

# FÍSICA

**MECÂNICA DOS FLUIDOS,**

**FÍSICA TÉRMICA E**

**ONDULATÓRIA**

© Valley Editora Ltda. Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei nº 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Editora: Valley Editora Ltda.  
Direção: João Vicente Strapasson Silveira Netto  
Gestão: Vinícius Azambuja de Almeida  
Coordenação Editorial: Camila Nunes da Rosa  
Coordenação Pedagógica: Vanessa Bianchi Gatto  
Autoria: Fernando do Nascimento Friedrich  
Luiz Eduardo Silva Porto  
João Vicente Strapasson Silveira Netto  
Airton Martins Coelho  
Evandro Marcelo Oliveira  
Revisão Editorial: Alana Hoffmann  
Caroline Guerra  
Pesquisa Iconográfica\*: Camila Nunes da Rosa

\*As imagens identificadas com a sigla BID pertencem ao Banco de Imagem e Documentação da Valley Editora.

Programação Visual: Camile Weber  
Sibele Righi Scaramussa  
Capa: Camile Weber  
Editoração Eletrônica: Camila Nunes da Rosa  
Camile Webber  
Juliana Facco Segalla  
Sibele Righi Scaramussa  
Ilustrações: Fabiano da Costa Alvares  
Gabriel La Rocca Coser  
Sibele Righi Scaramussa

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação – CIP

F899f  
Friedrich, Fernando do Nascimento  
Física: mecânica dos fluidos, térmica e ondulatória / Fernando do  
Nascimento Friedrich, Luiz EduardoSilva Porto, João Vicente Strapasson.  
Santa Maria: Valley Editora, 2024.  
v. 2  
158 p.  
ISBN 978-65-89574-72-9  
1.Mecânica 2. Dilatação 3. Oscilações 4. Acústica I. Título  
CDU 371.671

Bibliotecária responsável Trilce Morales – CRB 10/2209

Coleção 2024

Sistema de Ensino



Comercialização e distribuição: NTRV Distribuidora

# SUMÁRIO

## **Unidade 1**

5 Mecânica dos fluidos

## **Unidade 2**

15 Introdução à Termologia

## **Unidade 3**

19 Dilatação de sólidos e líquidos

## **Unidade 4**

22 Calorimetria

## **Unidade 5**

27 Estudo dos gases

## **Unidade 6**

30 Termodinâmica

## **Unidade 7**

34 Oscilações

## **Unidade 8**

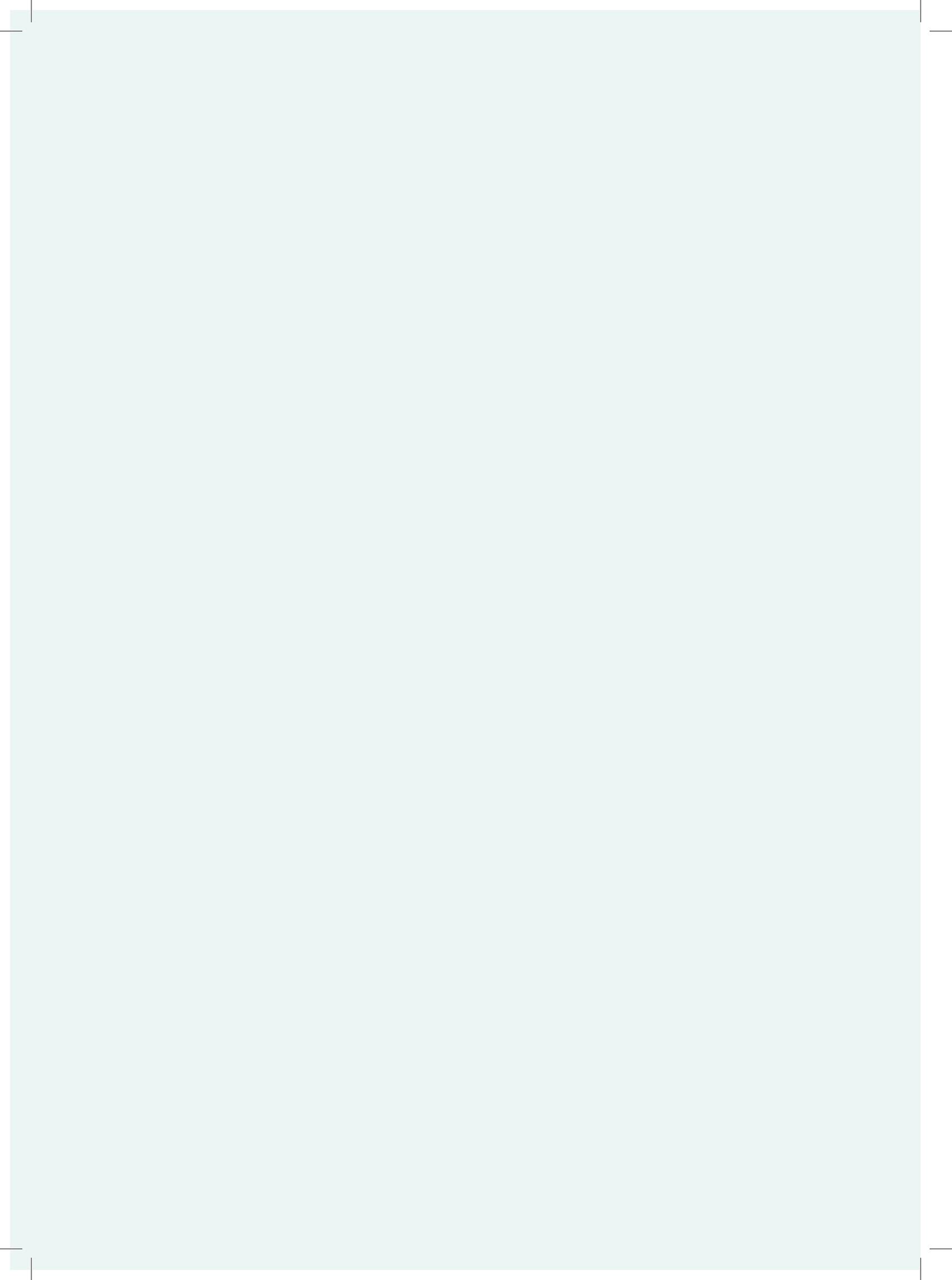
38 Ondas I

## **Unidade 9**

42 Ondas II

## **Unidade 10**

48 Acústica





## » Mecânica dos fluidos

### • Hidrostática

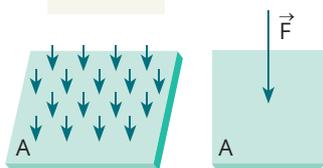
A hidrostática é a parte da física que estuda as forças exercidas pelos fluidos (e sobre eles) em equilíbrio. Seu desenvolvimento deveu-se principalmente a quatro homens: Arquimedes, Simon Stevin, Evangelista Torricelli e Blaise Pascal. Vamos observar que as leis estudadas nesta unidade, em seus nomes, prestam homenagem a seus precursores. Vejamos, agora, os importantes conceitos de pressão, massa específica e peso específico.

#### Pressão

Uma superfície de área  $A$ , que recebe perpendicularmente um sistema de forças cuja resultante é  $F$ , sofre uma pressão  $p$ . Interessa aqui falar da pressão exercida por um sistema de forças uniforme sobre a superfície. Desse modo, em símbolos, temos:



$$p = \frac{\vec{F}}{A}$$



$p$  = pressão;  
 $F$  = força;  
 $A$  = área.

O **pascal (Pa)**, que é o *newton por metro quadrado*, é a unidade de pressão no S.I. Entretanto, em alguns casos, utilizam-se outras unidades, como o *dina por centímetro quadrado* ou **bária (ba)**, o **atmosfera (atm)** e o **milímetros de mercúrio (mmHg)**.

#### Massa específica e densidade

A densidade de um corpo é a razão entre sua massa e seu volume. O que ocorre é que, se o corpo for homogêneo, costuma-se usar o termo **massa específica** em lugar de **densidade**. Assim, para corpos homogêneos, temos:

Densidade	Massa específica	
$d = \frac{m}{V}$	$\mu = \frac{m}{V}$	$d$ = densidade;
(Corpos)	(Substância maciça e homogênea)	$\mu$ = massa específica;
		$m$ = massa;
		$V$ = volume.

A definição de massa específica é mais usada para substância maciça e homogênea, e a definição de densidade, para corpos.

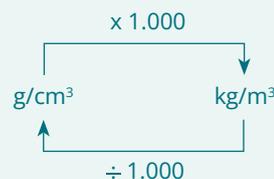
A tabela a seguir fornece a massa específica de algumas substâncias em  $g/cm^3$ .

Substância	Massa específica
Água (20°C)	0,99
Água do mar (20°C)	1,01 a 1,03
Gasolina (20°C)	0,68 a 0,72
Cobre	8,93
Prata	10,49
Ouro	19,31
Ar (0°C e 1 atm)	$1,293 \cdot 10^{-3}$
Oxigênio (0°C e 1 atm)	$1,429 \cdot 10^{-3}$

Física: Conceitos e aplicações. Paulo César Penteado. Ed. Moderna.

#### Importante

- ▶ A unidade da massa específica no S.I. é o quilograma por metro cúbico ( $kg/m^3$ ), mas é comum o uso do grama por centímetro cúbico ( $g/cm^3$ ).
- ▶ Para transformar uma medida de  $g/cm^3$  para  $kg/m^3$ , basta multiplicá-la por 1.000 e, de  $kg/m^3$  para  $g/cm^3$ , dividir por 1.000.



- ▶ A massa específica do mercúrio (Hg) é **13,6  $g/cm^3$** ; significa que 1  $cm^3$  de mercúrio tem a massa de **13,6 g**.

Anotações:



## Peso específico

O **peso específico** de um corpo homogêneo é o peso do corpo dividido pelo seu volume.

$$\rho = \frac{\vec{P}}{V}$$

$\rho$  = peso específico;  
 $\vec{P}$  = peso;  
 $V$  = volume.

Considerando que  $P = m \cdot g$  (peso é o produto da massa pela aceleração da gravidade), podemos deduzir, da fórmula anterior, que:

$$\rho = \mu \cdot \vec{g}$$

$\rho$  = peso específico;  
 $\mu$  = densidade;  
 $\vec{g}$  = aceleração da gravidade.

### ////////// APOIO AO TEXTO //////////

**1. (UPF)** Durante um churrasco, o assador percebe que a faca está "sem fio" e decide afiá-la. Como resultado desse processo, a faca passa a cortar a carne com maior facilidade com o mesmo esforço. Dentre as razões que justificam esse fenômeno, está a de que afiar a faca resulta em:

- a) redução de pressão.
- b) redução de força.
- c) aumento de sensibilidade.
- d) redução de área de contato.
- e) aumento de força.

**2. (PUC)** A umidade relativa é a razão obtida dividindo-se a massa de vapor de água presente num dado volume de ar pela massa de vapor de água que poderia estar presente nesse mesmo volume e à mesma temperatura, caso o ar estivesse saturado. Portanto, ar saturado de vapor de água tem umidade relativa de 100%. Verifica-se que, numa sala com  $320 \text{ m}^3$  de ar a  $23^\circ\text{C}$ , a umidade relativa é de 50%. Sabendo-se que ar saturado a  $23^\circ\text{C}$  contém 20 gramas de vapor de água por metro cúbico de ar e que a massa específica da água é  $1,0 \text{ kg/L}$ , conclui-se que, se todo o vapor de água presente na sala fosse liquefeito, seria possível obter um volume de água de:

- a) 2,0 L.
- b) 2,5 L.
- c) 2,8 L.
- d) 3,0 L.
- e) 3,2 L.

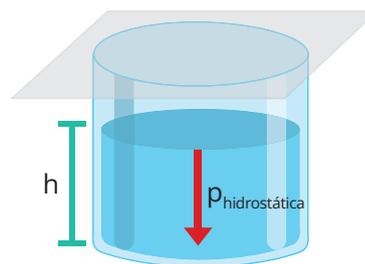
**3. (ULBRA)** Dois líquidos miscíveis 1 e 2 de densidades absolutas  $d_1 = 0,70 \text{ g/cm}^3$  e  $d_2 = 1,30 \text{ g/cm}^3$ , respectivamente, misturam-se sem variação de volume. Com esses líquidos, deseja-se preparar o volume de mistura  $V = 3,00 \text{ m}^3$  com densidade absoluta de  $d = 0,90 \text{ g/cm}^3$ . Para tanto, quais volumes  $V_1$  e  $V_2$  desses líquidos devem ser misturados?

- a)  $V_1 = 2,00 \text{ m}^3$  e  $V_2 = 1,00 \text{ m}^3$ .
- b)  $V_1 = 2,10 \text{ m}^3$  e  $V_2 = 0,90 \text{ m}^3$ .
- c)  $V_1 = 2,40 \text{ m}^3$  e  $V_2 = 0,60 \text{ m}^3$ .
- d)  $V_1 = 2,50 \text{ m}^3$  e  $V_2 = 0,50 \text{ m}^3$ .
- e)  $V_1 = 2,70 \text{ m}^3$  e  $V_2 = 0,30 \text{ m}^3$ .

## Pressão em um líquido – Lei de Stevin

### PRESSÃO HIDROSTÁTICA (EFETIVA)

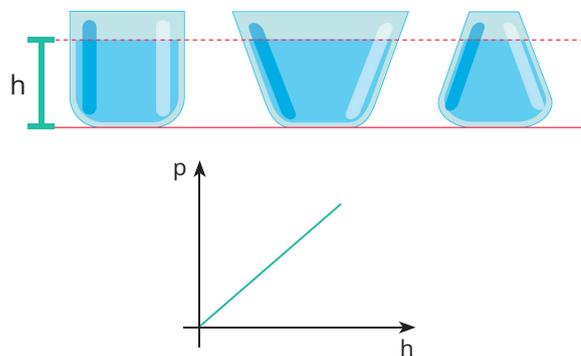
É a pressão exercida exclusivamente pela coluna líquida. A pressão hidrostática não depende da forma ou do volume da coluna líquida, para um mesmo líquido em um mesmo local, ela depende apenas da altura (profundidade) da coluna.



Pela definição de pressão, no fundo do recipiente, a pressão exercida pelo peso do líquido é dada por:

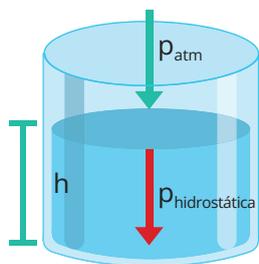
$$p = d \cdot \vec{g} \cdot h$$

Nos três recipientes, de formatos diferentes, dispostos horizontalmente em um mesmo local e contendo líquidos de mesma densidade e altura  $h$ , a pressão é a mesma para quaisquer pontos localizados numa mesma horizontal.



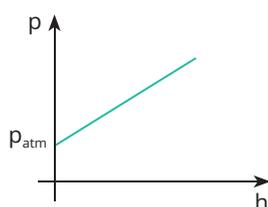
## PRESSÃO TOTAL (ABSOLUTA)

Encontrada sempre que somamos a pressão atmosférica à pressão hidrostática. É utilizada sempre que a superfície livre do líquido estiver exposta ao ar atmosférico.



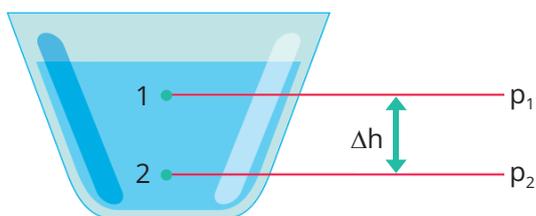
$$p_{\text{total}} = p_{\text{atm}} + d \cdot \vec{g} \cdot h$$

Como a pressão de um líquido em equilíbrio varia linearmente com a profundidade, a representação gráfica é uma reta inclinada em relação aos eixos.



## LEI DE STEVIN

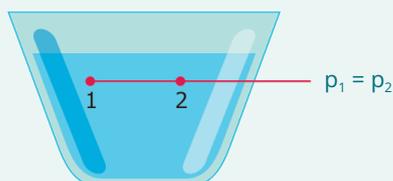
A diferença de pressão é proporcional à diferença de altura.



$$\Delta p = d \cdot \vec{g} \cdot \Delta h$$

### Importante

A pressão a uma mesma profundidade de um fluido é constante ao longo do plano paralelo à superfície. A partir desse fato, podemos resolver problemas que envolvem dois ou mais vasos comunicantes.

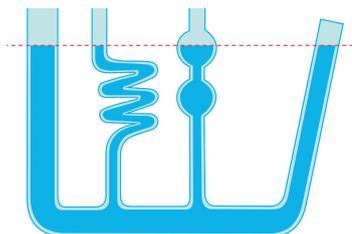


## Vasos comunicantes

### CASO A

Um mesmo fluido em todos os ramos

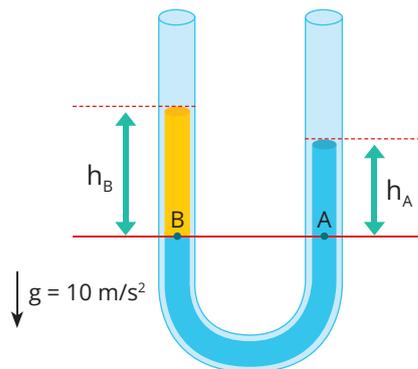
A altura  $h$  alcançada pelo fluido é igual em todos os ramos, pois o fluido é o mesmo.



### CASO B

Dois fluidos diferentes em um vaso em forma de U

Considere dois fluidos imiscíveis conforme a figura abaixo:



O encontro entre os fluidos serve de referencial para resolvermos problemas com vasos em forma de U. Pela Lei de Stevin, a pressão nos pontos A e B é a mesma.

Portanto:

$$d_A \cdot h_A = d_B \cdot h_B$$

Anotações:



## ////// APOIO AO TEXTO ////

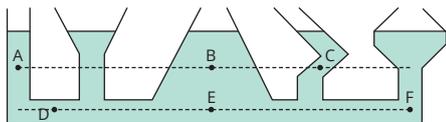
**4. (UPF)** Em uma barragem como a da figura, a parede de concreto precisa ter uma espessura maior na base do que no topo.



Isso se justifica principalmente em virtude de que:

- a) na superfície livre da água, atua a pressão atmosférica.
- b) existe uma diferença de temperatura na água.
- c) o calor específico da água é maior na base.
- d) a viscosidade da água aumenta com a profundidade.
- e) nos líquidos, a pressão aumenta com a profundidade.

**5. (PUC)** Analise a figura abaixo, que representa um recipiente com cinco ramos abertos à atmosfera, em um local onde a aceleração gravitacional é constante, e complete as lacunas do texto que segue. As linhas tracejadas, assim como o fundo do recipiente, são horizontais.



Considerando que o recipiente está em equilíbrio mecânico e contém um fluido de massa específica constante, afirma-se que a pressão exercida pelo fluido no \_\_\_\_\_ é \_\_\_\_\_ pressão exercida pelo fluido no \_\_\_\_\_.

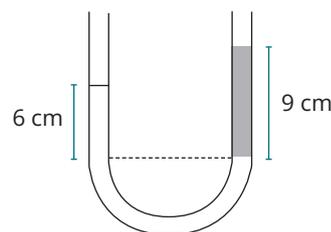
- a) ponto A - menor que a - ponto D
- b) ponto A - menor que a - ponto C
- c) ponto B - igual à - ponto E
- d) ponto D - menor que a - ponto F
- e) ponto D - igual à - ponto C

**6. (PUC)** Aquecedores de passagem são acionados pela passagem da água no seu interior, ou seja, ligam quando a torneira é aberta. O manual de instalação de um aquecedor deste tipo informa que “a pressão mínima necessária para o correto funcionamento do equipamento é equivalente a 10 m de coluna de água”. Levando-se em conta que a massa específica da água é  $1.000 \text{ kg/m}^3$  e a aceleração da gravidade no local é aproximadamente  $10 \text{ m/s}^2$ , a informação se refere à pressão hidrostática, em pascals, de:

- a)  $1,0 \cdot 10^6$
- b)  $1,0 \cdot 10^5$
- c)  $1,0 \cdot 10^4$
- d)  $1,0 \cdot 10^3$
- e)  $1,0 \cdot 10^2$

**7. (UFRGS)** Em um tubo transparente em forma de U contendo água, verteu-se, em uma de suas extremidades, uma dada quantidade de um líquido não miscível em água. Considere a densidade da água igual a  $1 \text{ g/cm}^3$ .

A figura abaixo mostra a forma como ficaram distribuídos a água e o líquido (em cinza) após o equilíbrio.



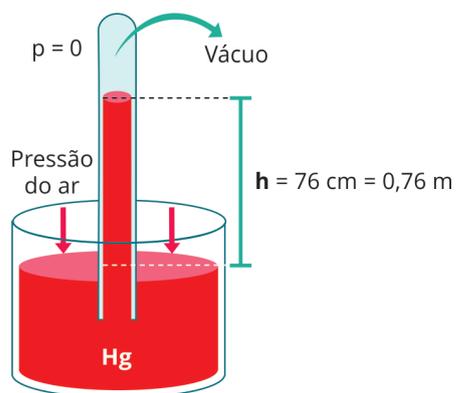
Qual é, aproximadamente, o valor da densidade do líquido, em  $\text{g/cm}^3$ ?

- a) 1,5.
- b) 1,0.
- c) 0,9.
- d) 0,7.
- e) 0,5.



## Experiência de Torricelli

O físico italiano Evangelista Torricelli (1608-1647) realizou uma experiência para determinar a pressão atmosférica ao nível do mar. Para tanto, usou um tubo de aproximadamente 1,0 m de comprimento cheio de mercúrio (Hg), com uma das extremidades fechada e a outra aberta. Depois, ao inverter a posição do tubo, protegendo a extremidade livre, a fim de evitar perdas de mercúrio, colocou-o dentro de um recipiente que também continha mercúrio. Torricelli observou que, após destampar o tubo, o nível do mercúrio desceu e estabilizou-se na posição correspondente a 0,76 m, restando o vácuo na parte superior do tubo. Vejamos a figura abaixo:



Conhecendo a densidade do mercúrio ( $13.600 \text{ kg/m}^3$ ), por meio da Lei de Stevin, Torricelli determinou a pressão atmosférica. Vejamos o cálculo:

$$\begin{aligned} p &= d \cdot \vec{g} \cdot h \\ p &= 13.600 \cdot 9,8 \cdot 0,76 \\ p &= 1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa} \end{aligned}$$

Se, no lugar do mercúrio, utilizarmos água, a coluna líquida necessária para equilibrar a pressão atmosférica será maior que 76 cm de mercúrio, devido à densidade da água ser 13,6 vezes menor que a do mercúrio.

Aplicando a Lei de Stevin, teremos:

$$\begin{aligned} p_{\text{atm}} &= d \cdot \vec{g} \cdot h \\ \downarrow \\ h &= \frac{p_{\text{atm}}}{d \cdot \vec{g}} = \frac{1,01 \cdot 10^5}{1,0 \cdot 10^3 \cdot 9,8} = 10,3 \text{ m} \end{aligned}$$

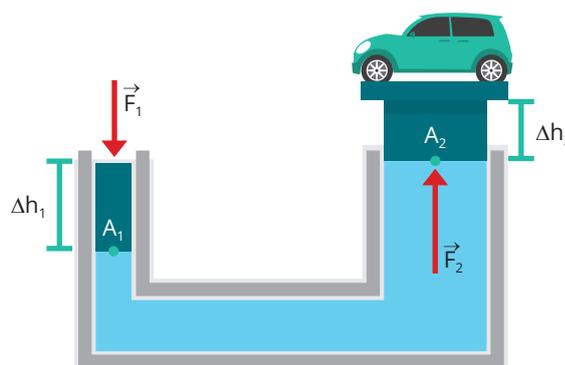
## Princípio de Pascal

Podemos usar o princípio de Pascal para explicar como um sistema hidráulico funciona. Um exemplo comum desse sistema é o elevador hidráulico usado para levantar um carro para reparos mecânicos. O princípio de Pascal diz:

A pressão aplicada a um fluido dentro de um recipiente fechado é transmitida, sem variação, a todas as partes do fluido, bem como às paredes do recipiente.

## PRENSA HIDRÁULICA

Pressa hidráulica é uma máquina capaz de transformar uma força de pequena intensidade em outra força de maior intensidade, usando o princípio físico de Pascal.



Duas igualdades importantes são usadas na resolução de problemas envolvendo a prensa hidráulica. Vejamos:

$$\frac{\vec{F}_1}{\vec{F}_2} = \frac{A_1}{A_2} = \frac{\Delta h_2}{\Delta h_1}$$

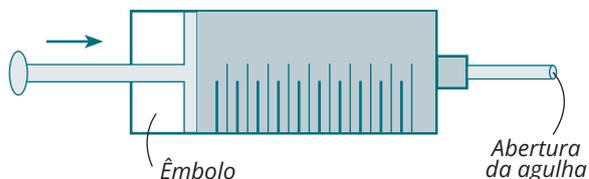
### Importante

- ▶ A eficiência de uma prensa hidráulica é o número obtido pela razão entre a área do êmbolo maior e a área do êmbolo menor.
- ▶ Na prensa hidráulica, o que se ganha em força perde-se, em deslocamento.
- ▶ A prensa hidráulica transmite trabalho e pressão.



## /// APOIO AO TEXTO ///

**8. (UFMS)** Um certo medicamento, tratado como fluido ideal, precisa ser injetado em um paciente, empregando-se, para tanto, uma seringa.



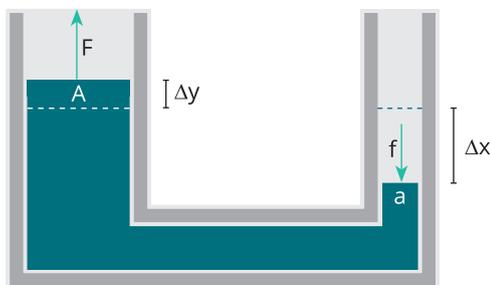
Considere que a área do êmbolo seja 400 vezes maior que a área da abertura da agulha e despreze qualquer forma de atrito. Um acréscimo de pressão igual a  $P$  sobre o êmbolo corresponde a qual acréscimo na pressão do medicamento na abertura da agulha?

- a)  $\Delta P$
- b)  $200 \Delta P$
- c)  $\Delta P/200$
- d)  $400 \Delta P$
- e)  $\Delta P/400$

**9. (UFCSA)** A prensa hidráulica, o macaco hidráulico e os elevadores de carro das oficinas são aplicações do princípio de Pascal. Se a relação entre os diâmetros maior e menor, dos cilindros de um elevador de carros, for  $D_2/D_1 = 10$ , a relação entre as forças  $F_1$  e  $F_2$  aplicadas, respectivamente, nos êmbolos menor e maior, será:

- a)  $F_2 = (1/10) \cdot F_1$
- b)  $F_2 = 10F_1$
- c)  $F_2 = 20F_1$
- d)  $F_2 = 50F_1$
- e)  $F_2 = 100F_1$

**10. (UFMS)** Conforme a figura, aplica-se uma força  $f$  ao êmbolo do cilindro menor, de área  $a$ , de uma prensa hidráulica, produzindo um deslocamento  $\Delta x$ . No êmbolo do cilindro maior, de área  $A$ , surge uma força  $F$  que produz um deslocamento  $\Delta y$ . Pode-se, então, afirmar que:



- I.  $F\Delta y = f\Delta x$
- II.  $F/A = f/a$
- III.  $A\Delta y = a\Delta x$

Está(ão) correta(s):

- a) apenas I.
- b) apenas II.
- c) apenas III.
- d) apenas I e II.
- e) I, II e III.

## Princípio de Arquimedes

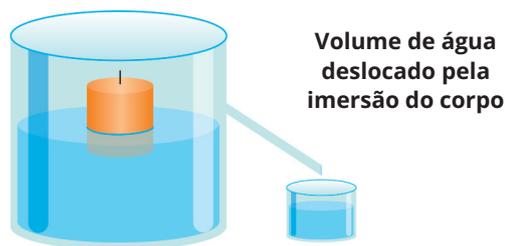
O grego Arquimedes (282-212 a.C.) enunciou o teorema da hidrostática. Entretanto, sua produção foi maior: além de célebre matemático, participou ativamente da guerra de Siracusa, inventando dispositivos militares para atacar os inimigos romanos.



Arquimedes (pintura de Domenico Fetti).

### Teorema de Arquimedes

“Todo corpo sólido imerso (total ou parcialmente) em um fluido em equilíbrio recebe uma força vertical para cima cuja intensidade é igual ao peso do fluido deslocado devido à imersão daquele corpo.”



$$\vec{E} = d_{\text{fluido}} \cdot \vec{g} \cdot V_{\text{submerso}}$$

Unidade no S.I.: Newton

$\vec{E}$  = empuxo;

$d_{\text{fluido}}$  = densidade do fluido;

$\vec{g}$  = aceleração da gravidade;

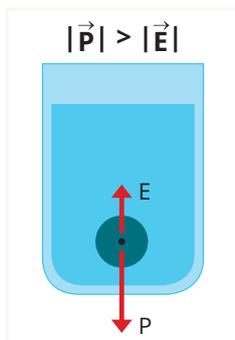
$V_{\text{submerso}}$  = volume da parte do corpo que está “dentro” do fluido.



## Corpos totalmente imersos

### O QUE ACONTECE SE O PESO DO CORPO É MAIOR QUE O EMPUXO? ( $|\vec{P}| > |\vec{E}|$ )

A resultante das forças fica direcionada para baixo, e o corpo irá afundar. Nesse caso, a densidade do corpo é maior que a densidade do fluido.

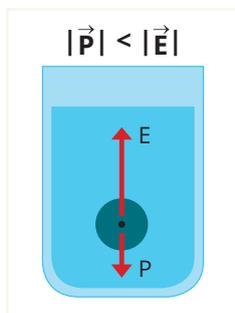


$$d_{\text{corpo}} > d_{\text{fluido}}$$

A diferença  $P_{AP} = P - E$  é denominada peso aparente. Sob ação dessa força, o corpo desloca-se para baixo.

### E QUANDO O PESO DO CORPO É MENOR QUE O EMPUXO? ( $|\vec{P}| < |\vec{E}|$ )

Nesse caso, a resultante fica direcionada para cima, fazendo o corpo ir para a superfície do fluido. Ao emergir, o corpo passa a deslocar menor volume de fluido, e o empuxo sobre ele torna-se menor. A densidade do corpo é menor que a densidade do fluido.

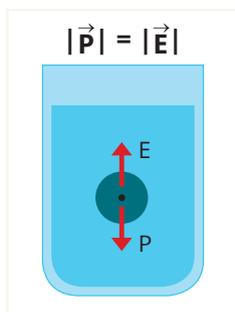


$$d_{\text{corpo}} < d_{\text{fluido}}$$

A diferença  $F_{\text{ascensional}} = E - P$  é denominada força ascensional. Sob ação dessa força, o corpo desloca-se para cima.

### E SE O PESO DO CORPO FOR IGUAL AO EMPUXO? ( $|\vec{P}| = |\vec{E}|$ )

Nesse caso, a resultante das forças é nula, e o corpo permanece em equilíbrio no local em que foi abandonado. Sua densidade é igual à densidade do fluido.



$$d_{\text{corpo}} = d_{\text{fluido}}$$

### Importante

#### Corpos flutuantes

Para um corpo flutuando, a intensidade do empuxo é igual ao peso do corpo, e vale a seguinte relação:

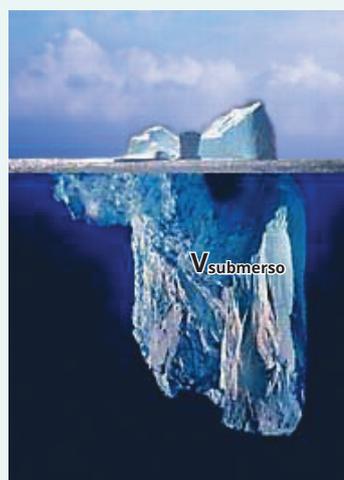
$$\frac{d_{\text{corpo}}}{d_{\text{fluido}}} = \frac{V_{\text{submerso}}}{V_{\text{corpo}}}$$

$d_{\text{corpo}}$  = densidade do corpo;

$d_{\text{fluido}}$  = densidade do fluido;

$V_{\text{submerso}}$  = volume da parte do corpo que está dentro do fluido;

$V_{\text{corpo}}$  = volume total do corpo.



A partir da relação acima, considerando que a razão:

$$\frac{V_{\text{submerso}}}{V_{\text{corpo}}}$$

representa a porcentagem do corpo que está submersa no líquido, podemos estabelecer que:

$$\frac{d_{\text{corpo}}}{d_{\text{fluido}}} = \frac{V_{\text{submerso}}}{V_{\text{corpo}}}$$

$$\frac{d_{\text{corpo}}}{d_{\text{fluido}}} = \% \text{ submersa}$$

$$d_{\text{corpo}} = \% \text{ submersa} \cdot d_{\text{fluido}}$$



## APOIO AO TEXTO

**11. (UPF)** O inverno trouxe excesso de chuva para a região Sul, provocando aumento no volume de água nos rios. Com relação à força exercida pela água sobre os corpos nela imersos, denominada empuxo, é correto afirmar:

- a) É sempre igual ao peso do corpo.
- b) Seu valor depende da densidade do corpo imerso.
- c) Seu valor depende da quantidade total de água no rio.
- d) Tem seu módulo igual ao peso do volume da água deslocada.
- e) É sempre menor do que o peso do corpo.

**13. (UFPR)** Um objeto sólido com massa 600 g e volume 1 litro está parcialmente imerso em um líquido, de maneira que 80% do seu volume estão submersos. Considerando a aceleração da gravidade igual a  $10 \text{ m/s}^2$ , assinale a alternativa que apresenta a massa específica do líquido.

- a)  $0,48 \text{ g/cm}^3$ .
- b)  $0,75 \text{ g/cm}^3$ .
- c)  $0,8 \text{ g/cm}^3$ .
- d)  $1,33 \text{ g/cm}^3$ .
- e)  $1,4 \text{ g/cm}^3$ .

**12. (UPF)** A tirinha abaixo mostra um iceberg que tem seu volume parcialmente imerso ( $9/10$  de seu volume total) na água do mar. Considerando que a densidade da água do mar é  $1,0 \text{ g/cm}^3$ , assinale a alternativa que indica a densidade do gelo, em  $\text{g/cm}^3$ , que compõe o iceberg.

Anotações:



- a) 0,5
- b) 1,3
- c) 0,9
- d) 0,1
- e) 1

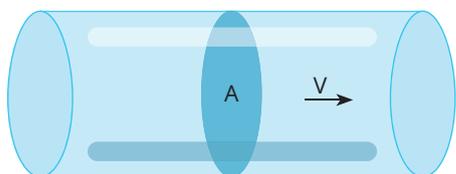


## • Hidrodinâmica

A hidrodinâmica estuda os fluidos em movimento. Trataremos apenas da situação em que o escoamento do fluido não é turbulento.

### Vazão

A vazão  $Q$  é uma grandeza física escalar que mede a rapidez com que o volume de um fluido escoou. Observe a figura:



$A$  = área da secção;

$v$  = velocidade de escoamento;

$V$  = volume do fluido que escoou através da secção de área  $A$ ;

$t$  = tempo.

A partir da figura, podemos estabelecer duas fórmulas para o cálculo da vazão:

$$Q = \frac{V}{\Delta t}$$

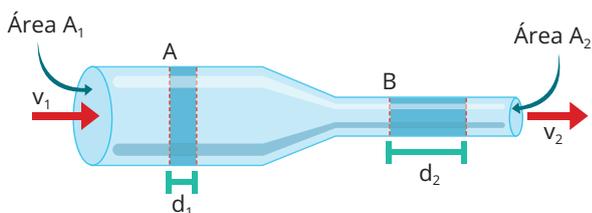
(volume/tempo)

$$Q = A \cdot v$$

(área · velocidade)

### Equação da continuidade (Castelli)

Imagine um mesmo fluido ideal sendo escoado pelo tubo abaixo. A velocidade de escoamento é maior na parte mais estreita do tubo. Na verdade, a velocidade de escoamento é inversamente proporcional à área de secção atravessada, mantendo constante a vazão.



$$A_1 \cdot v_1 = A_2 \cdot v_2$$

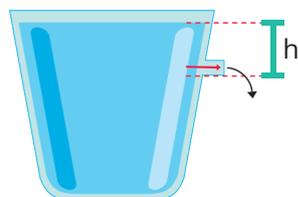
$A$  = área

$v$  = velocidade

Anotações:

## HIDRODINÂMICA NA PRÁTICA

► O que ocorre com a velocidade de escoamento de um fluido por pequenos orifícios:



$$v = \sqrt{2gh}$$

$v$  = velocidade de escoamento;

$g$  = aceleração da gravidade;

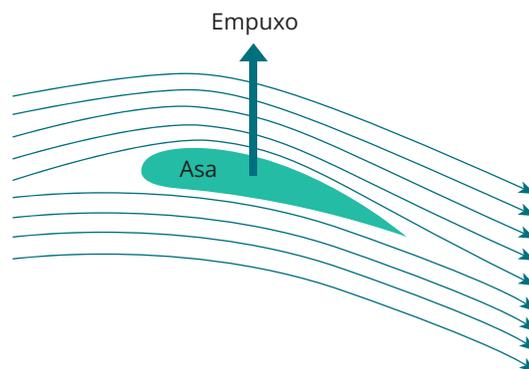
$h$  = distância da superfície livre do fluido até o pequeno orifício.

Para o exemplo acima, quanto mais próximo do fundo está o orifício, maior a velocidade de escoamento.

► A sustentação da asa do avião:

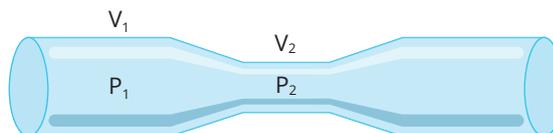


Pedro Simões/BID



A asa do avião é mais curva na parte de cima; e isso faz com que o ar passe mais rápido nessa parte. De acordo com os estudos de Bernoulli, a pressão do ar em cima da asa será menor que na parte de baixo, criando uma força de empuxo que sustenta o avião no ar.

► O tubo de Venturi:



$$P_1 > P_2$$

e

$$v_1 < v_2$$



## ////////// APOIO AO TEXTO //////////

**14. (UFN)** Na Engenharia Ambiental e Sanitária, foram feitos experimentos com água. Dentre esses experimentos, a vazão foi medida por meio de um cano de 3 cm de raio no qual fluía água a uma velocidade de 20 m/s. Nesse caso, a vazão obtida foi de:

- a) 5 m<sup>3</sup>/s.
- b) 565,2 cm<sup>3</sup>/s.
- c) 5 litros/s.
- d) 5,56 litros/s.
- e) 56,52 litros/s.

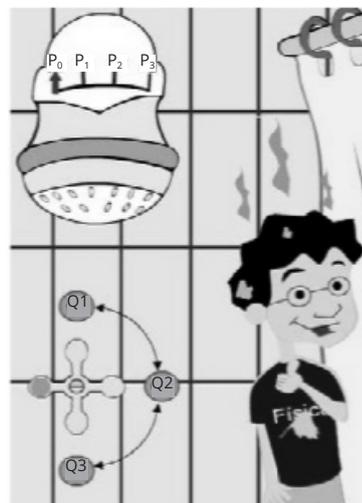
**15. (UFN)** Quando aproximamos da boca uma folha de papel e sopramos na parte superior da folha, percebemos que a folha, antes caída (devido à atração gravitacional), sobe e se mantém numa posição quase horizontal, enquanto sopramos. (A figura ilustra essa experiência com fluidos.)



A explicação para que a folha se mantenha na posição quase horizontal é que o movimento do ar, provocado pelo sopro:

- a) atrai a folha de papel, reduzindo, assim, a atração gravitacional sobre a folha de papel.
- b) reduz a pressão na parte superior da folha de papel, tornando a pressão, na parte inferior, maior.
- c) aumenta a pressão na parte inferior da folha de papel, sem alterar a pressão na parte superior.
- d) aumenta a pressão na parte superior da folha de papel, reduzindo a atração gravitacional sobre a folha de papel.
- e) empurra a folha de papel para cima, compensando a atração gravitacional sobre a folha de papel.

**Instrução:** A imagem abaixo refere-se a potência, vazão e energia elétrica. Esses assuntos serão explorados nas questões 16, 17 e 18.



**16.** Um chuveiro, com potência de 7500 W, funciona 15 minutos por dia. Qual o valor de energia gasta, em kWh, em um mês?

- a) 1,875
- b) 56.250
- c) 1.875
- d) 112.500
- e) 56,25

**17.** Se a caixa d'água, lacrada com tampa-água para o chuveiro, estiver situada a 4 metros de altura acima do chuveiro, podemos concluir que a pressão hidrostática, em Pascal, será de:

(Caso necessário, use  $g = 9,82 \text{ m/s}^2$  e pressão da água  $1 \text{ g/cm}^3$ .)

- a) 39,28.
- b) 40.
- c) 39.280.
- d) 40.000.
- e) 50.

**18.** Se a velocidade de saída de água do chuveiro é de 0,5 m/s e a altura do ponto onde sai a água até o chão do banheiro é de 2 metros, conclui-se que a velocidade, em m/s, com que a água chega ao ponto inferior é de, aproximadamente:

(Caso necessário, use  $g = 10 \text{ m/s}^2$  e despreze a resistência do ar.)

- a) 3,0.
- b) 3,5.
- c) 4,0.
- d) 4,5.
- e) 6,3.



## » Introdução à Termologia

### • Temperatura

Medida do grau de agitação das moléculas de um sólido ou da energia cinética média das moléculas de um fluido. A temperatura de um corpo não depende de características materiais como forma, volume, densidade ou massa. Mesmo que dois corpos sejam feitos de materiais diferentes, após permanecerem um bom tempo em um mesmo ambiente, atingirão a mesma temperatura.

### • Energia na forma de calor

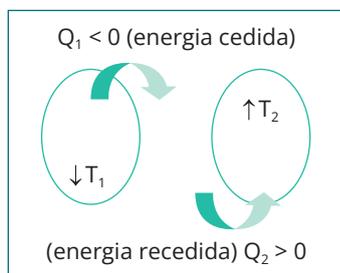
Energia trocada entre dois sistemas devido à diferença de temperatura. A troca de calor ocorre espontaneamente do corpo de maior temperatura para o de menor temperatura na busca do equilíbrio térmico. Quando dois sistemas atingem a mesma temperatura, cessa a troca de calor.

O calor não pode ser armazenado (contido) em um corpo. O que os corpos armazenam é energia interna.

### Princípio fundamental da calorimetria (Princípio das trocas de calor)

A soma algébrica das energias na forma de calor trocadas por corpos termicamente isolados é nula.

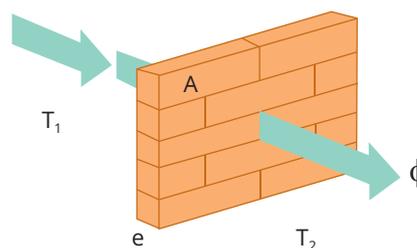
$$Q_1 + Q_2 = 0$$



← Parede isolante  
(sistema isolado)

### Fluxo de calor (Equação de Fourier)

Corresponde à quantidade de calor por unidade de tempo que atravessa uma superfície.



$$\phi = \frac{Q}{\Delta t} = \frac{k \cdot A \cdot \Delta T}{e}$$

k = condutividade (característica do material que constitui a superfície)

A = área

$\Delta T$  = variação de temperatura

e = espessura

As panelas e as chaleiras usadas em uma cozinha devem ser metálicas, para que o calor se propague rapidamente. Porém, seus cabos devem ser fabricados com material isolante, a fim de dificultar a chegada de calor até a mão de quem segura o utensílio.

Materiais	Condutividade (cal/s.cm.°C)
Prata	0,99
Cobre	0,92
Alumínio	0,50
Ferro	0,12
Água	0,0014
Vidro	0,0015
Concreto	0,0025
Gelo	0,0040

Anotações:



## ////// APOIO AO TEXTO //////////////

1. "Por muito tempo, na história da Física, considerou-se que o calor era uma propriedade dos corpos, que a possuíam em uma quantidade finita. Esse conceito errôneo desapareceu no final do século XVIII. E hoje sabe-se que calor é uma forma de \_\_\_\_\_ e, portanto, não tem sentido falar em \_\_\_\_\_".

Escolha a opção que completa corretamente as lacunas do texto:

- a) energia em trânsito - calor contido nos corpos
- b) temperatura - aquecimento dos corpos
- c) pressão - energia interna dos corpos
- d) força - trabalho realizado por um corpo
- e) momento - energia cinética de um corpo

2. Assinale a alternativa que define de forma correta o que é temperatura.

- a) É a energia que se transmite de um corpo a outro em virtude de uma diferença de temperatura.
- b) Uma grandeza associada ao grau de agitação das partículas que compõem um corpo – quanto mais agitadas as partículas de um corpo, menor será sua temperatura.
- c) Energia térmica em trânsito.
- d) É uma forma de calor.
- e) Uma grandeza associada ao grau de agitação das partículas que compõem um corpo – quanto mais agitadas as partículas de um corpo, maior será sua temperatura.

3. Quando uma enfermeira coloca um termômetro clínico de mercúrio sob a língua de um paciente, por exemplo, ela sempre aguarda algum tempo antes de fazer a sua leitura. Esse intervalo de tempo é necessário:

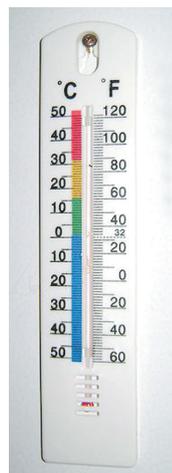
- a) para que o termômetro entre em equilíbrio térmico com o corpo do paciente.
- b) para que o mercúrio, que é muito pesado, possa subir pelo tubo capilar.
- c) para que o mercúrio passe pelo estrangulamento do tubo capilar.
- d) devido à diferença entre os valores do calor específico do mercúrio e do corpo humano.
- e) porque o coeficiente de dilatação do vidro é diferente do coeficiente de dilatação do mercúrio.

4. As forças de coesão entre as moléculas de uma substância:

- a) são mais intensas no estado gasoso do que nos estados sólido e líquido, em virtude de maior agitação.
- b) são menos intensas no estado sólido do que nos estados gasoso e líquido, em vista da estrutura cristalina.
- c) não dependem do estado de agregação da substância.
- d) têm maior intensidade no estado sólido e menos intensidade no estado gasoso.
- e) têm intensidade desprezível no estado sólido.

## Zero absoluto

O zero absoluto corresponde a  $-273^{\circ}$  na escala Célsius, na qual qualquer substância não tem absolutamente qualquer energia para oferecer. Corresponde ao menor estado de agitação molecular. Houve várias tentativas de se provar que haveria um jeito de ultrapassar tal limite. A temperatura mais fria atingida, no entanto, ainda esteve algumas centenas de microkelvin de atingir o zero absoluto.



Termômetro com dupla escala.



Termômetro clínico.



Termômetro de rua no "calçadão" de Santa Maria (RS).



Termômetro de máximo e mínimo.

