o ponto considerado. Assim, como  $Q = -Q$  e  $d = 3 \cdot R$ , temos:

$$V = \frac{k \cdot Q}{d} \Rightarrow V = \frac{k \cdot (-Q)}{3 \cdot R} \Rightarrow V = -\frac{k \cdot Q}{3 \cdot R}$$

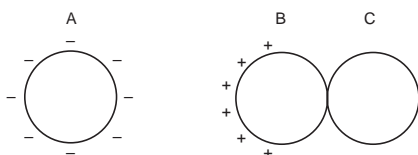
## DE OLHO NA REVISÃO

- 01 C** Devido à força de atração entre corpos com cargas de sinais opostos, a carga elétrica da parte inferior da nuvem deve possuir sinal oposto ao da carga do telhado da casa. Isso está corretamente ilustrado na alternativa C.

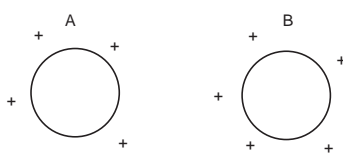
- 02 A** O corpo A provoca indução eletrostática no conjunto B, C e Terra.



Desligando-se o conjunto BC da Terra:



Afastando-se A e separando-se B e C:



Logo, na situação final:  $Q_A < 0$ ,  $Q_B > 0$  e  $Q_C > 0$ .

- 03 C** A carga elétrica recebida é distribuída pelas quatro esferas. Assim que a distribuição ocorre, as esferas passam a ter cargas elétricas de mesmo sinal. Dessa forma, teremos uma força de repulsão entre elas.

- 04 B**

$$\text{Dados: } \begin{cases} Q_1 = Q_2 = Q \\ r = 60 \text{ cm} = 6 \cdot 10^{-1} \text{ m} \\ k = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2} \\ F = 3,6 \text{ N} \end{cases}$$

$$F = \frac{k \cdot |Q_A| \cdot |Q_B|}{d_{AB}^2} \Rightarrow 3,6 = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot |Q| \cdot |Q|}{(6 \cdot 10^{-1})^2} \Rightarrow |Q|^2 = \frac{3,6 \cdot 36 \cdot 10^{-2}}{9 \cdot 10^9}$$

$$|Q| = \sqrt{4 \cdot 36 \cdot 10^{-12}} \Rightarrow |Q| = 12 \cdot 10^{-6} \text{ C} \Rightarrow Q = \pm 12 \mu\text{C}$$

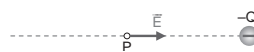
- 05 C**

$$\text{Dados: } \begin{cases} Q = -2,0 \cdot 10^{-6} \text{ C} \\ \vec{E} \text{ horizontal e para a direita} \\ E = 2,0 \cdot 10^5 \text{ V/m} \\ k_0 = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2} \end{cases}$$

$$E = \frac{k \cdot |Q|}{d^2} \Rightarrow d^2 = \frac{k \cdot |Q|}{E} \Rightarrow d^2 = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 2 \cdot 10^{-6}}{2 \cdot 10^5} \Rightarrow$$

$$d^2 = 9 \cdot 10^{-2} \Rightarrow d = 3 \cdot 10^{-1} \text{ m} = d = 30 \text{ cm}$$

Quando a carga geradora do campo é negativa, o vetor campo elétrico tem direção radial e sentido "para dentro". Isto é, o vetor aponta para o corpo eletrizado.



- 06 B**

$$\text{Dados: } \begin{cases} Q = -2,0 \cdot 10^{-6} \text{ C} \\ d = 3,0 \cdot 10^{-1} \text{ m} \\ k_0 = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2} \\ V_p = ? \end{cases}$$

$$V_p = \frac{k \cdot Q}{d} \Rightarrow V_p = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot (-2) \cdot 10^{-6}}{3 \cdot 10^{-1}} \Rightarrow V_p = -6 \cdot 10^4 \text{ V}$$