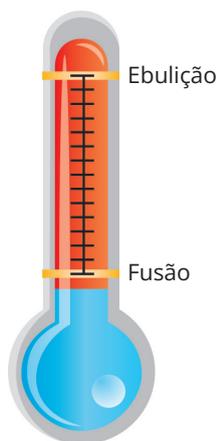
Como vemos nas figuras, existem alguns tipos de termômetros graduados com valores numéricos. Esse processo de marcação de números no termômetro é bastante simples. Colocamos o termômetro em presença de gelo em fusão e de água em ebulição, ambos submetidos à pressão

normal de 1 atm. À altura de mercúrio verificada na fusão do gelo, fazemos corresponder um número que será chamado *ponto do gelo*. Na ebulição, da mesma forma, atribuímos outro número, que será chamado *ponto do vapor*.

## • Termometria

A termometria pode ser considerada uma pequena, mas importante, parte da termologia. Nesse sentido, iremos tratar da determinação da temperatura de um corpo.

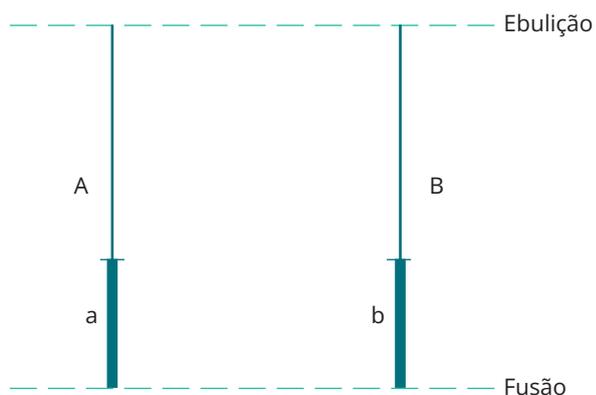
Sabemos que o termômetro é o aparelho utilizado para medir temperatura, porém desconhecemos muitos dos tipos de termômetros existentes. A título de curiosidade, as figuras abaixo ilustram alguns modelos desse aparelho fantástico.



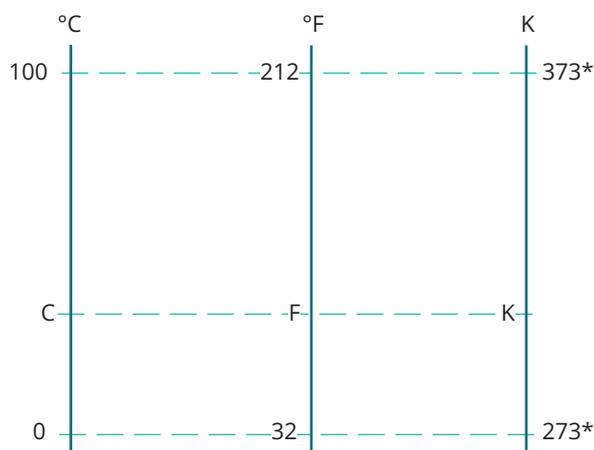
Observe que, entre os pontos do gelo e do vapor, estão marcados intervalos iguais, sendo que cada um representa um grau da escala. Portanto, em um termômetro, dois números representando os pontos fixos (gelo e vapor) são suficientes para determinarmos o que denominamos *escala termométrica*.

### Relação entre duas escalas

Como posso definir minha escala? Você, a sua, e qualquer outra pessoa, a dela? A pergunta que surge é como determinar a equivalência entre as temperaturas nas diferentes escalas? Para resolver esse problema, basta montar uma direta proporção a partir de comprimentos extraídos das medições na escala.



Usando essa proporção, podemos deduzir a relação existente entre três famosas escalas termométricas que são usadas mundialmente: Celsius, Fahrenheit e Kelvin.



\*Pontos de fusão e ebulição da água, sob pressão atmosférica normal para as três escalas.

$$\frac{a}{A} = \frac{b}{B} = \frac{c}{C} \rightarrow$$

$$\rightarrow \frac{C - 0}{100 - 0} = \frac{F - 32}{212 - 32} = \frac{K - 273}{373 - 273}$$

$$\rightarrow \frac{C}{100} = \frac{F - 32}{180} = \frac{K - 273}{100}$$

$$\rightarrow \frac{C}{5} = \frac{F - 32}{9} = \frac{K - 273}{5}$$

A relação entre as variações nas três escalas é dada pela igualdade abaixo:

$$\frac{\Delta C}{5} = \frac{\Delta F}{9} = \frac{\Delta K}{5}$$

$\Delta C$ : variação na escala Celsius.

$\Delta F$ : variação na escala Fahrenheit.

$\Delta K$ : variação na escala Kelvin.

Anotações:



### Curiosidade

#### Um pouco da história das escalas

Foi a partir do século XVIII (antes disso outras escalas já haviam sido inventadas) que apareceram as três famosas escalas: Celsius, Fahrenheit e Kelvin. Primeiro, em 1724, o físico alemão Daniel Gabriel Fahrenheit (1686-1736) inventou a escala que hoje leva seu sobrenome e é muito utilizada em países que falam a língua inglesa. A escala Celsius foi proposta em 1742, pelo físico sueco Anders Celsius (1701-1744). O interessante é que a versão original adotava zero para o ponto de ebulição da água e 100 para a fusão do gelo, exatamente o oposto da escala atual. A inversão dos valores para que chegássemos à escala atual foi proposta pelo biólogo sueco Carlos Lineu (1707-1778) em 1745. O nome escala Celsius foi adotado apenas a partir de 1948. Já a escala Kelvin foi proposta em 1848 pelo físico irlandês William Thomson (1824-1907). O nome Kelvin vem de Lord Kelvin, que foi o título de nobreza recebido por William da rainha Vitória em 1892. Essa escala também recebe o nome de escala absoluta.

Anotações:

### APOIO AO TEXTO

5. Durante um dia, a temperatura ambiente variou  $20^{\circ}\text{C}$ . Os valores que correspondem a variações na escala Fahrenheit e Kelvin são, respectivamente:

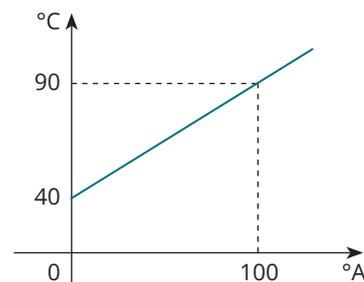
- a)  $20^{\circ}\text{F}$  -  $20\text{ K}$
- b)  $40^{\circ}\text{F}$  -  $66\text{ K}$
- c)  $36^{\circ}\text{F}$  -  $20\text{ K}$
- d)  $60^{\circ}\text{F}$  -  $36\text{ K}$
- e)  $40^{\circ}\text{F}$  -  $60\text{ K}$

6. Num determinado trabalho, cria-se uma escala termométrica X utilizando as temperaturas de fusão ( $-30^{\circ}\text{C}$ ) e de ebulição ( $130^{\circ}\text{C}$ ) de uma substância como sendo  $0^{\circ}\text{X}$  e  $80^{\circ}\text{X}$ , respectivamente. Ao medir a temperatura de um ambiente com um termômetro graduado nessa escala, obtivemos o valor  $26^{\circ}\text{X}$ . Essa temperatura, na escala Celsius, corresponde a:

- a)  $14^{\circ}\text{C}$
- b)  $18^{\circ}\text{C}$
- c)  $22^{\circ}\text{C}$
- d)  $28^{\circ}\text{C}$
- e)  $41^{\circ}\text{C}$

7. Antônio, um estudante de Física, deseja relacionar a escala Celsius ( $^{\circ}\text{C}$ ) com a escala de seu nome ( $^{\circ}\text{A}$ ). Para isso, ele faz leituras de duas temperaturas com termômetros graduados em  $^{\circ}\text{C}$  e em  $^{\circ}\text{A}$ . Assim, ele monta o gráfico abaixo. Qual a relação termométrica entre a temperatura da escala Antônio e a da escala Celsius?

- a)  $A = C + 40$
- b)  $A = \frac{C}{2} + 100$
- c)  $A = 2C - 80$
- d)  $A = \frac{C}{4} + 90$
- e)  $A = \frac{10C}{2} - 40$





## » Dilatação de sólidos e líquidos

Sólidos e líquidos dilatam volumetricamente. Nos sólidos, a propagação de calor ocorre por vibrações moleculares (condução); nos líquidos, a propagação de calor ocorre pela circulação contínua de matéria (convecção).

Você já deve ter ouvido expressões do tipo “estourou a calçada”, “a parede trincou”, “a janela empenou” etc. De um modo geral, o aumento da temperatura de um corpo faz aumentar a agitação de suas moléculas, e isso ocasiona a **dilatação térmica**, que nada mais é do que o aumento das dimensões de um corpo.

Uma aplicação dos estudos da dilatação ocorre na construção de um prédio, por exemplo. Se não forem tomados cuidados quanto à dilatação dos materiais envolvidos, muitos problemas poderão acontecer. Um engenheiro deve atuar sempre preventivamente, deixando, em seus projetos, pequenos vãos (juntas de dilatação) para que os materiais se dilatam sem comprometer a estrutura da obra.



Fendas de dilatação em trilhos de trem.

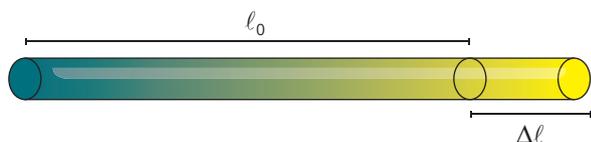


Fendas de dilatação no asfalto.

Um corpo dilata-se sempre em todas as dimensões (comprimento, largura e altura). Portanto, a dilatação é sempre volumétrica. No entanto, dependendo da situação, uma das dimensões é muito maior que as outras, e isso pode nos levar a desprezar pequenas dilatações. É exatamente isso que vamos fazer ao estudar as dilatações lineares e superficiais.

### • Dilatação linear

É aquela dilatação em que predomina a variação do comprimento em detrimento das demais dimensões. Para estudarmos a dilatação linear, consideremos uma barra de comprimento inicial  $l_0$  à temperatura inicial  $t_0$ . Aquecendo a barra até a temperatura  $t$ , ela irá assumir a nova dimensão  $l_0 + \Delta l$ . Vejamos a figura.



Os estudos da física clássica comprovam:

- I.  $\Delta l$  é diretamente proporcional ao comprimento inicial  $l_0$ ;
- II.  $\Delta l$  é diretamente proporcional à variação de temperatura  $\Delta t$ ;
- III.  $\Delta l$  depende do material que constitui a barra.

Com isso, escrevemos uma fórmula para o cálculo de  $\Delta l$ :

$$\Delta l = l_0 \cdot \alpha \cdot \Delta t$$

$\alpha$ : coeficiente de dilatação linear do material que forma a barra.

### Coeficiente de dilatação $\alpha$

O coeficiente de dilatação linear de um material significa a quantidade de comprimento que esse material aumenta, variando a temperatura de  $1^\circ\text{C}$  para cada unidade de comprimento do material.

#### Importante

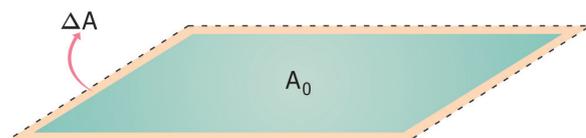
Alguns coeficientes de dilatação linear estão listados na tabela abaixo; todos eles são da ordem de  $10^{-6}$  unidades de comprimento.

Material	Coeficiente de dilatação linear ( $^\circ\text{C}^{-1}$ )
Chumbo	$27 \cdot 10^{-6}$
Alumínio	$22 \cdot 10^{-6}$
Ouro	$15 \cdot 10^{-6}$
Concreto	$12 \cdot 10^{-6}$
Vidro comum	$9 \cdot 10^{-6}$
Vidro pirex	$3,2 \cdot 10^{-6}$



## • Dilatação superficial

É aquela dilatação em que predomina a variação do comprimento e da largura em detrimento da altura. Para estudarmos a dilatação superficial, consideremos uma placa retangular de área inicial  $A_0$  à temperatura inicial  $t_0$ . Aquecendo a placa até a temperatura  $t$ , ela irá assumir a nova área  $A_0 + \Delta A$ . Vejamos a figura:



Temos que:

- I.  $\Delta A$  é diretamente proporcional à área inicial  $A_0$ ;
- II.  $\Delta A$  é diretamente proporcional à variação de temperatura  $\Delta t$ ;
- III.  $\Delta A$  depende do material que constitui a placa.

Com isso, escrevemos uma fórmula para o cálculo de  $\Delta A$ :

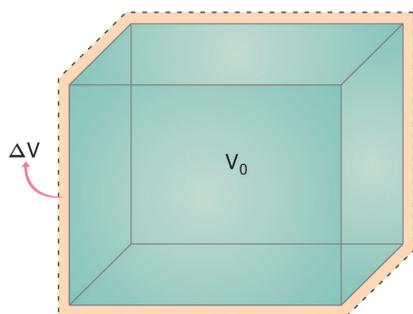
$$\Delta A = A_0 \cdot \beta \cdot \Delta t$$

$\beta$ : coeficiente de dilatação superficial do material que forma a barra. O coeficiente  $\beta$  é o dobro do coeficiente linear  $\alpha$ .

$$\beta = 2\alpha$$

## • Dilatação volumétrica

É aquela dilatação em que consideramos a variação das três dimensões do sólido (comprimento, largura e altura). Para estudarmos a dilatação volumétrica, consideremos um paralelepípedo de volume inicial  $V_0$  à temperatura inicial  $t_0$ . Aquecendo o sólido até a temperatura  $t$ , ele irá assumir o novo volume  $V_0 + \Delta V$ . Vejamos a figura:



Analogamente aos casos das dilatações linear e superficial, temos que:

- I.  $\Delta V$  é diretamente proporcional ao volume inicial  $V_0$ ;
- II.  $\Delta V$  é diretamente proporcional à variação de temperatura  $\Delta t$ ;

III.  $\Delta V$  depende do material que constitui o sólido.

Com isso, escrevemos uma fórmula para cálculo de  $\Delta V$ :

$$\Delta V = V_0 \cdot \gamma \cdot \Delta t$$

$\gamma$ : coeficiente de dilatação volumétrica do material que forma o paralelepípedo. O coeficiente  $\gamma$  é o triplo de  $\alpha$ .

$$\gamma = 3\alpha$$

### Importante

A relação entre os coeficientes linear, superficial e volumétrico de um mesmo material é dada pela igualdade:

$$\frac{\alpha}{1} = \frac{\beta}{2} = \frac{\gamma}{3}$$

## ////////// APOIO AO TEXTO //////////

1. Uma moeda, fabricada com níquel, encontra-se à temperatura ambiente de  $20^\circ\text{C}$ . Ao ser levada a um forno, ela sofre um acréscimo de 1% em sua superfície. Determine a temperatura que a moeda deve ser aquecida para apresentar essa dilatação, sabendo que o coeficiente de dilatação linear do níquel é de  $12,5 \cdot 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ .

- a)  $100^\circ\text{C}$
- b)  $120^\circ\text{C}$
- c)  $260^\circ\text{C}$
- d)  $380^\circ\text{C}$
- e)  $420^\circ\text{C}$

2. Um cubo regular homogêneo de aresta  $20,0 \text{ cm}$  está inicialmente a  $20,0^\circ\text{C}$ . O coeficiente de dilatação linear médio do material com que foi fabricado é  $2,00 \cdot 10^{-5} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ . Aquecendo-se uniformemente o cubo com uma fonte de calor constante durante  $50,0 \text{ s}$ , a temperatura se eleva para  $120,0 \text{ }^\circ\text{C}$ . A dilatação ocorrida em uma das superfícies do cubo é:

- a)  $6,00 \cdot 10^{-1} \text{ cm}^2$
- b)  $4,00 \cdot 10^{-1} \text{ cm}^2$
- c)  $12,0 \cdot 10^{-1} \text{ cm}^2$
- d)  $16,0 \cdot 10^{-1} \text{ cm}^2$
- e)  $20,0 \cdot 10^{-1} \text{ cm}^2$



## Dilatação dos líquidos

Um líquido, à temperatura ambiente, ao ser aquecido, dilata-se, e o recipiente que o contém também se dilata. Então, há como medir a dilatação real do líquido?

### Exemplo da gasolina

O tanque de gasolina de um automóvel foi totalmente cheio às 5h de uma manhã fria, e o carro permaneceu no posto até às 12h. Supondo que a temperatura tenha aumentado bastante pela manhã, desprezando toda e qualquer evaporação da gasolina, vejamos o que ocorreu:



- ▶ o tanque sofreu uma pequena dilatação;
- ▶ a gasolina contida no tanque dilatou-se mais que o tanque, pois, em geral, os líquidos dilatam-se mais que os sólidos quando igualmente aquecidos;
- ▶ houve vazamento de gasolina.

A quantidade de gasolina que **vazou** é o que chamamos de **dilatação aparente** do líquido. É preciso entender que só não vazou mais gasolina porque o tanque também se dilatou. Portanto, a **dilatação real** (o quanto realmente o líquido se dilatou) sofrida pelo líquido não é dada somente pela quantidade que vazou, mas sim pela soma do que vazou com aquilo que se dilatou, mas que ainda ficou dentro do tanque. Logo:

$$\text{dilatação real} = \text{dilatação aparente} + \text{dilatação do tanque}$$

(o que vazou) (o que dilatou, mas não vazou)

Em símbolos, temos:

$$\Delta V_{\text{real}} = \Delta V_{\text{aparente}} + \Delta V_{\text{recipiente}}$$

#### Importante

A relação entre os coeficientes de dilatação real, aparente e volumétrico do recipiente é dada por:

$$\gamma_{\text{real}} = \gamma_{\text{aparente}} + \gamma_{\text{recipiente}}$$

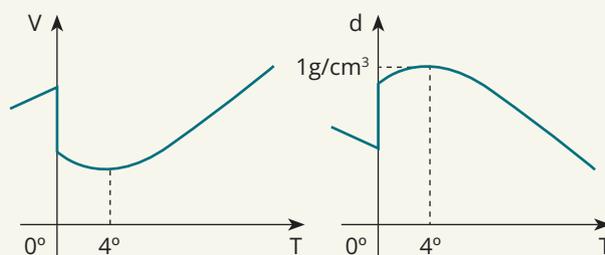
## Detalhamento

### DILATAÇÃO ANÔMALA DA ÁGUA

A dilatação irregular da água tem uma importante participação no processo de preservação da vida aquática. Quando os termômetros assinalam uma temperatura ambiente de 4°C, a água líquida da superfície de rios, lagos e mares fica mais densa e desloca-se para o fundo. Se a temperatura cair de modo que a água da superfície acabe ficando congelada, forma-se uma crosta de gelo. Pelo fato de o gelo ser isolante térmico, a água sob ele se mantém a 4°C.

Isso permite a existência da vida aquática no fundo dos rios, lagos e oceanos.

Volume da água em função da temperatura. Densidade da água em função da temperatura.



### APOIO AO TEXTO

3. A respeito da dilatação irregular da água, marque o que for verdadeiro.

- Todos os líquidos, ao sofrerem variação de temperatura de 0°C até 4°C, diminuem seu volume. Somente a água faz o contrário.
- Quando a temperatura da água aumenta, entre 0°C e 4°C, seu volume diminui.
- Quando a água está a 4°C, sua densidade é a mínima possível.
- A dilatação irregular da água é percebida entre os intervalos de 0°C a 4°C e de 40°C a 60°C.

4. Nas regiões em que o inverno é muito rigoroso, a água dos rios e lagos solidifica-se. Entretanto, essa solidificação ocorre apenas na superfície, o que possibilita a sobrevivência da fauna e da flora aquáticas.

Dos fatores citados a seguir:

- a água possui densidade máxima a 4°C.
- o gelo é menos denso do que a água.
- o gelo é um mau condutor de calor.

Justificam a não solidificação total da água:

- apenas I.
- apenas II.
- apenas III.
- apenas I e II.
- I, II e III.





## » Calorimetria

A calorimetria é uma parte da termologia que estuda quantitativamente as trocas de calor entre os corpos. Convém aqui recordar o conceito de calor.

**Calor** é a energia térmica (que é a energia cinética associada ao movimento das moléculas constituintes da matéria) em trânsito de um corpo para outro corpo devido à diferença de temperatura entre eles.

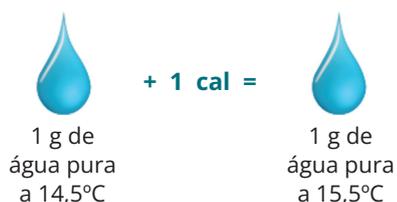
Quando um corpo recebe ou cede calor, duas situações podem ocorrer: alteração na temperatura ou mudança de estado físico. No primeiro caso, estamos falando do calor sensível e, no segundo, do calor latente. Para estudar esses dois “tipos” de calor, vamos apresentar os conceitos de caloria, calor específico e capacidade térmica.

### Caloria

A definição de caloria sofreu alterações ao longo do tempo e, com o avanço tecnológico, adotou-se o Joule como unidade de energia. A partir desse momento, o Bureau Internacional de Pesos e Medidas adotou que 1 caloria é equivalente a 4,18 Joules, o que tornou supérflua a necessidade de se definir a caloria. No entanto, neste texto, principalmente por razões de uso corrente, vamos dar uma definição para a caloria.

Uma caloria é a quantidade de energia necessária para se elevar a temperatura de 1 grama de água pura de 14,5°C para 15,5°C.

Vejamos a ilustração:



### Calor específico

O calor específico  $c$  é um número que retrata a quantidade de energia necessária para que 1 grama de determinada substância sofra uma variação de 1 °C em sua temperatura. Convém salientar que, em um nível mais aprofundado do estudo da calorimetria, o calor específico dependerá também da temperatura do corpo; entretanto, aqui não levaremos em conta esse fato.

– Exemplo:

Para aumentar em 1°C a temperatura de 1 g de prata, precisamos de **0,056 cal**. Por isso, dizemos que o calor específico da prata é **0,056 caloria por grama e por grau Celsius**.

**Substância**  
Prata

**Calor específico**  
 $c = 0,056 \text{ cal}/(\text{g} \cdot ^\circ\text{C})$



1 g de prata com temperatura  $t_0$

+ 0,056 cal =



1 g de prata com 1°C a mais que  $t_0$

O calor específico é uma propriedade particular de cada substância que também depende do estado físico em que essa substância se encontra. Vejamos na tabela abaixo alguns valores.

Substância	Calor específico em $\text{cal}/(\text{g} \cdot ^\circ\text{C})$
Água líquida	1,00
Vapor d'água*	0,48
Alumínio	0,22
Vidro	0,20
Ferro	0,11
Prata	0,056

\*Sob pressão de 1 atm e 110°C.

### Capacidade térmica

A capacidade térmica  $C$  ou capacidade calorífica de um corpo (de todo o corpo e não de apenas 1 grama dele) representa a quantidade de energia necessária para que sua temperatura varie 1°C.

– Exemplo:

Uma esfera de prata com **10 g** precisa de **0,56 cal** para aumentar em 1°C sua temperatura. Assim, podemos dizer que a capacidade térmica da esfera de **10 g** é de **0,56 cal/°C**. Já uma outra esfera de prata com **100 g** precisa de mais calorias para sofrer o mesmo aumento de 1°C na sua temperatura; a capacidade térmica da esfera de maior massa é **5,6 cal/°C**.



10 g de prata com temperatura  $t_0$

+ 0,56 cal =

capacidade térmica da esfera de 10 g



10 g de prata com 1°C a mais que  $t_0$





100 g de prata com temperatura  $t_0$

+ 5,6 cal =

capacidade térmica da esfera de 100 g



100 g de prata com  $1^\circ\text{C}$  a mais que  $t_0$

### Importante

Para aumentar em  $1^\circ\text{C}$  a temperatura da prata, nos exemplos anteriores, tivemos:

Massa do corpo de prata	Calor necessário	Entenda bem
1 g	0,056 cal	0,056 é chamado calor específico porque se refere a 1 g de prata.
10 g	0,56 cal	0,56 é a capacidade térmica do corpo de 10 g de prata.
100 g	5,6 cal	5,6 é a capacidade térmica do corpo de 100 g de prata.

Notemos que uma relação fica naturalmente estabelecida:

**Capacidade térmica = massa do corpo x calor específico**

Em símbolos:

$$C = m \cdot c$$

Anotações:

## • Calor sensível

Conforme vimos no início da unidade, quando um corpo recebe ou cede calor, provocando apenas mudança de sua temperatura (e não mudança de estado físico), dizemos que o calor é sensível. O cálculo da quantidade de calor sensível, cedido ou recebido, pode ser obtido pela equação fundamental da calorimetria.

**Q:** calor recebido ou cedido;

**m:** massa do corpo;

**c:** calor específico;

**$\Delta T$ :** variação da temperatura.

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

### Dicas

- ▶ Cuide a coerência das unidades.
- ▶ **Calor recebido** é sempre **positivo**.
- ▶ Por outro lado, calor **cedido** é sempre **negativo**.

## • Calor latente

Quando um corpo recebe ou cede calor, provocando apenas mudança de seu estado físico (e não mudança de temperatura), dizemos que o calor é latente. A quantidade total de calor  $Q$  trocado no processo pode ser calculada pela equação:

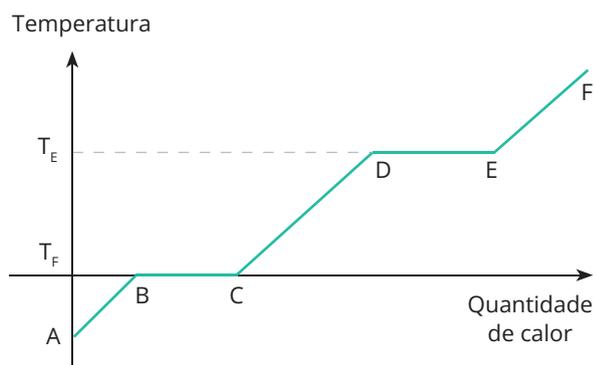
**Q:** calor recebido ou cedido;

**m:** massa do corpo;

**L:** calor latente específico.

$$Q = m \cdot L$$

Vejamos, na forma de gráfico, como ocorre a variação da temperatura da água sob pressão normal em função da quantidade de calor recebida pela substância. Esse gráfico é conhecido como curva de aquecimento.



### Importante

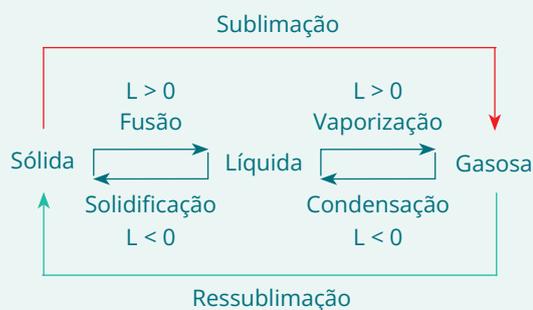
O calor latente específico (também chamado de calor latente) é um número que retrata a quantidade de energia necessária para que 1 grama de determinada substância mude seu estado físico.

- Exemplo:

Para fundir 1 g de gelo (a 0°C), precisamos de 80 cal. Por isso, dizemos que o calor latente específico de fusão do gelo é 80 calorias por grama.

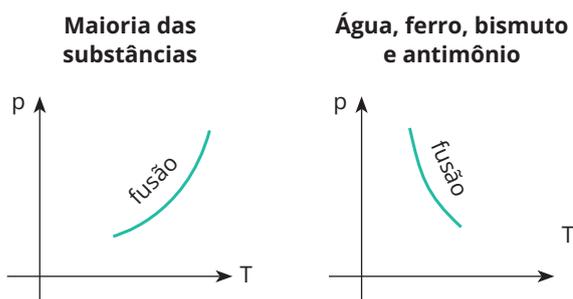
Substância	Calor latente específico
Gelo (a 0°C)	$L = 80 \text{ cal/g}$

Observe abaixo as mudanças de fase. As fases sólida, líquida e gasosa constituem os estados de agregação da matéria.



### Curva de fusão

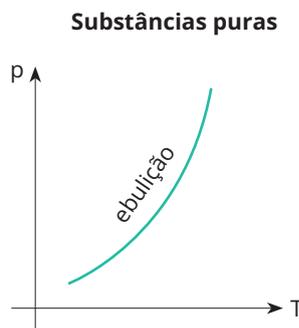
A maioria das substâncias expandem-se na fusão, e, nesses casos, um aumento de temperatura provoca um aumento de pressão. Por outro lado, algumas substâncias (água, ferro, bismuto e antimônio) contraem-se na fusão; dessa forma, um aumento de temperatura provoca diminuição de pressão.



Anotações:

### Curva de vaporização

Para todas as substâncias puras, no processo de vaporização por ebulição, vale a seguinte relação, representada graficamente:



Um aumento de pressão provoca um aumento na temperatura de ebulição. Ao nível do mar, a pressão atmosférica normal é igual a 1 atm; assim, a temperatura de ebulição da água pura é de 100°C. Já em Brasília, por exemplo (maior altitude e menor pressão), essa temperatura é igual a 98°C.

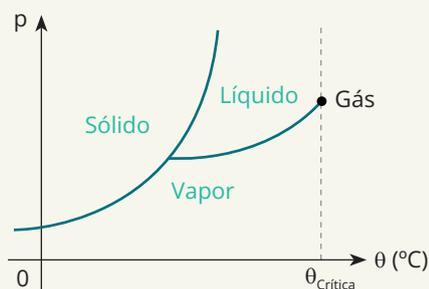
#### Observação:

Além da ebulição, a evaporação também é um processo de vaporização (mais lento que a ebulição) que pode ocorrer a qualquer temperatura sob pressão atmosférica.

### Detalhamento

#### GÁS E VAPOR

Acima da chamada temperatura crítica, não ocorrem a vaporização (líquido para gás) e a condensação (gás para líquido). Essa temperatura varia de substância para substância, e seu significado é que acima dela a substância está sempre no estado gasoso. Observe:



Gás é vapor enquanto a temperatura daquele for **menor** ou igual à temperatura crítica. O vapor pode ser condensado sem alteração de temperatura. Se o gás estiver a uma temperatura **maior** que a crítica, ele não poderá, então, ser condensado apenas por aumento de pressão. No caso da água, a temperatura crítica é 374°C, isto é, na fase gasosa, a água é vapor até esta temperatura. Acima dela, a água é gás.



## • Princípio das trocas de calor

Imagine dois corpos com diferentes temperaturas e isolados termicamente (sistema adiabático ou calorímetro ideal), trocando calor apenas entre si. Se um dos corpos **cede** 70 cal em um determinado intervalo de tempo, perceba que o outro, nesse mesmo intervalo de tempo, **recebe** essas 70 cal. Pelo que convencionamos sobre o sinal, o calor cedido é negativo, e o recebido é positivo.

$$Q_{\text{cedido}} + Q_{\text{recebido}} = -70 + 70 = 0$$

### Princípio

“Se dois ou mais corpos trocam calor entre si, a soma do calor cedido pelos corpos que cedem com o calor recebido pelos corpos que recebem é nula”.

### Calorímetro

O calorímetro é um dispositivo especial que permite o isolamento térmico quanto ao meio exterior.

O cuidado que devemos ter ao analisar as trocas de calor é que o calorímetro, às vezes, participa das trocas de modo significativo. Nesse caso, consideramos a presença do calorímetro como um corpo a mais que troca calor. O calor trocado pode ser calculado a partir da equação fundamental da calorimetria. Na maioria dos casos, o produto entre a massa e o calor específico do calorímetro é fornecido por meio da capacidade térmica.

Assim, a equação fica:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T \quad \text{ou} \quad Q = C \cdot \Delta T$$

**Q:** calor;

**m:** massa do corpo;

**c:** calor específico;

**$\Delta T$ :** variação da temperatura;

**C:** capacidade térmica.

### ////////// APOIO AO TEXTO //////////

1. Deseja-se transformar 20 g de gelo a  $-10^{\circ}\text{C}$  em água líquida a  $20^{\circ}\text{C}$ . Considerando-se que o calor específico do gelo entre  $-10^{\circ}\text{C}$  e  $0^{\circ}\text{C}$  é igual a  $0,5 \text{ cal}/(\text{g} \cdot ^{\circ}\text{C})$ , que o calor latente de fusão da água é de  $80 \text{ cal/g}$  e que o calor específico da água é de  $1 \text{ cal}/(\text{g} \cdot ^{\circ}\text{C})$ , podemos afirmar que o calor desprendido para realizar todo o processo seria de:

- a) 1,6 kcal.
- b) 1,7 kcal.
- c) 1,9 kcal.
- d) 2,1 kcal.
- e) 2,3 kcal.

2. Um corpo sólido, cuja capacidade térmica é de  $25 \text{ cal}/^{\circ}\text{C}$ , inicialmente à temperatura  $t$ , é colocado em contato com 50 g de gelo a  $0^{\circ}\text{C}$ , alcançando a mistura a temperatura final de equilíbrio térmico de  $20^{\circ}\text{C}$ . A temperatura inicial do sólido, em  $^{\circ}\text{C}$ , é de:

Dados:  $L_g = 80 \text{ cal/g}$  e  $c_{\text{H}_2\text{O}} = 1 \text{ cal}/(\text{g} \cdot ^{\circ}\text{C})$ .

- a) 60
- b) 120
- c) 220
- d) 280
- e) 320

3. Assinale a alternativa correta.

a) A quantidade de calor necessária para aquecer uma certa massa de água de  $0^{\circ}\text{C}$  a  $5^{\circ}\text{C}$  é igual à quantidade de calor para elevar a temperatura de uma mesma massa de gelo de  $0^{\circ}\text{C}$  a  $5^{\circ}\text{C}$ .

b) Massas iguais de água e alumínio, ao receberem a mesma quantidade de calor, sofrerão a mesma variação de temperatura.

c) Misturando-se água a  $10^{\circ}\text{C}$  com gelo a  $0^{\circ}\text{C}$ , a temperatura final de equilíbrio térmico será sempre menor que  $10^{\circ}\text{C}$  e maior que  $0^{\circ}\text{C}$ .

d) O calor específico de uma substância é sempre uma constante.

e) Um grama de água necessita de uma caloria para elevar sua temperatura em um grau Celsius.

4. Uma cozinheira distraiu-se e encostou uma parte do antebraço em uma panela muito quente, sofrendo queimadura. Admitindo que, na área de sua pele que sofreu o contato, a temperatura aumentou de  $36,5^{\circ}\text{C}$  para  $66,5^{\circ}\text{C}$  em 0,5s, qual foi a potência da transferência de calor da panela para a pele da cozinheira? (Considere a capacidade térmica na pele afetada da cozinheira como  $0,02 \text{ cal}/^{\circ}\text{C}$  e 1 caloria = 4,2 Joules.)

- a) 5.04 W
- b) 7.13 W
- c) 8.95 W
- d) 12.43 W
- e) 17.44 W



## • Propagação do calor

Anotações:

Já vimos que o calor se propaga de um corpo com maior temperatura para um corpo de menor temperatura. Essa propagação pode ocorrer por meio de três processos diferentes: condução, convecção e irradiação.

### Condução

É o processo de transmissão de calor em que a energia passa de molécula para molécula sem que as partes do corpo sofram deslocamento, havendo apenas agitação molecular. Nesse processo, não há deslocamento de matéria; entretanto, há deslocamento de energia. A condução ocorre principalmente em meios sólidos.

### Convecção

Nesse processo de transmissão de calor, a energia é transferida por meio do transporte de matéria. Por haver transporte de matéria, a convecção só ocorre em líquidos e gases.

### Irradiação

Na irradiação térmica, não há transporte de matéria, mas há transporte de energia. **Não** há necessidade de um suporte material para que ocorra essa forma de propagação do calor. Quando falamos *irradiar*, estamos falando em emitir ondas eletromagnéticas denominadas *calor radiante*.

#### Importante

Os processos que descrevemos, em muitas situações do dia a dia, não são isolados uns dos outros. O que acontece em uma situação específica é que um pode se destacar em relação aos demais e ser considerado o processo pelo qual houve a transferência de calor. Entretanto, devemos saber que uma lareira, por exemplo, aquece uma sala tanto pelo processo de irradiação quanto pela convecção e pela condução.





## » Estudo dos gases

Gás é um fluido que sofre consideráveis variações de volume, mesmo quando submetido a baixas pressões. O gás tem duas características importantes: a compressibilidade e a expansibilidade. Gás perfeito\* é um gás hipotético cujas moléculas não apresentam volume próprio, fazendo com que o volume ocupado por ele seja igual ao volume do recipiente que o contém. O comportamento de um gás é analisado por meio de três grandezas físicas a ele associadas, que são chamadas variáveis de estado: temperatura, volume e pressão. Essas grandezas revelam o estado de um gás.

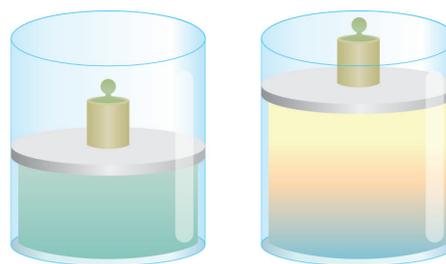
\*Para nossos estudos, adotaremos que gás ideal é o mesmo que gás perfeito.

grandezas de estado isoladamente. Por outro lado, é possível que uma das três grandezas se mantenha constante durante a transformação. Isso acontece nas transformações isobáricas, isocóricas e isotérmicas.

### Transformação isobárica

É a transformação em que o gás ideal permanece com **pressão constante** durante seu processamento. Consequentemente, do estado inicial para o final, variam temperatura e volume.

Vejam a ilustração:



A relação entre as grandezas que variam é a que segue:

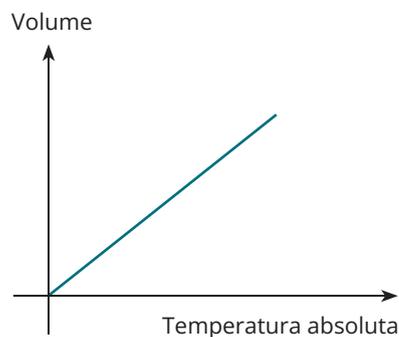
$$\frac{P_0 \cdot V_0}{T_0} = \frac{P \cdot V}{T} = \text{constante}$$

estado inicial      estado final

$$\frac{P_0 \cdot V_0}{T_0} = \frac{R \cdot V}{T} = \text{constante } K$$

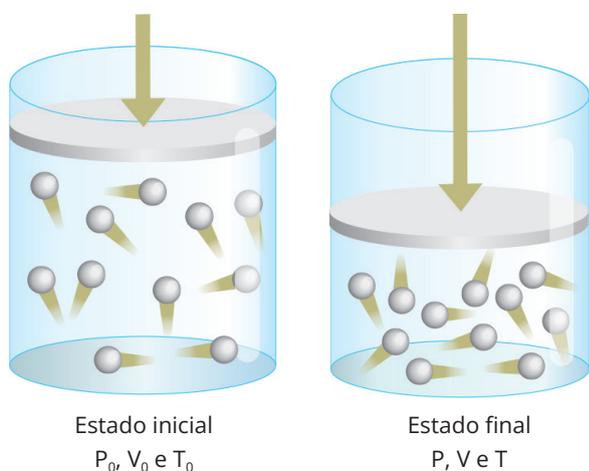
$$V_0/T_0 = V/T \quad \text{Lei de Gay-Lussac}$$

Assim, **V** e **T** são diretamente proporcionais, e o gráfico cartesiano  $V \times T$  é uma reta.



### • Lei geral dos gases perfeitos

Quando mudamos as variáveis de estado de um gás, **mantendo o seu número de mols constante**, dizemos que ocorreu uma transformação gasosa. A lei que relaciona dois estados (um chamado inicial e outro final) de um gás é a que segue:



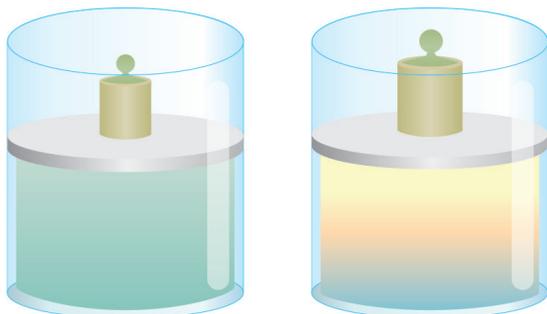
### • Transformações de um gás ideal

Conforme vimos, são três as grandezas que determinam o estado de um gás. Ao mudarmos, por exemplo, a temperatura desse gás, estaremos modificando também pelo menos uma das outras duas grandezas (pressão e volume). Assim, não pode haver variação de apenas uma das



## Transformação isocórica

É a transformação em que o gás ideal permanece com **volume constante** durante seu processamento. Consequentemente, do estado inicial para o final, variam temperatura e pressão. Essa transformação é também conhecida como isométrica ou isovolumétrica.

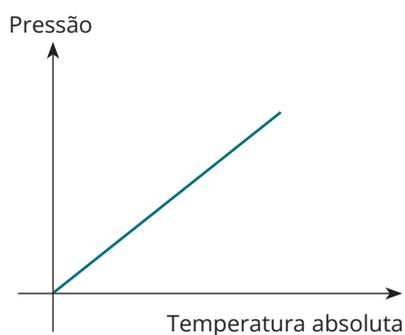


A relação entre as grandezas que variam é a que segue:

$$\frac{P_0 \cdot V_0}{T_0} = \frac{P \cdot V}{T} = \text{constante K}$$

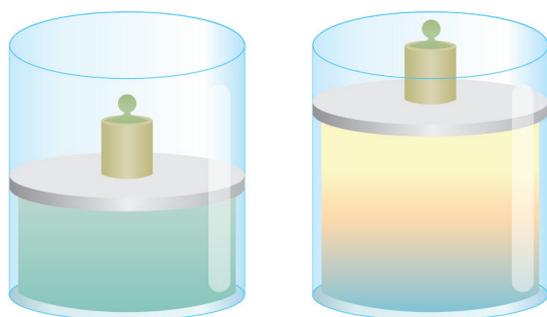
$$P_0/T_0 = P/T \quad \text{Lei de Charles}$$

Assim, **P** e **T** são diretamente proporcionais, e o gráfico cartesiano  $P \times T$  é uma reta.



## Transformação isotérmica

É a transformação em que o gás ideal permanece com **temperatura constante** durante seu processamento. Consequentemente, do estado inicial para o final, variam pressão e volume.

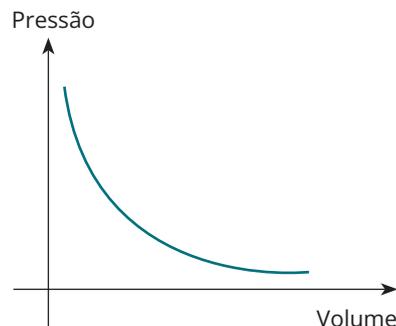


A relação entre as grandezas que variam é a que segue:

$$\frac{P_0 \cdot V_0}{T_0} = \frac{P \cdot V}{T} = \text{constante K}$$

$$P_0 \cdot V_0 = P \cdot V \quad \text{Lei de Boyle-Mariotte}$$

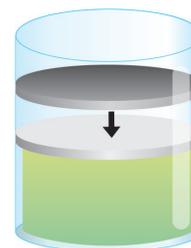
Assim, **P** e **V** são inversamente proporcionais, e o gráfico cartesiano  $P \times V$  é uma hipérbole.



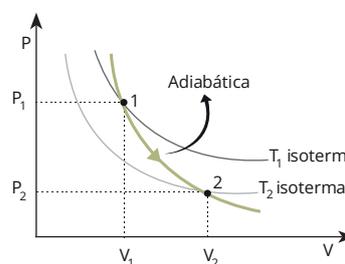
## Transformação adiabática

Transformação adiabática é a transformação gasosa em que o gás não troca calor com o meio externo. Se o recipiente que contém o gás está termicamente isolado ou, ainda, se a transformação for suficientemente rápida, de modo que se possa desprezar qualquer troca de calor, então estamos tratando de uma transformação adiabática.

$$Q = 0$$



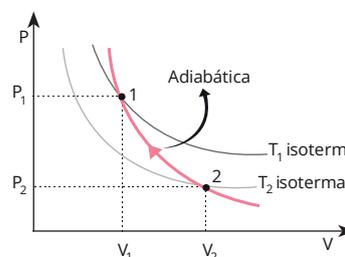
O diagrama  $p \times V$  é ilustrado abaixo:



### Expansão adiabática

1 → 2

Volume aumenta  
Pressão diminui  
Temperatura diminui



### Compressão adiabática

2 → 1

Volume diminui  
Pressão aumenta  
Temperatura aumenta



## • Equação de Clapeyron

As variáveis de estado de um gás relacionam-se por meio da fórmula:

$$P \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

- P:** pressão em atm;  
**V:** volume em litros;  
**n:** número de mols do gás;  
**R:** constante universal dos gases ideais –  $0,082 \text{ atm} \cdot \ell / (\text{mol} \cdot \text{K})$ ;  
**T:** temperatura absoluta (Kelvin).

- ▶ Considerando  $1 \text{ atm} = 1,013 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$  e  $1 \ell = 10^{-3} \text{ m}^3$ , a constante R no Sistema Internacional de Unidades fica igual a  $8,31 \text{ J}/(\text{mol} \cdot \text{K})$ .
- ▶ Dizemos que um gás está nas condições normais de pressão e temperatura (CNPT) quando está com pressão igual a  $1 \text{ atm}$  e temperatura igual a  $273 \text{ K}$  ( $0^\circ\text{C}$ ).

### APOIO AO TEXTO

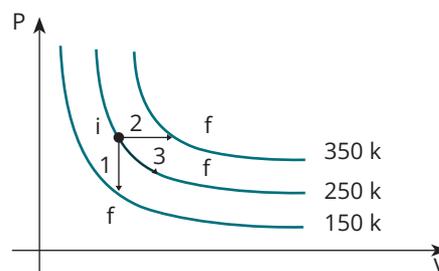
1. Uma bolha de ar, com volume  $V_0$ , forma-se no fundo de um lago de profundidade igual a  $30 \text{ m}$ . Sabendo-se que a pressão atmosférica local é de  $1 \text{ atm}$  e que a temperatura do lago é a mesma a qualquer profundidade, o volume  $V$  da bolha, ao atingir a superfície, é de:

- a)  $V_0$
- b)  $2V_0$
- c)  $3V_0$
- d)  $4V_0$
- e)  $5V_0$

2. Certa massa de gás perfeito ocupa um volume de  $2,0$  litros sob pressão de  $3 \text{ atm}$ , a uma temperatura de  $27^\circ\text{C}$ . Se a pressão for reduzida para  $1 \text{ atm}$ , e a temperatura for elevada para  $327^\circ\text{C}$ , o volume ocupado passará a ser de:

- a)  $4$  litros.
- b)  $6$  litros.
- c)  $8$  litros.
- d)  $10$  litros.
- e)  $12$  litros.

3. Abaixo, temos o diagrama  $p \times V$ , no qual estão representadas três transformações que levam um gás ideal do estado inicial (i) para o estado final (f).



Considerando o estudo das transformações gasosas, os três processos aos quais o gás é submetido são, respectivamente:

- a) isobárico, isotérmico e isovolumétrico.
- b) isovolumétrico, isobárico e isotérmico.
- c) isotérmico, isobárico e isovolumétrico.
- d) isovolumétrico, isotérmico e isobárico.

Anotações:





## » Termodinâmica

Termodinâmica é a parte da termologia que estuda as transformações entre calor e trabalho. É importante lembrar que:

- ▶ **Calor:** é a energia em trânsito de um corpo para outro devido à diferença de temperatura existente entre eles.
- ▶ **Trabalho:** é a energia em trânsito entre dois corpos devido à ação de uma força.

As transformações entre calor e trabalho serão estudadas em sistemas formados por recipientes contendo, em equilíbrio térmico, uma determinada massa de gás perfeito.

### • Energia interna

A energia interna de um gás perfeito monoatômico (cada molécula tem um só átomo) é a soma das energias de agitação de todas as suas moléculas.

A relação entre a variação de energia interna e a variação de temperatura do sistema, em um processo termodinâmico, pode ser compreendida a partir da seguinte fórmula:

$$\Delta U = \frac{3}{2} \cdot n \cdot R \cdot \Delta T$$

$\Delta U$ : variação de energia interna;

$n$ : número de mols do gás;

$R$ : constante universal dos gases ideais – 0,082 atm · ℓ/(mol · K);

$\Delta T$ : variação da temperatura absoluta.

Se  $\Delta T > 0 \rightarrow \Delta U > 0$ : energia interna aumenta.  
(Temperatura aumenta) (Energia interna aumenta)

Se  $\Delta T < 0 \rightarrow \Delta U < 0$ : energia interna diminui.  
(Temperatura diminui) (Energia interna diminui)

Se  $\Delta T = 0 \rightarrow \Delta U = 0$ : energia interna não varia.  
(Temperatura não muda) (Energia interna não muda)

### • Lei de Joule

Com base na fórmula apresentada anteriormente, podemos enunciar a lei de Joule, que diz:

A energia de uma quantidade de gás perfeito depende exclusivamente de sua temperatura.

### • Trabalho

Consideremos um gás contido em um cilindro provido de êmbolo. Ao expandir, o gás exerce uma força no êmbolo, que se desloca no sentido da força.

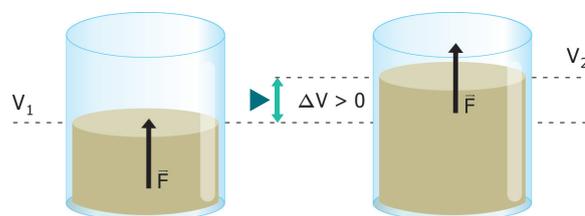
O trabalho dessa força, supondo pressão constante, é dado por:

$$W = p \cdot \Delta V$$

$W$ : trabalho;

$p$ : pressão;

$\Delta V$ : variação de volume.



Em uma expansão, o gás realiza um trabalho positivo sobre o meio exterior.

No caso de uma compressão, o deslocamento do êmbolo tem sentido oposto ao da força que o gás exerce sobre ele, e o trabalho sobre o gás é negativo. Observe o resumo:

$\Delta V > 0 \rightarrow W > 0$ : o gás realiza trabalho sobre o meio.

$\Delta V < 0 \rightarrow W < 0$ : o meio realiza trabalho sobre o gás.

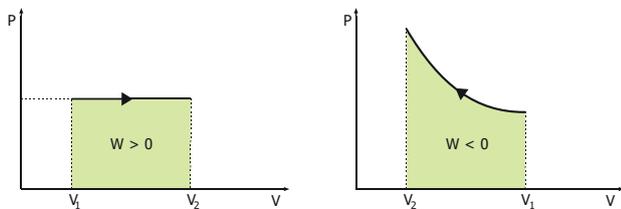
$\Delta V = 0 \rightarrow W = 0$ : o trabalho é nulo.

### Gráficos

Em um diagrama pressão x volume, o trabalho realizado pela força que o gás exerce sobre o êmbolo é numericamente igual à área sob a curva.



**Área = trabalho**  
(numericamente)



**Observação**

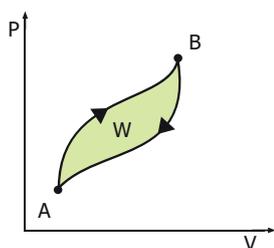
A fórmula  $W = p \cdot \Delta V$  é uma simplificação da fórmula  $W = \int p \, dV$ , em que  $\int$  é o símbolo da operação integral, assunto pós ensino médio. Quando  $p$  é constante, a fórmula da integral pode ser simplificada, recaindo no que enunciamos no início deste tópico.

**Transformação cíclica**

Na transformação cíclica, o estado final ( $p, V, T$ ) coincide com o estado inicial ( $p_0, V_0, T_0$ ).

- Exemplo:

Imagine um gás expandindo-se de A para B e, em seguida, retornando ao estado inicial A.

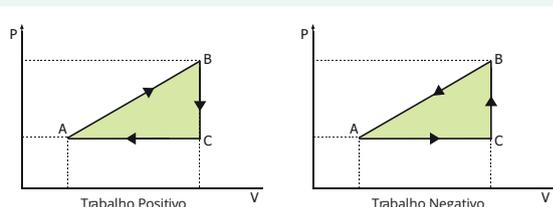


A área da figura delimitada pelo ciclo é numericamente igual ao trabalho.

$W = \text{área interna ao ciclo}$   
(numericamente)

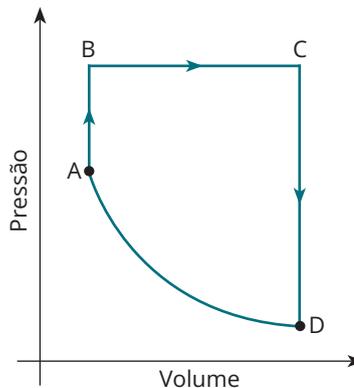
**Importante**

Ciclo horário: **W positivo**  
Ciclo anti-horário: **W negativo**



**APOIO AO TEXTO**

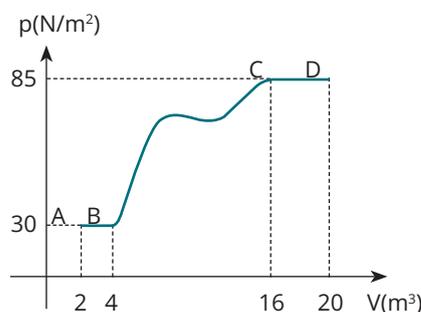
1. Determinada massa de gás ideal pode ser levada de um estado inicial A para um estado final D por dois caminhos: a transformação isotérmica AD ou a transformação ABCD, composta de duas transformações isovolumétricas (AB e CD) e de uma transformação isobárica (BC), conforme mostra o gráfico.



Se  $\tau$  o trabalho realizado pelas forças de pressão exercidas pelo gás nessas transformações, é correto afirmar que:

- a)  $\tau_{AD} = \tau_{ABCD}$
- b)  $\tau_{ABCD} > \tau_{AD}$
- c)  $\tau_{AB} > 0$  e  $\tau_{CD} < 0$
- d)  $\tau_{AD} = 0$
- e)  $\tau_{BC} < 0$

2. Um gás ideal é submetido a um processo termodinâmico ABCD conforme ilustra a figura a seguir.



Sabendo que o trabalho total associado a esse processo é igual a 1.050 J, qual o trabalho no subprocesso BCD?

- a) 60
- b) 340
- c) 650
- d) 840
- e) 990

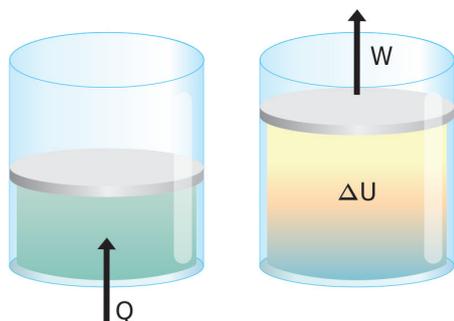
Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998.



## • Primeiro princípio da termodinâmica

A energia não pode ser criada nem destruída, mas somente transformada. O primeiro princípio da termodinâmica estabelece uma equivalência entre o trabalho e o calor trocados entre um sistema e seu meio exterior.

Considere um sistema recebendo uma certa quantidade de calor  $Q$ .



O calor trocado com o sistema ocasiona a realização de um trabalho e uma variação na energia interna do gás. Em símbolos, enunciamos o primeiro princípio da Termodinâmica:

$$Q = W + \Delta U \quad (1^{\text{a}} \text{ lei})$$

### Aplicações do primeiro princípio

Vamos aplicar o primeiro princípio às transformações gasosas particulares, fazendo uma análise do que acontece com o gás durante a transformação. Para isso, lembre-se de que:

► 1º A variação de volume relaciona-se com o trabalho de acordo com a tabela abaixo:

Volume $V$	$\Delta V$	Trabalho $W$
$V$ aumenta	$\Delta V > 0$	Realizado ( $w > 0$ )
$V$ diminui	$\Delta V < 0$	Recebido ( $w < 0$ )
Não se altera	$\Delta V = 0$	$w = 0$

► 2º A variação de temperatura diz o que acontece com a energia interna:

Temperatura $T$	$\Delta T$	Variação de energia interna $\Delta U$
$T$ aumenta	$\Delta T > 0$	$\Delta U > 0$
$T$ diminui	$\Delta T < 0$	$\Delta U < 0$
Não se altera	$\Delta T = 0$	$\Delta U = 0$

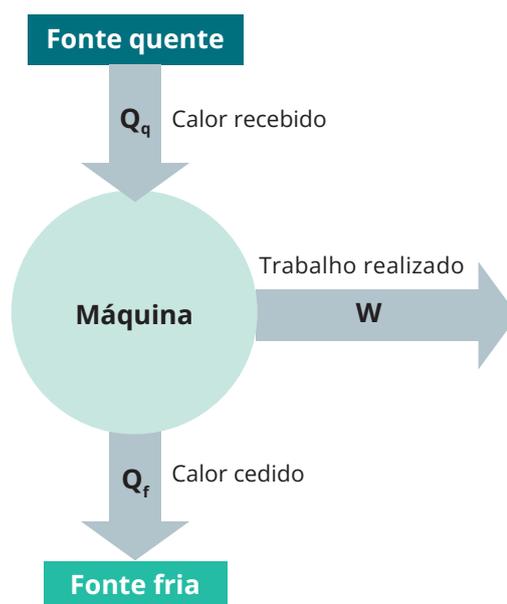
## • Segundo princípio da termodinâmica

O segundo princípio da termodinâmica estabelece as condições em que é possível a transformação de calor em trabalho. Resumidamente, é impossível transformar totalmente calor em trabalho.

A conversão de calor em energia mecânica é conseguida por meio de uma máquina térmica. Como exemplos de máquinas térmicas, podemos citar as turbinas a vapor e as turbinas a querosene que impulsionam os aviões a jato, os motores de explosão que queimam combustível ou mesmo um reator termonuclear de uma usina atômica.

Para que um dispositivo possa transformar calor em trabalho, precisamos de duas fontes de calor em temperaturas diferentes. Quando o calor flui de uma fonte para outra, ele é utilizado na realização de um trabalho.

Um máquina térmica é um dispositivo que possui um fluido operante (normalmente em vapor) que, operando em ciclos, retira calor de uma fonte quente ( $Q_q$ ), realiza uma parte em trabalho ( $W$ ) e rejeita o restante ( $Q_f$ ) para uma fonte que possui menor temperatura, denominada fonte fria (ambiente).



O rendimento ( $\eta$ ) de uma máquina térmica é a razão entre o trabalho que ela realiza ( $W$ ) e o calor total ( $Q_q$ ) que ela absorve para realizar o trabalho.

$$\eta = \frac{W}{Q_q} \quad (1)$$

Pelo princípio da conservação da energia, temos que o calor total  $Q_q$  é fracionado integralmente em duas partes.

$$Q_q = W + Q_f \quad (2)$$

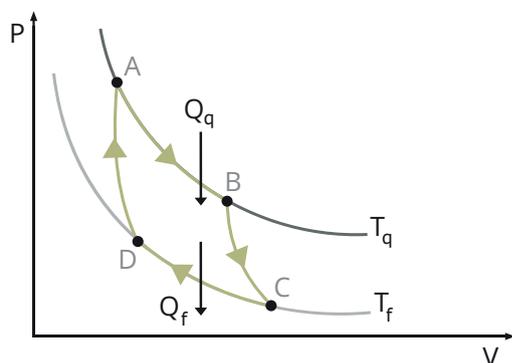


Assim, isolando  $W$  na igualdade (2) e substituindo na igualdade (1), temos:

$$\begin{aligned} \eta = \frac{W}{Q_q} &\rightarrow \eta = \frac{Q_q - Q_f}{Q_q} \rightarrow \\ &\rightarrow \eta = \frac{Q_q}{Q_q} - \frac{Q_f}{Q_q} \rightarrow \\ &\rightarrow \eta = 1 - \frac{Q_f}{Q_q} \end{aligned}$$

### Ciclo de Carnot

Uma máquina térmica que opera segundo o ciclo de Carnot é considerada ideal por ter o maior rendimento entre as máquinas térmicas. Esse ciclo idealizado por Carnot consiste em duas transformações adiabáticas alternadas com duas transformações isotérmicas. Graficamente, temos:



Em particular, para o ciclo de Carnot, foi demonstrado que o rendimento máximo depende exclusivamente das temperaturas absolutas das fontes quente e fria.

$$\eta_{\text{máx}} = 1 - \frac{\text{temperatura absoluta da fonte fria}}{\text{temperatura absoluta da fonte quente}}$$

$$\eta_{\text{máx}} = 1 - \frac{T_f}{T_q}$$

### APOIO AO TEXTO

3. Podemos considerar como máquina térmica qualquer dispositivo que receba uma quantidade de calor  $Q_1$  e converta parte da energia recebida dessa maneira em trabalho mecânico  $W$ . O calor não aproveitado, chamado  $Q_2 = Q_1 - W$ , é devolvido ao ambiente sem ser aproveitado. Em relação a essas trocas de calor, definimos como eficiência de uma máquina térmica a razão entre o trabalho mecânico  $W$  produzido e a quantidade de calor  $Q_1$  entregue à máquina. Em particular, considere uma máquina térmica que opera entre as temperaturas 300 K e 1.200 K. Sobre as informações acima descritas, assinale a alternativa **incorreta**.

- Todas as máquinas térmicas devem satisfazer igualmente a primeira e a segunda lei da termodinâmica.
- A eficiência máxima de uma máquina térmica que opere entre as temperaturas citadas é de 75%.
- Diminuindo pela metade as temperaturas citadas, o rendimento máximo de uma máquina térmica que opere entre essas temperaturas não é alterado.
- Com a tecnologia moderna, é possível construir uma máquina térmica que opere entre as temperaturas citadas com rendimento superior a 75%.
- Devido à segunda lei da termodinâmica, é impossível construir um dispositivo cujo único efeito seja converter calor integralmente em trabalho.



Vídeo - Máquinas térmicas

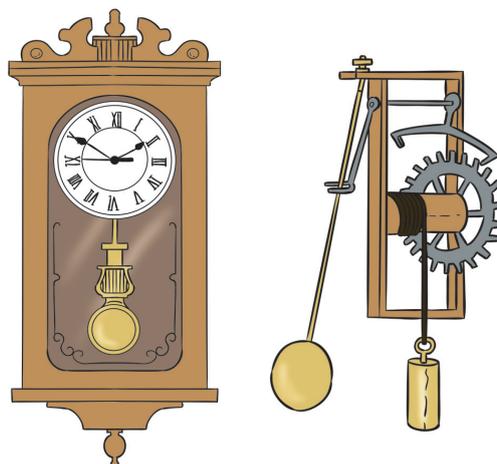
Anotações:





## » Oscilações

Eventos periódicos regulares, como a sucessão dos dias e das noites e as fases da lua, sempre foram uma das formas encontradas pelo ser humano para medir o tempo. O primeiro grande avanço tecnológico na construção de relógios surgiu com a descoberta da regularidade das oscilações do pêndulo simples. Criaram-se dispositivos engenhosos movidos a corda para compensar a perda gradual de energia dessas oscilações. Mantendo constante o tempo de cada oscilação, esses dispositivos possibilitaram a construção de relógios de extraordinária precisão.

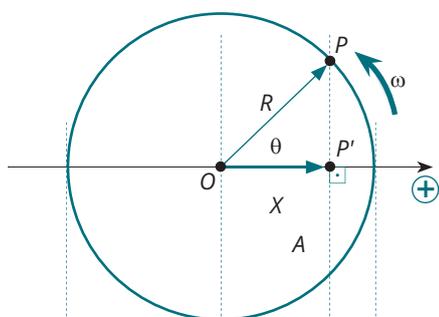


### • Movimento Harmônico Simples (MHS)

Movimento oscilatório realizado em trajetória retilínea em que o sentido se inverte periodicamente em torno de uma posição de equilíbrio.

#### Cinemática do MHS

O MHS é um tipo de movimento em que as grandezas **posição**, **velocidade** e **aceleração** são variáveis no tempo. Inicialmente, vamos utilizar o movimento circular uniforme (MCU) para melhor compreendermos os conceitos de elongação, amplitude, ângulo de fase, pulsação, frequência e período, todos eles muito importantes no estudo do MHS.



No desenho, P realiza MCU, e P' faz MHS com base nos dispositivos definidos:

- ▶ **elongação (x)**, número real que indica a posição do ponto oscilante, corresponde à abscissa do ponto P' no eixo x;
- ▶ **amplitude (A)**, a maior elongação, corresponde ao raio (R) no MCU;
- ▶ **ângulo de fase (θ)**, posição angular no MCU;
- ▶ **velocidade angular ou pulsação (ω)**, variação da posição angular por unidade de tempo;
- ▶ **frequência (f)**, número de oscilações por unidade de tempo;
- ▶ **período (T)**, intervalo de tempo de uma oscilação completa.

#### Função Posição

$$x = A \cdot \cos(\omega t + \theta_0)$$



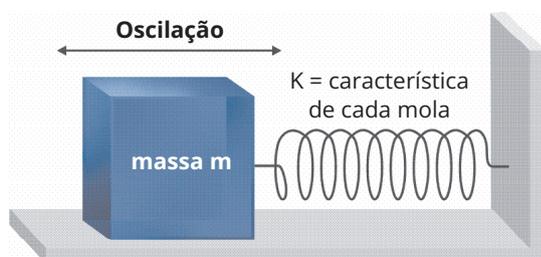
Videoaula de MHS



## Oscilador massa-mola

O sistema massa-mola é um experimento possível para que possamos compreender melhor o MHS. Consiste numa massa horizontalmente fixada numa mola. Essa mola, uma vez comprimida e/ou alongada, exercerá uma força restauradora sobre a massa, trabalhando para que se restabeleça a posição de repouso.

A lei de Hooke é válida apenas para elongações razoavelmente pequenas, mas isso é tema para o ensino superior!



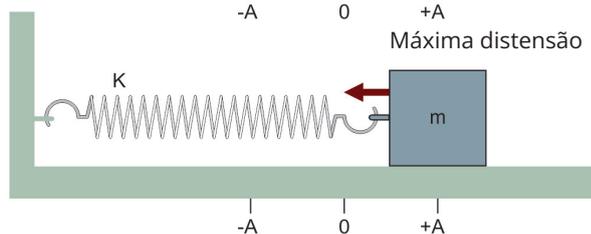
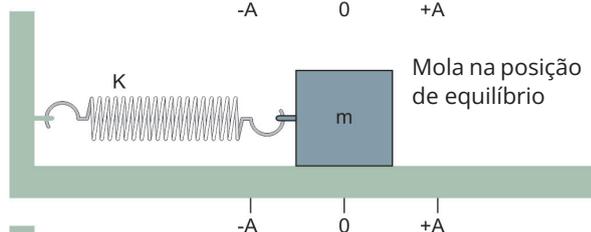
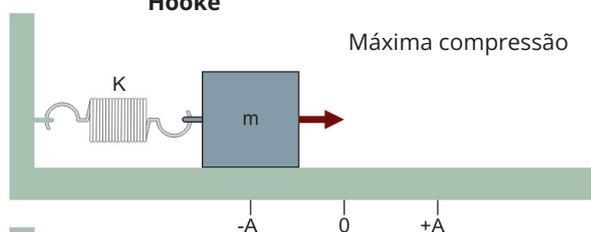
**Força (F)**

$$F = -k \cdot x$$

**Lei de Hooke**

**Período (T)**

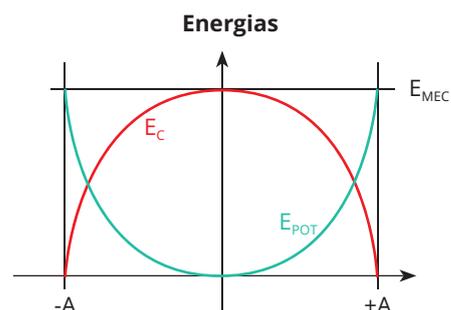
$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$$



- ▶ A aceleração e a força elástica são restauradoras, isto é, são proporcionais ao valor da elongação, mas discordam em sinal dessa elongação.
- ▶ Quanto maior a inércia do corpo, maior será o período de oscilação, ou seja, mais vagaroso será o movimento do oscilador massa-mola.
- ▶ Quanto maior for a constante elástica da mola (mola mais rígida), menor será o período de oscilação.
- ▶ O período de oscilação não depende da amplitude A.

## Energias

As energias cinética e potencial variam, pois há variação da velocidade e da posição do ponto material. A energia mecânica, no entanto, permanece constante, considerando inexistentes as forças dissipativas, baseando-se no **Princípio da Conservação da Energia**.



$$E_c = \frac{m \cdot v^2}{2}$$

$$E_p = \frac{k \cdot x^2}{2}$$

$$E_M = E_C + E_P$$



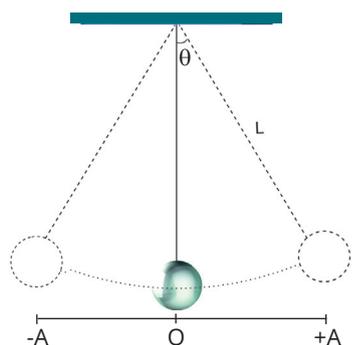
Simulação - Energia na pista de skate

Anotações:



## Pêndulo simples

Suponha que um pequeno corpo de massa  $m$  esteja preso na extremidade de um fio de peso desprezível, cujo comprimento é  $L$ , oscilando em um plano vertical, como mostra a figura abaixo.



### PERÍODO (T)

Em que:

$L$ : comprimento;

$g$ : gravidade;

$\theta$ : ângulo ou fase;

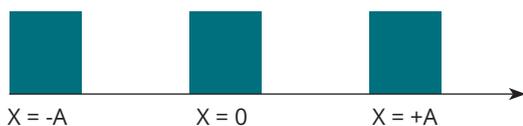
$\theta < 5^\circ$ : pequenas oscilações.

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

O Período (T) do pêndulo:

- ▶ Não depende da massa;
- ▶ **Não depende da amplitude (para  $\theta < 5^\circ$ );**
- ▶ É diretamente proporcional à raiz quadrada do comprimento (L);
- ▶ É inversamente proporcional à raiz quadrada da aceleração da gravidade (g).

### MÁXIMOS E MÍNIMOS DO MHS



Medida	No centro ( $x = 0$ )	Nos extremos ( $x = A$ )
Velocidade	Máxima	Nula
Aceleração	Nula	Máxima
Força	Nula	Máxima
E. cinética	Máxima	Nula
E. potencial	Nula	Máxima

### ////////// APOIO AO TEXTO //////////

**1. (UNISINOS)** Uma partícula vibra realizando um movimento harmônico simples. Nos extremos da trajetória, a velocidade da partícula é \_\_\_\_\_, e sua aceleração é \_\_\_\_\_. No centro da trajetória, a velocidade é \_\_\_\_\_, e a aceleração é \_\_\_\_\_.

As lacunas são corretamente preenchidas, respectivamente, por:

- a) nula - máxima - nula - máxima
- b) máxima - nula - nula - máxima
- c) nula - máxima - máxima - nula
- d) máxima - nula - máxima - nula
- e) nula - máxima - mínima - máxima

**2. (CEARÁ)** Quando a elongação de uma partícula em movimento harmônico simples é máxima:

- a) a velocidade e a aceleração são máximas.
- b) a velocidade e a aceleração são mínimas.
- c) a velocidade é máxima, e a aceleração é nula.
- d) a velocidade é nula, e a aceleração é máxima.
- e) a velocidade é igual à aceleração.

**3. (FED. S. CARLOS)** Um corpo possui MHS. Sua aceleração é:

- a) constante.
- b) diretamente proporcional ao tempo.
- c) inversamente proporcional à sua posição.
- d) diretamente proporcional à sua velocidade.
- e) diretamente proporcional à sua posição.

**4. (ITA)** Dados três pêndulos simples, de comprimentos e massas respectivamente iguais a 20 cm e 1 kg, 30 cm e 2 kg, 20 cm e 8 kg, situados próximos uns dos outros, pode-se afirmar que:

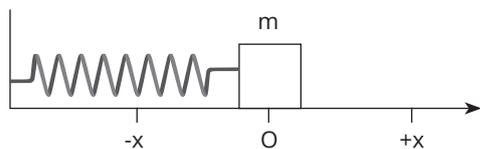
- a) o primeiro oscilará mais lentamente que os outros.
- b) o segundo oscilará mais lentamente que os outros.
- c) o terceiro oscilará mais lentamente que os outros.
- d) não é possível prever qual oscilará mais lentamente.
- e) todos oscilam com mesma frequência.



**5. (ITA)** Certo pêndulo simples, de comprimento igual a  $L$  e massa igual a  $m$ , oscila com período igual a  $T$ . Sabendo-se que o fio do pêndulo é inextensível e passa por uma pequena polia, sem atrito, podendo ser alongado ou encurtado, pode-se afirmar que:

- a) encurtando-se o fio do pêndulo, o período do pêndulo aumentará.
- b) alongando-se o fio do pêndulo, o período do pêndulo aumentará.
- c) mantendo-se constante o comprimento do fio e aumentando-se a massa  $m$  do pêndulo, seu período aumentará.
- d) aumentando-se ou diminuindo-se o comprimento do fio, porém mantendo-se a massa  $m$  do pêndulo constante, seu período permanecerá constante e igual ao inicial.
- e) a frequência e o período não se alteram.

**6. (UE Londrina-PR)** A partícula de massa  $m$ , presa à extremidade de uma mola, oscila em um plano horizontal de atrito desprezível, em trajetória retilínea em torno do ponto de equilíbrio  $O$ . O movimento é harmônico simples, de amplitude  $x$ .



Considere as afirmações:

- I. O período do movimento independe de  $m$ .
- II. A energia mecânica do sistema em qualquer ponto da trajetória é constante.
- III. A energia cinética é máxima no ponto  $O$ .

É correto afirmar que somente:

- a) I é correta.
- b) II é correta.
- c) III é correta.
- d) I e II são corretas.
- e) II e III são corretas.

**7. (UE Maringá-PR)** Uma partícula realiza movimento harmônico simples em relação a um dado referencial. Nessa condição, podemos afirmar que:

- a) sua energia potencial é inversamente proporcional à abscissa que define sua posição.
- b) sua velocidade é nula quando a abscissa  $x$  é nula.
- c) sua aceleração varia linearmente com o tempo.
- d) sua velocidade é nula quando sua aceleração tem módulo máximo.
- e) sua velocidade máxima independe da amplitude do movimento.

**8.** Analise as seguintes afirmações sobre o movimento de um pêndulo simples em oscilações de pequena amplitude.

- I. Se reduzirmos o comprimento do pêndulo à metade e também reduzirmos a massa à metade, o período de oscilação ficará igual.
- II. Se aumentarmos a amplitude de oscilação do pêndulo, aumentará a frequência do movimento.
- III. O período de oscilação independe do local onde o pêndulo oscila.

Está(ão) correta(s):

- a) todas.
- b) somente a I.
- c) somente a II.
- d) duas delas.
- e) nenhuma.

**9. (UFSM-PEIES)** Um corpo de massa  $m$  é posto a oscilar em um movimento harmônico simples, horizontal, com amplitude  $A$ , preso a uma das extremidades de uma mola de constante elástica  $K$  que tem a outra extremidade fixa.

Se a amplitude das oscilações do corpo dobrar, o período e a energia total serão, respectivamente:

- a) o mesmo - quatro vezes maior
- b) o mesmo - duas vezes maior
- c) o dobro - quatro vezes maior
- d) o dobro - duas vezes maior
- e) o dobro - a mesma

Anotações:

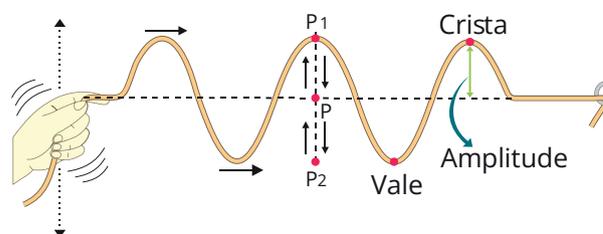




## » Ondas I

Onda é uma perturbação que se propaga através de um meio. É a partir da propagação de ondas que percebemos o som, vemos os objetos, realizamos exames médicos (por exemplo, exames de raio X), recebemos informações etc.

Costumamos falar em ondas sonoras, ondas luminosas, ondas de rádio e ondas sísmicas. O conceito de onda é bastante abrangente, pois é utilizado em todos os campos da Física.

**Propriedade**

- ▶ Uma onda transporta energia, mas não transporta matéria.

Discuta em aula e responda:

1. Uma emissora de televisão emite ondas eletromagnéticas. Essas ondas transportam matéria? E energia?
2. Um surfista é matéria! No entanto, as ondas não transportam matéria! Explique.

## • Classificação das ondas

**Quanto ao meio de propagação**

▶ **Ondas mecânicas:** são ondas que necessitam de um meio material para se propagar. Necessitando de um meio, por óbvio, uma onda mecânica não se propaga no vácuo.

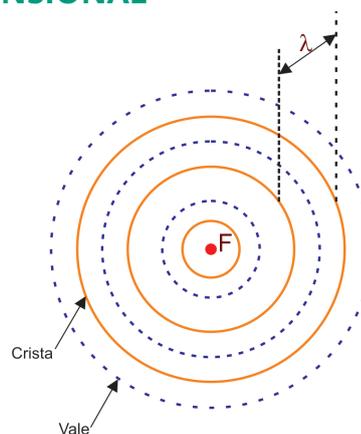
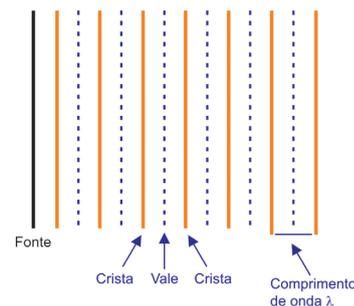
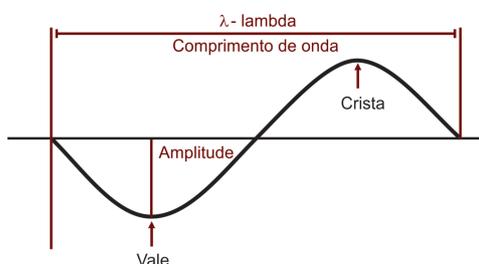
- Exemplos:

Ondas em uma corda (ou mola), ondas sonoras etc.

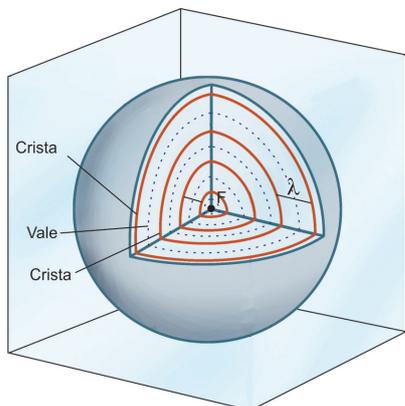
▶ **Ondas eletromagnéticas:** são ondas que não necessitam de um meio material para se propagar.

- Exemplos:

Ondas luminosas, raios X, raios gama etc.

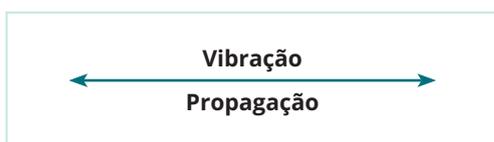
**BIDIMENSIONAL****Quanto à direção de propagação****UNIDIMENSIONAL**

## TRIDIMENSIONAL



### Quanto à direção de vibração

▶ **Ondas longitudinais:** são aquelas que oscilam na mesma direção de propagação.



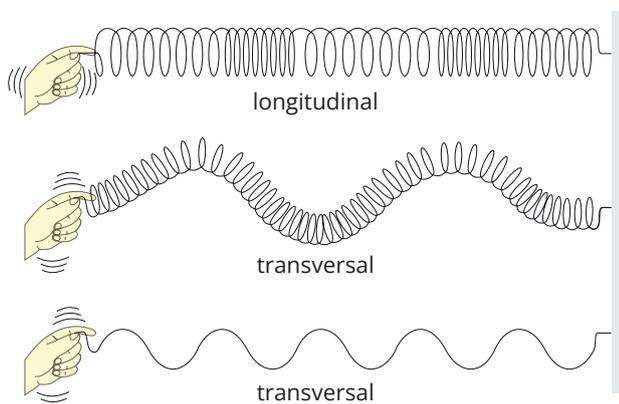
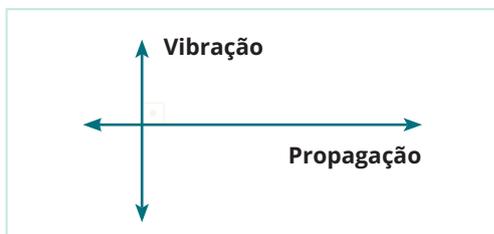
- Exemplo:

Som.

▶ **Ondas transversais:** são aquelas que oscilam perpendicularmente à direção de propagação.

- Exemplo:

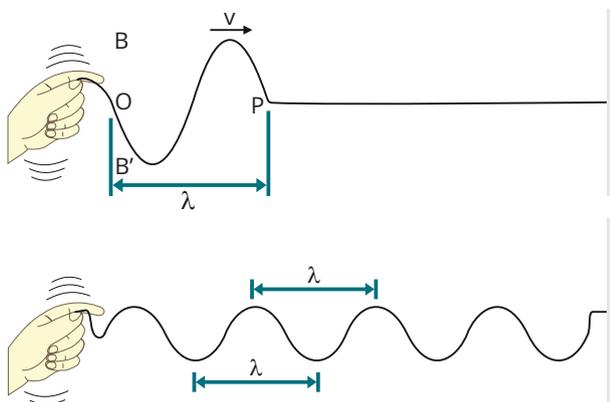
Todas as ondas eletromagnéticas.



## • Ondas periódicas

Se fizermos a extremidade de uma corda esticada oscilar sempre do mesmo modo, repetindo continuamente o movimento, criaremos uma **onda periódica**. Quanto ao período, uma onda pode ser periódica ou não.

Abaixo, vemos a ilustração de uma onda unidimensional de comprimento igual a  $\lambda$ . O comprimento de onda é exatamente a distância entre duas cristas ou, de modo equivalente, a distância entre dois vales. Ou, ainda, a medida do comprimento da projeção de uma oscilação completa. Vide a figura:



### Velocidade da onda

A velocidade de uma onda **periódica** pode ser escrita em função do seu comprimento e frequência. Vejamos a dedução.

$v$  = distância percorrida pela onda/tempo

Para percorrer o comprimento de onda  $\lambda$ , o tempo gasto é exatamente o período  $T$  (lembre-se: período é o tempo necessário para que ocorra uma oscilação completa). Assim:

$$v = \frac{\lambda}{T} = \frac{\lambda}{1/f} = \lambda \cdot f \rightarrow V = \lambda \cdot f$$

$\lambda$  em metros e frequência em Hz = 1/s

### Atenção para as unidades!

k = Quilo =  $10^3$

M = Mega =  $10^6$

G = Giga =  $10^9$

- Exemplos: 3 MHz =  $3 \cdot 10^6$  Hz

5 kHz =  $5 \cdot 10^3$  Hz



### Importante

- ▶ O período (T) é o intervalo de tempo necessário para que um ponto de onda realize uma oscilação completa.
- ▶ Comprimento de onda ( $\lambda$ ) é a distância mínima em que um ciclo se repete.
- ▶ A amplitude (A) da onda é o deslocamento máximo de um ponto da onda em relação à sua posição de equilíbrio.
- ▶ A velocidade (v) de propagação de uma onda, em um determinado meio constante, é característica daquele meio.
- ▶ A frequência (f) caracteriza a onda e não se altera, mesmo que a onda troque o meio de propagação.

## • Ondas em uma corda

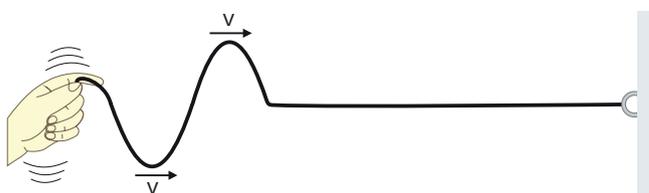
Para calcularmos a velocidade de uma onda, podemos utilizar a fórmula da velocidade escalar média ou a fórmula  $v = \lambda \cdot f$ .

Para ondas mecânicas em uma corda, podemos calcular via uma terceira maneira, conhecida por fórmula de Taylor.

$$v = \sqrt{\frac{\text{Tração da corda}}{\text{Densidade linear da corda}}} = \sqrt{\frac{\text{Tração}}{\mu}}$$

$\mu$  é a densidade linear:

$$\mu = \frac{\text{massa da corda}}{\text{comprimento da corda}} = \frac{m}{L}$$



▶ Tração é a intensidade da força que estimula a corda.

▶ ( $\mu$ ) densidade linear da corda; sua unidade, no SI, é kg/m. Fios homogêneos têm densidade linear constante. Em geral, fios de mesmo material têm sua espessura relacionada à densidade linear: maior densidade = maior espessura.

## APOIO AO TEXTO

1. São dadas as seguintes afirmativas:

I. Em uma onda transversal, as partículas do meio vibram na direção em que a onda se propaga.

II. Em uma onda periódica, a distância entre uma crista e um vale consecutivo corresponde a meio comprimento de onda.

III. Em uma onda longitudinal, as partículas do meio vibram em direções perpendiculares à direção de propagação.

IV. A velocidade de propagação de uma onda periódica é igual ao produto do seu comprimento de onda pela sua frequência.

Estão corretas:

- a) II e IV.
- b) I e III.
- c) I e IV.
- d) II e III.
- e) todas.

2. (UFPEL) Recentemente o físico Marcos Pontes tornou-se o primeiro astronauta brasileiro a ultrapassar a atmosfera terrestre. Diariamente existiam contatos entre Marcos e a base, e alguns deles eram transferidos através dos meios de comunicação.

Com base no texto e em seus conhecimentos, é correto afirmar que conseguíamos “ouvir” e “falar” com Marcos porque, para essa conversa, estavam envolvidas:

- a) apenas ondas mecânicas – transversais – já que estas se propagam tanto no vácuo como no ar.
- b) apenas ondas eletromagnéticas – longitudinais – já que estas se propagam tanto no vácuo como no ar.
- c) ondas eletromagnéticas – transversais – que apresentam a mesma frequência, velocidade e comprimento de onda ao passar de um meio para outro.
- d) ondas mecânicas – transversais – que apresentam a mesma frequência, velocidade e comprimento de onda ao passar de um meio para outro.
- e) tanto ondas eletromagnéticas – transversais – que se propagam no vácuo como ondas mecânicas – longitudinais – que necessitam de um meio material para a sua propagação.



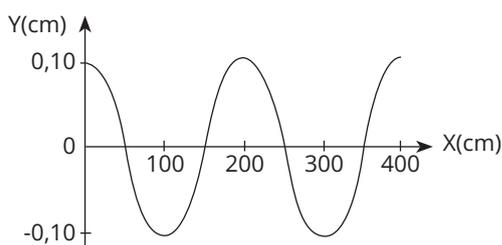
**3. (UFPA)** Uma onda mecânica é dita transversal se as partículas do meio movem-se:

- a) perpendicularmente à sua direção de propagação.
- b) paralelamente à direção de propagação da onda.
- c) transportando matéria na direção de propagação da onda.
- d) com a velocidade da luz na direção de propagação da onda.
- e) em movimento retilíneo e uniforme.

**1. (PUC-MG)** Se aumentarmos a frequência com que vibra uma fonte de ondas num dado meio:

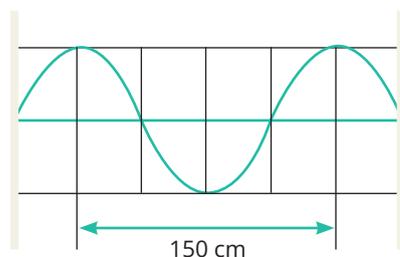
- a) o período aumenta.
- b) a velocidade de onda diminui.
- c) o período não se altera.
- d) a velocidade de onda aumenta.
- e) o comprimento de onda diminui.

**4. (UFMS-PEIES)** A figura representa uma onda propagando-se sem perda de energia em uma corda muito longa, com período de 10s. A velocidade de propagação dessa onda na corda, em m/s, é de:



- a) 0,002.
- b) 0,02.
- c) 0,2.
- d) 2.
- e) 20.

**5.** Na figura abaixo, tem-se representada uma onda periódica, que se propaga com velocidade de 50 cm/s. Com base nessa informação, pode-se concluir que o período dessa onda, em segundos, é igual a:



- a) 1
- b) 3
- c) 5
- d) 7
- e) 9

**6.** Uma corda elástica, de densidade linear (massa por unidade de comprimento)  $d_1$ , está presa por uma extremidade a outra, de densidade linear  $d_2 = 4 d_1$ , e todo o conjunto está submetido a uma mesma força tensora de intensidade  $F$ . Se uma onda estabelecida na primeira corda propaga-se com velocidade de módulo  $v_1$ , na segunda corda essa onda se propagará com velocidade de módulo  $v_2$ , tal que:

- a)  $v_2 = 4v_1$
- b)  $v_2 = 2v_1$
- c)  $v_2 = v_1$
- d)  $v_2 = \frac{1}{2} v_1$
- e)  $v_2 = \frac{1}{4} v_1$

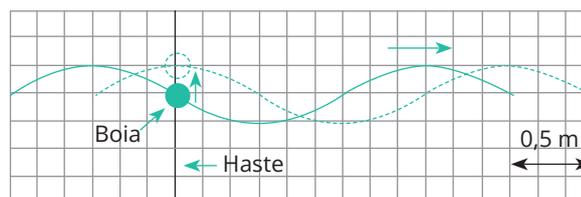
**7.** Considere as afirmações abaixo.

- I. As ondas luminosas são constituídas pelas oscilações de um campo elétrico e de um campo magnético.
- II. As ondas sonoras precisam de um meio material para se propagar.
- III. As ondas eletromagnéticas não precisam de um meio material para se propagar.

Qual(is) delas é(são) correta(s)?

- a) Apenas I.
- b) Apenas I e II.
- c) Apenas I e III.
- d) Apenas II e III.
- e) I, II e III.

**8. (FUVEST)** Uma boia pode se deslocar livremente ao longo de uma haste vertical fixada no fundo do mar. Na figura, a curva cheia representa uma onda no instante  $t = 0s$ , e a curva tracejada, a mesma onda no instante  $t = 0,2s$ . Com a passagem dessa onda, a boia oscila.



Nessa situação, o menor valor possível da velocidade da onda e o correspondente período de oscilação da boia valem:

- a) 2,5 m/s e 0,2s.
- b) 5,0 m/s e 0,4s.
- c) 0,5 m/s e 0,2s.
- d) 5,0 m/s e 0,8s.
- e) 2,5 m/s e 0,8s.





## » Ondas II

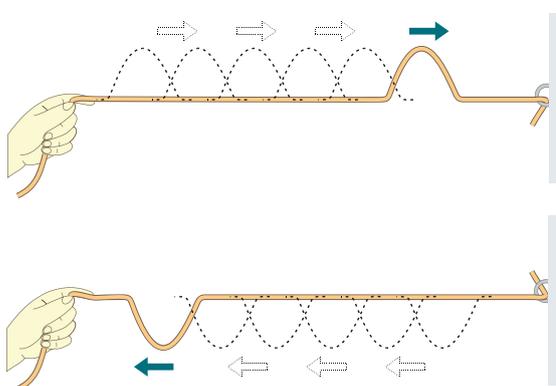
## • Fenômenos ondulatórios

Existe uma série de fenômenos que ocorrem com as ondas. Os mais presentes nos vestibulares de todo o Brasil são:

Reflexão, refração, difração, polarização, ressonância, interferência e batimento.

## Reflexão

A reflexão ocorre quando uma onda incide em uma superfície que separa dois meios e retorna ao meio de origem, mudando a direção ou o sentido de propagação.



Com a extremidade fixa, observe que haverá uma inversão de fase. Nesse exemplo, o pulso incidente, uma crista, após a reflexão, vira um vale. Com a extremidade livre, haverá manutenção da fase.

**Importante**

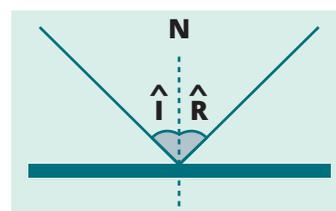
Na reflexão, a onda **não altera**:

- ▶ velocidade;
- ▶ comprimento;
- ▶ frequência.

## LEI DA REFLEXÃO

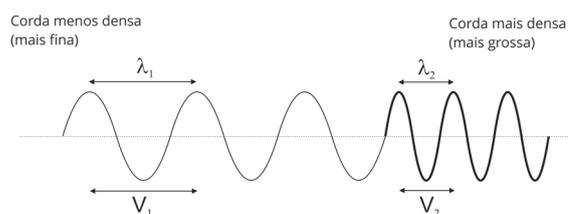
O ângulo de incidência é sempre igual ao ângulo de reflexão, isto é:

$$\hat{i} = \hat{r}$$



## Refração

É o fenômeno no qual uma onda, propagando-se em um certo meio, encontra uma superfície de separação entre meios, passando para o outro meio, alterando sua velocidade e comprimento de onda, enquanto a frequência se mantém constante.

**Importante**

Na refração, a onda refratada **altera**:

- ▶ velocidade;
- ▶ comprimento de onda.

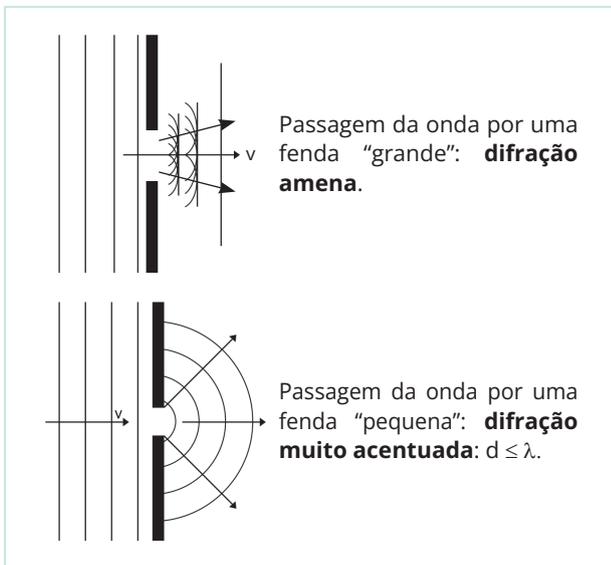
Porém, a frequência permanece constante.