- 07 D**

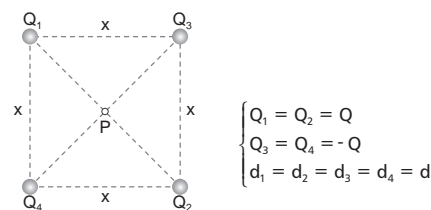
- A) Errada. Devido à maior concentração de cargas nos extremos do material condutor, nas pontas do cubo, a quantidade de carga por unidade de área é maior.  
 B) Errada. O potencial elétrico é uma grandeza escalar. Para que a soma dos potenciais seja nula, o potencial gerado por uma das cargas deverá ter sinal oposto ao da outra carga. Dessa forma, as cargas devem possuir sinais opostos.  
 C) Errada. O campo elétrico é uniforme em uma região entre duas placas condutoras paralelas eletrizadas com cargas de mesmo módulo e sinais opostos.  
 D) Correta. A aproximação entre um corpo eletrizado e um corpo neutro promove uma força de atração entre os corpos devido ao fenômeno de indução eletrostática.  
 E) Errada. A Lei de Coulomb estabelece que a força elétrica entre dois corpos puntiformes eletrizados é diretamente proporcional ao produto do módulo das cargas elétricas e inversamente proporcional ao quadrado da distância entre elas.

- 08 C**

- A) Errada. As linhas que representam um campo elétrico uniforme são paralelas.  
 B) Errada. As linhas estão divergindo de uma carga positiva.  
 C) Correta. A intensidade do campo em A é maior, pois nessa região há uma maior concentração de linhas de campo.  
 D) Errada.  
 E) Errada. Qualquer ponto da superfície  $S_2$  tem intensidade de campo menor que em  $S_1$ , pois nessa região a concentração de linhas de campo é menor.

- 09 E**

O potencial elétrico e o campo elétrico no ponto P serão nulos na figura da alternativa D. Observe a seguir.

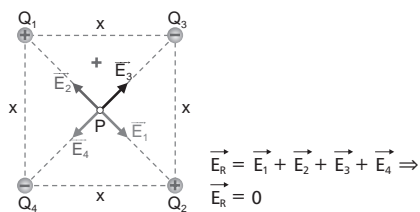


$$\begin{cases} Q_1 = Q_2 = Q \\ Q_3 = Q_4 = -Q \\ d_1 = d_2 = d_3 = d_4 = d \end{cases}$$

$$\left. \begin{aligned} V_1 = V_2 = \frac{k \cdot Q}{d} \\ V_3 = V_4 = -\frac{k \cdot Q}{d} \end{aligned} \right\} \Rightarrow V_p = V_1 + V_2 + V_3 + V_4 \Rightarrow V_p = 0$$

Para o campo elétrico em P, temos:

$$E_1 = E_2 = E_3 = E_4 = \frac{k \cdot |Q|}{d^2}$$



**10 B**

Dados:  $\begin{cases} Q_A = 2,4 \text{ nC} \\ Q_B = 0 \\ Q_C = -4,8 \text{ nC} \\ e = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C} \end{cases}$

Colocando-se a esfera A em contato com a B:

$$Q_A' = Q_B' = \frac{Q_A + Q_B}{2} = \frac{2,4 + 0}{2} \Rightarrow Q_A' = Q_B' = 1,2 \text{ nC}$$

Colocando-se a esfera B (após o contato com A) em contato com a C:

$$Q_B'' = Q_C' = \frac{Q_B' + Q_C}{2} = \frac{1,2 + (-4,8)}{2} \Rightarrow Q_B'' = Q_C' = -1,8 \text{ nC}$$

A quantidade de carga retirada é dada por:

$$Q_{\text{Retirada}} = Q_{\text{Antes}} - Q_{\text{Depois}} \Rightarrow Q_{\text{Retirada}} = -4,8 - (-1,8) \Rightarrow$$

$$Q_{\text{Retirada}} = -3 \text{ nC} \Rightarrow Q_{\text{Retirada}} = -3 \cdot 10^{-9} \text{ C}$$

$$\left. \begin{array}{l} 1 \text{ elétron} \leftrightarrow -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C} \\ n \text{ elétrons} \leftrightarrow -3 \cdot 10^{-9} \text{ C} \end{array} \right\} \Rightarrow n = \frac{-3 \cdot 10^{-9}}{-1,6 \cdot 10^{-19}} \Rightarrow$$

$$n = 1,875 \cdot 10^{10} \text{ elétrons}$$



# INVESTIMENTO EM QUALIDADE EDUCACIONAL

Fascículo 030



**SMILE DISTRIBUIDORA**

Rua Pereira Filgueiras, 15 – Centro  
Fortaleza – Ceará – Brasil – CEP: 60160-150  
Fone: 85 3077.8585  
[smile@smileeditorial.com.br](mailto:smile@smileeditorial.com.br)