Anotações:



## Difração

A distorção da propagação das ondas que se deparam com obstáculos, contornando-os, chama-se *difração*.



Difração de uma onda sonora em torno de um muro.

Quanto menor a largura da fenda ou menor a espessura do obstáculo, maior a difração.

## FATORES QUE INFLUEM NA DIFRAÇÃO

A ocorrência de difração aumenta quando **d** e  $\lambda$  variam de modo a aumentar a razão  $\lambda/d$ .

Assim, podemos afirmar que a **difração aumenta** quando:

▶ **d** diminui

▶  $\lambda$  aumenta

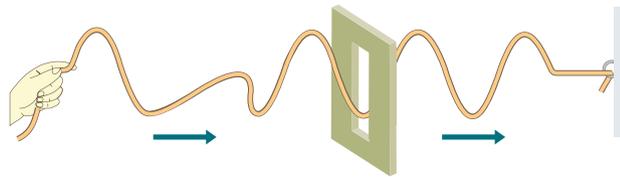
▶  $\frac{\lambda}{d}$  aumenta

### Importante

▶ O fenômeno da difração pode ocorrer com todas as ondas.

## Polarização

Polarizar uma onda significa "filtrá-la", deixando passar apenas aquelas perturbações que ocorrem em um determinado plano.



- ▶ Somente as ondas transversais (luz) podem ser polarizadas.
- ▶ Ondas longitudinais (som) não podem ser polarizadas.

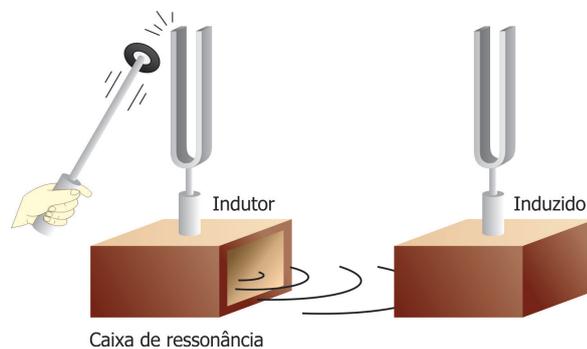


Vídeo - Polarização da luz

## Ressonância

Ressonância é um fenômeno em que um sistema vibratório ou uma força externa conduz outro sistema a oscilar a partir de suas frequências naturais de vibração. Cada sistema possui uma frequência na qual "gosta" de vibrar, daí a nomenclatura frequência natural.

- Exemplo:  $f_{\text{indutor}} = f_{\text{induzido}}$



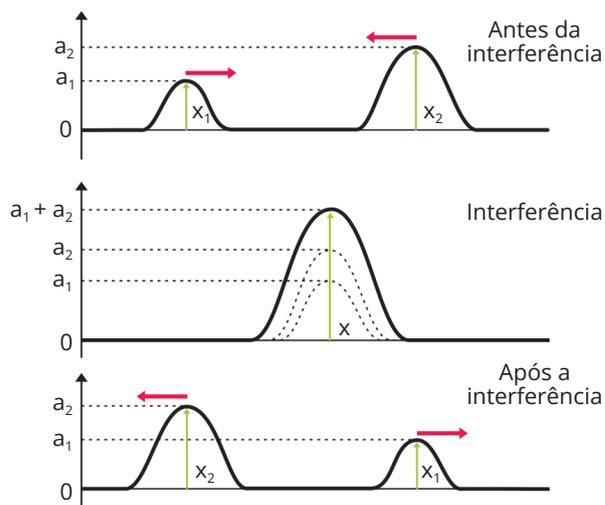
Vídeo - Ressonância



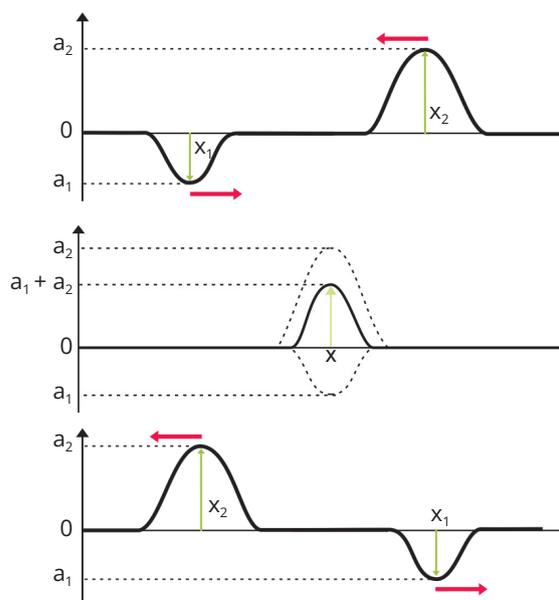
## Interferência

Dois pulsos propagando-se em uma mesma corda, em sentidos opostos, encontram-se em um determinado instante, produzindo a interferência. Durante o encontro, de acordo com o *princípio da superposição* das ondas, cada ponto da corda tem uma amplitude resultante igual à soma algébrica das amplitudes dos pulsos componentes. Após o encontro, de acordo com o *princípio da independência* das ondas, cada pulso continua como se nada houvesse ocorrido.

### INTERFERÊNCIA CONSTRUTIVA



### INTERFERÊNCIA DESTRUTIVA

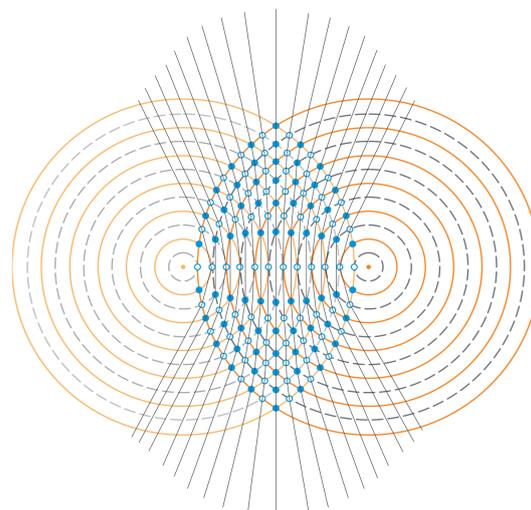


## INTERFERÊNCIA DE ONDAS BIDIMENSIONAIS E TRIDIMENSIONAIS

É a superposição de ondas de mesma natureza que se propagam em um mesmo meio, permitindo um cálculo prático para fontes de mesma frequência e em concordância de fase (fontes coerentes).



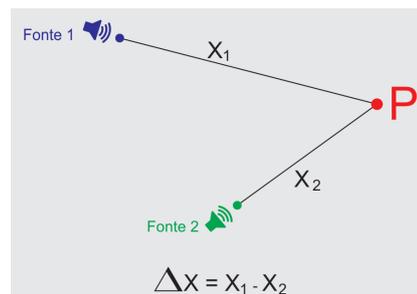
Video - Interferência de ondas bi e tridimensionais



Interferência entre duas ondas bidimensionais.

### CÁLCULO MATEMÁTICO

A condição matemática para determinar se a interferência é **construtiva (reforço)** ou **destrutiva**, num determinado ponto P, está relacionada à **diferença de percurso** das ondas que se dirigem a esse ponto.



#### Fontes oscilando em fase

- ▶ **Interferência construtiva:**  $n$  é um número inteiro par ( $n = 0, 2, 4, \dots$ ).
- ▶ **Interferência destrutiva:**  $n$  é um número inteiro ímpar ( $n = 1, 3, 5, \dots$ ).

$$|\Delta x| = n \cdot \frac{\lambda}{2}$$

$|\Delta x| = x_1 - x_2 \rightarrow$  é a diferença de marcha ou caminho percorrido pelas ondas emitidas por cada fonte até o ponto cujo tipo de interferência se deseja saber.

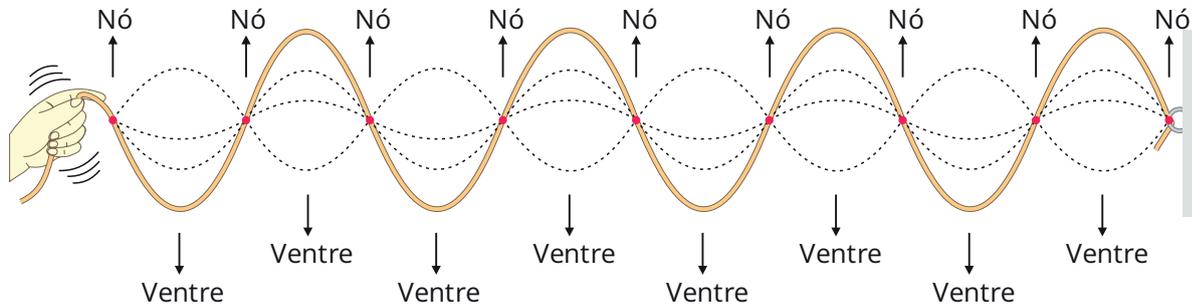
#### Fontes oscilando em oposição de fase

- ▶ **Interferência construtiva:**  $n$  é um número inteiro ímpar ( $n = 1, 3, 5, \dots$ ).
- ▶ **Interferência destrutiva:** sendo  $n$  um número inteiro par ( $n = 0, 2, 4, \dots$ ).



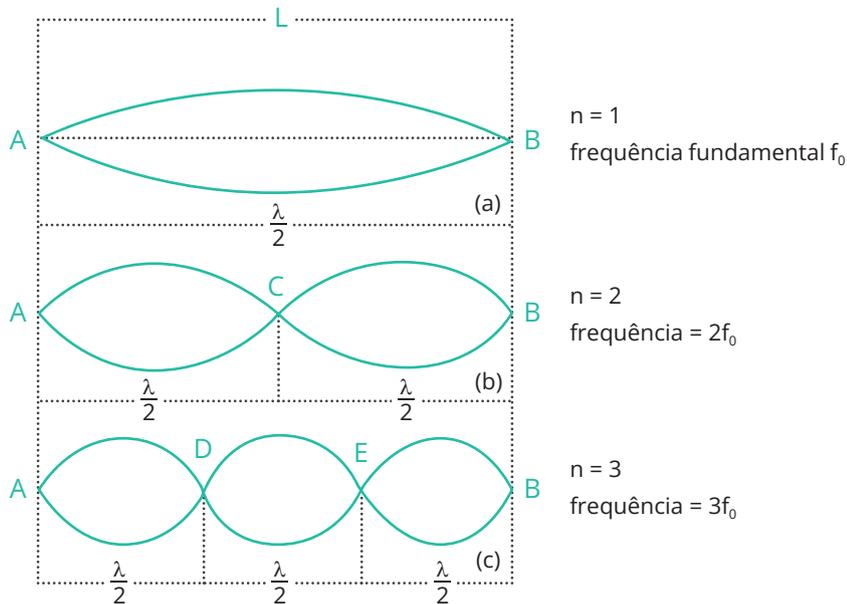
## ONDA ESTACIONÁRIA

A onda estacionária é um caso particular de interferência. Ocorre quando duas ondas idênticas se propagam em sentidos opostos, seguindo-se a superposição de ambas.



## HARMÔNICOS

Uma corda sonora pode emitir um conjunto de frequências denominado harmônico. Esses harmônicos são números inteiros de vezes da menor frequência que a corda pode emitir, denominada de 1º harmônico ou frequência fundamental:



Vídeo - Ondas estacionárias

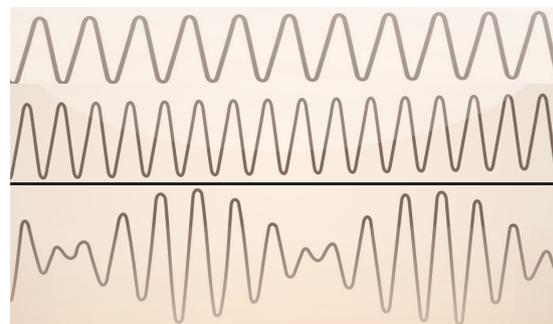
## Batimento

O fenômeno ondulatório denominado batimento é obtido pela superposição de ondas periódicas de frequências ligeiramente diferentes e de mesma amplitude.

Notemos que a onda resultante da figura ao lado tem amplitude variável periodicamente, apresentando pontos de máxima intensidade (interferência construtiva) e pontos de mínima intensidade (interferência destrutiva). Dá-se a denominação de batimento a essa variação gradual e periódica de amplitude da onda resultante. Entende-se também por batimento cada conjunto de vibrações que vai de um mínimo até outro mínimo consecutivo.

A frequência de ocorrência dos batimentos é dada por:

$$f_{\text{bat}} = |f_1 - f_2|$$



A primeira figura mostra a superposição de duas ondas de frequências ligeiramente diferentes e amplitudes iguais. A segunda figura mostra a onda resultante dessa superposição.



## APOIO AO TEXTO

**1. (UNIDERP)** São feitas quatro afirmações a respeito de fenômenos ondulatórios:

- I. A velocidade de propagação de uma onda depende do meio de propagação.
- II. A polarização só existe em ondas eletromagnéticas.
- III. A difração é a possibilidade que uma onda possui de contornar obstáculos.
- IV. Na refração de uma onda, a frequência permanece inalterada.

É correto afirmar que:

- a) todas as afirmações são corretas.
- b) apenas a afirmação II é incorreta.
- c) apenas as afirmações III e IV são corretas.
- d) apenas a afirmação IV é incorreta.
- e) todas as afirmações são incorretas.

**2. (UFMS)** Quando uma onda sonora passa do ar para a água:

- a) a frequência permanece constante.
- b) a frequência e a velocidade de propagação variam em função do meio.
- c) a frequência varia com o meio.
- d) o comprimento de onda permanece constante.
- e) a velocidade de propagação permanece constante.

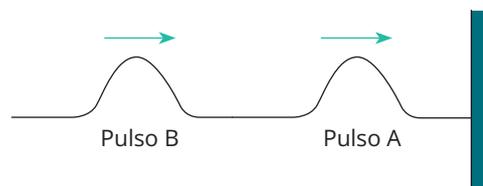
**3. (UFCE)** Para que ocorra difração, a onda deve encontrar:

- a) um obstáculo de dimensões muito menores que seu comprimento de onda.
- b) uma fenda de dimensões muito maiores que seu comprimento de onda.
- c) uma fenda de dimensões menores que seu comprimento de onda.
- d) uma fenda ou um obstáculo de dimensões da mesma ordem de grandeza do seu comprimento de onda.

**4. (UFRGS)** Selecione a alternativa que apresenta as palavras que preenchem corretamente as duas lacunas nas seguintes afirmações, respectivamente.

- I. Uma onda sonora é um exemplo de onda \_\_\_\_\_.
  - II. O fenômeno da \_\_\_\_\_ da luz permite concluir que ela se constitui em uma onda transversal.
- a) transversal - difração
  - b) longitudinal - polarização
  - c) transversal - interferência
  - d) longitudinal - difração
  - e) transversal - polarização

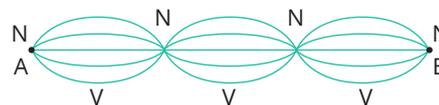
**5. (UFSCAR)** Dois pulsos, A e B, são produzidos em uma corda esticada, que tem uma extremidade fixada em uma parede, conforme mostra a figura.



Quando os dois pulsos se superpuserem, após o pulso A ter sofrido reflexão na parede, ocorrerá interferência:

- a) construtiva, e, em seguida, os dois pulsos seguirão juntos no sentido do pulso de maior energia.
- b) construtiva, e, em seguida, cada pulso seguirá seu caminho, mantendo suas características originais.
- c) destrutiva, e, em seguida, os pulsos deixarão de existir, devido à absorção da energia durante a interação.
- d) destrutiva, e, em seguida, os dois pulsos seguirão juntos no sentido do pulso de maior energia.
- e) destrutiva, e, em seguida, cada pulso seguirá seu caminho, mantendo suas características originais.

**6. (UFSCAR)** A figura representa uma configuração de ondas estacionárias em uma corda.

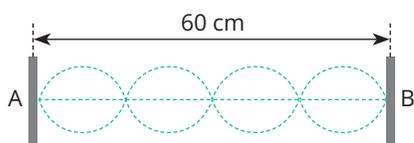


A extremidade A está presa a um oscilador que vibra com pequena amplitude. A extremidade B é fixa, e a tração na corda é constante. Na situação da figura, onde aparecem três ventres (V) e quatro nós (N), a frequência do oscilador é 360 Hz. Aumentando-se gradativamente a frequência do oscilador, observa-se que essa configuração se desfaz até aparecer, em seguida, uma nova configuração de ondas estacionárias, formadas por:

- a) quatro nós e quatro ventres, quando a frequência atingir 400 Hz.
- b) quatro nós e cinco ventres, quando a frequência atingir 440 Hz.
- c) cinco nós e quatro ventres, quando a frequência atingir 480 Hz.
- d) cinco nós e cinco ventres, quando a frequência atingir 540 Hz.
- e) seis nós e oito ventres, quando a frequência atingir 720 Hz.



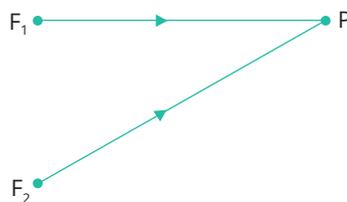
**7. (MACKENZIE)** Um fio de aço de 60 cm de comprimento é mantido tracionado pelas suas extremidades fixas. Nesse fio, quando excitado por uma fonte de onda de 60 Hz, origina-se uma onda mecânica estacionária, formando 5 nós, como mostra a figura abaixo.



A velocidade de propagação da onda no fio é:

- a) 3 m/s
- b) 6 m/s
- c) 9 m/s
- d) 18 m/s
- e) 24 m/s

**8. (UFRGS)** Em um tanque de ondas, duas fontes,  $F_1$  e  $F_2$ , oscilam com a mesma frequência e sem diferença de fase, produzindo ondas que se superpõem no ponto P, como mostra a figura.



A distância entre  $F_1$  e P é de 80 cm e entre  $F_2$  e P é de 85 cm. Para qual dos valores de comprimento de onda das ondas produzidas por  $F_1$  e  $F_2$  ocorre um mínimo de intensidade (interferência destrutiva) no ponto P?

- a) 1,0 cm
- b) 2,5 cm
- c) 5,0 cm
- d) 10 cm
- e) 25 cm

Anotações:





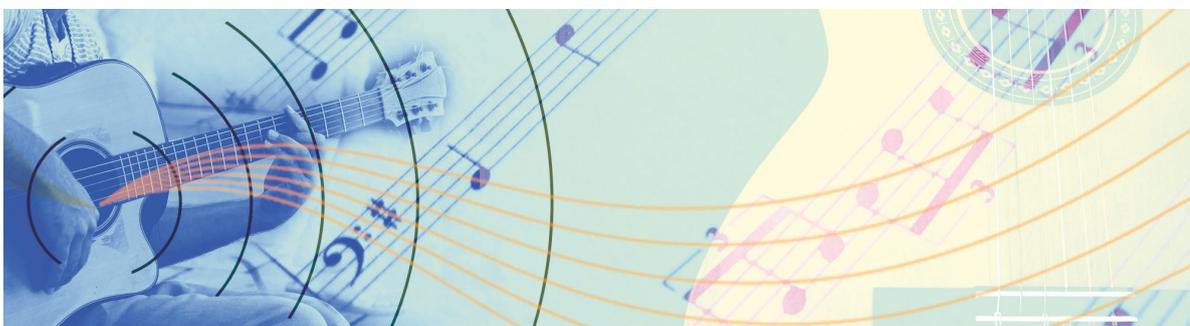
AULA-  
-PÍLULA

FÍSICA

# UNIDADE 10

## » Acústica

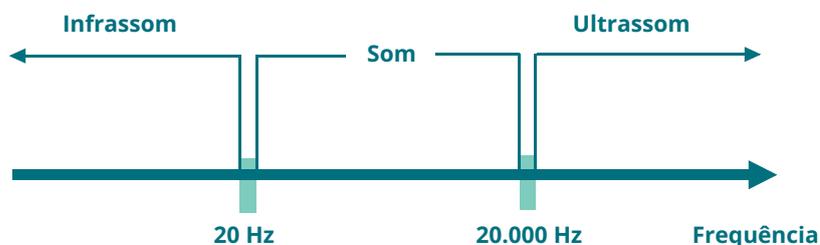
Acústica é a parte da Física que estuda a produção e a propagação do som.



O som é uma onda mecânica e longitudinal.

Não se propaga no vácuo.

As ondas sonoras são produzidas por compressão e distensão do meio elástico, que serve de transporte para a onda.



### • Velocidade do som

A propagação do som não é instantânea. É necessário certo tempo para que as ondas acústicas provenientes da fonte sonora atinjam determinada distância. Todos nós sabemos que o trovão não é percebido simultaneamente ao relâmpago: o tempo transcorrido entre a percepção de cada um deles é o tempo gasto pelo trovão para chegar a nossos ouvidos (já que a percepção de relâmpago é praticamente instantânea).

Podemos verificar experimentalmente que o som se propaga, no ar, com uma velocidade aproximada de 330 m/s. As ondas acústicas não se propagam apenas no ar, mas também em outros meios materiais (sólidos, líquidos e gasosos). Podem se transmitir por meio de qualquer corpo; apenas **não se transmitem no vácuo**.

### VELOCIDADE DO SOM EM ALGUNS MEIOS MATERIAIS

Para o som, continua valendo a equação:

$$v = \lambda \cdot f$$

Meio	Temperatura	Velocidade (m/s)
Ar	0 °C	333,14
Água	15 °C	1.450,0
Chumbo	20 °C	1.230,0
Ferro	20 °C	5.130,0
Granito	20 °C	6.000,0

$$v_{\text{sólidos}} > v_{\text{líquidos}} > v_{\text{gases}}$$

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998.



## • Qualidades fisiológicas do som

### ■ Altura

ALTURA

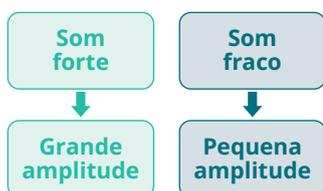
Permite distinguir um som grave de um som agudo.



### ■ Intensidade

AMPLITUDE

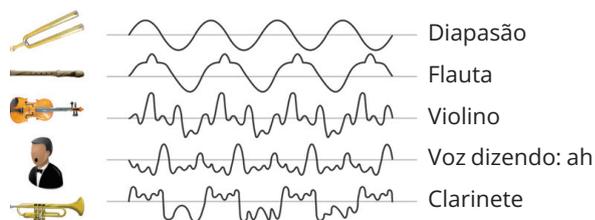
Permite distinguir um som forte de um som fraco.



### ■ Timbre

FORMA DA ONDA

Permite distinguir dois ou mais sons de mesma altura e intensidade emitidos por fontes diferentes.



Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998.

## OBSERVAÇÕES SOBRE A QUALIDADE FISIOLÓGICA INTENSIDADE

Em toda propagação ondulatória, há transporte de energia. Considerando-se uma onda se propagando no espaço, uma superfície imaginária (A) sendo ultrapassada perpendicularmente pela onda e chamando de P a potência da onda, entende-se por intensidade sonora o quociente:

$$I = \frac{P}{A}$$

Em Física, costuma-se adotar, para unidade de intensidade sonora,  $W/m^2$ .

A Física experimental conclui que a intensidade mínima que uma onda sonora deve ter, para que seja audível, é  $10^{-12} W/m^2$ , chamado limite mínimo da percepção auditiva humana. Assim:

$$I_0 = 10^{-12} W/m^2$$

### Nível sonoro

Considerando  $I_0$  a menor intensidade física audível e  $I$  a intensidade física do som que se quer medir, define-se nível sonoro por  $\beta = \log \frac{I}{I_0}$ , em que  $\beta$  é medido em bel (símbolo B) em homenagem a Alexandre Graham Bell (inventor do telefone).

Na prática, porém, adota-se um submúltiplo do bel, que é o decibel (dB). Na expressão acima, para obter  $\beta$  direto em dB, basta usar a seguinte relação:

$$\beta = 10 \log \frac{I}{I_0}$$

Exemplos de níveis sonoros comuns de nosso cotidiano:

- ▶ o tráfego em uma cidade grande atinge até o valor de 90 dB;
- ▶ um avião a jato decolando: 130 dB;
- ▶ em torno de 120 dB a 130 dB, o ouvido dói, o que chamamos de limiar da sensação dolorosa ou limiar da dor.

## • Reflexão do som

### Eco

Ocorre quando o som refletido, recebido pelo ouvinte, chega depois que o som direto já se extinguiu. O ouvinte percebe dois sons.

### Reforço

Acontece quando o obstáculo que reflete o som está muito próximo. O som direto e o som refletido chegam praticamente no mesmo instante.

### Reverberação

Nesse caso, o som refletido chega ao sistema auditivo enquanto a sensação do som direto ainda não se extinguiu.

Anotações:

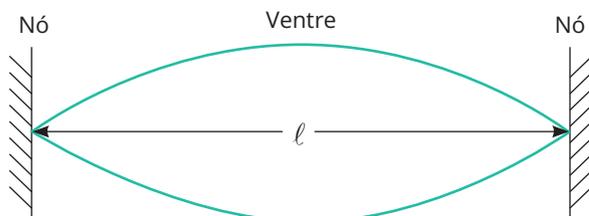


## • Cordas sonoras e tubos sonoros

### Cordas sonoras

Quando uma corda sonora é afastada de sua posição de equilíbrio, ela vibra transversalmente, dando origem a uma onda estacionária, cujas extremidades são os nós, e, no meio, forma-se o ventre.

O som resultante chama-se 1º harmônico ou som fundamental.



Do desenho acima, obtemos:

$$l = \frac{\lambda_1}{2} \quad \text{ou} \quad \lambda_1 = 2 \cdot l$$

A menor frequência  $f_1$  de vibração da corda corresponde ao comprimento de onda  $\lambda_1 = 2 \cdot l$ , então:

$$f_1 = \frac{v}{2 \cdot l}$$

Percutindo-se periodicamente a corda, poderão ser estimuladas vibrações de frequências  $f_2, f_3, f_4$ , chamadas harmônicos do fundamental. Então,  $f_2$  é o segundo harmônico,  $f_3$  é o terceiro harmônico,  $f_4$  é o quarto harmônico e assim por diante.

Essas frequências maiores podem ser indicadas em função da menor frequência  $f_1$  por:

$$f_n = n \cdot f_1, \quad \text{em que } n = 1, 2, 3, 4 \dots$$

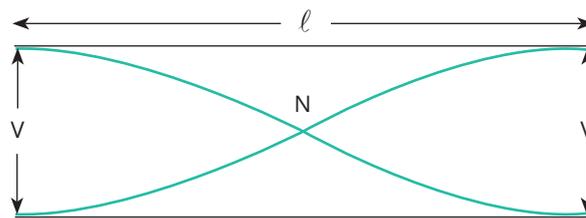
### Tubos sonoros

Os tubos sonoros constituem-se de uma fonte de vibração que põe a vibrar também uma coluna de ar. A fonte é chamada embocadura. Os tubos sonoros, que podem ser abertos ou fechados, só se constituem em fontes sonoras **desde que o ar ressoe no seu interior**. Para que isso ocorra, é necessário que, no interior desses tubos, forme-se uma **onda estacionária**.

### TUBOS ABERTOS

No som fundamental:

- ▶ extremidade aberta – **ventres**;
- ▶ no meio do tubo – **nó**.



$l$ : comprimento do tubo aberto.

No som fundamental representado na figura, temos:

$$l = \frac{\lambda_1}{2} \quad \text{ou} \quad \lambda_1 = 2l$$

A menor frequência  $f_1$  de vibração do tubo corresponde ao comprimento de onda  $\lambda_1 = 2l$ , então:

$$f_1 = \frac{v}{2 \cdot l}$$

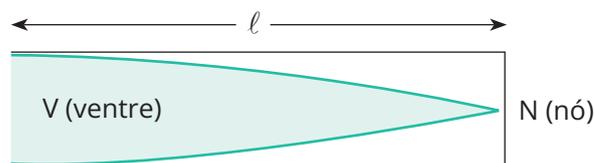
As frequências naturais são obtidas de modo semelhante ao que ocorre com as cordas vibrantes, nas quais os harmônicos estão presentes:

$$f_n = n \cdot f_1, \quad \text{em que } n = 1, 2, 3, 4 \dots$$

### TUBOS FECHADOS

No som fundamental:

- ▶ extremidade aberta – **um ventre**;
- ▶ extremidade fechada – **um nó**.



$l$ : comprimento do tubo aberto.

A distância entre um ventre e um nó consecutivo fornece o som fundamental. Então:

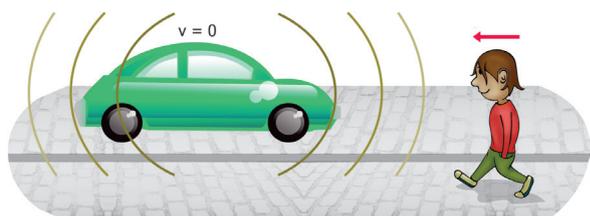
$$l = \frac{\lambda_1}{4} \quad \text{ou} \quad \lambda_1 = 4 \cdot l$$

Nesse tubo, só podemos estabelecer harmônicos de frequências ímpares da frequência fundamental, isto é, o terceiro harmônico  $f_3 = 3 \cdot f_1$ , o quinto harmônico  $f_5 = 5 \cdot f_1$  e assim por diante.

$$f_1 = \frac{v}{4 \cdot l}$$

## • Efeito Doppler

Considere uma pessoa nas proximidades de um automóvel parado, cuja buzina está emitindo um som de frequência  $f_0$ . Essa pessoa, estando também em repouso, perceberá um som de uma certa altura, que é caracterizado pela frequência  $f_0$ . Em outras palavras, o número de cristas por segundo que chegam ao ouvido da pessoa é igual a  $f_0$ .



Se a fonte sonora está em repouso, mas o observador está em movimento relativo, ele perceberá uma frequência sonora diferente da real  $f_0$ . No caso acima, o observador percebe uma frequência aparente  $f_a$  maior que a frequência real, portanto, o som fica mais agudo do que o original.

Efeito Doppler é a **variação** da frequência de uma onda, que é causada pelo movimento do observador (ou da fonte).

### Importante

Na aproximação

$\lambda =$  diminuído  
 $f =$  aumentada

Som mais agudo do que o original.

No afastamento

$\lambda =$  aumentado  
 $f =$  diminuída

Som mais grave do que o original.

## ////// APOIO AO TEXTO ////

1. (UFSM) Associe cada qualidade fisiológica do som à correspondente propriedade física.

- ( ) Altura
- ( ) Intensidade
- ( ) Timbre

- I. Comprimento de onda
- II. Amplitude
- III. Número de harmônicos que compõem a onda
- IV. Frequência

A sequência correta é:

- a) I - II - III
- b) II - I - IV
- c) IV - III - II
- d) IV - II - III
- e) I - III - II

2. (FURG) A voz humana é produzida pelas vibrações de duas membranas – as cordas vocais – que entram em vibração quando o ar proveniente dos pulmões é forçado a passar pela fenda existente entre elas. As cordas vocais das mulheres vibram, em geral, com frequência mais alta do que as dos homens, determinando que elas emitam sons agudos (voz “fina”) – e eles, sons graves (voz “grossa”). A propriedade do som que nos permite distinguir um som agudo de um grave é denominada:

- a) intensidade.
- b) amplitude.
- c) velocidade.
- d) timbre.
- e) altura.

## Cálculo da frequência aparente

$$f_0 = f \frac{v \pm v_0}{v \pm v_f}$$

$v$  = velocidade da onda sonora  
 $v_0$  = velocidade do observador  
 $v_f$  = velocidade da fonte emissora

$$v_0 \left\{ \begin{array}{l} \leftarrow \ominus \\ \rightarrow \oplus \end{array} \right. \quad \left\{ \begin{array}{l} \leftarrow \ominus \\ \rightarrow \oplus \end{array} \right. v_f$$



Anotações:

**3. (UFRGS)** A tabela apresenta a frequência  $f$  dos sons fundamentais de notas musicais produzidas por dispações. Esses sons se propagam no ar.

Som	$f$ (Hz)
dó	264
ré	297
mi	330
fá	352
sol	396
lá	440
si	495

Considerando-se esses dados, selecione a alternativa que apresenta as palavras que preenchem corretamente as duas lacunas nas seguintes afirmações, respectivamente.

- I. Do som mais agudo ao som mais grave, as ondas têm um aumento progressivo do(a) \_\_\_\_\_.
- II. O comprimento de onda do som *lá* é \_\_\_\_\_ do que o do som *mi*.
- período - menor
  - período - maior
  - altura - maior
  - fequência - maior
  - fequência - menor

**4. (UFRGS)** Analise cada uma das seguintes afirmações relacionadas com ondas sonoras e identifique se é verdadeira (V) ou falsa (F).

- ( ) Analisando os sons produzidos em um piano, verifica-se que a nota *lá* (440 Hz) é mais grave do que a nota *dó* (256 Hz).
- ( ) A onda sonora não se propaga da Terra para a Lua.
- ( ) Uma onda sonora audível pode ser difratada.

A sequência correta é:

- F - V - V
- F - F - V
- F - V - F
- V - F - F
- V - V - F

**5. (UFPEL)** Um estudante, sentado em um banco na frente de sua escola, analisa três eventos relacionados com os conteúdos estudados sobre ondas sonoras.

- Um carro está parado com o alarme disparado.
- Um carro de bombeiros que se aproxima da escola com a sirene ligada.
- Um motorista, sem consciência, que se afasta da escola, em alta velocidade, com a buzina permanentemente ligada.

De acordo com seus conhecimentos, o Efeito Doppler é percebido pelo estudante no(s) evento(s):

- II e III, e a frequência aumenta em II e diminui em III.
- I e III, e a frequência aumenta.
- I e II, e a frequência diminui.
- I, e a frequência se mantém constante.
- II e III, e a frequência diminui em II e aumenta em III.

**6. (UFRGS)** Considere as seguintes afirmações:

- O apito do trem, para um observador em repouso, é mais agudo quando o trem está se aproximando do que quando ele está se afastando do observador.
- Quando uma fonte de ondas sonoras se aproxima de um observador fixo, ocorre um encurtamento do comprimento de onda entre o observador e a fonte.
- Quando um observador se aproxima de uma fonte sonora fixa, a frequência do som ouvido é maior do que quando o observador está em repouso.

Qual(is) está(ão) correta(s)?

- Apenas I.
- Apenas III.
- Apenas I e II.
- Apenas II e III.
- I, II e III.

**7.** Um tubo aberto possui comprimento igual a 85 cm. Considerando a velocidade do som no ar igual a 340 m/s, a frequência do som fundamental, do 2º harmônico e do 3º harmônico obtidos valem, respectivamente:

- 100 Hz - 200 Hz - 300 Hz
- 200 Hz - 400 Hz - 600 Hz
- 200 Hz - 100 Hz - 50 Hz
- 300 Hz - 600 Hz - 900 Hz
- 200 Hz - 300 Hz - 500 Hz



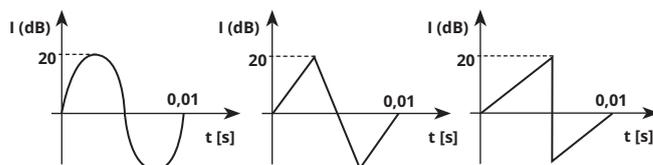
8. Um tubo fechado possui comprimento igual a 30 cm. O comprimento de onda do som fundamental emitido pelo tubo vale:

- a) 30 cm
- b) 60 cm
- c) 90 cm
- d) 120 cm
- e) 160 cm

9. Sabendo-se que o limiar da audição é de  $10^{-12} \text{ W/m}^2$ , mediu-se, ao lado de um motor em funcionamento, a intensidade do som gerado como sendo de  $10^{-3} \text{ W/m}^2$ . Portanto, o nível sonoro medido é de \_\_\_\_\_ dB.

- a) 9
- b) 15
- c) 36
- d) 90
- e) 110

10. As figuras abaixo representam ondas sonoras emitidas por três dispositivos diferentes.



A qualidade do som que permite ao ouvinte identificar a diferença entre os sons gerados pelos dispositivos é:

- a) a altura.
- b) o timbre.
- c) a intensidade.
- d) o comprimento de onda.
- e) a amplitude da onda.

---

Anotações:



# GABARITO



## • Apoio ao texto

---

### *Unidade 1*

1. D
2. E
3. A
4. E
5. A
6. B
7. D
8. A
9. E
10. E
11. D
12. C
13. B
14. E
15. B
16. E
17. C
18. E

### *Unidade 2*

1. A
2. E
3. A
4. D
5. C
6. C
7. C

### *Unidade 3*

1. E
2. D
3. B
4. E

### *Unidade 4*

1. D
2. C
3. E
4. A

### *Unidade 5*

1. D
2. E
3. B

### *Unidade 6*

1. B
2. E
3. D

### *Unidade 7*

1. C
2. D
3. E
4. B
5. B
6. E
7. D
8. E
9. A

### *Unidade 8*

1. A
2. E
3. A
4. E
5. C
6. B
7. D
8. E
9. E

### *Unidade 9*

1. B
2. A
3. D
4. B
5. E
6. C
7. D
8. D

### *Unidade 10*

1. D
2. E
3. A
4. A
5. A
6. E
7. B
8. D
9. D
10. B



## » Referências

---

- ALVARENGA, Beatriz. Curso de Física. São Paulo: Editora Scipione, 2000.
- AMALDI, Hugo. Imagens da Física. São Paulo: Editora Scipione, 1995.
- BONJORNO, Clínton. Temas de Física. São Paulo: Editora FTD, 2003.
- CARRON, Wilson; GUIMARÃES, Osvaldo. As faces da Física. São Paulo: Ed. Moderna, 2003.
- \_\_\_\_\_. Física - Volume único. São Paulo: Ed. Moderna, 2003.
- CARRON; PIQUEIRA; GUIMARÃES. Física Ensino Médio. Vol. 2. São Paulo: Editora Ática, 2014.
- FERRARO, Nicolau. Física Básica. 4ª ed. São Paulo: Editora Atual, 2013.
- GASPAR, Alberto. Física. São Paulo: Editora Ática, 2011.
- HALLIDAY, Resnick. Fundamentos da Física. 4ª ed. Rio de Janeiro: Editora LTC, 1993.
- HERSKOWICZ, Gerson; PENTEADO, Paulo; SCOLFARO, Valdir. Curso Completo de Física - Volume único. São Paulo: Ed. Moderna, 1993.
- HEWITT, Paul G. Física Conceitual. 9ª ed. Porto Alegre: Editora Bookman, 2002.
- PENTEADO. Física: conceitos e aplicações. São Paulo: Editora Moderna, 1998.
- PLANO INCLINADO. Disponível em: <[http://pt.wikipedia.org/wiki/Plano\\_inclinado](http://pt.wikipedia.org/wiki/Plano_inclinado)>. Acesso em: janeiro de 2012.
- SÉRGIO, Caio. Física Clássica. São Paulo: Editora Atual, 2012.
- TIPLER, Paul. Física. 4ª ed. Rio de Janeiro: Editora LTC, 2000.
- VÁLIO, Adriana. Ser protagonista. Box-Física. São Paulo: Editora SM, 2014.

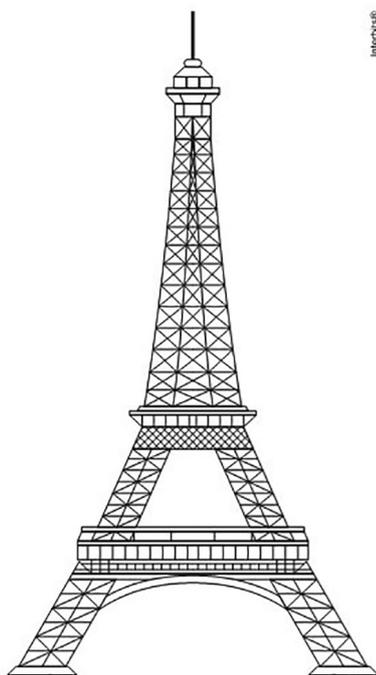
Anotações:

# HABILIDADES À PROVA 1

## » Mecânica dos fluidos

○ 1. (ENEM) A Torre Eiffel, com seus 324 metros de altura, feita com treliças de ferro, pesava 7300 toneladas quando terminou de ser construída em 1889. Um arquiteto resolve construir um protótipo dessa torre em escala 1: 100 usando os mesmos materiais (cada dimensão linear em escala de 1:100 do monumento real).

Considere que a torre real tenha uma massa  $M_{\text{torre}}$  e exerça na fundação sobre a qual foi erguida uma pressão  $P_{\text{torre}}$ . O modelo construído pelo arquiteto terá uma massa  $M_{\text{modelo}}$  e exercerá uma pressão  $P_{\text{modelo}}$ .



Como a pressão exercida pela torre se compara com a pressão exercida pelo protótipo? Ou seja, qual é a razão entre as pressões  $(P_{\text{torre}})/(P_{\text{modelo}})$ ?

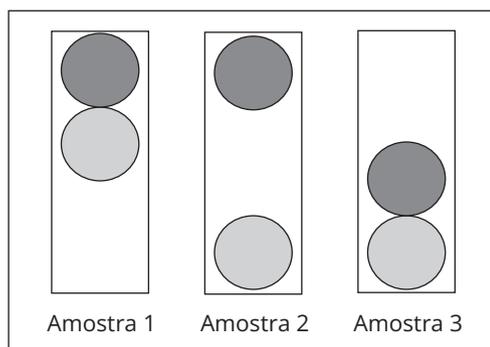
- a)  $10^0$
- b)  $10^1$
- c)  $10^2$
- d)  $10^4$
- e)  $10^6$

○ 2. (ENEM) Dois amigos encontram-se em um posto de gasolina para calibrar os pneus de suas bicicletas. Uma das bicicletas é de corrida (bicicleta A), e a outra, de passeio (bicicleta B). Os pneus de ambas as bicicletas têm as mesmas características, exceto que a largura dos pneus de A é menor que a largura dos pneus de B. Ao calibrarem os pneus das bicicletas A e B, respectivamente com pressões de calibração  $p_A$  e  $p_B$ , os amigos observam que o pneu da bicicleta A deforma, sob mesmos esforços, muito menos que o pneu da bicicleta B. Pode-se considerar que as massas de ar comprimido no pneu da bicicleta A,  $m_A$ , e no pneu da bicicleta B,  $m_B$ , são diretamente proporcionais aos seus volumes.

Comparando as pressões e massas de ar comprimido nos pneus das bicicletas, temos:

- a)  $p_A < p_B$  e  $m_A < m_B$
- b)  $p_A > p_B$  e  $m_A < m_B$
- c)  $p_A > p_B$  e  $m_A = m_B$
- d)  $p_A < p_B$  e  $m_A = m_B$
- e)  $p_A > p_B$  e  $m_A > m_B$

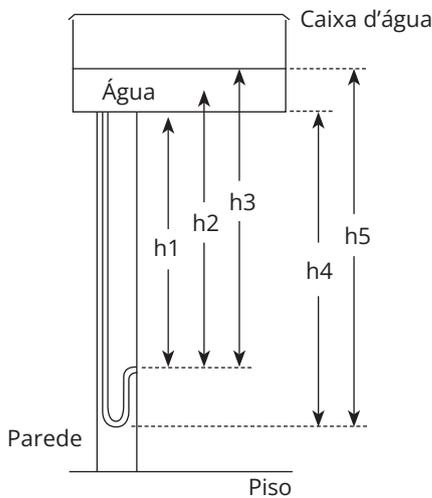
○ 3. (ENEM) O controle de qualidade é uma exigência da sociedade moderna na qual os bens de consumo são produzidos em escala industrial. Nesse controle de qualidade, são determinados parâmetros que permitem checar a qualidade de cada produto. O álcool combustível é um produto de amplo consumo muito adulterado, pois recebe adição de outros materiais para aumentar a margem de lucro de quem o comercializa. De acordo com a Agência Nacional de Petróleo (ANP), o álcool combustível deve ter densidade entre  $0,805 \text{ g/cm}^3$  e  $0,811 \text{ g/cm}^3$ . Em algumas bombas de combustível, a densidade do álcool pode ser verificada por meio de um densímetro similar ao desenho abaixo, que consiste em duas bolas com valores de densidade diferentes e verifica quando o álcool está fora da faixa permitida. Na imagem, são apresentadas as situações distintas para três amostras de álcool combustível.



A respeito das amostras ou do densímetro, pode-se afirmar que:

- a) a densidade da bola escura deve ser igual a  $0,811 \text{ g/cm}^3$ .
- b) a amostra 1 possui densidade menor do que a permitida.
- c) a bola clara tem densidade igual à densidade da bola escura.
- d) a amostra que está dentro do padrão estabelecido é a de número 2.
- e) o sistema poderia ser feito com uma única bola de densidade entre  $0,805 \text{ g/cm}^3$  e  $0,811 \text{ g/cm}^3$ .

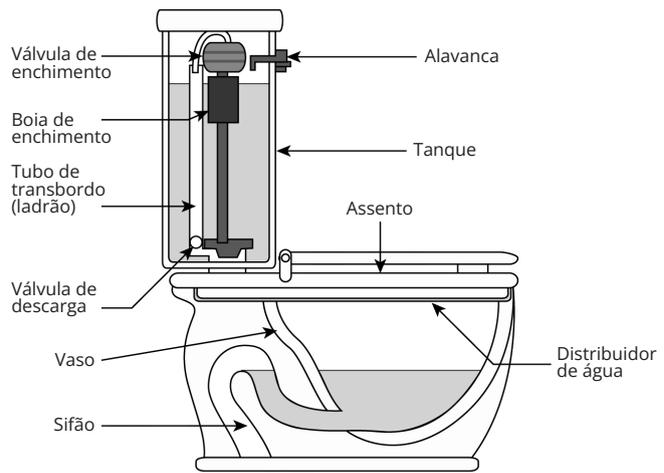
4. (ENEM) O manual que acompanha uma ducha higiênica informa que a pressão mínima da água para o seu funcionamento apropriado é de 20 kPa. A figura mostra a instalação hidráulica com a caixa d'água e o cano ao qual deve ser conectada a ducha.



O valor da pressão da água na ducha está associado à altura:

- a)  $h_1$
- b)  $h_2$
- c)  $h_3$
- d)  $h_4$
- e)  $h_5$

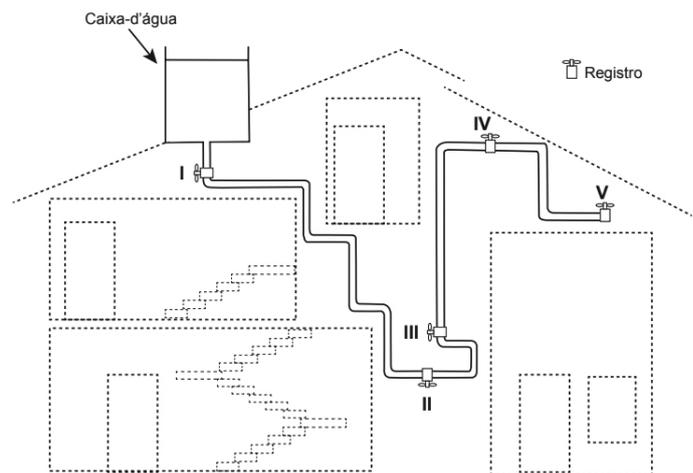
5. (ENEM) Um tipo de vaso sanitário que vem substituindo as válvulas de descarga está esquematizado na figura. Ao acionar a alavanca, toda a água do tanque é escoada e aumenta o nível no vaso, até cobrir o sifão. De acordo com o Teorema de Stevin, quanto maior a profundidade, maior a pressão. Assim, a água desce levando os rejeitos até o sistema de esgoto. A válvula da caixa de descarga se fecha e ocorre o seu enchimento. Em relação às válvulas de descarga, esse tipo de sistema proporciona maior economia de água.



A característica de funcionamento que garante essa economia é devida:

- a) à altura do sifão de água.
- b) ao volume do tanque de água.
- c) à altura do nível de água no vaso.
- d) ao diâmetro do distribuidor de água.
- e) à eficiência da válvula de enchimento do tanque.

6. (ENEM) A figura apresenta o esquema do encanamento de uma casa onde se detectou a presença de um vazamento de água em um dos registros. Ao estudar o problema, o morador concluiu que o vazamento está ocorrendo no registro submetido à maior pressão hidrostática.

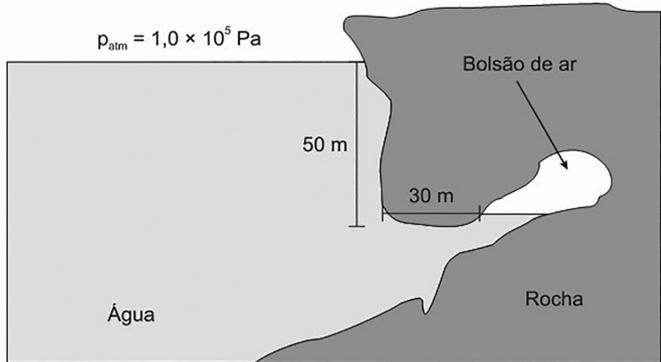


Em qual registro ocorria o vazamento?

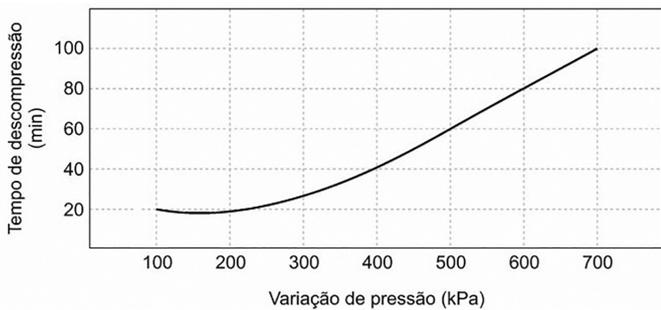
- a) I
- b) II
- c) III
- d) IV
- e) V



○ 7. (ENEM) Um mergulhador fica preso ao explorar uma caverna no oceano. Dentro da caverna formou-se um bolsão de ar, como mostrado na figura, onde o mergulhador se abrigou.



Durante o resgate, para evitar danos a seu organismo, foi necessário que o mergulhador passasse por um processo de descompressão antes de retornar à superfície para que seu corpo ficasse novamente sob pressão atmosférica. O gráfico mostra a relação entre os tempos de descompressão recomendados para indivíduos nessa situação e a variação de pressão.



Considere que a aceleração da gravidade seja igual a  $10 \text{ m s}^{-2}$  e que a densidade da água seja de  $\rho = 1000 \text{ kg m}^{-3}$ .

Em minutos, qual é o tempo de descompressão a que o mergulhador deverá ser submetido?

- a) 100
- b) 80
- c) 60
- d) 40
- e) 20

○ 8. (ENEM) Para realizar um experimento com uma garrafa PET cheia d'água, perfurou-se a lateral da garrafa em três posições a diferentes alturas. Com a garrafa tampada, a água não vazou por nenhum dos orifícios, e, com a garrafa destampada, observou-se o escoamento da água conforme ilustrado na figura.

Como a pressão atmosférica interfere no escoamento da água, nas situações com a garrafa tampada e destampada, respectivamente?



- a) Impede a saída de água, por ser maior que a pressão interna; não muda a velocidade de escoamento, que só depende da pressão da coluna de água.
- b) Impede a saída de água, por ser maior que a pressão interna; altera a velocidade de escoamento, que é proporcional à pressão atmosférica na altura do furo.
- c) Impede a entrada de ar, por ser menor que a pressão interna; altera a velocidade de escoamento, que é proporcional à pressão atmosférica na altura do furo.
- d) Impede a saída de água, por ser maior que a pressão interna; regula a velocidade de escoamento, que só depende da pressão atmosférica.
- e) Impede a entrada de ar, por ser menor que a pressão interna; não muda a velocidade de escoamento, que só depende da pressão da coluna de água.

○ 9. (ENEM) Para oferecer acessibilidade aos portadores de dificuldade de locomoção, é utilizado, em ônibus e automóveis, o elevador hidráulico. Nesse dispositivo, é usada uma bomba elétrica, para forçar um fluido a passar de uma tubulação estreita para outra mais larga, e dessa forma acionar um pistão que movimentará a plataforma. Considere um elevador hidráulico cuja área da cabeça do pistão seja cinco vezes maior do que a área da tubulação que sai da bomba. Desprezando o atrito e considerando uma aceleração gravitacional de  $10 \text{ m/s}^2$ , deseja-se elevar uma pessoa de  $65 \text{ kg}$  em uma cadeira de rodas de  $15 \text{ kg}$  sobre a plataforma de  $20 \text{ kg}$ .

Qual deve ser a força exercida pelo motor da bomba sobre o fluido, para que o cadeirante seja elevado com velocidade constante?

- a) 20 N
- b) 100 N
- c) 200 N
- d) 1.000 N
- e) 5.000 N

○ 10. (ENEM) Um consumidor desconfia que a balança do supermercado não está aferindo corretamente a massa dos produtos. Ao chegar a casa, resolve conferir se a balança estava descalibrada. Para isso, utiliza um recipiente provido de escala volumétrica, contendo  $1,0 \text{ litro}$  d'água. Ele coloca uma porção dos legumes que comprou dentro do recipiente e observa que a água atinge a marca de  $1,5 \text{ litro}$  e também que a porção não ficara totalmente submersa, com  $1/3$  de seu volume fora d'água. Para concluir o teste, o consumidor, com ajuda da internet, verifica que a densidade dos legumes, em questão, é a metade da densidade da água, em que  $\rho_{\text{água}} = 1 \text{ g/cm}^3$ . No supermercado, a balança registrou a massa da porção de legumes igual a  $0,500 \text{ kg}$  (meio quilograma).

Considerando que o método adotado tenha boa precisão, o consumidor concluiu que a balança estava descalibrada e deveria ter registrado a massa da porção de legumes igual a:

- a) 0,073 kg
- b) 0,167 kg
- c) 0,250 kg
- d) 0,375 kg
- e) 0,750 kg



○ 11. (ENEM) Um brinquedo chamado ludião consiste em um pequeno frasco de vidro, parcialmente preenchido com água, que é emborcado (virado com a boca para baixo) dentro de uma garrafa PET cheia de água e tampada. Nessa situação, o frasco fica na parte superior da garrafa, conforme mostra a figura 1.

Quando a garrafa é pressionada, o frasco desloca-se para baixo, como mostrado na figura 2.



Figura 1

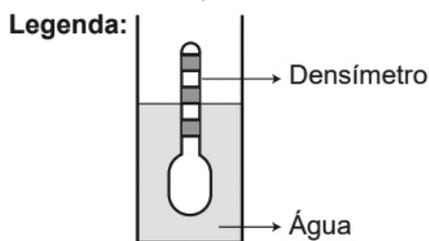


Figura 2

Ao apertar a garrafa, o movimento de descida do frasco ocorre porque:

- a) diminui a força para baixo que a água aplica no frasco.
- b) aumenta a pressão na parte pressionada da garrafa.
- c) aumenta a quantidade de água que fica dentro do frasco.
- d) diminui a força de resistência da água sobre o frasco.
- e) diminui a pressão que a água aplica na base do frasco.

○ 12. (ENEM) Usando um densímetro cuja menor divisão de escala, isto é, a diferença entre duas marcações consecutivas, é de  $5,0 \times 10^{-2} \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ , um estudante realizou um teste de densidade: colocou este instrumento na água pura e observou que ele atingiu o repouso na posição marcada.



Em dois outros recipientes A e B contendo 2 litros de água pura, em cada um, ele adicionou 100 g e 200 g de NaCl, respectivamente.

Quando o cloreto de sódio é adicionado à água pura, ocorre a sua dissociação, formando os íons  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$ . Considere que esses íons ocupam os espaços intermoleculares na solução.

Nestes recipientes, a posição de equilíbrio do densímetro está representada em:

- a)
- b)
- c)
- d)
- e)

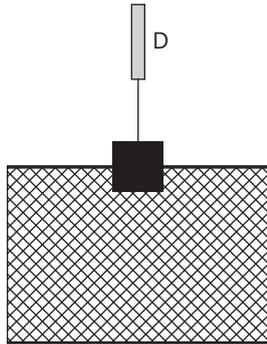


○ 13. (ENEM) Um navio petroleiro é capaz de transportar milhares de toneladas de carga. Neste caso, uma grande quantidade de massa consegue flutuar.

Nesta condição, o empuxo é:

- a) maior que a força peso do petroleiro.
- b) igual à força peso do petroleiro.
- c) maior que a força peso da água deslocada.
- d) igual à força peso do volume submerso do navio.
- e) igual à massa de água deslocada.

○ 14. (ENEM) Em um experimento realizado para determinar a densidade da água de um lago, foram utilizados alguns materiais conforme ilustrado: um dinamômetro D com graduação de 0 N a 50 N e um cubo maciço e homogêneo de 10 cm de aresta e 3 kg de massa. Inicialmente, foi conferida a calibração do dinamômetro, constatando-se a leitura de 30 N quando o cubo era preso ao dinamômetro e suspenso no ar. Ao mergulhar o cubo na água do lago, até que a metade do seu volume ficasse submersa, foi registrada a leitura de 24 N no dinamômetro.



Considerando que a aceleração da gravidade local é de  $10 \text{ m/s}^2$ , a densidade da água do lago, em  $\text{g/cm}^3$ , é:

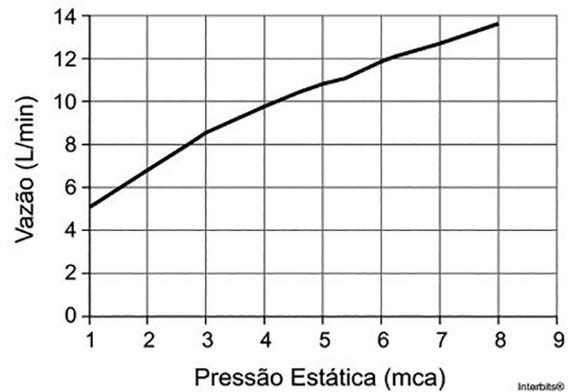
- a) 0,6
- b) 1,2
- c) 1,5
- d) 2,4
- e) 4,8

○ 15. (ENEM) Talvez você já tenha bebido suco usando dois canudinhos iguais. Entretanto, pode-se verificar que, se colocar um canudo imerso no suco e outro do lado de fora do líquido, fazendo a sucção simultaneamente em ambos, você terá dificuldade em bebê-los.

Essa dificuldade ocorre porque o(a):

- a) força necessária para a sucção do ar e do suco simultaneamente dobra de valor.
- b) densidade do ar é menor que a do suco, portanto, o volume de ar aspirado é muito maior que o volume de suco.
- c) velocidade com que o suco sobe deve ser constante nos dois canudos, o que é impossível com um dos canudos de fora.
- d) peso da coluna de suco é consideravelmente maior que o peso da coluna de ar, o que dificulta a sucção do líquido.
- e) pressão no interior da boca assume praticamente o mesmo valor daquela que atua sobre o suco.

○ 16. (ENEM) Uma pessoa, lendo o manual de uma ducha que acabou de adquirir para a sua casa, observa o gráfico, que relaciona a vazão na ducha com a pressão, medida em metros de coluna de água (mca).

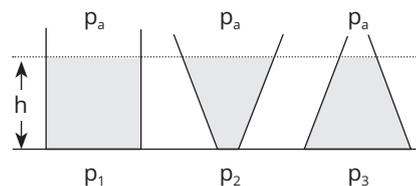


Nessa casa residem quatro pessoas. Cada uma delas toma um banho por dia, com duração média de 8 minutos, permanecendo o registro aberto com vazão máxima durante esse tempo. A ducha é instalada em um ponto seis metros abaixo do nível da lâmina de água, que se mantém constante dentro do reservatório.

Ao final de 30 dias, esses banhos consumirão um volume de água, em litros, igual a

- a) 69.120.
- b) 17.280.
- c) 11.520.
- d) 8.640.

○ 17. (UFRGS) Na figura abaixo, estão representados, em corte lateral, três recipientes de base circular que foram preenchidos com o mesmo líquido até uma altura  $h$ . As superfícies do líquido em cada recipiente estão submetidas à pressão atmosférica  $p_a$ .



Na figura,  $p_1$ ,  $p_2$  e  $p_3$  indicam os valores da pressão no fundo dos recipientes. Nessa situação, pode-se afirmar que:

- a)  $p_1 > p_2 > p_3$
- b)  $p_1 = p_2 > p_3$
- c)  $p_1 = p_2 = p_3$
- d)  $p_1 = p_2 < p_3$
- e)  $p_1 < p_2 < p_3$



○ **18. (UFSM)** Ao ser medicado, o jogador recebeu uma injeção com uma seringa cujo êmbolo tem secção reta de  $1,2 \text{ cm}^2$ . O médico, ao aplicar o medicamento, exerceu, sobre o êmbolo, uma força com módulo de  $6 \text{ N}$ . A elevação, em  $\text{N/m}^2$ , da pressão produzida na ponta da agulha, cuja secção reta tem uma área de  $0,01 \text{ cm}^2$ , é

- a)  $6 \times 10^6$
- b)  $5 \times 10^4$
- c) 720
- d) 6
- e)  $5 \times 10^{-2}$

○ **19. (UFSM)** Relacione a propriedade física da primeira coluna com o fenômeno descrito na segunda coluna.

- |                        |   |
|------------------------|---|
| I - Tensão Superficial | ( ) Um mosquito pousa sobre a superfície de um lago de águas calmas.  |
| II - Capilaridade      | ( ) Num tubo em U, um dos ramos tem diâmetro interno menor do que $1 \text{ mm}$ , e a água não alcança o mesmo nível nos dois ramos. |
| III - Viscosidade      | ( ) Nas mesmas condições, o escoamento de uma porção de água se dá mais rapidamente que o escoamento de igual porção de mel.          |

A sequência correta é

- a) III - I - II.
- b) I - II - III.
- c) III - II - I.
- d) II - III - I.
- e) I - III - II.

○ **20. (UFRGS)** Um objeto sólido é colocado em um recipiente que contém um líquido. O objeto fica parcialmente submerso, em repouso.

A seguir, são feitas três afirmações sobre o módulo da força de empuxo sobre o objeto.

- I. É proporcional à densidade do líquido.
- II. É proporcional ao volume total do objeto.
- III. É proporcional à densidade do objeto.

Qual(is) está(ão) correta(s)?

- a) Apenas I.
- b) Apenas II.
- c) Apenas III.
- d) Apenas I e III.
- e) I, II e III.

○ **21. (UFRGS)** Assinale a alternativa que preenche corretamente as lacunas do enunciado abaixo, na ordem em que aparecem.

Dois objetos, R e S, cujos volumes são iguais, são feitos do mesmo material. R tem a forma cúbica, e S, a forma esférica. Se R é maciço e S é oco, seus respectivos pesos  $P_R$  e  $P_S$  são tais que ..... Quando mantidos totalmente submersos em água, a força de empuxo  $E_R$  exercida sobre R é ..... força de empuxo  $E_S$  exercida sobre S.

- a)  $P_R > P_S$  - maior do que a
- b)  $P_R > P_S$  - igual à
- c)  $P_R > P_S$  - menor do que a
- d)  $P_R = P_S$  - maior do que a
- e)  $P_R = P_S$  - igual à

○ **22. (UFRGS)** Uma pedra encontra-se completamente submersa e em repouso no fundo de um recipiente cheio de água; P e E são, respectivamente, os módulos do peso da pedra e do empuxo sobre ela. Com base nesses dados, é correto afirmar que o módulo da força aplicada pelo fundo do recipiente sobre a pedra é igual a:

- a) E
- b) P
- c) P - E
- d) P + E
- e) zero

○ **23. (UFRGS)** Considere as afirmações abaixo, referentes a um líquido incompressível em repouso.

I. Se a superfície do líquido, cuja densidade é  $\rho$ , está submetida a uma pressão  $p_a$ , a pressão  $p$  no interior desse líquido, a uma profundidade  $h$ , é tal que  $p = p_a + \rho gh$ , onde  $g$  é a aceleração da gravidade local.

II. A pressão aplicada em um ponto do líquido, confinado a um recipiente, transmite-se integralmente a todos os pontos do líquido.

III. O módulo do empuxo sobre um objeto mergulhado no líquido é igual ao módulo do peso do volume de líquido deslocado.

Qual(is) está(ão) correta(s)?

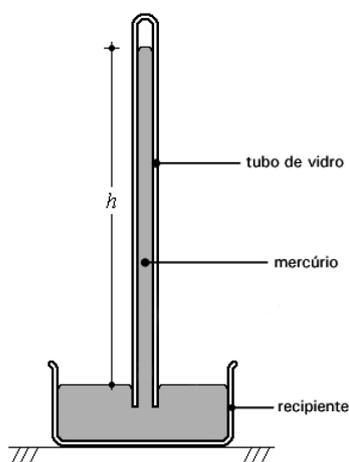
- a) Apenas I.
- b) Apenas II.
- c) Apenas III.
- d) Apenas I e III.
- e) I, II e III.



○ 24. (UFSM) O empuxo surge como

- a) uma força de reação do fluido ao peso do corpo.
- b) resultado da variação da densidade do fluido com a profundidade.
- c) resultado da diferença entre as pressões exercidas nas bases inferior e superior do corpo.
- d) resultado da diferença entre o peso do fluido acima do corpo e o peso do fluido abaixo do corpo.
- e) resultado da diferença entre o peso do corpo e o peso do fluido deslocado por esse corpo.

○ 25. (UFSM) Pode-se medir a pressão atmosférica através de um experimento conhecido como "Experiência de Torricelli", em que um tubo de vidro com 1 m de comprimento, fechado em uma extremidade, é preenchido totalmente com mercúrio e emborcado em um recipiente que também contém mercúrio, conforme é mostrado na figura.

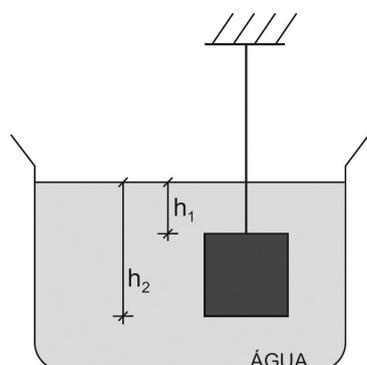


Ao nível do mar, o mercúrio, no tubo de vidro, \_\_\_\_\_ até uma altura de 760 mm, sendo sustentado pela \_\_\_\_\_ da atmosfera na superfície livre do mercúrio no \_\_\_\_\_, independentemente da profundidade do tubo.

Assinale a alternativa que completa corretamente as lacunas.

- a) sobe - força - tubo
- b) desce - força - tubo
- c) sobe - pressão - recipiente
- d) desce - pressão - recipiente
- e) sobe - reação - tubo

○ 26. (UFSM) Um cubo de ferro está mergulhado na água, suspenso por um fio, conforme a figura. No referencial fixo no recipiente, a água e o bloco estão em repouso.



Sobre essa situação, é possível afirmar:

I - A força de empuxo sobre o cubo de ferro é igual, em módulo, direção e sentido, à força peso da quantidade de água deslocada.

II - A força de empuxo sobre o cubo tem direção vertical, sentido de baixo para cima e módulo dado por  $A(P_2 - P_1)$ , em que  $P_1$  e  $P_2$  são as pressões nas profundidades  $h_1$  e  $h_2$ , respectivamente, e  $A$  é a área de qualquer face do cubo.

III - Se o cubo de ferro fosse substituído por um cubo de alumínio com as mesmas dimensões, o módulo do empuxo ficaria menor.

Está(ão) correta(s)

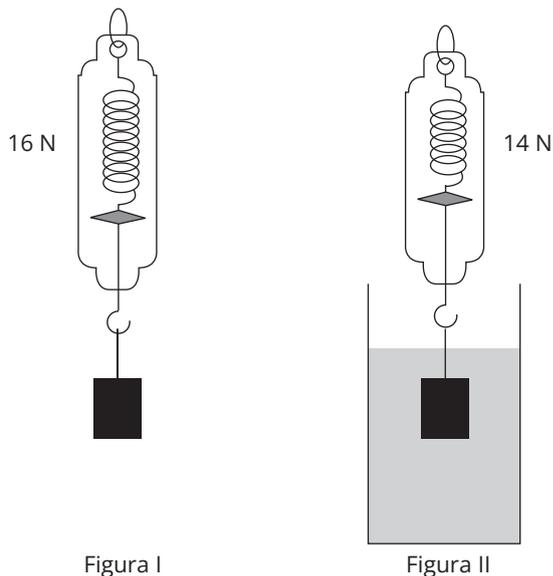
- a) apenas I.
- b) apenas II.
- c) apenas III.
- d) apenas I e II.
- e) I, II e III.

○ 27. (UFSM) Enquanto um índio navega ao sabor da correnteza em um rio de largura uniforme, observa que sua canoa dobra a velocidade ao passar por um trecho com profundidade de 0,5 m. A profundidade do rio, na parte mais profunda, é, em metros,

- a) 0,25
- b) 0,75
- c) 1,00
- d) 1,25
- e) 2,00



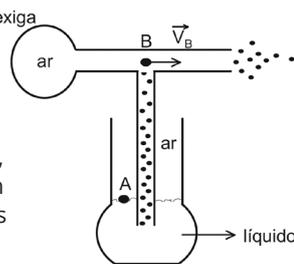
○ 28. (UFRGS) A figura I representa um corpo metálico maciço, suspenso no ar por um dinamômetro, que registra o valor 16 N. A figura II representa o mesmo corpo totalmente submerso na água, e o dinamômetro registra 14 N.



Desprezando o empuxo do ar e considerando a densidade da água  $\rho_a = 1,0 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$  e a aceleração da gravidade  $g = 10 \text{ m/s}^2$ , o volume e a densidade do corpo são, respectivamente:

- a)  $2,0 \times 10^{-4} \text{ m}^3$  e  $10,0 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ .
- b)  $2,0 \times 10^{-4} \text{ m}^3$  e  $8,0 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ .
- c)  $2,0 \times 10^{-4} \text{ m}^3$  e  $7,0 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ .
- d)  $1,5 \times 10^{-3} \text{ m}^3$  e  $8,0 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ .
- e)  $1,5 \times 10^{-3} \text{ m}^3$  e  $7,0 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ .

○ 29. (UFSM) Vaporizadores semelhantes ao da figura são usados em nebulização. Ao pressionar a bexiga do vaporizador, o ar no seu interior é projetado com velocidade de módulo  $V_B > 0$ , enquanto o líquido permanece em repouso em A. A relação entre as pressões em A e B é



- a)  $P_A = P_B$
- b)  $P_A + P_B = 0$
- c)  $P_A > P_B$
- d)  $P_A < P_B$
- e)  $P_A = P_B + 1 \text{ atmosfera}$

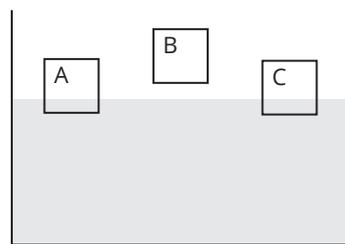
○ 30. (UFSM) Duas bolinhas de pingue-pongue são suspensas à mesma altura por fios de mesmo comprimento, a uma distância de 5 cm uma da outra. Com um canudo, sopra-se levemente no espaço entre elas.

As bolinhas se \_\_\_\_\_, porque o sopro emitido entre elas faz com que a velocidade do ar \_\_\_\_\_ e ocasione um(a) \_\_\_\_\_ da pressão nessa região.

Assinale a alternativa que completa corretamente as lacunas.

- a) aproximam - aumente - redução
- b) afastam - diminua - aumento
- c) aproximam - diminua - redução
- d) afastam - aumente - aumento
- e) aproximam - aumente - aumento

○ 31. (UFRGS) Na figura abaixo, estão representados três blocos (A, B e C) de mesmas dimensões, que estão em equilíbrio mecânico na água.



Os blocos A e B têm, respectivamente,  $3/4$  e  $1/4$  de seus volumes acima da superfície, enquanto o bloco C está totalmente submerso.

Considerando que o bloco C tem peso  $P$ , os pesos de A e B são, respectivamente:

- a)  $P/4 - P/4$
- b)  $P/4 - 3P/4$
- c)  $P/4 - 4P/3$
- d)  $3P/4 - 3P/4$
- e)  $P - P$

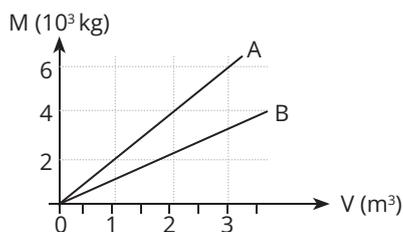
○ 32. (UFRGS) Uma esfera maciça de aço está suspensa em um dinamômetro, por meio de um fio de massa desprezível, e todo este aparato está imerso no ar. A esfera, ainda suspensa ao dinamômetro, é então mergulhada completamente num líquido de densidade desconhecida. Nesta situação, a leitura do dinamômetro sofre uma diminuição de 30% em relação à situação inicial. Considerando a densidade do aço igual a  $8 \text{ g/cm}^3$ , a densidade do líquido, em  $\text{g/cm}^3$ , é aproximadamente:

- a) 1,0
- b) 1,1
- c) 2,4
- d) 3,0
- e) 5,6



○ 33. (UFRGS) Assinale a alternativa que preenche corretamente as lacunas do texto abaixo, na ordem em que aparecem.

O gráfico que segue mostra a variação da massa em função do volume para dois materiais diferentes, A e B.



Dois blocos maciços, de mesmo volume, sendo um feito com o material A e outro feito com o material B, têm, respectivamente, pesos cujos módulos  $P_A$  e  $P_B$  são tais que ..... Se mergulhados completamente em água, os blocos sofrem empuxos cujos módulos  $E_A$  e  $E_B$ , respectivamente, são tais que .....

- a)  $P_A = 2 P_B - E_A = 2 E_B$
- b)  $P_A = 2 P_B - E_A = E_B$
- c)  $P_A = P_B - E_A = 2 E_B$
- d)  $P_A = P_B/2 - E_A = E_B$
- e)  $P_A = P_B/2 - E_A = E_B/2$

○ 34. (UFSM 2024) "Os principais meios de transporte no rio Amazonas são embarcações como a canoa, a rabeta e o barco. Todos flutuam por efeito do empuxo exercido pela água, conforme a lei de Arquimedes."

Fonte: FÍSICA NET. Disponível em: <[https://fisica.net/hidrostatica/principio\\_de\\_arquimedes\\_empuxo.php](https://fisica.net/hidrostatica/principio_de_arquimedes_empuxo.php)>. Acesso em: 26 dez. 2023.

Em relação ao empuxo da água sobre a embarcação, considere as afirmativas a seguir.

- I → Quanto maior a massa da carga colocada na embarcação, maior o módulo do empuxo.
- II → Com carga ou sem carga, o módulo do empuxo depende apenas do módulo do peso da própria embarcação.
- III → O módulo do empuxo depende da forma da parte submersa do casco da embarcação.

Está(ão) correta(s):

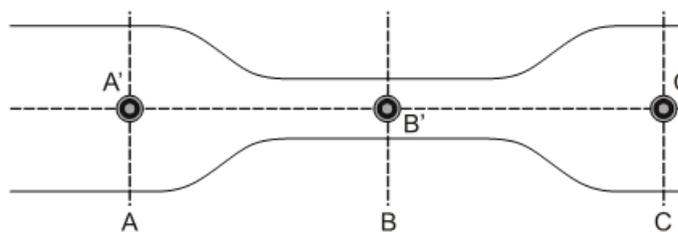
- a) apenas I.
- b) apenas II.
- c) apenas III.
- d) apenas I e III.
- e) apenas II e III.

○ 35. (UFRGS) O peso de uma pedra no ar, medido com um dinamômetro, é 50 N. Quando a pedra está totalmente mergulhada em água, o dinamômetro indica 30 N.

Considerando o módulo da aceleração da gravidade igual a  $10 \text{ m/s}^2$  e a massa específica da água igual a  $10^3 \text{ kg/m}^3$ , o volume e a massa específica da pedra valem, respectivamente,

- a)  $5 \text{ dm}^3$  e  $1,0 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ .
- b)  $3 \text{ dm}^3$  e  $1,5 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ .
- c)  $3 \text{ dm}^3$  e  $2,0 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ .
- d)  $2 \text{ dm}^3$  e  $2,0 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ .
- e)  $2 \text{ dm}^3$  e  $2,5 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ .

○ 36. (UFSM) A arteriosclerose consiste no estreitamento dos vasos sanguíneos devido, principalmente, ao acúmulo de placas de gordura nas paredes desses vasos. A figura representa esquematicamente essa situação. A, B e C representam três seções retas e contêm, respectivamente, os pontos A', B' e C', que se encontram no mesmo nível.



Considerando o sangue como um fluido ideal, que escoar em regime estacionário, marque verdadeira (V) ou falsa (F) em cada afirmativa a seguir.

- ( ) O módulo da velocidade do sangue em A' é igual ao módulo da velocidade do sangue em C'.
- ( ) A pressão do sangue em B é maior que a pressão do sangue em A.
- ( ) A vazão do sangue em B é menor que a vazão do sangue em A.

A sequência correta é

- a) V - F - V.
- b) F - F - V.
- c) V - V - F.
- d) F - V - V.
- e) V - F - F.

○ 37. (UFSM) Dentro de uma mina de carvão, existe acúmulo de água. Para retirar essa água, uma bomba de sucção é instalada na boca da mina, ao nível do solo. Assim,

- a) quanto maior a profundidade da água, maior deve ser a potência do motor que aciona a bomba.
- b) se a profundidade da água é maior do que 11 m, a bomba não retira água da mina.
- c) se a profundidade da água é grande, duas ou mais bombas devem ser instaladas em série ao nível do solo.
- d) a mesma bomba pode retirar a água em qualquer profundidade, mas, com profundidades maiores, diminui a vazão nas tubulações.
- e) a bomba de sucção não pode retirar água da mina, porque só funciona no vácuo.



○ 38. (UFSM) Movida pela energia solar, a água do nosso planeta é levada dos oceanos para a atmosfera e, então, para a terra, formando rios que a conduzem de volta ao mar. Em um rio ou tubulação, a taxa correspondente ao volume de água que flui por unidade de tempo é denominada vazão. Se a água que flui por uma mangueira enche um recipiente de 1L em 20s, a vazão nessa mangueira, em  $\text{m}^3/\text{s}$ , é

- a)  $5 \times 10^{-2}$ .
- b)  $2 \times 10^{-3}$ .
- c)  $5 \times 10^{-5}$ .
- d) 20.
- e) 50.

TEXTO PARA A PRÓXIMA QUESTÃO:

A história da maioria dos municípios gaúchos coincide com a chegada dos primeiros portugueses, alemães, italianos e de outros povos. No entanto, através dos vestígios materiais encontrados nas pesquisas arqueológicas, sabemos que outros povos, anteriores aos citados, protagonizaram a nossa história.

Diante da relevância do contexto e da vontade de valorizar o nosso povo nativo, "o índio", foi selecionada a área temática CULTURA e as questões foram construídas com base na obra *Os Primeiros Habitantes do Rio Grande do Sul* (Custódio, L. A. B., organizador. Santa Cruz do Sul: EDUNISC; IPHAN, 2004).

"Os habitantes das florestas subtropicais sobreviviam da coleta de plantas, da caça e da pesca realizada através de lanças."

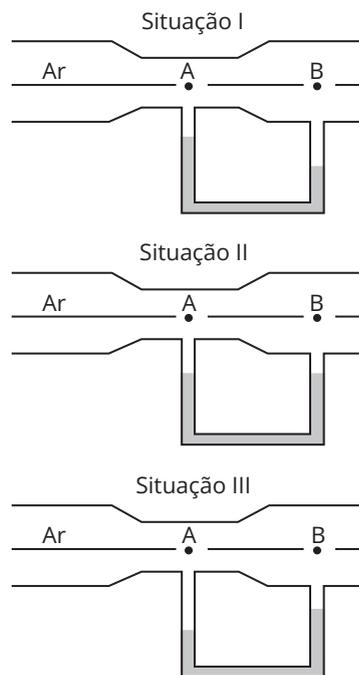
○ 39. (UFSM) A posição dos peixes ósseos e seu equilíbrio na água são mantidos, fundamentalmente, pela bexiga natatória que eles possuem. Regulando a quantidade de gás nesse órgão, o peixe se situa mais ou menos elevado no meio aquático.

"Para \_\_\_\_\_ a profundidade, os peixes \_\_\_\_\_ a bexiga natatória e, com isso, \_\_\_\_\_ a sua densidade."

Selecione a alternativa que preenche corretamente as lacunas.

- a) aumentar - desinflam - aumentam
- b) aumentar - inflam - diminuem
- c) diminuir - inflam - aumentam
- d) diminuir - desinflam - diminuem
- e) aumentar - desinflam - diminuem

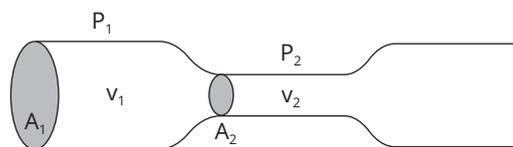
○ 40. Em um sistema de ar condicionado central, são utilizadas canalizações para transportar o ar de um ponto a outro. Nessas canalizações, podem existir estrangulamentos do fluxo de ar, conforme representado nas figuras abaixo. Em um experimento, acoplou-se a uma dessas canalizações um tubo em "U" contendo água, sendo um dos braços do tubo conectado a um orifício na região do estrangulamento, cuja velocidade do ar no ponto A indicado é  $v_A$ , e o outro braço conectado a um orifício na região sem estrangulamento, cuja velocidade do ar no ponto B indicado é  $v_B$ , conforme representado nas figuras abaixo.



É correto afirmar que, em uma observação experimental com esse arranjo, é esperada a situação representada em:

- a) I, em que  $v_A < v_B$ .
- b) I, em que  $v_A > v_B$ .
- c) II, em que  $v_A = v_B$ .
- d) III, em que  $v_A < v_B$ .
- e) III, em que  $v_A > v_B$ .

○ 41. (UFRGS) A figura abaixo mostra um fluido incompressível que escoa com velocidade  $v_1$  através de um tubo horizontal de seção reta  $A_1$  e atravessa, com velocidade  $v_2$ , um trecho estrangulado de seção reta  $A_2 = A_1/4$ .



Nessa situação, a razão entre os módulos das velocidades  $v_2/v_1$  é:

- a) 4.
- b) 2.
- c) 1.
- d) 1/2.
- e) 1/4.



# HABILIDADES À PROVA 2

## » Introdução à Termologia

○ **1. (ENEM)** É muito comum encostarmos a mão na maçaneta de uma porta e temos a sensação de que ela está mais fria que o ambiente. Um fato semelhante pode ser observado se colocarmos uma faca metálica com cabo de madeira dentro de um refrigerador. Após longo tempo, ao encostarmos uma das mãos na parte metálica e a outra na parte de madeira, sentimos a parte metálica mais fria.

Fisicamente, a sensação térmica mencionada é explicada da seguinte forma:

- a) A madeira é um bom fornecedor de calor, e o metal, um bom absorvedor.
- b) O metal absorve mais temperatura que a madeira.
- c) O fluxo de calor é maior no metal que na madeira.
- d) A madeira retém mais calor que o metal.
- e) O metal retém mais frio que a madeira.

○ **2. (ENEM)** O objetivo de recipientes isolantes térmicos é minimizar as trocas de calor com o ambiente externo. Essa troca de calor é proporcional à condutividade térmica  $k$  e à área interna das faces do recipiente, bem como à diferença de temperatura entre o ambiente externo e o interior do recipiente, além de ser inversamente proporcional à espessura das faces. A fim de avaliar a qualidade de dois recipientes A ( $40 \text{ cm} \times 40 \text{ cm} \times 40 \text{ cm}$ ) e B ( $60 \text{ cm} \times 40 \text{ cm} \times 40 \text{ cm}$ ), de faces de mesma espessura, uma estudante compara suas condutividades térmicas  $k_A$  e  $k_B$ . Para isso, suspende, dentro de cada recipiente, blocos idênticos de gelo a  $0^\circ\text{C}$ , de modo que suas superfícies estejam em contato apenas com o ar. Após um intervalo de tempo, ela abre os recipientes enquanto ambos ainda contêm um pouco de gelo e verifica que a massa de gelo que se fundiu no recipiente B foi o dobro da que se fundiu no recipiente A.

A razão  $k_A/k_B$  é mais próxima de:

- a) 0,50.
- b) 0,67.
- c) 0,75.
- d) 1,33.
- e) 2,00.



○ **3. (ENEM 2021)** Na montagem de uma cozinha para um restaurante, a escolha do material correto para as panelas é importante, pois a panela que conduz mais calor é capaz de cozinhar os alimentos mais rapidamente e, com isso, há economia de gás. A taxa de condução do calor depende da condutividade  $k$  do material da sua área  $A$ , da diferença de temperatura  $\Delta T$  e da espessura  $d$  do material, sendo dada pela relação  $\frac{\Delta Q}{\Delta t} = kA \frac{\Delta T}{d}$ .

Em panelas com dois materiais, a taxa de condução é dada por  $\frac{\Delta Q}{\Delta t} = A \frac{\Delta T}{\frac{d_1}{k_1} + \frac{d_2}{k_2}}$ , em que  $d_1$  e  $d_2$  são as espessuras dos dois

materiais,  $k_1$  e  $k_2$  são as condutividades de cada material. Os materiais mais comuns no mercado para panelas são o alumínio ( $k = 20 \text{ W/m K}$ ), o ferro ( $k = 8 \text{ W/m K}$ ) e ao aço ( $k = 5 \text{ W/m K}$ ) combinado com o cobre ( $k = 40 \text{ W/m K}$ ).

Compara-se uma panela de ferro, uma de alumínio e uma composta de  $1/2$  da espessura em cobre e  $1/2$  da espessura em aço, todas com a mesma espessura total e com a mesma área de fundo.

A ordem crescente da mais econômica para a menos econômica é:

- a) cobre-aço, alumínio e ferro
- b) alumínio, cobre-aço e ferro
- c) cobre-aço, ferro e alumínio
- d) alumínio, ferro e cobre-aço
- e) ferro, alumínio e cobre-aço



○ **4. (UFSM)** Para que um corpo de massa  $M_A$ , a uma temperatura  $T_A$ , e um corpo de massa  $M_B$ , a uma temperatura  $T_B$  possam trocar energia em forma de calor, é necessário que

- I -  $T_A \neq T_B$ .
- II -  $T_A = T_B$ .
- III -  $M_A = M_B$ .
- IV -  $M_A \neq M_B$ .

Qual(is) alternativa(s) está(ão) correta(s)?

- a) Apenas I.
- b) Apenas I e III.
- c) Apenas I e IV.
- d) Apenas II e IV.
- e) Apenas IV.



○ 5. (UFRGS) Na figura abaixo,  $E_{H_2}$  e  $E_{O_2}$  e  $V_{H_2}$  e  $V_{O_2}$  são, respectivamente, as energias cinéticas médias e as velocidades médias das moléculas de uma amostra de gás  $H_2$  e de outra, de gás  $O_2$ , ambas em temperatura de  $27^\circ C$ .

Gás	Temperatura ( $^\circ C$ )	Energia cinética média	Velocidade média
$H_2$	$E_{H_2}$	$E_{H_2}$	$V_{H_2}$
$O_2$	$E_{O_2}$	$E_{O_2}$	$V_{O_2}$

Assinale a alternativa que relaciona corretamente os valores das energias cinéticas médias e das velocidades médias das moléculas de  $H_2$  e de  $O_2$ .

- a)  $E_{H_2} > E_{O_2}$  e  $V_{H_2} > V_{O_2}$
- b)  $E_{H_2} < E_{O_2}$  e  $V_{H_2} < V_{O_2}$
- c)  $E_{H_2} = E_{O_2}$  e  $V_{H_2} > V_{O_2}$
- d)  $E_{H_2} = E_{O_2}$  e  $V_{H_2} = V_{O_2}$
- e)  $E_{H_2} = E_{O_2}$  e  $V_{H_2} < V_{O_2}$



○ 6. (UFSM) Numere a coluna da direita de acordo com a da esquerda.

- |                    |  |
|--------------------|--|
|                    | ( ) soma das energias das partículas constituintes do corpo  |
| 1. caloria         | ( ) unidade de energia   |
| 2. temperatura     | ( ) grandeza indicativa de equilíbrio térmico entre dois corpos  |
| 3. calor           | ( ) quantidade de energia transferida entre os corpos como consequência da diferença de temperatura entre eles |
| 4. energia interna |  |

A seqüência correta é

- a) 4 - 1 - 2 - 3.
- b) 4 - 3 - 1 - 2.
- c) 3 - 1 - 4 - 2.
- d) 3 - 1 - 2 - 4.
- e) 3 - 2 - 1 - 4.

○ 7. (UFSM) Os índios usavam panelas de barro. Modernamente usamos panelas de metais, como alumínio e aço inoxidável, com cabos de madeira ou baquelite. Os metais são \_\_\_\_\_ de energia na forma de calor, pois possuem \_\_\_\_\_ condutividade térmica. O material do cabo possui \_\_\_\_\_ condutividade térmica.

Assinale a alternativa que preenche corretamente as lacunas.

- a) bons condutores - baixa - baixa
- b) maus condutores - baixa - alta
- c) bons condutores - alta - alta
- d) maus condutores - baixa - baixa
- e) bons condutores - alta - baixa



# HABILIDADES À PROVA 3

## » Dilatação de sólidos e líquidos

○ **1. (ENEM)** Durante uma ação de fiscalização em postos de combustíveis, foi encontrado um mecanismo inusitado para enganar o consumidor. Durante o inverno, o responsável por um posto de combustível compra álcool por R\$ 0,50/litro, a uma temperatura de 5 °C. Para revender o líquido aos motoristas, instalou um mecanismo na bomba de combustível para aquecê-lo, para que atinja a temperatura de 35 °C, sendo o litro de álcool revendido a R\$ 1,60. Diariamente o posto compra 20 mil litros de álcool a 5 °C e os revende.

Com relação à situação hipotética descrita no texto e dado que o coeficiente de dilatação volumétrica do álcool é de  $1 \times 10^{-3} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ , desprezando-se o custo da energia gasta no aquecimento do combustível, o ganho financeiro que o dono do posto teria obtido devido ao aquecimento do álcool após uma semana de vendas estaria entre

- a) R\$ 500,00 e R\$ 1.000,00.
- b) R\$ 1.050,00 e R\$ 1.250,00.
- c) R\$ 4.000,00 e R\$ 5.000,00.
- d) R\$ 6.000,00 e R\$ 6.900,00.
- e) R\$ 7.000,00 e R\$ 7.950,00.

○ **2. (ENEM)** A gasolina é vendida por litro, mas em sua utilização como combustível, a massa é o que importa. Um aumento da temperatura do ambiente leva a um aumento no volume da gasolina. Para diminuir os efeitos práticos dessa variação, os tanques dos postos de gasolina são subterrâneos. Se os tanques NÃO fossem subterrâneos:

I. Você levaria vantagem ao abastecer o carro na hora mais quente do dia pois estaria comprando mais massa por litro de combustível.

II. Abastecendo com a temperatura mais baixa, você estaria comprando mais massa de combustível para cada litro.

III. Se a gasolina fosse vendida por kg em vez de por litro, o problema comercial decorrente da dilatação da gasolina estaria resolvido.

Destas considerações, somente

- a) I é correta.
- b) II é correta
- c) III é correta
- d) I e II são corretas.
- e) II e III são corretas

○ **3. (UPF)** Em um laboratório, um estudante deseja realizar medidas de variações pequenas de temperatura, no entanto, percebe que o termômetro comum disponível nesse laboratório é pouco eficiente, pois possui divisões de meio grau. Dessa forma, resolve construir um novo termômetro, que possua uma escala com décimos de grau, tomando, para tal, algumas providências, que estão descritas a seguir. Qual delas não irá contribuir para a ampliação da escala do termômetro?

- a) Usar um líquido de maior coeficiente de dilatação.
- b) Aumentar o volume do depósito de líquido.
- c) Diminuir o diâmetro do tubo capilar de vidro.
- d) Usar um vidro de menor coeficiente de dilatação.
- e) Aumentar, exclusivamente, o comprimento do tubo de vidro.

○ **4. (UFRGS)** A que temperatura deve encontrar-se uma trena de aço ( $\alpha = 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ ) para que o seu comprimento seja 0,5 mm maior que o comprimento de 2.000 mm que ela possui, à temperatura de 0 °C?

- a) 10 °C
- b) 25 °C
- c) 50 °C
- d) 100 °C
- e) 250 °C

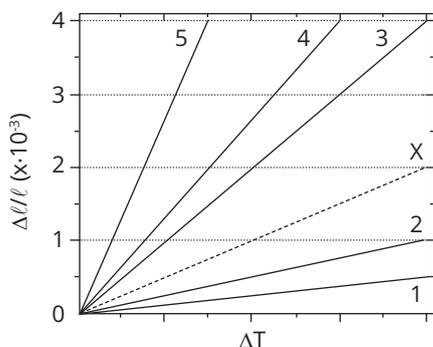


Anotações:



○ 5. (UFRGS) Duas barras metálicas, X e Y, com mesmo comprimento ( $l$ ) em temperatura ambiente  $T_0$ , são aquecidas uniformemente até uma temperatura  $T$ . Os materiais das barras têm coeficientes de dilatação linear, respectivamente,  $\alpha_x$  e  $\alpha_y$ , que são positivos e podem ser considerados constantes no intervalo de temperatura  $\Delta T = T - T_0$ .

Na figura abaixo, a reta tracejada X representa o acréscimo relativo  $\Delta l/l$  no comprimento da barra X, em função da variação da temperatura.



Sabendo que  $\alpha_y = 2 \alpha_x$ , assinale a alternativa que indica a reta que melhor representa o acréscimo  $\Delta l/l$  no comprimento da barra Y, em função da variação da temperatura.

- a) 1
- b) 2
- c) 3
- d) 4
- e) 5



○ 6. (UFSM) Sabe-se que a coluna de mercúrio de um termômetro cresce linearmente com a temperatura. Considere que o comprimento dessa coluna seja de 3 cm, quando o termômetro estiver em equilíbrio térmico com o gelo em fusão e à pressão normal, e de 9 cm, quando o termômetro estiver em equilíbrio com os vapores de água em ebulição, também à pressão normal. Se o termômetro estiver marcando  $35^\circ\text{C}$ , a coluna de mercúrio terá um comprimento de, em cm,

- a) 2,1
- b) 4,3
- c) 5,1
- d) 7,2
- e) 8,2

○ 7. (UFRGS) Duas esferas maciças e homogêneas, X e Y, de mesmo volume e materiais diferentes, estão ambas na mesma temperatura  $T$ . Quando ambas são sujeitas a uma mesma variação de temperatura  $\Delta T$ , os volumes de X e Y aumentam 1% e 5%, respectivamente.

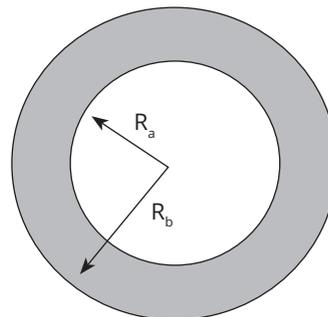
A razão entre os coeficientes de dilatação linear dos materiais de X e Y,  $\alpha_x/\alpha_y$ , é:

- a) 1
- b) 1/2
- c) 1/4
- d) 1/5
- e) 1/10

○ 8. (UFRGS) Assinale a alternativa que preenche corretamente as lacunas do texto abaixo, na ordem em que aparecem.

A figura que segue representa um anel de alumínio homogêneo, de raio interno  $R_a$  e raio externo  $R_b$ , que se encontra à temperatura ambiente.

Se o anel for aquecido até a temperatura de  $200^\circ\text{C}$ , o raio  $R_a$  \_\_\_\_\_, e o raio  $R_b$  \_\_\_\_\_.



- a) aumentará - aumentará
- b) aumentará - permanecerá constante
- c) permanecerá constante - aumentará
- d) diminuirá - aumentará
- e) diminuirá - permanecerá constante

○ 9. (UFRGS) Uma barra de aço e uma barra de vidro têm o mesmo comprimento à temperatura de  $0^\circ\text{C}$ , mas, a  $100^\circ\text{C}$ , seus comprimentos diferem de 0,1 cm. (Considere os coeficientes de dilatação linear do aço e do vidro iguais a  $12 \times 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$  e  $8 \times 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ , respectivamente). Qual é o comprimento das duas barras à temperatura de  $0^\circ\text{C}$ ?

- a) 50 cm
- b) 83 cm
- c) 125 cm
- d) 250 cm
- e) 400 cm

○ 10. (UFRGS) Em certo instante, um termômetro de mercúrio com paredes de vidro, que se encontra à temperatura ambiente, é imerso em um vaso que contém água a  $100^\circ\text{C}$ . Observa-se que, no início, o nível da coluna de mercúrio cai um pouco e, depois, se eleva muito acima do nível inicial. Qual das alternativas apresenta uma explicação correta para esse fato?

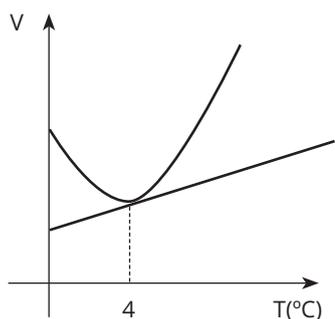
- a) A dilatação do vidro das paredes do termômetro se inicia antes da dilatação do mercúrio.
- b) O coeficiente de dilatação volumétrica do vidro das paredes do termômetro é maior que o do mercúrio.
- c) A tensão superficial do mercúrio aumenta em razão do aumento da temperatura.
- d) Em temperatura ambiente, o mercúrio apresenta um coeficiente de dilatação volumétrica negativo, tal como a água entre  $0^\circ\text{C}$  e  $4^\circ\text{C}$ .
- e) O calor específico do vidro das paredes do termômetro é menor que o do mercúrio.



○ 11. (UFRGS) Um recipiente de vidro, cujas paredes são finas, contém glicerina. O conjunto encontra-se a 20 °C. O coeficiente de dilatação linear do vidro é  $27 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ , e o coeficiente de dilatação volumétrica da glicerina é  $5,0 \times 10^{-4} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ . Se a temperatura do conjunto se elevar para 60 °C, pode-se afirmar que o nível da glicerina no recipiente:

- a) baixa, porque a glicerina sofre um aumento de volume menor do que o aumento na capacidade do recipiente.
- b) se eleva, porque a glicerina aumenta de volume, e a capacidade do recipiente diminui de volume.
- c) se eleva, porque apenas a glicerina aumenta de volume.
- d) se eleva, apesar da capacidade do recipiente aumentar.
- e) permanece inalterado, pois a capacidade do recipiente aumenta tanto quanto o volume de glicerina.

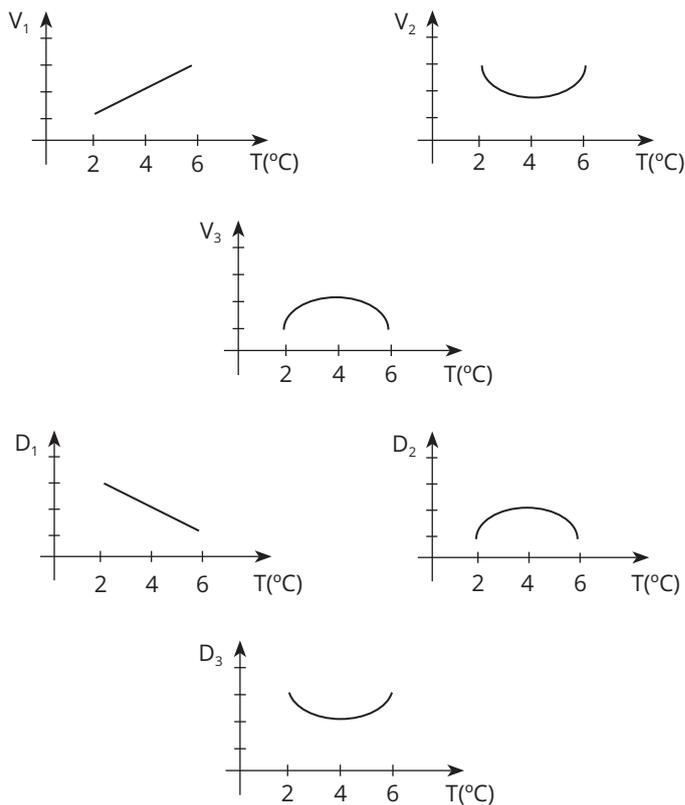
○ 12. (UFRGS) O gráfico mostra a variação dos volumes  $V$  de uma certa quantidade de água e do volume interno de um recipiente de vidro que a contém, em função de suas temperaturas  $T$ .



Supondo-se que a 4 °C o recipiente se encontre inteiramente cheio de água, esta transbordará do recipiente, se a temperatura da água e a do recipiente assumirem valores:

- a) entre 0 e 4 °C, apenas.
- b) acima de 4 °C, apenas.
- c) acima de 0 °C, apenas.
- d) acima de 10 °C, apenas.
- e) ou acima ou abaixo de 4 °C.

○ 13. (UFRGS) Qualitativamente, os gráficos  $V_1$ ,  $V_2$  e  $V_3$ , apresentados abaixo, propõem diferentes variações de volume com a temperatura para uma certa substância, no intervalo de temperaturas de 2 °C a 6 °C. Do mesmo modo, os gráficos  $D_1$ ,  $D_2$  e  $D_3$  propõem diferentes variações de densidade com a temperatura para a mesma substância, no mesmo intervalo de temperaturas.



Entre esses gráficos, selecione o par que melhor representa, respectivamente, as variações de volume e de densidade da água com a temperatura, à pressão atmosférica, no intervalo de temperaturas considerado:

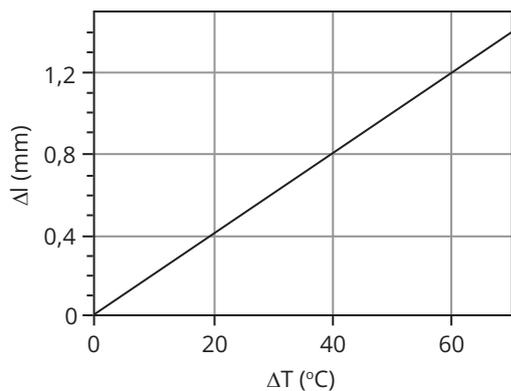
- a)  $V_1 - D_1$
- b)  $V_1 - D_3$
- c)  $V_2 - D_1$
- d)  $V_2 - D_2$
- e)  $V_3 - D_3$

Anotações:



○ 14. (UFRGS) Uma barra metálica de 1 m de comprimento é submetida a um processo de aquecimento e sofre uma variação de temperatura.

O gráfico abaixo representa a variação  $\Delta l$ , em mm, no comprimento da barra, em função da variação de temperatura  $\Delta T$ , em  $^{\circ}\text{C}$ :



Qual é o valor do coeficiente de dilatação térmica linear do material de que é feita a barra, em unidades  $10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ ?

- a) 0,2.
- b) 2,0.
- c) 5,0.
- d) 20.
- e) 50.

○ 15. (UFSM) Uma barra metálica de 4m de comprimento e de seção reta quadrada, com área de  $16\text{cm}^2$ , ao ser aquecida, passa a ter um comprimento de 4,01m. Então, o número que expressa, com maior aproximação, a nova área da seção reta (em  $\text{cm}^2$ ) é

- a) 16,01.
- b) 16,04.
- c) 16,08.
- d) 17,00.
- e) 17,03.

○ 16. (UFRSG) O diâmetro de um disco de metal aumenta 0,22% quando o disco é submetido à variação de temperatura de  $100^{\circ}\text{C}$ . Qual o valor que melhor representa o coeficiente de dilatação linear do metal de que é feito o disco?

- a)  $22 \cdot 10^{-3} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$
- b)  $22 \cdot 10^{-4} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$
- c)  $11 \cdot 10^{-4} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$
- d)  $22 \cdot 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$
- e)  $11 \cdot 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$



# HABILIDADES À PROVA 4

## » Calorimetria

○ 1. (ENEM) Em uma aula experimental de calorimetria, uma professora queimou 2,5 g de castanha-de-caju crua para aquecer 350 g de água, em um recipiente apropriado para diminuir as perdas de calor. Com base na leitura da tabela nutricional a seguir e da medida da temperatura da água, após a queima total do combustível, ela concluiu que 50% da energia disponível foi aproveitada. O calor específico da água é  $1 \text{ cal g}^{-1} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ , e sua temperatura inicial era de  $20 \text{ } ^\circ\text{C}$ .

Quantidade por porção de 10 g (2 castanhas)	
Valor energético	70 kcal
Carboidratos	0,8 g
Proteínas	3,5 g
Gorduras totais	3,5 g

Qual foi a temperatura da água, em grau Celsius, medida ao final do experimento?

- a) 25
- b) 27
- c) 45
- d) 50
- e) 70

○ 2. (ENEM) A Terra é cercada pelo vácuo espacial e, assim, ela só perde energia ao irradiá-la para o espaço. O aquecimento global que se verifica hoje decorre de pequeno desequilíbrio energético, de cerca de 0,3%, entre a energia que a Terra recebe do Sol e a energia irradiada a cada segundo, algo em torno de  $1 \text{ W/m}^2$ . Isso significa que a Terra acumula, anualmente, cerca de  $1,6 \cdot 10^{22} \text{ J}$ . Considere que a energia necessária para transformar 1 kg de gelo a  $0 \text{ } ^\circ\text{C}$  em água líquida seja igual a  $3,2 \cdot 10^5 \text{ J}$ . Se toda a energia acumulada anualmente fosse usada para derreter o gelo nos polos (a  $0 \text{ } ^\circ\text{C}$ ), a quantidade de gelo derretida anualmente, em trilhões de toneladas, estaria entre:

- a) 20 e 40.
- b) 40 e 60.
- c) 60 e 80.
- d) 80 e 100.
- e) 100 e 120.

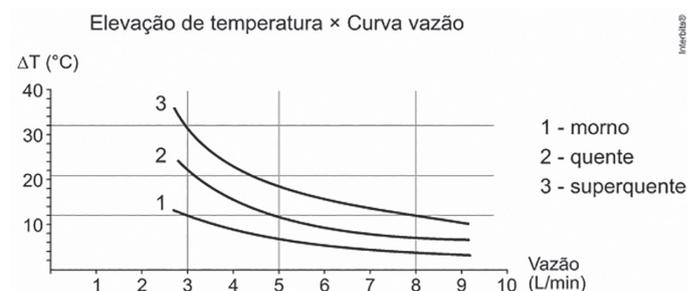
○ 3. (ENEM) Mesmo para peixes de aquário, como o peixe arco-íris, a temperatura da água fora da faixa ideal ( $26 \text{ } ^\circ\text{C}$  a  $28 \text{ } ^\circ\text{C}$ ), bem como sua variação brusca, pode afetar a saúde do animal. Para manter a temperatura da água dentro do aquário na média desejada, utilizam-se dispositivos de aquecimento com termostato. Por exemplo, para um aquário de 50 L, pode-se utilizar um sistema de aquecimento de 50 W otimizado para suprir sua taxa de resfriamento. Essa taxa pode ser considerada praticamente constante, já que a temperatura externa ao aquário é mantida pelas estufas. Utilize para a água o calor específico  $4,0 \text{ kJ kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$  e a densidade  $1 \text{ kg L}^{-1}$ .

Se o sistema de aquecimento for desligado por 1 h, qual o valor mais próximo para a redução da temperatura da água do aquário?

- a)  $4,0 \text{ } ^\circ\text{C}$
- b)  $3,6 \text{ } ^\circ\text{C}$
- c)  $0,9 \text{ } ^\circ\text{C}$
- d)  $0,6 \text{ } ^\circ\text{C}$
- e)  $0,3 \text{ } ^\circ\text{C}$



○ 4. (ENEM) No manual fornecido pelo fabricante de uma ducha elétrica de 220v é apresentado um gráfico com a variação da temperatura da água em função da vazão para três condições (morno, quente e superquente). Na condição superquente, a potência dissipada é de 6.500W. Considere o calor específico da água igual a  $4.200 \text{ J/(kg}\cdot\text{ } ^\circ\text{C)}$  e densidade da água igual a  $1 \text{ kg/L}$ .



Com base nas informações dadas, a potência na condição morno corresponde a que fração da potência na condição superquente?

- a) 1/3
- b) 1/5
- c) 3/5
- d) 3/8
- e) 5/8

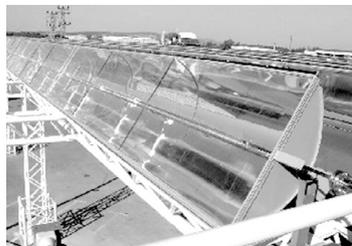


○ **5. (ENEM)** Durante a primeira fase do projeto de uma usina de geração de energia elétrica, os engenheiros da equipe de avaliação de impactos ambientais procuram saber se esse projeto está de acordo com as normas ambientais. A nova planta estará localizada a beira de um rio, cuja temperatura média da água é de 25°C e usará a sua água somente para refrigeração. O projeto pretende que a usina opere com 1,0 MW de potência elétrica e, em razão de restrições técnicas, o dobro dessa potência será dissipada por seu sistema de arrefecimento, na forma de calor. Para atender a resolução número 430, de 13 de maio de 2011, do Conselho Nacional do Meio Ambiente, com uma ampla margem de segurança, os engenheiros determinaram que a água só poderá ser devolvida ao rio com um aumento de temperatura de, no máximo, 30°C em relação à temperatura da água do rio captada pelo sistema de arrefecimento. Considere o calor específico da água igual a 4 kJ/(kg°C).

Para atender essa determinação, o valor mínimo do fluxo de água, em kg/s para a refrigeração da usina deve ser mais próximo de

- a) 42.
- b) 84.
- c) 167.
- d) 250.
- e) 500.

○ **6. (ENEM)** O Sol representa uma fonte limpa e inesgotável de energia para o nosso planeta. Essa energia pode ser captada por aquecedores solares, armazenada e convertida posteriormente em trabalho útil. Considere determinada região cuja insolação – potência solar incidente na superfície da Terra – seja de 800 watts/m<sup>2</sup>. Uma usina termossolar utiliza concentradores solares parabólicos que chegam a dezenas de quilômetros de extensão. Nesses coletores solares parabólicos, a luz refletida pela superfície parabólica espelhada é focalizada em um receptor em forma de cano e aquece o óleo contido em seu interior a 400 °C. O calor desse óleo é transferido para a água, vaporizando-a em uma caldeira. O vapor em alta pressão movimenta uma turbina acoplada a um gerador de energia elétrica.



Considerando que a distância entre a borda inferior e a borda superior da superfície refletora tenha 6 m de largura que focaliza no receptor os 800 watts/m<sup>2</sup> de radiação provenientes do Sol, e que o calor específico da água seja 1 cal g<sup>-1</sup> °C<sup>-1</sup> = 4.200 J kg<sup>-1</sup> °C<sup>-1</sup>, então o comprimento linear do refletor parabólico necessário para elevar a temperatura de 1 m<sup>3</sup> (equivalente a 1 T) de água de 20 °C para 100 °C, em uma hora, estará entre:

- a) 15 m e 21 m.
- b) 22 m e 30 m.
- c) 105 m e 125 m.
- d) 680 m e 710 m.
- e) 6.700 m e 7.150 m.

○ **7. (ENEM)** Aquecedores solares usados em residências têm o objetivo de elevar a temperatura da água até 70°C. No entanto, a temperatura ideal da água para um banho é de 30 °C. Por isso, deve-se misturar a água aquecida com a água à temperatura ambiente de um outro reservatório que se encontra a 25°C.

Qual a razão entre a massa de água quente e a massa de água fria na mistura para um banho à temperatura ideal?

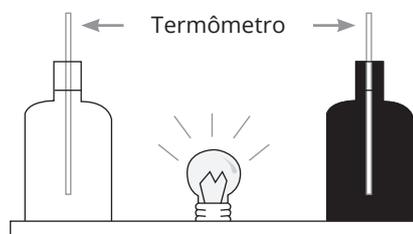
- a) 0,111
- b) 0,125
- c) 0,357
- d) 0,428
- e) 0,833

○ **8. (ENEM)** Em nosso cotidiano, utilizamos as palavras “calor” e “temperatura” de forma diferente de como elas são usadas no meio científico. Na linguagem corrente, calor é identificado como “algo quente”, e temperatura mede a “quantidade de calor de um corpo”. Esses significados, no entanto, não conseguem explicar diversas situações que podem ser verificadas na prática.

Do ponto de vista científico, que situação prática mostra a limitação dos conceitos corriqueiros de calor e temperatura?

- a) A temperatura da água pode ficar constante durante o tempo em que estiver fervendo.
- b) Uma mãe coloca a mão na água da banheira do bebê para verificar a temperatura da água.
- c) A chama de um fogão pode ser usada para aumentar a temperatura da água em uma panela.
- d) A água quente que está em uma caneca é passada para outra caneca a fim de diminuir sua temperatura.
- e) Um forno pode fornecer calor para uma vasilha de água que está em seu interior com menor temperatura do que a dele.

○ **9. (ENEM)** Em um experimento, foram utilizadas duas garrafas PET, uma pintada de branco e outra de preto, acopladas cada uma a um termômetro. No ponto médio da distância entre as garrafas, foi mantida acesa, durante alguns minutos, uma lâmpada incandescente. Em seguida a lâmpada foi desligada. Durante o experimento, foram monitoradas as temperaturas das garrafas: a) enquanto a lâmpada permaneceu acesa e b) após a lâmpada ser desligada e atingirem equilíbrio térmico com o ambiente.

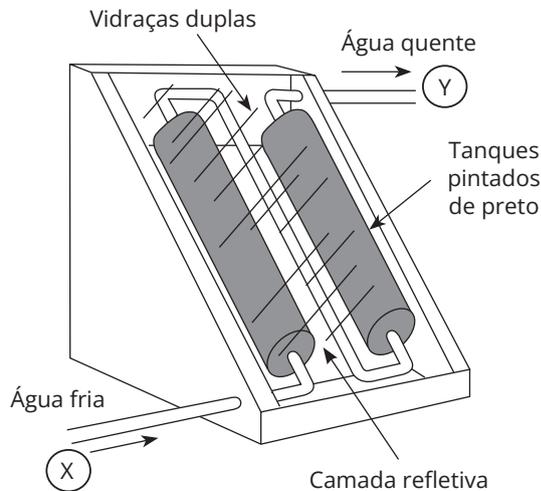


A taxa de variação da temperatura da garrafa preta, em comparação à da branca, durante todo experimento, foi:

- a) igual no aquecimento e igual no resfriamento.
- b) maior no aquecimento e igual no resfriamento.
- c) menor no aquecimento e igual no resfriamento.
- d) maior no aquecimento e menor no resfriamento.
- e) maior no aquecimento e maior no resfriamento.



○ 10. (ENEM) O uso mais popular de energia solar está associado ao fornecimento de água quente para fins domésticos. Na figura abaixo, é ilustrado um aquecedor de água constituído de dois tanques pretos dentro de uma caixa termicamente isolada e com cobertura de vidro, os quais absorvem energia solar.

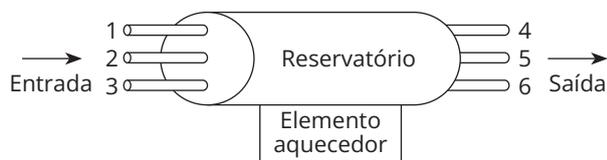


A. Hinrichs e M. Kleinbach. Energia e meio ambiente. São Paulo: Thompson. 3ª ed., 2004, p. 529 (com adaptações).

Nesse sistema de aquecimento:

- os tanques, por serem de cor preta, são maus absorvedores de calor e reduzem as perdas de energia.
- a cobertura de vidro deixa passar a energia luminosa e reduz a perda de energia térmica utilizada para o aquecimento.
- a água circula devido à variação de energia luminosa existente entre os pontos X e Y.
- a camada refletiva tem como função armazenar energia luminosa.
- o vidro, por ser bom condutor de calor, permite que se mantenha constante a temperatura no interior da caixa.

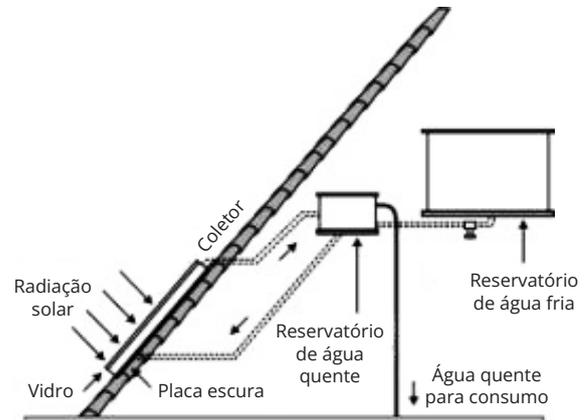
○ 11. (ENEM) Em uma residência com aquecimento central, um reservatório é alimentado com água fria, que é aquecida na base do reservatório e, a seguir, distribuída para as torneiras. De modo a obter a melhor eficiência de aquecimento com menor consumo energético, foram feitos alguns testes com diferentes configurações, modificando-se as posições de entrada de água fria e de saída de água quente no reservatório, conforme a figura. Em todos os testes, as vazões de entrada e saída foram mantidas iguais e constantes.



A configuração mais eficiente para a instalação dos pontos de entrada e saída de água no reservatório é, respectivamente, nas posições:

- 1 e 4.
- 1 e 6.
- 2 e 5.
- 3 e 4.
- 3 e 5.

○ 12. (ENEM) O resultado da conversão direta de energia solar é uma das várias formas de energia alternativa de que se dispõe. O aquecimento solar é obtido por uma placa escura coberta por vidro, pela qual passa um tubo contendo água. A água circula, conforme mostra o esquema abaixo.



Adaptado de: PALZ, Wolfgang. Energia solar e fontes alternativas. Hemus, 1981.

São feitas as seguintes afirmações quanto aos materiais utilizados no aquecedor solar:

- O reservatório de água quente deve ser metálico para conduzir melhor o calor.
- A cobertura de vidro tem como função reter melhor o calor, de forma semelhante ao que ocorre em uma estufa.
- A placa utilizada é escura para absorver melhor a energia radiante do Sol, aquecendo a água com maior eficiência.

Entre as afirmações acima, pode-se dizer que apenas está(ão) correta(s):

- I.
- I e II.
- II.
- I e III.
- II e III.

○ 13. (ENEM) Ainda hoje, é muito comum as pessoas utilizarem vasilhames de barro (moringas ou potes de cerâmica não esmaltadas) para conservar água a uma temperatura menor do que a do ambiente. Isso ocorre porque:

- o barro isola a água do ambiente, mantendo-a sempre a uma temperatura menor que a dele, como se fosse isopor.
- o barro tem poder de "gelar" a água pela sua composição química. Na reação, a água perde calor.
- o barro é poroso, permitindo que a água passe através dele. Parte de água evapora, tomando calor da moringa e do restante da água, que são assim resfriadas.
- o barro é poroso, permitindo que a água se deposite na parte de fora da moringa. A água de fora sempre está a uma temperatura maior que a de dentro.
- a moringa é uma espécie de geladeira natural, liberando substâncias higroscópicas que diminuem naturalmente a temperatura da água.



○ 14. (ENEM) Considere a tirinha, na situação em que a temperatura do ambiente é inferior à temperatura corporal dos personagens.

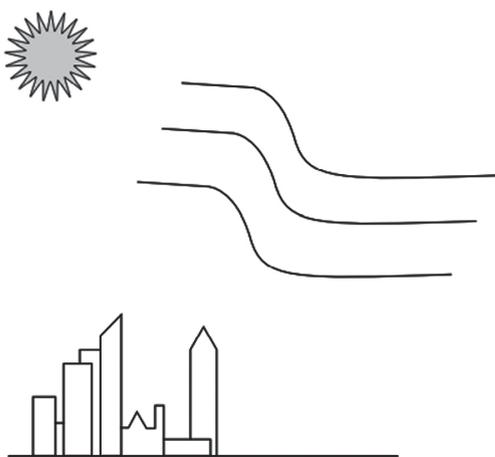


WATTERSON. B. Disponível em: <https://novaescola.org.br>. Acesso em: 11 ago. 2014.

O incômodo mencionado pelo personagem da tirinha deve-se ao fato de que, em dias úmidos:

- a temperatura do vapor-d'água presente no ar é alta.
- o suor apresenta maior dificuldade para evaporar do corpo.
- a taxa de absorção de radiação pelo corpo torna-se maior.
- o ar torna-se mau condutor e dificulta o processo de liberação de calor.
- o vapor-d'água presente no ar condensa-se ao entrar em contato com a pele.

○ 15. (ENEM) Na cidade de São Paulo, as ilhas de calor são responsáveis pela alteração da direção do fluxo da brisa marítima que deveria atingir a região de mananciais. Porém, ao cruzar a ilha de calor, a brisa marítima agora encontra um fluxo de ar vertical, que transfere para ela energia térmica absorvida das superfícies quentes da cidade, deslocando-a para altas altitudes. Dessa maneira, há condensação e chuvas fortes no centro da cidade, em vez de na região de mananciais. A imagem apresenta os três subsistemas que trocam energia nesse fenômeno.



No processo de fortes chuvas no centro da cidade de São Paulo, há dois mecanismos dominantes de transferência de calor: entre o Sol e a ilha de calor, e entre a ilha de calor e a brisa marítima.

VIVEIROS, M. Ilhas de calor afastam chuvas de represas. Disponível em [www2.feis.unesp.br](http://www2.feis.unesp.br). Acesso em: 3 dez. 2019 (adaptado).

Esses mecanismos são, respectivamente:

- irradiação e convecção.
- irradiação e irradiação.
- condução e irradiação.
- convecção e irradiação.
- convecção e convecção.

○ 16. (UFMS 2024) "As usinas hidrelétricas instaladas na Amazônia produzem cerca de 25% da energia elétrica consumida no Brasil. Mesmo assim, dentre os habitantes da região, pelo menos três milhões têm suas demandas de energia elétrica supridas por usinas termoeletricas, e cerca de um milhão de moradores contam apenas com geradores individuais que funcionam a óleo diesel ou a gasolina."

Fonte: SUZUKI. S. Amazônia gera 26% da energia elétrica do país, mas tem 1 milhão de pessoas no escuro. BBC News Brasil. Publicado em: 03 jun. 2022. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/brasil-61654989>. Acesso em: 26 dez. 2023. (Adaptado)



Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998.

Fonte: SARANGI. B. Painéis solares. Pixabay. Publicado em: 01 jul. 2018. Disponível em: <https://pixabay.com/pt/photos/pain%C3%A9is-solaresenergia-renov%C3%A1vel-3507949/>. Acesso em: 28 dez. 2023.

Uma alternativa ecologicamente correta, inclusive considerando as hidrelétricas, é o uso de painéis solares, representados na figura acima, que geram energia elétrica a partir da radiação solar. Um painel desse tipo, com área de  $1 \text{ m}^2$ , gera  $40 \text{ J}$  de energia elétrica por segundo. Se a energia gerada for utilizada, sem perdas, para elevar a temperatura de  $1 \text{ litro}$  de água, cujo calor específico vale cerca de  $4 \times 10^3 \text{ J/kg} \cdot ^\circ\text{C}$ , de  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  até  $70 \text{ }^\circ\text{C}$ , o tempo levado é de aproximadamente

- $2 \times 10^3 \text{ s}$ .
- $4 \times 10^3 \text{ s}$ .
- $5 \times 10^3 \text{ s}$ .
- $7 \times 10^3 \text{ s}$ .
- $9 \times 10^3 \text{ s}$ .



○ 17. (UFRGS) Uma quantidade de calor  $Q = 56.100,00 \text{ J}$  é fornecida a  $100 \text{ g}$  de gelo, que se encontra inicialmente a  $-10 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Sendo o calor específico do gelo  $c_g = 2,1 \text{ J}/(\text{g} \cdot ^\circ\text{C})$ , o calor específico da água  $c_a = 4,2 \text{ J}/(\text{g} \cdot ^\circ\text{C})$ , e o calor latente de fusão  $C_L = 330,0 \text{ J/g}$ , a temperatura final da água em  $^\circ\text{C}$  é, aproximadamente:

- a) 83,8.
- b) 60,0.
- c) 54,8.
- d) 50,0.
- e) 37,7.



○ 18. (UFRGS) Quando se fornece calor a uma substância, podem ocorrer diversas modificações decorrentes de propriedades térmicas da matéria e de processos que envolvem a energia térmica.

Considere as afirmações abaixo, sobre processos que envolvem fornecimento de calor.

- I. Todos os materiais, quando aquecidos, expandem-se.
- II. A temperatura de ebulição da água depende da pressão.
- III. A quantidade de calor a ser fornecida, por unidade de massa, para manter o processo de ebulição de um líquido, é denominado calor latente de vaporização.

Qual(is) está(ão) correta(s)?

- a) Apenas I.
- b) Apenas II.
- c) Apenas III.
- d) Apenas II e III.
- e) I, II e III.

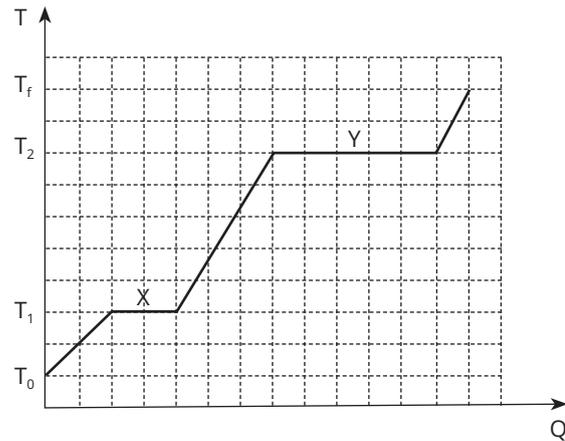
○ 19. (UFRGS) Considere dois motores, um refrigerado com água e outro com ar. No processo de resfriamento desses motores, os calores trocados com as respectivas substâncias refrigeradoras,  $Q_{ag}$  e  $Q_{ar}$ , são iguais. Considere ainda que os dois motores sofrem a mesma variação de temperatura no processo de resfriamento, e que o quociente entre os calores específicos da água,  $c_{ag}$ , e do ar,  $c_{ar}$ , são tais que  $c_{ag}/c_{ar} = 4$ .

Qual é o valor do quociente  $m_{ar}/m_{ag}$  entre as massas de ar,  $m_{ar}$ , e de água,  $m_{ag}$ , utilizadas no processo?

- a) 1/4.
- b) 1/2.
- c) 1.
- d) 2.
- e) 4.

○ 20. (UFRGS) Uma amostra de uma substância encontra-se, inicialmente, no estado sólido, na temperatura  $T_0$ . Passa, então, a receber calor até atingir a temperatura final  $T_f$ , quando toda a amostra já se transformou em vapor.

O gráfico abaixo representa a variação da temperatura  $T$  da amostra em função da quantidade de calor  $Q$  por ela recebida.



Considere as seguintes afirmações, referentes ao gráfico.

- I.  $T_1$  e  $T_2$  são, respectivamente, as temperaturas de fusão e de vaporização da substância.
- II. No intervalo X, coexistem os estados sólido e líquido da substância.
- III. No intervalo Y, coexistem os estados sólido, líquido e gasoso da substância.

Qual(is) está(ão) correta(s)?

- a) Apenas I.
- b) Apenas II.
- c) Apenas III.
- d) Apenas I e II.
- e) I, II e III.

○ 21. (UFRGS) Uma mesma quantidade de calor  $Q$  é fornecida a massas iguais de dois líquidos diferentes, 1 e 2. Durante o aquecimento, os líquidos não alteram seu estado físico, e seus calores específicos permanecem constantes, sendo tais que  $c_1 = 5c_2$ .

Na situação acima, os líquidos 1 e 2 sofrem, respectivamente, variações de temperatura  $\Delta T_1$  e  $\Delta T_2$ , tais que  $\Delta T_1$  é igual a:

- a)  $\Delta T_2/5$
- b)  $2\Delta T_2/5$
- c)  $\Delta T_2$
- d)  $5\Delta T_2/2$
- e)  $5\Delta T_2$



○ 22. (UFRGS) Um corpo de alumínio e outro de ferro possuem massas  $m_{Al}$  e  $m_{Fe}$  respectivamente. Considere que o calor específico do alumínio é o dobro do calor específico do ferro.

Se os dois corpos, ao receberem a mesma quantidade de calor  $Q$ , sofrem a mesma variação de temperatura  $\Delta T$ , as massas dos corpos são tais que:

- a)  $m_{Al} = 4m_{Fe}$ .
- b)  $m_{Al} = 2m_{Fe}$ .
- c)  $m_{Al} = m_{Fe}$ .
- d)  $m_{Al} = m_{Fe}/2$ .
- e)  $m_{Al} = m_{Fe}/4$ .

○ 23. (UFRGS) Considere as afirmações a seguir, referentes aos três processos de transferência de calor.

- I. A radiação pode ser refletida pelo objeto que a recebe.
- II. A condução ocorre pela propagação de oscilações dos constituintes de um meio material.
- III. A convecção ocorre apenas em fluidos.

Qual(is) está(ão) correta(s)?

- a) Apenas I.
- b) Apenas III.
- c) Apenas I e II.
- d) Apenas II e III.
- e) I, II e III.

○ 24. (UFRGS) Dois cubos metálicos com dimensões idênticas, um de ouro (A), outro de chumbo (B), estão sobre uma placa aquecedora, inicialmente em temperatura ambiente.

A tabela a seguir apresenta algumas das propriedades térmicas desses dois materiais.

Propriedades térmicas	A ouro	B chumbo
Condutividade térmica (W/m.k)	317	35
Coefficiente de dilatação linear ( $10^{-6}/K$ )	15	29
Calor específico (J/kg.K)	130	130
Densidade/Massa específica (kg/m <sup>3</sup> )	19.600	11.400

Assinale a alternativa que preenche corretamente as lacunas do texto a seguir, na ordem em que aparecem.

No topo de cada cubo, é colocada uma cabeça de fósforo que fica em contato direto com o cubo. Os dois cubos são aquecidos a uma temperatura final levemente superior à de ignição do fósforo.

Com base nos dados da tabela, conclui-se que o fósforo acenderá primeiro no cubo \_\_\_\_\_ e que a aresta do cubo A será \_\_\_\_\_ do cubo B no estado de equilíbrio térmico.

- a) A - menor que a
- b) A - maior que a
- c) B - maior que a
- d) B - menor que a
- e) A - igual à

○ 25. (UFRGS) Selecione a alternativa que preenche corretamente as lacunas do texto abaixo, na ordem em que elas aparecem.

Quando um corpo mais quente entra em contato com um corpo mais frio, depois de certo tempo, ambos atingem a mesma temperatura. O que será que "passa" de um corpo para o outro quando eles estão a diferentes temperaturas? Será que é transferida a própria temperatura?

Em 1770, o cientista britânico Joseph Black obteve respostas para essas questões. Ele mostrou que, quando misturamos partes iguais de um líquido (leite, por exemplo) a temperaturas iniciais diferentes, as temperaturas de ambas as partes ..... significativamente; no entanto, se derrarmos um copo de leite morno num balde cheio de água a 0 °C e com vários cubos de gelo fundente, e isolarmos esse sistema como um todo, a temperatura do leite sofrerá uma mudança significativa, mas a temperatura da mistura de água e gelo não. Com esse simples experimento, fica confirmado que "aquilo" que é transferido neste processo ..... a temperatura.

A fim de medir a temperatura da mistura de gelo e água, um termômetro, inicialmente à temperatura ambiente, é introduzido no sistema e entra em equilíbrio térmico com ele. Nesse caso, o termômetro ..... uma variação em sua própria temperatura.

- a) mudam - não é - sofre
- b) não mudam - é - sofre
- c) mudam - não é - não sofre
- d) mudam - é - não sofre
- e) não mudam - é - não sofre

○ 26. (UFRGS) Materiais com mudança de fase são bastante utilizados na fabricação de tecidos para roupas termorreguladoras, ou seja, que regulam sua temperatura em função da temperatura da pele com a qual estão em contato. Entre as fibras do tecido, são incluídas microcápsulas contendo, por exemplo, parafina, cuja temperatura de fusão está próxima da temperatura de conforto da pele, 31°C. Considere que um atleta, para manter sua temperatura interna constante enquanto se exercita, libere  $1,5 \cdot 10^4$  J de calor através da pele em contato com a roupa termorreguladora e que o calor de fusão da parafina seja  $L_f = 2,0 \cdot 10^5$  J/kg.

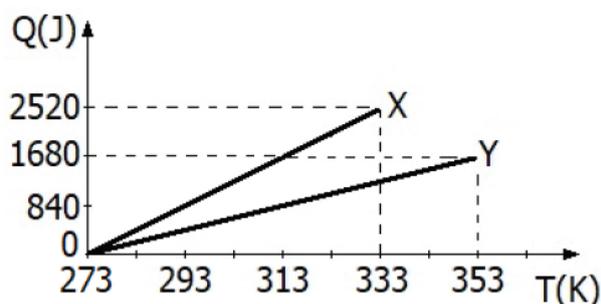
Para manter a temperatura de conforto da pele, a massa de parafina encapsulada deve ser de, no mínimo:

- a) 500 g
- b) 450 g
- c) 80 g
- d) 75 g
- e) 13 g



○ 27. (UFRGS)

A figura abaixo apresenta as quantidades de calor  $Q$ , em joules (J), absorvidas por dois corpos, X e Y, de mesma massa, em função da temperatura  $T$ , medida na escala absoluta (K).



Assinale a alternativa que preenche corretamente as lacunas do enunciado abaixo, na ordem em que aparecem.

Os valores das capacidades caloríficas  $C_X$  e  $C_Y$  dos corpos X e Y em J/K valem, respectivamente, ..... e .....

A razão entre os respectivos calores específicos  $c_X$  e  $c_Y$ , é  $c_X/c_Y =$  .....

- a) 42 – 14 – 3
- b) 42 – 21 – 2
- c) 21 – 42 – 1/2
- d) 21 – 42 – 2
- e) 14 – 42 – 3

○ 28. (UFSM) Em um recipiente adiabático que contém 200 g de água à temperatura de 20 °C, são adicionados 300 g de água à temperatura de 40 °C. A temperatura de equilíbrio da água, em °C, será de

- a) 22
- b) 28
- c) 30
- d) 32
- e) 36

○ 29. (UFSM) Duas amostras, uma de hidrogênio e outra de oxigênio, ocupam volumes idênticos, estão à mesma temperatura e têm o mesmo número de moléculas. As duas amostras têm comportamento de gás ideal. Considerando as informações, analise as afirmativas:

I - O módulo da velocidade média das moléculas de hidrogênio é maior do que o módulo da velocidade média das moléculas de oxigênio.

II - A energia interna da amostra de oxigênio é maior do que a energia interna da amostra de hidrogênio.

III - As pressões dos dois gases são iguais.

Está(ão) correta(s)

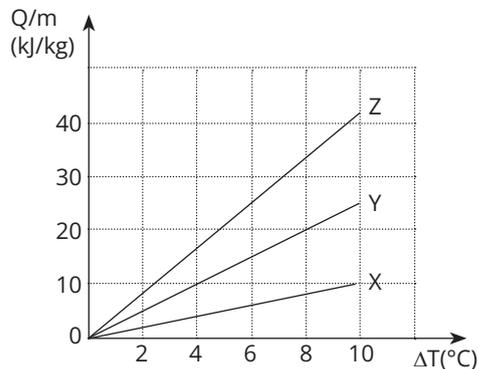
- a) apenas II.
- b) apenas III.
- c) apenas I e II.
- d) apenas I e III.
- e) I, II e III.

○ 30. (UFN-2020) Outra forma de combater tumores é por meio de uma Terapia Térmica, que usa o calor para aquecer a região do tumor. As fontes térmicas podem ser das micro-ondas, do ultrassom, de luz infravermelha e também de laser. Uma terapia é conhecida por Laser-Indução de Terapia Térmica (LITT). A elevação da temperatura local pode exceder os 100 °C, para proporcionar vaporização, e, em outras regiões, a temperatura pode chegar até 60°C e, assim, minimizar danos na periferia do tumor. Para um tumor no cérebro, cujo calor específico médio é 3,6 J/gK, a quantidade de calor aproximada, que deve ser fornecida por grama para variar a temperatura de 37°C para 90°C, é de:

- a) 1,9 cal/g.
- b) 19 cal/g.
- c) 46 cal/g.
- d) 190 cal/g.
- e) 450 cal/g.



○ 31. (UFRGS) O gráfico a seguir representa o calor absorvido por unidade de massa,  $Q/m$ , em função das variações de temperatura  $\Delta T$  para as substâncias ar, água e álcool, que recebem calor em processos em que a pressão é mantida constante.

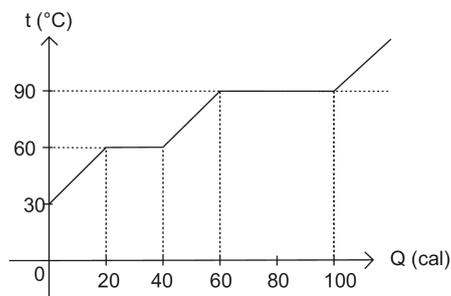


Considere que os valores de calor específico do ar, do álcool e da água sejam, respectivamente,  $1,0 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$ ,  $2,5 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$  e  $4,2 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$ .

Com base nesses dados, é correto afirmar que as linhas do gráfico identificadas pelas letras X, Y e Z representam, respectivamente:

- a) o ar - o álcool - a água
- b) o ar - a água - o álcool
- c) a água - o ar - o álcool
- d) a água - o álcool - o ar
- e) o álcool - a água - o ar

○ 32. (UFSM) A figura representa o gráfico da temperatura de uma amostra de 10 g de certa substância que, inicialmente, encontra-se na fase sólida, em função da quantidade de energia absorvida. O calor latente de fusão dessa substância, em cal/g, é



- a) 1.
- b) 2.
- c) 10.
- d) 20.
- e) 80.

○ 33. (UFSM) O calor específico da água é o dobro do calor específico do álcool etílico. Se não há perda de energia, a mistura de 100 g de álcool etílico a  $80^\circ\text{C}$  com 200 g de água a  $30^\circ\text{C}$  tem, no equilíbrio, uma temperatura Celsius de

- a) 13,3.
- b) 25.
- c) 40.
- d) 46,7.
- e) 70.

○ 34. (UFSM) Para acelerar o processo de evaporação na secagem de grãos, utiliza-se um jato de ar a uma temperatura mais elevada do que a do meio ambiente. Então, sobre o processo de evaporação, é possível afirmar:

- I - Ocorre a qualquer temperatura e é tanto mais rápido quanto mais elevada a temperatura do líquido.
- II - Fica mais rápido, se o vapor do líquido é removido das proximidades do líquido restante.
- III - A quantidade de líquido evaporada por unidade de tempo independe da área da superfície livre do líquido.

Está(ão) correta(s)

- a) apenas I.
- b) apenas I e II.
- c) apenas III.
- d) apenas II e III.
- e) I, II e III.

○ 35. (UFRGS) Em um calorímetro, são colocados 2,0 kg de água, no estado líquido, a uma temperatura de  $0^\circ\text{C}$ . A seguir, são adicionados 2,0 kg de gelo, a uma temperatura não especificada. Após algum tempo, tendo sido atingido o equilíbrio térmico, verifica-se que a temperatura da mistura é de  $0^\circ\text{C}$  e que a massa de gelo aumentou em 100 g.

Considere que o calor específico do gelo ( $c = 2,1 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$ ) é a metade do calor específico da água e que o calor latente de fusão do gelo é de  $330 \text{ kJ}/\text{kg}$ ; e despreze a capacidade térmica do calorímetro e a troca de calor com o exterior.

Nessas condições, a temperatura do gelo que foi inicialmente adicionado à água era, aproximadamente:

- a)  $0^\circ\text{C}$
- b)  $-2,6^\circ\text{C}$
- c)  $-3,9^\circ\text{C}$
- d)  $-6,1^\circ\text{C}$
- e)  $-7,9^\circ\text{C}$



○ 36. (UFRGS) No início do mês de julho de 2019, foram registradas temperaturas muito baixas em várias cidades do país. Em Esmeralda, no Rio Grande do Sul, a temperatura atingiu  $-2^{\circ}\text{C}$  e pingentes de água congeladas formaram-se em alguns lugares da cidade.

O calor específico do gelo é  $2,1 \text{ kJ}/(\text{kg } ^{\circ}\text{C})$ , e o calor latente de fusão da água é igual a  $330 \text{ kJ}/\text{kg}$ .

Sabendo que o calor específico da água é o dobro do calor específico de gelo, calcule a quantidade de calor por unidade de massa necessária para que o gelo, a  $-2^{\circ}\text{C}$ , se transforme em água a  $10^{\circ}\text{C}$ .

- a)  $355,2 \text{ kJ}/\text{kg}$
- b)  $367,8 \text{ kJ}/\text{kg}$
- c)  $376,2 \text{ kJ}/\text{kg}$
- d)  $380,4 \text{ kJ}/\text{kg}$
- e)  $384,6 \text{ kJ}/\text{kg}$

○ 37. (UPF) Um recipiente aberto contém  $0,5 \text{ kg}$  de gelo a  $-10,0^{\circ}\text{C}$ . A massa do recipiente pode ser desprezada. Fornecemos calor ao recipiente com uma taxa de  $750 \text{ cal}/\text{min}$ , durante  $150$  minutos. Considerando  $c_{\text{gelo}} = 0,5 \text{ cal}/\text{g}^{\circ}\text{C}$  e  $L_{\text{fusão}} = 80 \text{ cal}/\text{g}$ , depois de quanto tempo, a partir do momento em que o aquecimento começou, a temperatura começará a ser maior do que  $0,0^{\circ}\text{C}$ ?

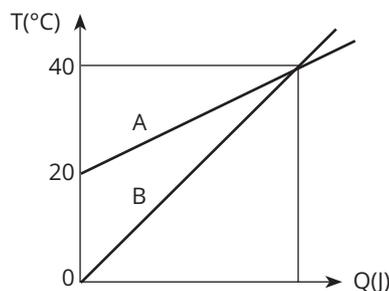
- a)  $3400$  segundos
- b)  $3200$  segundos
- c)  $340$  segundos
- d)  $200$  segundos
- e)  $56,6$  segundos

○ 38. (UFRGS) À temperatura ambiente, que volume de ferro apresenta a mesma capacidade térmica de um litro de água?

Considere que, à temperatura ambiente, a capacidade térmica de um litro de água é  $4.200 \text{ J}/^{\circ}\text{C}$ , o calor específico do ferro é  $0,5 \text{ J}/(\text{g} \cdot ^{\circ}\text{C})$ , e a massa específica do ferro é  $8 \text{ g}/\text{cm}^3$ .

- a)  $0,95 \text{ l}$
- b)  $1,00 \text{ l}$
- c)  $1,05 \text{ l}$
- d)  $1,25 \text{ l}$
- e)  $1,50 \text{ l}$

○ 39. (UFRGS) O gráfico a seguir representa as variações de temperatura  $\Delta T$ , em função do calor absorvido  $Q$ , sofridas por dois corpos, A e B, de massas  $m_A$  e  $m_B$ , e calores específicos  $c_A$  e  $c_B$ , respectivamente.



Nesse caso, pode-se afirmar que a razão  $c_A/c_B$  é igual a:

- a)  $4m_B/m_A$
- b)  $2m_B/m_A$
- c)  $m_B/m_A$
- d)  $m_B/(2m_A)$
- e)  $m_B/(4m_A)$

○ 40. (UFRGS) Uma mistura de gelo e água em estado líquido, com massa total de  $100 \text{ g}$ , encontra-se à temperatura de  $0^{\circ}\text{C}$ . Um certo tempo após receber  $16.000 \text{ J}$  de calor, a mistura acha-se completamente transformada em água líquida a  $20^{\circ}\text{C}$ . Qual era, aproximadamente, a massa de gelo contida na mistura inicial?

Dados: Calor de fusão do gelo =  $334,4 \text{ J}/\text{g}$ ; calor específico da água =  $4,18 \text{ J}/(\text{g} \cdot ^{\circ}\text{C})$ .

- a)  $22,8 \text{ g}$
- b)  $38,3 \text{ g}$
- c)  $47,8 \text{ g}$
- d)  $72,8 \text{ g}$
- e)  $77,2 \text{ g}$



○ 41. (UFSM) Uma chaleira, contendo um litro de água a 20 °C, é colocada sobre uma chama. Quando a água atinge 80 °C, a chaleira é retirada da chama. Desconsiderando as perdas de energia para o ambiente, é possível afirmar:

- I - A chama cede energia para a chaleira que, por sua vez, cede energia para a água. Por isso, a temperatura da água aumenta.
- II - A quantidade de energia recebida pela água é de 60.000 cal.
- III - A energia se espalha na chaleira por condução e na água, principalmente, por convecção.

Está(ão) correta(s)

- a) apenas I.
- b) apenas II.
- c) apenas III.
- d) apenas I e II.
- e) I, II e III.

TEXTO PARA A PRÓXIMA QUESTÃO:

A história da maioria dos municípios gaúchos coincide com a chegada dos primeiros portugueses, alemães, italianos e de outros povos. No entanto, através dos vestígios materiais encontrados nas pesquisas arqueológicas, sabemos que outros povos, anteriores aos citados, protagonizaram a nossa história.

Diante da relevância do contexto e da vontade de valorizar o nosso povo nativo, "o índio", foi selecionada a área temática CULTURA e as questões foram construídas com base na obra Os Primeiros Habitantes do Rio Grande do Sul (Custódio, L. A. B., organizador. Santa Cruz do Sul: EDUNISC; IPHAN, 2004).

"Com a chegada dos jesuítas, a cultura do Sul se ampliou por meio das contribuições trazidas da Europa."

○ 42. (UFSM) Os índios missionários utilizaram tecnologias trazidas pelos jesuítas, entre elas, a fundição de metais para construção de ferramentas agrícolas, armas e utensílios em geral. Para construir um sino de ferro, foram fundidos 10 kg do metal que se encontrava inicialmente na temperatura ambiente de 16 °C. Se a temperatura de fusão do ferro é 1536 °C, o calor específico é igual a  $0,11 \times 10^3 \text{ cal/kg}^\circ\text{C}$ , e o calor latente de fusão do ferro é igual a  $65 \times 10^3 \text{ cal/kg}$ , a quantidade de energia na forma de calor utilizada, em quilocalorias (kcal), é de

- a) 650.
- b) 1672.
- c) 2322.
- d) 4000.
- e) 6500.

○ 43. (UFSM) O resfriamento é um importante processo na conservação dos alimentos. Observe, na tabela a seguir, o calor específico de alguns alimentos.

Alimentos	Calor específico (Joule. grama <sup>-1</sup> °C <sup>-1</sup> ) a 25°C
abacate	3,80
maçã	3,60
ervilha verde	3,31

Se, de 100g de cada um desses alimentos, forem retirados 3600J de energia na forma de calor, é possível afirmar:

- I. A maior diminuição de temperatura ( $\Delta T$ ) ocorre com o abacate devido a seu maior calor específico.
- II. Devido ao seu menor calor específico, a ervilha verde se resfria mais do que a maçã.
- III. A diminuição de temperatura da maçã será de, aproximadamente, 10°C.
- IV. Todos os alimentos terão a mesma diminuição de temperatura.

Estão corretas

- a) apenas I e II.
- b) apenas I e III.
- c) apenas II e III.
- d) apenas II e IV.
- e) apenas III e IV.



TEXTO PARA AS PRÓXIMAS 4 QUESTÕES:  
ÁGUA, MEIO AMBIENTE E TECNOLOGIA

A água dos rios, lagos, mares e oceanos ocupa mais de 70% da superfície do planeta. Pela absorção de energia na forma de calor, principalmente a proveniente do sol, parte dessa água evapora, sobe, condensa-se e forma as nuvens, retornando à terra através de chuva ou neve.

A água, por ser absorvida pelo solo, chega às plantas que, através da transpiração e respiração, passam-na para a atmosfera.

Também os animais contribuem para a circulação da água no ambiente pois, ao ingerirem água, devolvem-na pela respiração e excreção.

De forma menos visível, a água ocorre ainda, em grande quantidade, no citoplasma das células e nos demais fluidos biológicos onde regula a temperatura e atua como solvente universal nas reações químicas e biológicas.

Por estar a água relacionada à maioria das ações que ocorrem na natureza, é ela também a responsável, muitas vezes, por problemas ambientais.

Os processos tecnológicos de geração de energia são fontes importantes de impactos ambientais. A queima de combustíveis derivados de petróleo, como a gasolina e o óleo diesel, lança, na atmosfera, grandes quantidades de dióxido de carbono, um dos gases responsáveis pelo efeito estufa.

É, pois, relevante que nos interessemos pela água que, paradoxalmente, é fonte de vida e veículo de poluição.

44. (UFSM) O fato de uma massa de água no estado líquido atuar como regulador de temperatura deve ser atribuído à propriedade:

- a) condutividade térmica.
- b) calor latente de vaporização.
- c) calor sensível.
- d) calor específico.
- e) capacidade térmica.

45. (UFSM) Qual (Quais) das seguintes afirmativas é (são) verdadeira(s) para a temperatura?

- I - É uma medida da quantidade de calor de um corpo.
- II - Está associada à energia interna de um corpo.
- III - Está associada à energia cinética média das moléculas de um gás ideal.

Está(ão) correta(s)

- a) apenas I.
- b) apenas I e II.
- c) apenas III.
- d) apenas II e III.
- e) I, II e III.

46. (UFSM) Assinale falsa (F) ou verdadeira (V) em cada afirmativa.

- ( ) A água pode evaporar a uma temperatura menor do que 100°C.
- ( ) A sensação de frio ocasionada pela evaporação da água sobre a pele deve-se à absorção de energia da pele pelo líquido.
- ( ) A velocidade de evaporação da água não depende da pressão externa.

A sequência correta é

- a) V - V - F.
- b) F - F - V.
- c) F - F - F.
- d) V - F - F.
- e) V - V - V.

47. (UFSM) A água tem calor específico de 1cal/g°C e calor latente de vaporização de 540cal/g. Uma gota dessa água de 1g, a 20°C, transforma-se em vapor, a 100°C, absorvendo uma quantidade de energia, em cal, de:

- a) 80
- b) 460
- c) 540
- d) 620
- e) 660



# HABILIDADES À PROVA 5

## » Estudo dos gases

○ 1. (ENEM) Sob pressão normal (ao nível do mar), a água entra em ebulição à temperatura de 100 °C. Tendo por base essa informação, um garoto, residente em uma cidade litorânea, fez a seguinte experiência:

- colocou uma caneca metálica contendo água no fogareiro do fogão de sua casa;

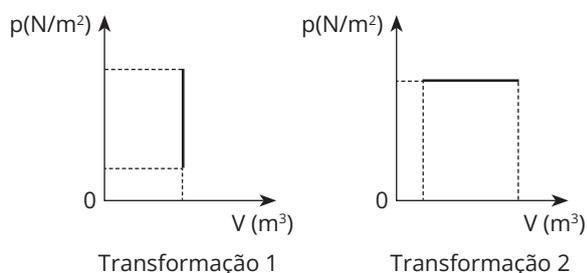
- quando a água começou a ferver, encostou cuidadosamente a extremidade mais estreita de uma seringa de injeção, desprovida de agulha, na superfície do líquido e, erguendo o êmbolo da seringa, aspirou certa quantidade de água para seu interior, tapando-a em seguida;

- verificando após alguns instantes que a água da seringa havia parado de ferver, ele ergueu o êmbolo da seringa, constatando, intrigado, que a água voltou a ferver após um pequeno deslocamento do êmbolo.

Considerando o procedimento anterior, a água volta a ferver porque esse deslocamento:

- a) permite a entrada de calor do ambiente externo para o interior da seringa.
- b) provoca, por atrito, um aquecimento da água contida na seringa.
- c) produz um aumento de volume que aumenta o ponto de ebulição da água.
- d) proporciona uma queda de pressão no interior da seringa que diminui o ponto de ebulição da água.
- e) possibilita uma diminuição da densidade da água que facilita sua ebulição.

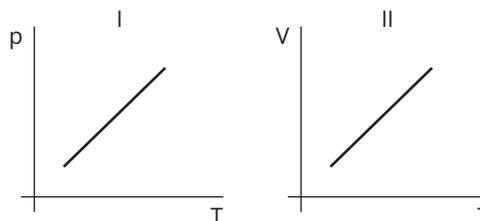
○ 2. (UFRGS) Na figura a seguir, os diagramas  $p \times V$  representam duas transformações termodinâmicas de uma amostra de gás ideal.



As transformações 1 e 2 denominam-se, respectivamente:

- a) adiabática - isotérmica
- b) isobárica - isométrica
- c) isométrica - isotérmica
- d) adiabática - isobárica
- e) isométrica - isobárica

○ 3. (UFRGS) Nos gráficos I e II abaixo,  $p$  representa a pressão a que certa massa de gás ideal está sujeita,  $T$ , a sua temperatura, e  $V$ , o volume por ela ocupado.



Escolha a alternativa que identifica de forma correta as transformações sofridas por esse gás, representadas, respectivamente, em I e II.

- a) isobárica - isocórica
- b) isotérmica - isocórica
- c) isotérmica - isobárica
- d) isocórica - isobárica
- e) isocórica - isotérmica

○ 4. (UFRGS) Assinale a alternativa que preenche corretamente as lacunas do enunciado abaixo, na ordem em que aparecem.

Segundo a Teoria Cinética dos Gases, um gás ideal é constituído de um número enorme de moléculas, cujas dimensões são desprezíveis, comparadas às distâncias médias entre elas.

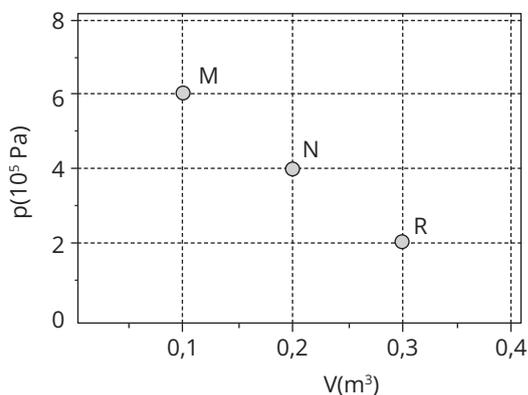
As moléculas movem-se continuamente em todas as direções, e só há interação quando elas colidem entre si. Nesse modelo de gás ideal, as colisões entre as moléculas são \_\_\_\_\_, e a energia cinética total das moléculas \_\_\_\_\_.

- a) elásticas - aumenta
- b) elásticas - permanece constante
- c) elásticas - diminui
- d) inelásticas - aumenta
- e) inelásticas - diminui

Anotações:



○ 5. (UFRGS) A figura abaixo apresenta um diagrama Pressão X Volume. Nele, os pontos M, N e R representam três estados de uma mesma amostra de gás ideal.



Assinale a alternativa que indica corretamente a relação entre as temperaturas absolutas  $T_M$ ,  $T_N$  e  $T_R$  dos respectivos estados M, N e R.

- a)  $T_R < T_M > T_N$
- b)  $T_R > T_M > T_N$
- c)  $T_R = T_M > T_N$
- d)  $T_R < T_M < T_N$
- e)  $T_R = T_M < T_N$

○ 6. (UFMS) No início de uma viagem, o pneu dianteiro de uma moto é calibrado com uma pressão de 32 libras por polegada ao quadrado, à temperatura ambiente de  $20^\circ\text{C}$ . No final da viagem, a temperatura do pneu passa a ser de  $30^\circ\text{C}$ . Sendo constante o volume do pneu e considerando o ar no seu interior como um gás ideal, a nova pressão, em libras por polegada ao quadrado, é de, aproximadamente,

- a) 21.
- b) 31.
- c) 32.
- d) 33.
- e) 48.

○ 7. (UFRGS) Um balão meteorológico fechado tem volume de  $50,0\text{ m}^3$  ao nível do mar, onde a pressão atmosférica é de  $1,0 \cdot 10^5\text{ Pa}$  e a temperatura é de  $27^\circ\text{C}$ . Quando o balão atinge a altitude de 25 km na atmosfera terrestre, a pressão e a temperatura assumem, respectivamente, os valores de  $5,0 \cdot 10^3\text{ Pa}$  e  $-63^\circ\text{C}$ .

Considerando-se que o gás contido no balão se comporta como um gás ideal, o volume do balão nessa altitude é de:

- a)  $14,0\text{ m}^3$
- b)  $46,7\text{ m}^3$
- c)  $700,0\text{ m}^3$
- d)  $1.428,6\text{ m}^3$
- e)  $2.333,3\text{ m}^3$

○ 8. (UFRGS) Um gás ideal sofre uma compressão adiabática durante a qual sua temperatura absoluta passa de  $T$  para  $4T$ . Sendo  $P$  a pressão inicial, podemos afirmar que a pressão final será:

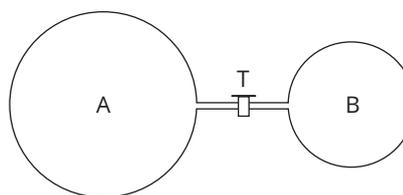
- a) menor do que  $P$ .
- b) igual a  $P$ .
- c) igual a  $2P$ .
- d) igual a  $4P$ .
- e) maior do que  $4P$ .

○ 9. (UFRGS) Um recipiente contém um gás ideal à temperatura  $T$ . As moléculas desse gás têm massa  $m$  e velocidade quadrática média  $v$ . Um outro recipiente contém também um gás ideal, cujas moléculas têm massa  $3m$  e a mesma velocidade quadrática média  $v$ . De acordo com a teoria cinética dos gases, qual é a temperatura desse segundo gás?

- a)  $T/9$
- b)  $T/3$
- c)  $T$
- d)  $3T$
- e)  $9T$

○ 10. (UFRGS) Na figura adiante, estão representados dois balões de vidro, A e B, com capacidades de 3 litros e de 1 litro, respectivamente. Os balões estão conectados entre si por um tubo fino munido da torneira T, que se encontra fechada. O balão A contém hidrogênio à pressão de 1,6 atmosfera. O balão B foi completamente esvaziado. Abre-se, então, a torneira T, pondo os balões em comunicação, e faz-se também com que a temperatura dos balões e do gás retorne ao seu valor inicial.

Considere 1 atm igual a  $10^5\text{ N/m}^2$ .



Qual é, em  $\text{N/m}^2$ , o valor aproximado da pressão a que fica submetido o hidrogênio?

- a)  $4,0 \times 10^4$ .
- b)  $8,0 \times 10^4$ .
- c)  $1,2 \times 10^5$ .
- d)  $1,6 \times 10^5$ .
- e)  $4,8 \times 10^5$ .

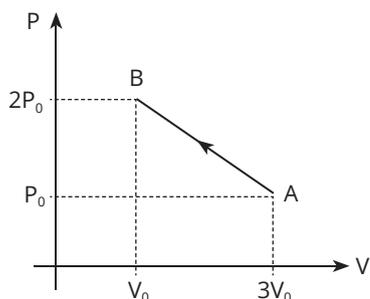


○ 11. (UFRGS) Considere um processo adiabático no qual o volume ocupado por um gás ideal é reduzido a 1/5 do volume inicial.

É correto afirmar que, nesse processo:

- a) a energia interna do gás diminui.
- b) a razão T/P torna-se 5 vezes o valor inicial.
- c) a pressão e a temperatura do gás aumentam.
- d) o trabalho realizado sobre o gás é igual ao calor trocado com o meio externo.
- e) a densidade do gás permanece constante.

○ 12. (UFRGS) Uma amostra de gás ideal evolui de um estado A para um estado B, através de um processo, em que a pressão P e o volume V variam conforme o gráfico abaixo.



Considere as seguintes afirmações sobre esse processo.

- I. A temperatura do gás diminuiu.
- II. O gás realizou trabalho positivo.
- III. Esse processo é adiabático.

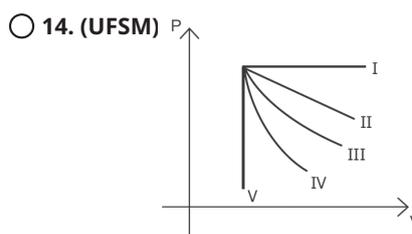
Qual(is) está(ão) correta(s)?

- a) Apenas I.
- b) Apenas II.
- c) Apenas III.
- d) Apenas I e III.
- e) I, II e III.

○ 13. (UFSM) Considere que a bola tenha um volume de  $4 \times 10^{-3} \text{ m}^3$  e que a pressão do ar, no seu interior, seja de  $5 \times 10^5 \text{ N/m}^2$ , quando a temperatura for de  $27^\circ \text{C}$ .

Sabendo que o valor da constante universal dos gases é  $R = 8,31 \text{ J/mol K}$  e que o ar, nessas condições, comporta-se, aproximadamente, como gás ideal, a quantidade de ar dentro da bola, em mol, é de, aproximadamente,

- a) 0,8
- b) 1,25
- c) 8,8
- d) 80
- e) 160



Quando um jogador "dá de bico" na bola, ela fica deformada, enquanto está em contato com a chuteira. O ar dentro da bola tem uma variação de volume num intervalo de tempo muito curto, podendo-se considerar essa variação como adiabática. Na figura, as curvas que melhor representam um processo adiabático e um isotérmico de um gás ideal são, respectivamente,

- a) V e IV.
- b) IV e III.
- c) III e II.
- d) II e III.
- e) II e I.

○ 15. (ENEM 2023)

De acordo com a Constituição Federal, é competência dos municípios o gerenciamento dos serviços de limpeza e coleta dos resíduos urbanos (lixo). No entanto, há relatos de que parte desse lixo acaba sendo incinerado, liberando substâncias tóxicas para o ambiente e causando acidentes por explosões, principalmente quando ocorre a incineração de frascos de aerossóis (por exemplo: desodorantes, inseticidas e repelentes). A temperatura elevada provoca a vaporização de todo o conteúdo dentro desse tipo de frasco, aumentando a pressão em seu interior até culminar na explosão da embalagem.

ZVEIBIL, V. Z. et al. Cartilha de limpeza urbana. Disponível em: [www.ibam.org.br](http://www.ibam.org.br). Acesso em: 6 jul. 2015 (adaptado).

Suponha um frasco metálico de um aerossol de capacidade igual a 100 mL, contendo 0,1 mol de produtos gasosos à temperatura de  $650^\circ \text{C}$ , no momento da explosão.

Considere:  $R = 0,082 \frac{\text{L} \cdot \text{atm}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$

A pressão, em atm, dentro do frasco, no momento da explosão, é mais próxima de

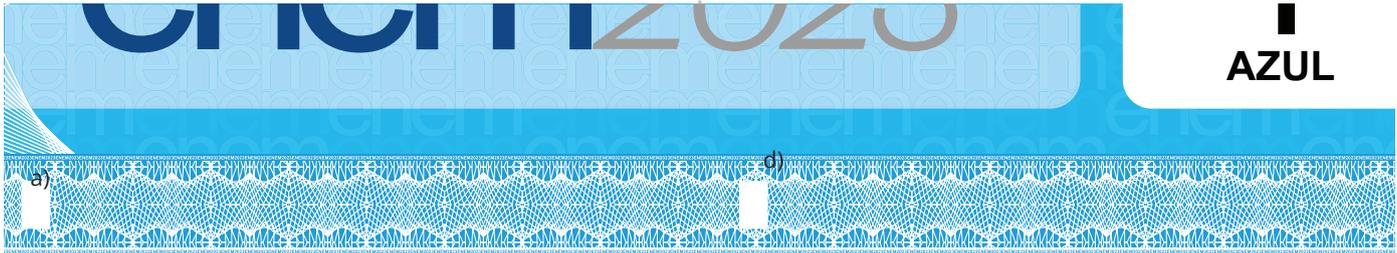
- a) 756.
- b) 533.
- c) 76.
- d) 53.
- e) 13.



○ 16. (ENEM 2023)

O manual de um automóvel alerta sobre os cuidados em relação à pressão do ar no interior dos pneus. Recomenda-se que a pressão seja verificada com os pneus frios (à temperatura ambiente). Um motorista, desatento a essa informação, realizou uma viagem longa sobre o asfalto quente e, em seguida, verificou que a pressão  $P_0$  no interior dos pneus não era a recomendada pelo fabricante. Na ocasião, a temperatura dos pneus era  $T_0$ . Após um longo período em repouso, os pneus do carro atingiram a temperatura ambiente  $T$ . Durante o resfriamento, não há alteração no volume dos pneus e na quantidade de ar no seu interior. Considere o ar dos pneus um gás perfeito (também denominado gás ideal).

Durante o processo de resfriamento, os valores de pressão em relação à temperatura ( $P \times T$ ) são representados pelo gráfico:



**AZUL**

**ATENÇÃO:** transcreva no espaço apropriado do seu CARTÃO-RESPOSTA, com sua caligrafia usual, considerando as letras maiúsculas e minúsculas, a seguinte frase:

**Você é do tamanho do seu sonho**

**LEIA ATENTAMENTE AS INSTRUÇÕES SEGUINTE:**

1. Este CADERNO DE QUESTÕES contém 90 questões numeradas de 01 a 90 e a Proposta de Redação, dispostas da seguinte maneira:

a) questões de número 01 a 45, relativas à área de Linguagens, Códigos e suas Tecnologias;

b) Proposta de Redação;

c) questões de número 46 a 90, relativas à área de Ciências Humanas e suas Tecnologias.

**ATENÇÃO:** as questões de 01 a 05 são relativas à língua estrangeira. Você deverá responder apenas às questões relativas à língua estrangeira (inglês ou espanhol) escolhida no ato de sua inscrição.

2. Confira se a quantidade e a ordem das questões do seu CADERNO DE QUESTÕES estão de acordo com as instruções anteriores. Caso o caderno esteja incompleto, tenha defeito ou apresente qualquer divergência, comunique ao aplicador da sala para que ele tome as providências cabíveis.

3. Para cada uma das questões objetivas, são apresentadas 5 opções. Apenas uma responde corretamente à questão.

4. O tempo disponível para estas provas é de **cinco horas e trinta minutos**.

5. Reserve tempo suficiente para preencher o CARTÃO-RESPOSTA e a FOLHA DE REDAÇÃO.

6. Os rascunhos e as marcações assinaladas no CADERNO DE QUESTÕES não serão considerados na avaliação.

7. Somente serão corrigidas as redações transcritas na FOLHA DE REDAÇÃO.

8. Quando terminar as provas, acene para chamar o aplicador e entregue este CADERNO DE QUESTÕES e o CARTÃO-RESPOSTA/FOLHA DE REDAÇÃO.

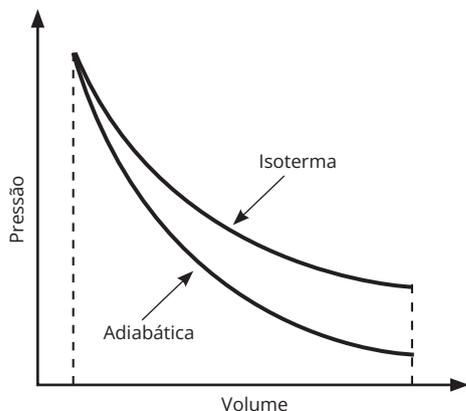
9. Você poderá deixar o local de prova somente após decorridas duas horas do início da aplicação e poderá levar seu CADERNO DE QUESTÕES ao deixar em definitivo a sala de prova nos **30 minutos** que antecedem o término das provas.



# HABILIDADES À PROVA 6

## » Termodinâmica

○ 1. (ENEM) Tanto a conservação de materiais biológicos como o resfriamento de certos fotodetectores exigem baixas temperaturas que não são facilmente atingidas por refrigeradores. Uma prática comum para atingi-las é o uso de nitrogênio líquido, obtido pela expansão adiabática do gás  $N_2$ , contido em um recipiente acoplado a um êmbolo, que resulta no resfriamento em temperaturas que chegam até seu ponto de liquefação em  $-196^\circ C$ . A figura exhibe o esboço de curvas de pressão em função do volume ocupado por uma quantidade de gás para os processos isotérmico e adiabático. As diferenças entre esses processos podem ser identificadas com base na primeira lei da termodinâmica, que associa a variação de energia interna à diferença entre o calor trocado com o meio exterior e o trabalho realizado no processo.



A expansão adiabática viabiliza o resfriamento do  $N_2$  porque:

- a) a entrada de calor que ocorre na expansão por causa do trabalho contribui para a diminuição da temperatura.
- b) a saída de calor que ocorre na expansão por causa do trabalho contribui para a diminuição da temperatura.
- c) a variação da energia interna é nula, e o trabalho é associado diretamente ao fluxo de calor, que diminui a temperatura do sistema.
- d) a variação da energia interna é nula, e o trabalho é associado diretamente à entrada de frio, que diminui a temperatura do sistema.
- e) o trabalho é associado diretamente à variação de energia interna e não há troca de calor entre o gás e o ambiente.

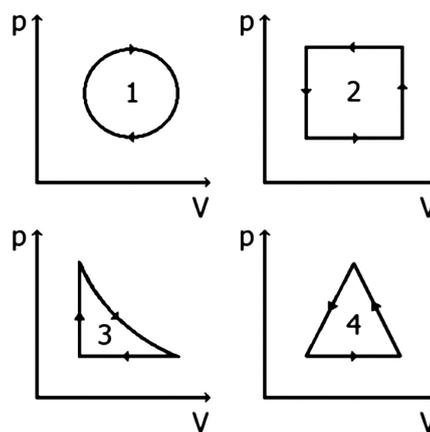
○ 2. (ENEM) Um motor só poderá realizar trabalho se receber uma quantidade de energia de outro sistema. No caso, a energia armazenada no combustível é, em parte, liberada durante a combustão para que o aparelho possa funcionar. Quando o motor funciona, parte da energia convertida ou transformada na combustão não pode ser utilizada para a realização de trabalho. Isso significa dizer que há vazamento da energia em outra forma.

CARVALHO, A. X. Z. Física Térmica. Belo Horizonte: Pax, 2009 (adaptado).

De acordo com o texto, as transformações de energia que ocorrem durante o funcionamento do motor são decorrentes de a:

- a) liberação de calor dentro do motor ser impossível.
- b) realização de trabalho pelo motor ser incontrolável.
- c) conversão integral de calor em trabalho ser impossível.
- d) transformação de energia térmica em cinética ser impossível.
- e) utilização de energia potencial do combustível ser incontrolável.

○ 3. (UFRGS) Na figura abaixo, estão representados quatro diagramas pV para processos termodinâmicos cíclicos de um gás.



Assinale a alternativa que indica corretamente em quais processos o gás absorve mais calor do que perde em um ciclo completo.

- a) 1 e 2.
- b) 1 e 3.
- c) 2 e 3.
- d) 2 e 4.
- e) 1, 2, 3 e 4.

○ **4. (ENEM)** Aumentar a eficiência na queima de combustível dos motores a combustão e reduzir suas emissões de poluentes é a meta de qualquer fabricante de motores. É também o foco de uma pesquisa brasileira que envolve experimentos com plasma, o quarto estado da matéria, e que está presente no processo de ignição. A interação da faísca emitida pela vela de ignição com as moléculas de combustível gera o plasma, que provoca a explosão liberadora de energia, que, por sua vez, faz o motor funcionar.

Disponível em: [www.inovacaotecnologica.com.br](http://www.inovacaotecnologica.com.br). Acesso em: 22 jul. 2010 (adaptado).

No entanto, a busca da eficiência referenciada no texto apresenta como fator limitante:

- o tipo de combustível, fóssil, que utilizam. Sendo um insumo não renovável, em algum momento estará esgotado.
- um dos princípios da termodinâmica, segundo o qual o rendimento de uma máquina térmica nunca atinge o ideal.
- o funcionamento cíclico de todos os motores. A repetição contínua dos movimentos exige que parte da energia seja transferida ao próximo ciclo.
- as forças de atrito inevitáveis entre as peças. Tais forças provocam desgastes contínuos que, com o tempo, levam qualquer material à fadiga e à ruptura.
- a temperatura em que eles trabalham. Para atingir o plasma, é necessária uma temperatura maior que a de fusão do aço com que se fazem os motores.

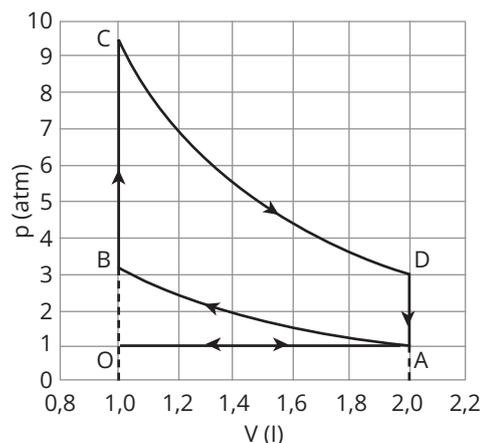
○ **5. (ENEM)** Em um manual de instruções de uma geladeira, constam as seguintes recomendações:

- Mantenha a porta de seu refrigerador aberta apenas o tempo necessário;
- É importante não obstruir a circulação do ar com a má distribuição dos alimentos nas prateleiras;
- Deixe um espaço de, no mínimo, 5 cm entre a parte traseira do produto (dissipador serpentinado) e a parede.

Com base nos princípios da termodinâmica, as justificativas para essas recomendações são, respectivamente:

- Reduzir a saída de frio do refrigerador para o ambiente, garantir a transmissão do frio entre os alimentos na prateleira e permitir a troca de calor entre o dissipador de calor e o ambiente.
- Reduzir a saída de frio do refrigerador para o ambiente, garantir a convecção do ar interno e garantir o isolamento térmico entre a parte interna e a externa.
- Reduzir o fluxo de calor do ambiente para a parte interna do refrigerador, garantir a convecção do ar interno e permitir a troca de calor entre o dissipador e o ambiente.
- Reduzir o fluxo de calor do ambiente para a parte interna do refrigerador, garantir a transmissão do frio entre os alimentos na prateleira e permitir a troca de calor entre o dissipador e o ambiente.
- Reduzir o fluxo de calor do ambiente para a parte interna do refrigerador, garantir a convecção do ar interno e garantir o isolamento térmico entre as partes interna e externa.

○ **6. (UFRGS)** A figura a seguir representa simplificada o diagrama  $pV$ , sendo  $p$  dada em atm e  $V$  dado em l, para um ciclo de uma máquina térmica que opera com um gás ideal. Considere que, durante o percurso ABCD, o número de partículas do gás permanece constante, e que, para esse gás, a razão entre o calor específico à pressão constante ( $c_p$ ) e o calor específico a volume constante ( $c_v$ ) é  $c_p/c_v = 5/3$ .



Assinale a alternativa que preenche corretamente as lacunas do texto a seguir, na ordem em que aparecem.

As etapas  $A \rightarrow B$  e  $C \rightarrow D$  do ciclo representado na figura são processos ..... Sendo assim, ..... troca de ..... entre a máquina térmica e o ambiente.

- isotérmicos - há - trabalho
- isotérmicos - não há - trabalho
- adiabáticos - não há - calor
- adiabáticos - há - calor
- adiabáticos - não há - trabalho

○ **7. (UFSM)** A fala, como meio de comunicação, depende das ondas sonoras. A energia de uma onda sonora vai diminuindo, e a energia interna do ar através do qual ela se propaga vai aumentando. Com isso, a onda sonora é atenuada e, eventualmente, desaparece. Observe, então, as seguintes afirmativas:

- O aumento da energia interna do ar ocasiona um aumento na temperatura deste.
- Se o ar fosse um gás ideal, sua energia interna dependeria da pressão, da temperatura e da densidade.
- A energia interna de um gás é a soma das energias cinéticas das partículas que o constituem apenas no caso de um gás ideal.

Está(ão) correta(s)

- apenas I.
- apenas II.
- apenas I e III.
- apenas II e III.
- I, II e III.



8. (UFSM) Duas amostras, uma de hidrogênio e outra de oxigênio, ocupam volumes idênticos, estão à mesma temperatura e têm o mesmo número de moléculas. As duas amostras têm comportamento de gás ideal. Considerando as informações, analise as afirmativas:

I - O módulo da velocidade média das moléculas de hidrogênio é maior do que o módulo da velocidade média das moléculas de oxigênio.

II - A energia interna da amostra de oxigênio é maior do que a energia interna da amostra de hidrogênio.

III - As pressões dos dois gases são iguais.

Está(ão) correta(s)

- a) apenas II.
- b) apenas III.
- c) apenas I e II.
- d) apenas I e III.
- e) I, II e III.

9. (UFRGS) Considere as afirmações abaixo, sobre o comportamento térmico dos gases ideais.

I. Volumes iguais de gases diferentes, na mesma temperatura inicial, quando aquecidos sob pressão constante de modo a sofrerem a mesma variação de temperatura, dilatam-se igualmente.

II. Volumes iguais de gases diferentes, na mesma temperatura e pressão, contêm o mesmo número de moléculas.

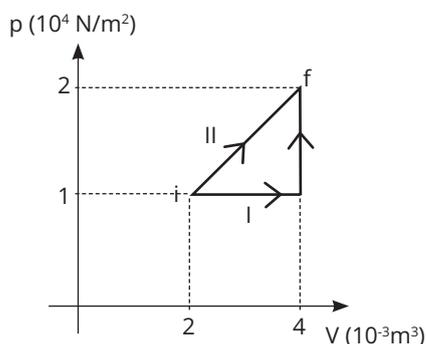
III. Uma dada massa gasosa, quando mantida sob pressão constante, tem temperatura  $T$  e volume  $V$  diretamente proporcionais.

Qual(is) está(ão) correta(s)?

- a) Apenas I.
- b) Apenas II.
- c) Apenas I e III.
- d) Apenas II e III.
- e) I, II e III.

**Instrução:** O enunciado a seguir refere-se às questões 10 e 11.

Um gás ideal contido em um cilindro com pistão pode ser levado de um estado inicial  $i$  até um estado final  $f$ , seguindo dois processos distintos, I e II, conforme ilustrado na figura abaixo.



10. (UFRGS) Os trabalhos  $W_I$  e  $W_{II}$ , realizados pelo gás nos processos I e II, valem respectivamente:

- a) 10 J e 30 J.
- b) 20 J e 20 J.
- c) 20 J e 30 J.
- d) 30 J e 10 J.
- e) 30 J e 20 J.

11. (UFRGS) Assinale a alternativa que preenche corretamente as lacunas do enunciado abaixo, na ordem em que aparecem.

No processo I, o gás sofre duas transformações sucessivas, sendo a primeira \_\_\_\_\_, e a segunda, \_\_\_\_\_. A variação de energia interna no processo I,  $\Delta U_I$ , é \_\_\_\_\_ variação de energia interna no processo II,  $\Delta U_{II}$ .

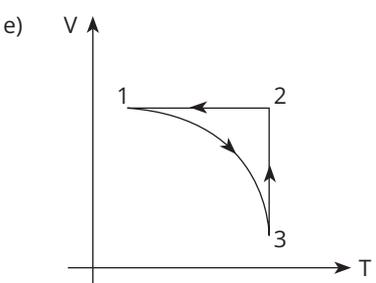
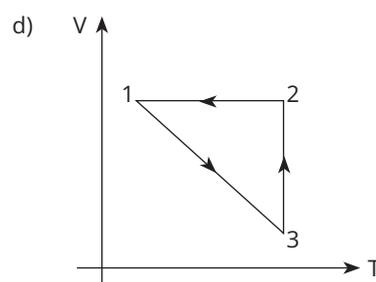
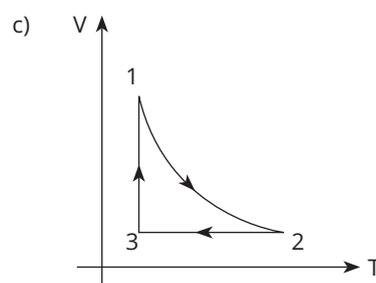
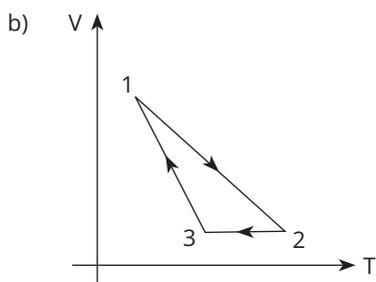
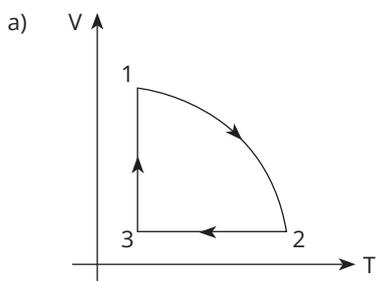
- a) isobárica – isocórica – maior do que a
- b) isocórica – isotérmica – maior do que a
- c) isotérmica – isocórica – igual à
- d) isobárica – isocórica – igual à
- e) isocórica – isobárica – menor do que a

Anotações:

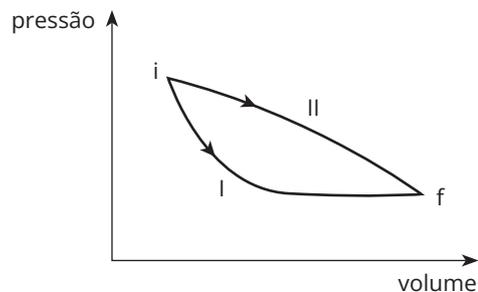


○ 12. (UFRGS) Uma amostra de gás ideal monoatômico encontra-se em um estado inicial 1. O gás sofre três transformações sucessivas até completar um ciclo: passa do estado 1 para o estado 2 através de uma compressão adiabática; depois passa do estado 2 para o estado 3 através de uma transformação isocórica; e, finalmente, retorna ao estado inicial 1, sofrendo uma expansão isotérmica.

Qual dos diagramas volume (V) x temperatura absoluta (T) abaixo melhor representa esse ciclo?



○ 13. (UFRGS) Observe a figura abaixo.



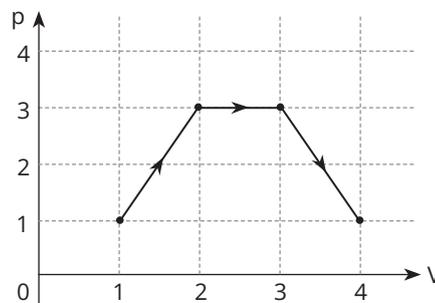
A figura mostra dois processos, I e II, em um diagrama pressão (P) x volume (V) ao longo dos quais um gás ideal pode ser levado do estado inicial **i** para o estado final **f**.

Assinale a alternativa que preenche corretamente as lacunas do enunciado abaixo, na ordem em que aparecem.

De acordo com a 1ª Lei da Termodinâmica, a variação da energia interna é \_\_\_\_\_ nos dois processos. O trabalho  $W_I$  realizado no processo I é \_\_\_\_\_ que o trabalho  $W_{II}$  realizado no processo II.

- a) igual - maior
- b) igual - menor
- c) igual - igual
- d) diferente - maior
- e) diferente - menor

○ 14. (UFRGS) O diagrama abaixo representa, em unidades arbitrárias, a pressão (p) em um recipiente contendo um gás ideal, como função do volume (V) do gás, durante um processo de ex-



pansão.

Selecione a alternativa que preenche corretamente as lacunas no parágrafo abaixo, na ordem em que elas aparecem.

Na etapa em que o volume aumenta de 1 para 2, a energia interna do gás \_\_\_\_\_; na etapa em que o volume aumenta de 2 para 3, a energia interna do gás \_\_\_\_\_; na etapa em que o volume aumenta de 3 para 4, a energia interna do gás \_\_\_\_\_.

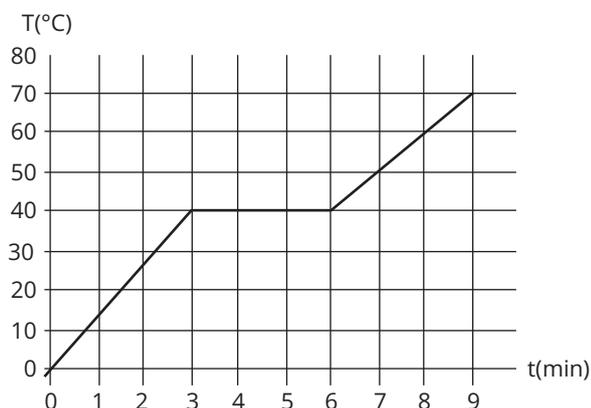
- a) diminui - permanece constante - diminui
- b) diminui - permanece constante - aumenta
- c) aumenta - permanece constante - diminui
- d) aumenta - aumenta - aumenta
- e) aumenta - aumenta - diminui



○ 15. (UFRGS) Sob condições de pressão constante, certa quantidade de calor  $Q$ , fornecida a um gás ideal monoatômico, eleva sua temperatura em  $\Delta T$ . Quanto calor seria necessário, em termos de  $Q$ , para produzir a mesma elevação de temperatura  $\Delta T$ , se o gás fosse mantido em volume constante?

- a)  $3Q$
- b)  $5Q/3$
- c)  $Q$
- d)  $3Q/5$
- e)  $2Q/5$

**Instrução:** As questões 16 e 17 referem-se aos enunciados e ao gráfico abaixo. O gráfico representa, em um processo isobárico, a variação em função do tempo da temperatura de uma amostra de um elemento puro cuja massa é de 1,0 kg, observada durante 9 minutos.



A amostra está no estado sólido a  $0^\circ\text{C}$  no instante  $t = 0$  e é aquecida por uma fonte de calor que lhe transmite energia a uma taxa de  $2,0 \times 10^3 \text{ J/min}$ , supondo que não haja perda de calor.

○ 16. (UFRGS) A partir dos dados do gráfico, pode-se afirmar que esse elemento apresenta uma temperatura de fusão e um calor específico no estado líquido que são, respectivamente:

- a)  $70^\circ\text{C}$  e  $180 \text{ J/(kg}\cdot\text{K)}$ .
- b)  $70^\circ\text{C}$  e  $200 \text{ J/(kg}\cdot\text{K)}$ .
- c)  $40^\circ\text{C}$  e  $150 \text{ J/(kg}\cdot\text{K)}$ .
- d)  $40^\circ\text{C}$  e  $180 \text{ J/(kg}\cdot\text{K)}$ .
- e)  $40^\circ\text{C}$  e  $200 \text{ J/(kg}\cdot\text{K)}$ .

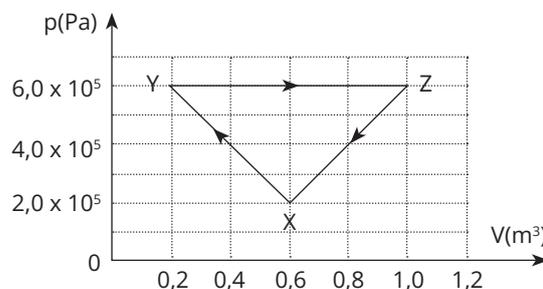


○ 17. (UFRGS) O processo que ocorre na fase sólida envolve um trabalho total de 0,1 kJ. Nessa fase, a variação da energia interna da amostra é:

- a) 6,1 kJ
- b) 5,9 kJ
- c) 6,0 kJ
- d) -5,9 kJ
- e) -6,1 kJ



○ 18. (UFRGS) A figura abaixo apresenta o diagrama da pressão  $p(\text{Pa})$  em função do volume  $V(\text{m}^3)$  de um sistema termodinâmico que sofre três transformações sucessivas: XY, YZ e ZX.

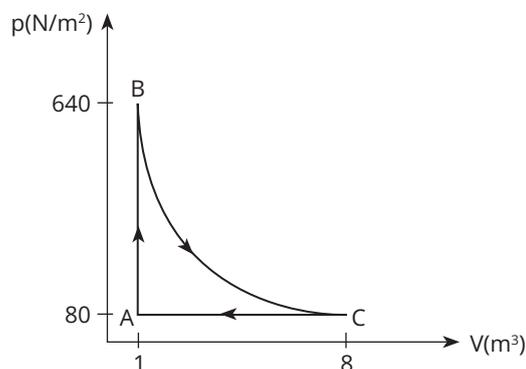


O trabalho total realizado pelo sistema após as três transformações é igual a:

- a) 0
- b)  $1,6 \cdot 10^5 \text{ J}$
- c)  $2,0 \cdot 10^5 \text{ J}$
- d)  $3,2 \cdot 10^5 \text{ J}$
- e)  $4,8 \cdot 10^5 \text{ J}$

○ 19. (UFRGS) A figura a seguir apresenta um diagrama  $p \times V$  que ilustra um ciclo termodinâmico de um gás ideal. Esse ciclo, com a realização de trabalho de 750 J, ocorre em três processos sucessivos.

No processo AB, o sistema sofre um aumento de pressão mantendo o volume constante; no processo BC, o sistema se expande mantendo a temperatura constante e diminuindo a pressão; e, finalmente, no processo CA, o sistema retorna ao estado inicial sem variar a pressão.

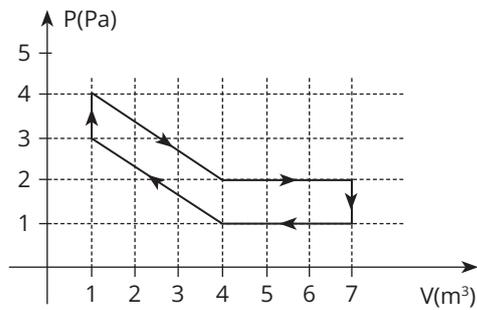


O trabalho realizado no processo BC e a relação entre as temperaturas  $T_A$  e  $T_B$  são, respectivamente:

- a) 1.310 J e  $T_A = T_B/8$ .
- b) 1.310 J e  $T_A = 8T_B$ .
- c) 560 J e  $T_A = T_B/8$ .
- d) 190 J e  $T_A = T_B/8$ .
- e) 190 J e  $T_A = 8T_B$ .



○ 20. (UFRGS) O gráfico a seguir representa o ciclo de uma máquina térmica ideal.



O trabalho total realizado em um ciclo é:

- a) 0 J
- b) 3,0 J
- c) 4,5 J
- d) 6,0 J
- e) 9,0 J

○ 21. (UFSM) Além de contribuir para a análise das condições de saúde, a tecnologia é um meio para promover bem-estar.

O condicionador de ar é uma máquina térmica e funciona com um ciclo termodinâmico que possui quatro processos, sendo dois adiabáticos. Numa \_\_\_\_\_ adiabática de um gás ideal, o trabalho realizado contra a vizinhança faz \_\_\_\_\_ a energia interna do gás, provocando um \_\_\_\_\_ na sua temperatura.

Assinale a alternativa que completa corretamente as lacunas.

- a) expansão - diminuir - aumento
- b) compressão - aumentar - abaixamento
- c) expansão - aumentar - abaixamento
- d) compressão - diminuir - aumento
- e) expansão - diminuir - abaixamento

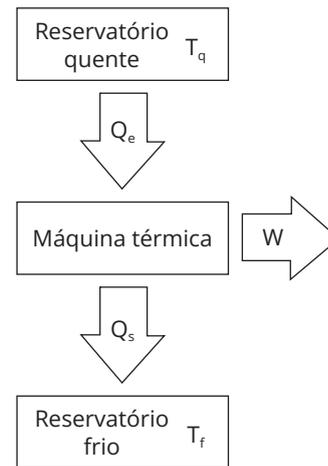
○ 22. (UFRGS) Um projeto propõe a construção de três máquinas térmicas,  $M_1$ ,  $M_2$  e  $M_3$ , que devem operar entre as temperaturas de 250 K e 500 K, ou seja, que tenham rendimento ideal igual a 50%. Em cada ciclo de funcionamento, o calor absorvido por todas é o mesmo:  $Q = 20$  kJ, mas espera-se que cada uma delas realize o trabalho  $W$  mostrado na tabela abaixo.

Máquina	W
$M_1$	20 kJ
$M_2$	12 kJ
$M_3$	8 kJ

De acordo com a segunda lei da termodinâmica, verifica-se que somente é possível a construção da(s) máquina(s):

- a)  $M_1$ .
- b)  $M_2$ .
- c)  $M_3$ .
- d)  $M_1$  e  $M_2$ .
- e)  $M_2$  e  $M_3$ .

○ 23. (UFRGS) Uma máquina térmica, representada na figura abaixo, opera na sua máxima eficiência, extraíndo calor de um reservatório em temperatura  $T_q = 527^\circ\text{C}$  e liberando calor para um reservatório em temperatura  $T_f = 327^\circ\text{C}$ .



Para realizar um trabalho ( $w$ ) de 600 J, o calor absorvido deve ser de:

- a) 2.400 J
- b) 1.800 J
- c) 1.581 J
- d) 967 J
- e) 800 J



○ 24. (UFRGS) Uma máquina de Carnot apresenta um rendimento de 40%, e a temperatura de sua fonte quente é de 500 K. A máquina opera em uma potência 4,2 kW e efetua 10 ciclos por segundo.

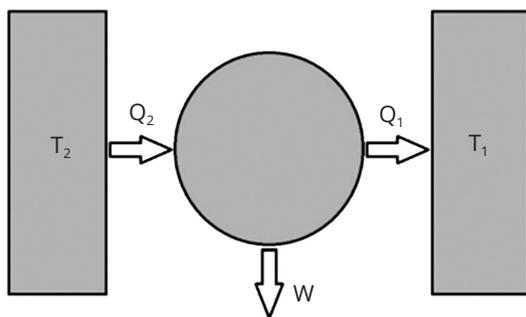
Qual é a temperatura de sua fonte fria e o trabalho que a máquina realiza a cada ciclo?

- a) 200 K - 42 J
- b) 200 K - 420 J
- c) 200 K - 42.000 J
- d) 300 K - 42 J
- e) 300 K - 420 J

○ 25. (UFSM) Uma máquina térmica retira  $4 \times 10^6$  J de energia da fonte quente dos quais  $3 \times 10^6$  J são transferidos para a fonte fria. O rendimento dessa máquina é de

- a) 100%
- b) 75%
- c) 50%
- d) 25%
- e) 0%

○ 26. (UFRGS) Considere a máquina térmica representada na figura abaixo.



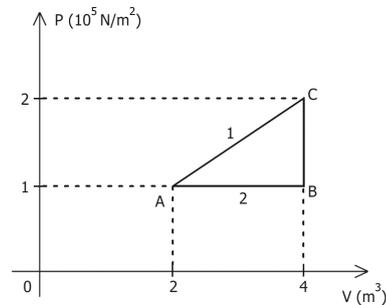
Em um ciclo da máquina,  $Q_1$  e  $Q_2$  são, respectivamente, as quantidades de calor adicionadas ao banho térmico  $T_1$  e retiradas do banho térmico  $T_2 > T_1$ , e  $W$  é o trabalho realizado pela máquina. Se o trabalho é positivo, então algumas das possibilidades para as quantidades de calor envolvidas são:

- 1.  $Q_2 > Q_1 > 0$
- 2.  $Q_1 > Q_2 > 0$
- 3.  $Q_1 < 0; Q_2 > 0$

Assinale a alternativa que descreve as possibilidades fisicamente corretas.

- a) Apenas 1.
- b) Apenas 2.
- c) Apenas 3.
- d) Apenas 1 e 2.
- e) 1, 2 e 3.

○ 27. (UFSM) A figura representa um processo cíclico de um gás ideal no diagrama Pressão x Volume.



Sobre esse processo, são feitas as afirmativas:

I - O ciclo corresponde a um refrigerador se for percorrido de  $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow A$ .

II - A variação na energia interna do gás, quando ele passa do estado A para o estado C, é maior no processo direto 1 do que no processo indireto 2.

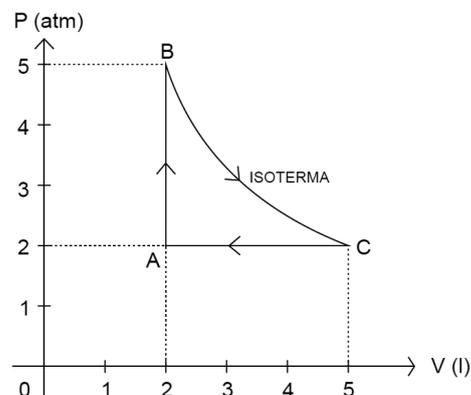
III - O trabalho realizado pelo gás no processo direto  $A \rightarrow B$  é de

$2 \times 10^5$  J.

Está(ão) correta(s)

- a) apenas I.
- b) apenas II.
- c) apenas III.
- d) apenas I e II.
- e) apenas I e III.

○ 28. (UFSM) Heron de Alexandria, em seu livro Pneumática, do século I a.C, descreve máquinas que utilizavam a expansão térmica do ar para movimentar brinquedos, abrir portas ou sugar água. Somente no século XIX, surge o conceito de gás ideal e de temperatura absoluta. Numa máquina térmica, uma amostra de gás ideal realiza, em um ciclo, as transformações indicadas no diagrama PV.



É possível, então, afirmar:

I - Na transformação de A para B, existe passagem de energia da vizinhança para a amostra de gás por trabalho.

II - Na transformação de B para C, não existe troca de energia entre a vizinhança e a amostra de gás por calor.

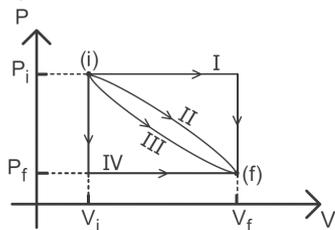
III - Na transformação de C para A, existe passagem de energia da

vizinhança para a amostra de gás por trabalho.

Está(ão) correta(s)

- a) apenas I.
- b) apenas II.
- c) apenas III.
- d) apenas I e II.
- e) apenas II e III.

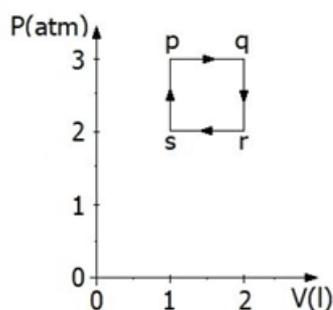
○ 29. (UFSM) Sob trocas controladas de energia na forma de calor e de trabalho, um gás passa de um estado de equilíbrio inicial (i), caracterizado pelo volume  $V_i$  e pela pressão  $P_i$ , para um estado de equilíbrio final (f), caracterizado pelo volume  $V_f$  e pressão  $P_f$ .



Comparando as quatro maneiras de realizar essa transformação termodinâmica, que são apresentadas no diagrama P - V da figura, pode-se afirmar que a variação de energia interna do gás

- a) é maior no caminho I.
- b) é maior no caminho II.
- c) é maior no caminho III.
- d) é maior no caminho IV.
- e) independe do caminho.

○ 30. (UFRGS 2024) A pressão de um litro (1l) de um gás ideal contido em um recipiente é 3 atm, e sua temperatura é de 300 K. A figura abaixo mostra que o gás, partindo do estado inicial p, de temperatura igual a 300 K, é submetido a um ciclo de transformações reversíveis, nos sentidos indicados pelas setas, e retorna ao estado inicial.



Considere  $1\text{ l} \times 1\text{ atm} = 101,3\text{ J}$ . Assinale a alternativa que preenche corretamente as lacunas do enunciado abaixo, na ordem em que aparecem. O trabalho líquido realizado pelo gás no ciclo completo vale ..... , e a temperatura do gás no estado r é .....

- a) 303,9 J - 600 K
- b) 202,6 J - 200 K
- c) 101,3 J - 200 K
- d) 101,3 J - 400 K
- e) -202,6 J - 400 K

○ 31. (UFRGS 2024) Considere as afirmações abaixo, sobre propriedades térmicas e processos térmicos.

I - A energia interna de um gás ideal depende apenas da temperatura e do número de partículas do gás.

II - Todos os materiais expandem-se quando aquecidos.

III - Um aumento de pressão acarreta um aumento na temperatura de ebulição, no processo de vaporização de uma substância.

Quais estão corretas?

- a) Apenas I.
- b) Apenas II.
- c) Apenas I e III.
- d) Apenas II e III.
- e) I, II e III.



# HABILIDADES À PROVA 7

## » Oscilações

○ 1. (ENEM) Um enfeite para berço é constituído de um aro metálico com um ursinho pendurado, que gira com velocidade angular constante. O aro permanece orientado na horizontal, de forma que o movimento do ursinho seja projetado na parede pela sua sombra. Enquanto o ursinho gira, sua sombra descreve um movimento:

- a) circular uniforme.
- b) retilíneo uniforme.
- c) retilíneo harmônico simples.
- d) circular uniformemente variado.
- e) retilíneo uniformemente variado.

○ 2. (ENEM) Christiaan Huygens, em 1656, criou o relógio de pêndulo. Nesse dispositivo, a pontualidade baseia-se na regularidade das pequenas oscilações do pêndulo. Para manter a precisão desse relógio, diversos problemas foram contornados. Por exemplo, a haste passou por ajustes, até que, no início do século XX, houve uma inovação, que foi sua fabricação usando uma liga metálica que se comporta regularmente em um largo intervalo de temperaturas.

YODER, J. G. Unrolling Time: Christiaan Huygens and the mathematization of nature. Cambridge: Cambridge University Press, 2004 (adaptado).

Desprezando a presença de forças dissipativas e considerando a aceleração da gravidade constante, para que esse tipo de relógio realize corretamente a contagem do tempo, é necessário que o(a):

- a) comprimento da haste seja mantido constante.
- b) massa do corpo suspenso pela haste seja pequena.
- c) material da haste possua alta condutividade térmica.
- d) amplitude da oscilação seja constante a qualquer temperatura.
- e) energia potencial gravitacional do corpo suspenso se mantenha constante.

○ 3. (ENEM) Durante uma aula experimental de física, os estudantes construíram um sistema ressonante com pêndulos simples. As características de cada pêndulo são apresentadas no quadro. Inicialmente, os estudantes colocaram apenas o pêndulo A para oscilar.

Pêndulo	Massa	Comprimento do barbante
A	M	L
1	M	L
2	M/2	2L
3	2M	L/2
4	M/2	L/2
5	2M	L

Quais pêndulos, além desse, passaram também a oscilar?

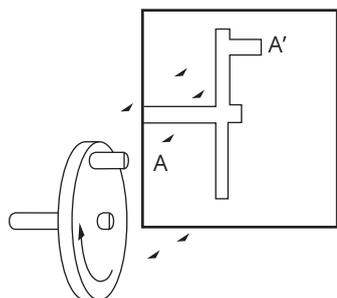
- a) 1, 2, 3, 4 e 5.
- b) 1, 2 e 3.
- c) 1 e 4.
- d) 1 e 5.
- e) 3 e 4.



Anotações:



○ 4. (UFRGS) A figura abaixo representa uma roda, provida de uma manivela, que gira em torno de um eixo horizontal, com velocidade angular  $\omega$  constante. Iluminando-se a roda com feixes paralelos de luz, sua sombra é projetada sobre uma tela suspensa verticalmente. O movimento do ponto  $A'$  da sombra é o resultado da projeção, sobre a tela, do movimento do ponto  $A$  da manivela.



A respeito dessa situação, considere as seguintes afirmações.

- I. O movimento do ponto  $A$  é um movimento circular uniforme com período igual a  $2\pi/\omega$ .
- II. O movimento do ponto  $A'$  é um movimento harmônico simples com período igual a  $2\pi/\omega$ .
- III. O movimento do ponto  $A'$  é uma sequência de movimentos retilíneos uniformes com período igual a  $\pi/\omega$ .

Qual(is) está(ão) correta(s)?

- a) Apenas I.
- b) Apenas II.
- c) Apenas III.
- d) Apenas I e II.
- e) Apenas I e III.

○ 5. (UFRGS) Dois corpos de massas diferentes, cada um preso a uma mola distinta, executam movimentos harmônicos simples de mesma frequência e têm a mesma energia mecânica. Nesse caso:

- a) o corpo de menor massa oscila com menor período.
- b) o corpo de menor massa oscila com maior período.
- c) os corpos oscilam com amplitudes iguais.
- d) o corpo de menor massa oscila com menor amplitude.
- e) o corpo de menor massa oscila com maior amplitude.

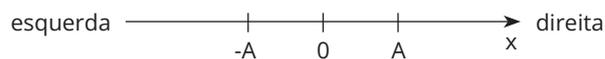
○ 6. (UFRGS) A figura a seguir representa um bloco que, deslizando sem atrito sobre uma superfície horizontal, se choca frontalmente contra a extremidade de uma mola ideal, cuja extremidade oposta está presa a uma parede vertical rígida. Selecione a alternativa que preenche corretamente as lacunas no parágrafo a seguir, na ordem em que elas aparecem.



Durante a etapa de compressão da mola, a energia cinética do bloco ....., e a energia potencial elástica armazenada no sistema massa-mola ..... No ponto de inversão do movimento, a velocidade do bloco é zero, e sua aceleração é .....

- a) aumenta - diminui - zero
- b) diminui - aumenta - máxima
- c) aumenta - diminui - máxima
- d) diminui - aumenta - zero
- e) diminui - diminui - zero

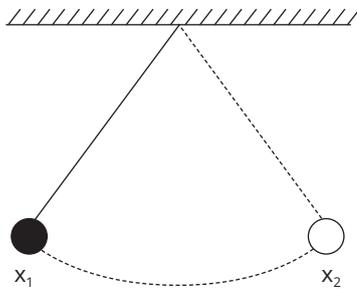
○ 7. (UFRGS) Uma massa  $M$  executa um movimento harmônico simples entre as posições  $x = -A$  e  $x = A$ , conforme representa a figura. Qual das alternativas refere-se corretamente aos módulos e aos sentidos das grandezas velocidade e aceleração da massa  $M$  na posição  $x = -A$ ?



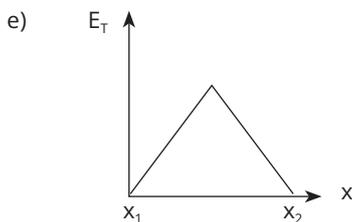
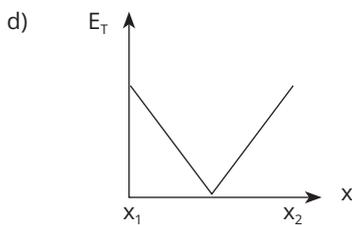
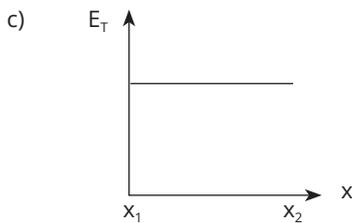
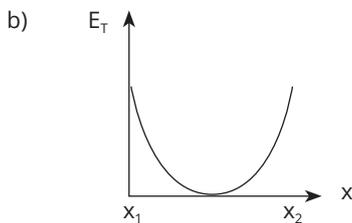
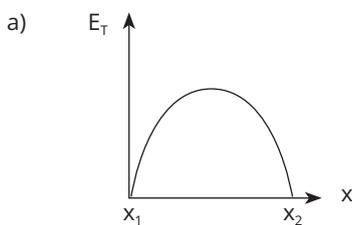
- a) A velocidade é nula; a aceleração é nula.
- b) A velocidade é máxima e aponta para a direita; a aceleração é nula.
- c) A velocidade é nula; a aceleração é máxima e aponta para a direita.
- d) A velocidade é nula; a aceleração é máxima e aponta para a esquerda.
- e) A velocidade é máxima e aponta para a esquerda; a aceleração é máxima e aponta para a direita.



○ 8. (UFRGS) A figura abaixo representa o movimento de um pêndulo que oscila sem atrito entre os pontos  $x_1$  e  $x_2$ .



Qual dos seguintes gráficos melhor representa a energia mecânica total do pêndulo -  $E_T$  - em função de sua posição horizontal?



○ 9 (UFSM) Uma partícula descreve uma trajetória circular com velocidade angular constante. A projeção ortogonal desse movimento sobre um diâmetro da circunferência descrita é um movimento

- a) retilíneo uniforme.
- b) harmônico simples.
- c) retilíneo uniformemente acelerado.
- d) retilíneo uniformemente retardado.
- e) harmônico acelerado.

○ 10. (UFRGS) Assinale a alternativa que preenche corretamente as lacunas do texto abaixo, na ordem em que aparecem.

Um artista do *Cirque du Soleil* oscila, com pequenas amplitudes, pendurado em uma corda de massa desprezível. O artista, posicionado a 5,0 m abaixo do ponto de fixação da corda, oscila como se fosse um pêndulo simples. Nessas condições, o seu período de oscilação é de, aproximadamente, \_\_\_\_ s. Para aumentar o período de oscilação, o artista deve \_\_\_\_ mais na corda.

Considere  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .

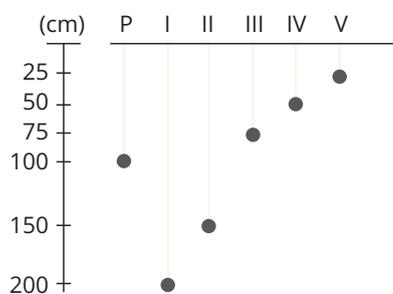
- a)  $2\pi$  - subir
- b)  $\pi\sqrt{2}$  - descer
- c)  $\pi$  - descer
- d)  $\pi/\sqrt{2}$  - subir
- e)  $\pi/2$  - descer

○ 11. (UFRGS) Um determinado pêndulo simples oscila com pequena amplitude em um dado local da superfície terrestre, e seu período de oscilação é de 8s. Reduzindo-se o comprimento desse pêndulo para 1/4 do comprimento original, sem alterar sua localização, é correto afirmar que sua frequência, em Hz, será de:

- a) 2
- b) 1/2
- c) 1/4
- d) 1/8
- e) 1/16



○ 12. (UFRGS) A figura abaixo representa seis pêndulos simples, que estão oscilando em um mesmo local.



O pêndulo P executa uma oscilação completa em 2s. Qual dos outros pêndulos executa uma oscilação completa em 1s?

- a) I
- b) II
- c) III
- d) IV
- e) V

○ 13. (UFRGS) Um pêndulo simples, de comprimento  $L$ , tem um período de oscilação  $T$ , em um determinado local.

Para que o período de oscilação passe a valer  $2T$ , no mesmo local, o comprimento do pêndulo deve ser aumentado em:

- a)  $1L$ .
- b)  $2L$ .
- c)  $3L$ .
- d)  $5L$ .
- e)  $7L$ .

Anotações:



# HABILIDADES À PROVA 8

## » Ondas I

○ 1. (ENEM) Um professor percebeu que seu apontador a laser, de luz monocromática, estava com o brilho pouco intenso. Ele trocou as baterias do apontador e notou que a intensidade luminosa aumentou sem que a cor do laser se alterasse. Sabe-se que a luz é uma onda eletromagnética e que apresenta propriedades como amplitude, comprimento de onda, fase, frequência e velocidade. Entre as propriedades de ondas citadas, aquela associada ao aumento do brilho do laser é:

- a) amplitude.
- b) frequência.
- c) fase da onda.
- d) velocidade da onda.
- e) comprimento de onda

○ 2. (ENEM) Os fornos domésticos de micro-ondas trabalham com uma frequência de ondas eletromagnéticas que atuam fazendo rotacionar as moléculas de água, gordura e açúcar e, conseqüentemente, fazendo com que os alimentos sejam aquecidos. Os telefones sem fio também usam ondas eletromagnéticas na transmissão do sinal. As especificações técnicas desses aparelhos são informadas nos quadros 1 e 2, retirados de seus manuais.

Quadro 1 - Especificações técnicas do telefone	
Frequência de operação	2.409,60 MHz a 2.420,70 MHz
Modulação	FM
Frequência	60 Hz
Potência máxima	1,35 W

Quadro 2 - Especificações técnicas do forno de micro-ondas	
Capacidade	31 litros
Frequência	60 Hz
Potência de saída	1.000 W
Frequência dos micro-ondas	2.450 MHz

O motivo de a radiação do telefone não aquecer como a do micro-ondas é que:

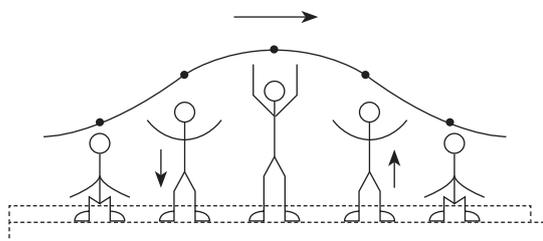
- a) o ambiente no qual o telefone funciona é aberto.
- b) a frequência de alimentação é 60 Hz para os dois aparelhos.
- c) a potência do telefone sem fio é menor que a do forno.
- d) o interior do forno reflete as micro-ondas e as concentra.
- e) a modulação das ondas no forno é maior do que no telefone.

○ 3. (ENEM) Em um dia de chuva muito forte, constatou-se uma goteira sobre o centro de uma piscina coberta, formando um padrão de ondas circulares. Nessa situação, observou-se que caíam duas gotas a cada segundo. A distância entre duas cristas consecutivas era de 25 cm, e cada uma delas se aproximava da borda da piscina com velocidade de 1,0 m/s. Após algum tempo, a chuva diminuiu, e a goteira passou a cair uma vez por segundo.

Com a diminuição da chuva, a distância entre as cristas e a velocidade de propagação da onda se tornaram, respectivamente:

- a) maior que 25 cm - maior que 1,0 m/s
- b) maior que 25 cm - igual a 1,0 m/s
- c) menor que 25 cm - menor que 1,0 m/s
- d) menor que 25 cm - igual a 1,0 m/s
- e) igual a 25 cm - igual a 1,0 m/s

○ 4. (ENEM) Uma manifestação comum das torcidas em estádios de futebol é a *ola mexicana*. Os espectadores de uma linha, sem saírem do lugar e sem se deslocarem lateralmente, ficam de pé e se sentam, sincronizados com os da linha adjacente. O efeito coletivo se propaga pelos espectadores do estádio, formando uma onda progressiva, conforme ilustração.



Calcula-se que a velocidade de propagação dessa "onda humana" é 45 km/h e que cada período de oscilação contém 16 pessoas, que se levantam e sentam organizadamente distanciadas entre si por 80 cm.

Disponível em: [www.ufsm.br](http://www.ufsm.br). Acesso em: 7 dez. 2012 (adaptado).

Nessa *ola mexicana*, a frequência da onda, em hertz, é um valor mais próximo de:

- a) 0,3
- b) 0,5
- c) 1,0
- d) 1,9
- e) 3,7



○ 5. (ENEM) Na câmara de cozimento de um forno de micro-ondas, a flutuação do campo elétrico é adequada para o aquecimento da água. Esse tipo de forno utiliza micro-ondas com frequência de 2,45 GHz para alterar a orientação das moléculas de água bilhões de vezes a cada segundo. Essa foi a frequência escolhida, porque ela não é usada em comunicações e também porque dá às moléculas de água o tempo necessário para completar uma rotação. Dessa forma, um forno de micro-ondas funciona através do processo de ressonância, transferindo energia para os alimentos.

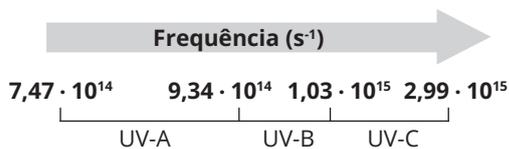
TORRES, C. M. A. et al. *Física: ciência e tecnologia*. São Paulo: Moderna, 2001 (adaptado).

Sabendo que a velocidade de propagação das ondas eletromagnéticas no meio é de cerca de  $3 \cdot 10^8$  m/s, qual é, aproximadamente, o comprimento de onda da micro-onda presente no forno, em cm?

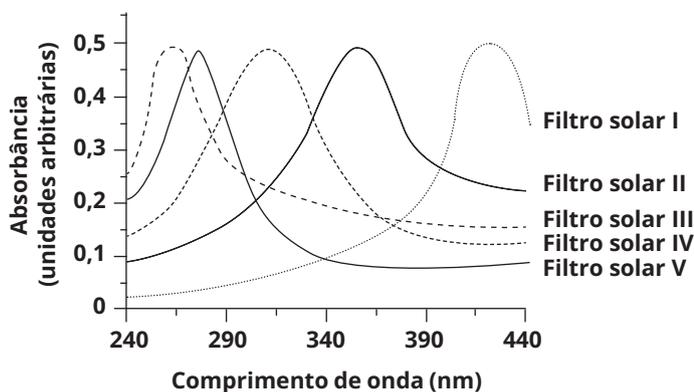
- a) 0,12
- b) 1,22
- c) 8,17
- d) 12,2
- e) 817



○ 6. (ENEM) A radiação ultravioleta (UV) é dividida, de acordo com três faixas de frequência, em UV-A, UV-B e UV-C, conforme a figura.



Para selecionar um filtro solar que apresente absorção máxima na faixa UV-B, uma pessoa analisou os espectros de absorção da radiação UV de cinco filtros solares:



Considere: velocidade da luz =  $3,0 \cdot 10^8$  m/s e  $1 \text{ nm} = 1,0 \cdot 10^{-9}$  m.

O filtro solar que a pessoa deve selecionar é o:

- a) V
- b) IV
- c) III
- d) II
- e) I



○ 7. (ENEM) O eletrocardiograma é um exame cardíaco que mede a intensidade dos sinais elétricos advindos do coração. A imagem apresenta o resultado típico obtido em um paciente saudável e a intensidade do sinal ( $V_{EC}$ ) em função do tempo.



De acordo com o eletrocardiograma apresentado, qual foi o número de batimentos cardíacos por minuto desse paciente durante o exame?

- a) 30
- b) 60
- c) 100
- d) 120
- e) 180

○ 8. (UFSM) Quando o badalo bate num sino e o faz vibrar comprimindo e rarefazendo o ar nas suas proximidades, produz-se uma onda sonora. As ondas sonoras no ar são \_\_\_\_\_ e \_\_\_\_\_. A velocidade das ondas sonoras em outro meio é \_\_\_\_\_.

Selecione a alternativa que preenche corretamente as lacunas.

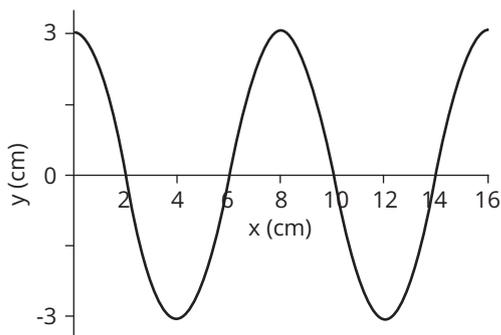
- a) eletromagnéticas - transversais - igual
- b) mecânicas - longitudinais - igual
- c) mecânicas - transversais - diferente
- d) eletromagnéticas - longitudinais - igual
- e) mecânicas - longitudinais - diferente



**Instrução:** Observe o enunciado e o gráfico abaixo para responder às questões 9 e 10.

Uma onda transversal propaga-se com velocidade de 12 m/s numa corda tensionada.

O gráfico abaixo representa a configuração dessa onda na corda, em um dado instante de tempo.



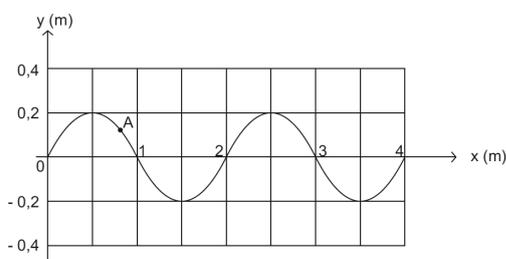
○ 9. (UFRGS) A frequência da onda, em Hz, é igual a:

- a) 2/3.
- b) 3/2.
- c) 200/3.
- d) 96.
- e) 150.

○ 10. (UFRGS) O comprimento de onda e a amplitude dessa onda transversal são, respectivamente:

- a) 4 cm e 3 cm.
- b) 4 cm e 6 cm.
- c) 6 cm e 3 cm.
- d) 8 cm e 3 cm.
- e) 8 cm e 6 cm.

○ 11. (UFMS) Uma onda harmônica se propaga numa corda esticada. A figura representa parte dessa onda. O ponto A descreve um MHS com período de meio segundo. O módulo da velocidade de propagação da onda, em m/s, é



- a) 0,5
- b) 0,8
- c) 1,0
- d) 2,0
- e) 4,0

○ 12. (UFRGS) Considere as seguintes afirmações sobre ondas eletromagnéticas.

- I. Frequências de ondas de rádio são menores que frequências da luz visível.
- II. Comprimentos de onda de micro-ondas são maiores que comprimentos de onda da luz visível.
- III. Energias de ondas de rádio são menores que energias de micro-ondas.

Qual(is) está(ão) correta(s)?

- a) Apenas I.
- b) Apenas II.
- c) Apenas III.
- d) Apenas II e III.
- e) I, II e III.

○ 13. (UFRGS) São exemplos de ondas os raios X, os raios gama, as ondas de rádio, as ondas sonoras e as ondas de luz. Cada um desses cinco tipos de onda difere, de algum modo, dos demais.

Qual das alternativas apresenta uma afirmação que diferencia corretamente o tipo de onda referido das demais ondas acima citadas?

- a) Raios X são as únicas ondas que não são visíveis.
- b) Raios gama são as únicas ondas transversais.
- c) Ondas de rádio são as únicas ondas que transportam energia.
- d) Ondas sonoras são as únicas ondas longitudinais.
- e) Ondas de luz são as únicas ondas que se propagam no vácuo com velocidade de 300.000 km/s.

○ 14. (UFRGS) Em qual das alternativas abaixo as radiações eletromagnéticas mencionadas encontram-se em ordem crescente de suas frequências?

- a) Luz visível, raios X e infravermelho.
- b) Raios X, infravermelho e ondas de rádio.
- c) Raios gama, luz visível e micro-ondas.
- d) Raios gama, micro-ondas e raios X.
- e) Ondas de rádio, luz visível e raios X.



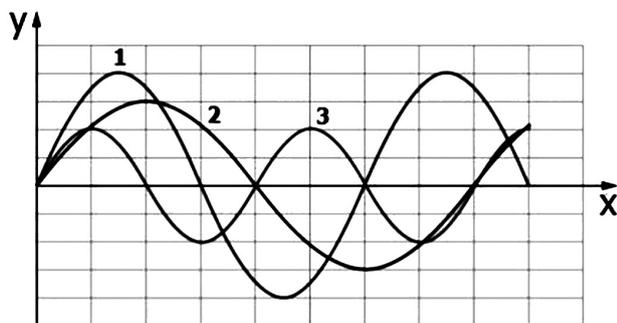
○ 15. (UFRGS) Um trem de ondas senoidais, gerado por um dispositivo mecânico oscilante, propaga-se ao longo de uma corda. A tabela abaixo descreve quatro grandezas que caracterizam essas ondas mecânicas.

Grandeza	Descrição
1	Número de oscilações completas por segundo de um ponto da corda.
2	Duração de uma oscilação completa de um ponto da corda.
3	Distância que a onda percorre durante uma oscilação completa.
4	Deslocamento máximo de um ponto da corda.

As grandezas 1, 2, 3 e 4 são denominadas, respectivamente:

- a) frequência - fase - amplitude - comprimento de onda
- b) fase - frequência - comprimento de onda - amplitude
- c) período - frequência - velocidade de propagação - amplitude
- d) período - frequência - amplitude - comprimento de onda
- e) frequência - período - comprimento de onda - amplitude

○ 16. (UFRGS) Em uma corda esticada com certa tensão constante, três ondas são enviadas separadamente. A figura abaixo representa as ondas, identificadas por 1, 2 e 3.



As razões entre os comprimentos de onda  $\lambda_1/\lambda_2$ ,  $\lambda_1/\lambda_3$  e  $\lambda_2/\lambda_3$  dessas ondas são, respectivamente:

- a)  $4/3$ ,  $2/3$ ,  $1/2$ .
- b)  $4/3$ ,  $3/2$ ,  $1/2$ .
- c)  $3/4$ ,  $2/3$ ,  $2$ .
- d)  $3/4$ ,  $3/2$ ,  $2$ .
- e)  $3/4$ ,  $3/2$ ,  $1/2$ .

○ 17. (UFRGS) As ondas mecânicas no interior de meios fluidos \_\_\_\_\_; as ondas mecânicas no interior de meios sólidos \_\_\_\_\_; as ondas luminosas, propagando-se no espaço livre entre o Sol e a Terra, \_\_\_\_\_.

Qual das alternativas preenche corretamente, na ordem, as lacunas?

- a) são somente longitudinais - podem ser transversais - são somente transversais
- b) são somente longitudinais - não podem ser transversais - são somente transversais
- c) podem ser transversais - são somente longitudinais - são somente longitudinais
- d) são somente transversais - podem ser longitudinais - são somente longitudinais
- e) são somente transversais - são somente longitudinais - são somente transversais

○ 18. (UFSM 2024) Para monitorar o espaço aéreo amazônico, os órgãos de defesa do Brasil criaram o SIVAM (Sistema de Vigilância da Amazônia). Dentre os meios tecnológicos disponíveis nesse sistema, há um conjunto de radares para coleta de informações meteorológicas e de tráfego aéreo. O radar é um aparelho de detecção e localização que usa ondas de rádio.

Parte das ondas emitidas se reflete no alvo e volta a um receptor, que analisa e determina as características e a localização do alvo. Em relação a esse contexto, considere as afirmativas a seguir.

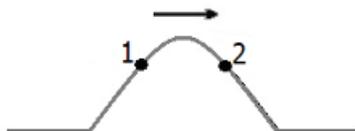
- I → As ondas de rádio e as ondas sonoras têm a mesma natureza.
- II → As ondas de rádio diferem das ondas luminosas pela frequência e pelo comprimento de onda.
- III → Nas ondas de rádio, campos elétricos e magnéticos oscilam perpendicularmente à direção de propagação das ondas.

Está(ão) correta(s)

- a) apenas I.
- b) apenas II.
- c) apenas III.
- d) apenas I e II.
- e) apenas II e III.



○ 19. (UFRGS 2024) A figura abaixo representa, em dado instante, um pulso que se desloca para a direita em uma corda.



Entre os pares de setas nas alternativas abaixo, qual deles melhor representa a direção e o sentido dos movimentos dos pontos 1 e 2, respectivamente, nesse instante?



a)



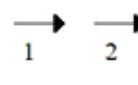
b)



c)



d)



e)

○ 20. (UFSM 2024) No final do século XX, surge a www (World Wide Web) que estabelece a possibilidade de comunicação quase instantânea com imagens e sons.

As ondas eletromagnéticas que carregam a informação têm velocidade de propagação de aproximadamente  $3 \times 10^8$  m/s. Se o satélite de comunicação opera na frequência de  $1,5 \times 10^{10}$  Hz, o comprimento de onda, em m, é de

- a)  $4,5 \times 10^{18}$ .
- b)  $2,0 \times 10^{18}$ .
- c)  $4,5 \times 10^2$ .
- d)  $4,5 \times 10^{-2}$ .
- e)  $2,0 \times 10^{-2}$ .

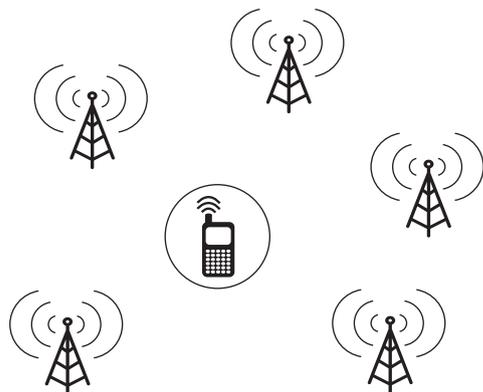
Anotações:



# HABILIDADES À PROVA 9

## » Ondas II

○ **1. (ENEM)** Para obter a posição de um telefone celular, a polícia baseia-se em informações do tempo de resposta do aparelho em relação às torres de celular da região de onde se originou a ligação. Em uma região, um aparelho está na área de cobertura de cinco torres, conforme o esquema.



Considerando que as torres e o celular são puntiformes e que estão sob o mesmo plano, qual o número mínimo de torres necessárias para se localizar a posição do telefone celular que originou a ligação?

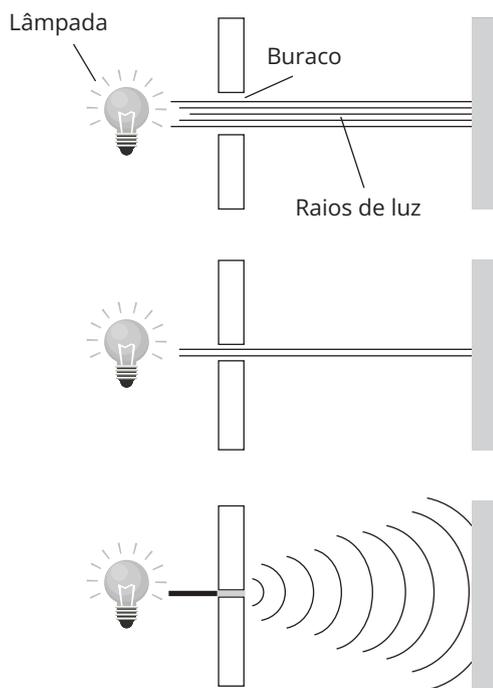
- a) Uma.
- b) Duas.
- c) Três.
- d) Quatro.
- e) Cinco.

○ **2. (ENEM)** Ao assistir a uma apresentação musical, um músico que estava na plateia percebeu que conseguia ouvir quase perfeitamente o som da banda, perdendo um pouco de nitidez nas notas mais agudas. Ele verificou que havia muitas pessoas bem mais altas à sua frente, bloqueando a visão direta do palco e o acesso aos alto-falantes. Sabe-se que a velocidade do som no ar é 340 m/s e que a região de frequências das notas emitidas é de, aproximadamente, 20 Hz a 4.000 Hz.

Qual fenômeno ondulatório é o principal responsável para que o músico percebesse essa diferenciação do som?

- a) Difração.
- b) Reflexão.
- c) Refração.
- d) Atenuação.
- e) Interferência.

○ **3. (ENEM)** Ao diminuir o tamanho de um orifício atravessado por um feixe de luz, passa menos luz por intervalo de tempo, e, próximo da situação de completo fechamento do orifício, verifica-se que a luz apresenta um comportamento como os ilustrados nas figuras. Sabe-se que o som, dentro de suas particularidades, também pode se comportar dessa forma.



FIOLHAIS, C. *Física divertida*. Brasília: UnB, 2000 (adaptado).

Em qual das situações a seguir está representado o fenômeno descrito no texto?

- a) Ao se esconder atrás de um muro, um menino ouve a conversa de seus colegas.
- b) Ao gritar diante de um desfiladeiro, uma pessoa ouve a repetição do seu próprio grito.
- c) Ao encostar o ouvido no chão, um homem percebe o som de uma locomotiva antes de ouvi-lo pelo ar.
- d) Ao ouvir uma ambulância se aproximando, uma pessoa percebe o som mais agudo do que quando aquela se afasta.
- e) Ao emitir uma nota musical muito aguda, uma cantora de ópera faz com que uma taça de cristal se despedace.



○ 4. (ENEM) Ao sintonizarmos uma estação de rádio ou um canal de TV em um aparelho, estamos alterando algumas características elétricas de seu circuito receptor. Das inúmeras ondas eletromagnéticas que chegam simultaneamente ao receptor, somente aquelas que oscilam com determinada frequência resultarão em máxima absorção de energia.

O fenômeno descrito é a:

- a) difração.
- b) refração.
- c) polarização.
- d) interferência.
- e) ressonância.

○ 5. (ENEM) Alguns cinemas apresentam uma tecnologia em que as imagens dos filmes parecem tridimensionais, baseada na utilização de óculos 3D. Após atravessar cada lente dos óculos, as ondas luminosas, que compõem as imagens do filme, emergem vibrando apenas na direção vertical ou apenas na direção horizontal. Com base nessas informações, o funcionamento dos óculos 3D ocorre por meio do fenômeno ondulatório de:

- a) difração.
- b) dispersão.
- c) reflexão.
- d) refração.
- e) polarização.

○ 6. (ENEM) As moléculas de água são dipolos elétricos que podem se alinhar com o campo elétrico, da mesma forma que uma bússola se alinha com um campo magnético. Quando o campo elétrico oscila, as moléculas de água fazem o mesmo. No forno de micro-ondas, a frequência de oscilação do campo elétrico é igual à frequência natural de rotação das moléculas de água. Assim, a comida é cozida quando o movimento giratório das moléculas de água transfere a energia térmica às moléculas circundantes.

HEWITT, P. *Física conceitual*. Porto Alegre: Bookman, 2002 (adaptado).

A propriedade das ondas que permite, nesse caso, um aumento da energia de rotação das moléculas de água é a:

- a) reflexão.
- b) refração.
- c) ressonância.
- d) superposição.
- e) difração.

○ 7. (ENEM) Um garoto que passeia de carro com seu pai pela cidade, ao ouvir o rádio, percebe que a sua estação de rádio preferida, a 94,9 FM, que opera na banda de frequência de megahertz, tem seu sinal de transmissão superposto pela transmissão de uma rádio pirata de mesma frequência que interfere no sinal da emissora do centro em algumas regiões da cidade. Considerando a situação apresentada, a rádio pirata interfere no sinal da rádio do centro devido à:

- a) atenuação promovida pelo ar nas radiações emitidas.
- b) maior amplitude da radiação emitida pela estação do centro.
- c) diferença de intensidade entre as fontes emissoras de ondas.
- d) menor potência de transmissão das ondas da emissora pirata.
- e) semelhança dos comprimentos de onda das radiações emitidas.

○ 8. (ENEM) Alguns modelos mais modernos de fones de ouvido têm um recurso, denominado "cancelador de ruídos ativo", constituído de um circuito eletrônico que gera um sinal sonoro semelhante ao sinal externo (ruído), exceto pela sua fase oposta. Qual fenômeno físico é responsável pela diminuição do ruído nesses fones de ouvido?

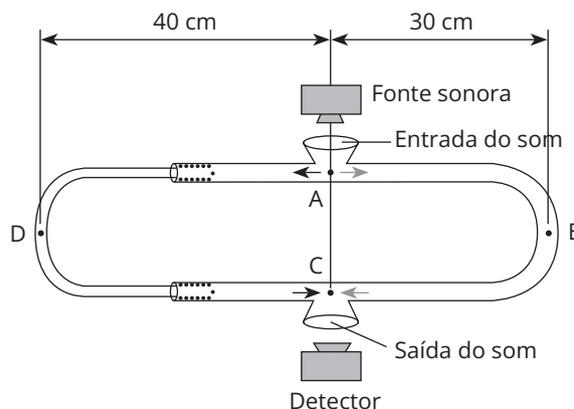
- a) Difração.
- b) Reflexão.
- c) Refração.
- d) Interferência.
- e) Efeito Doppler.

○ 9. (ENEM) Em viagens de avião, é solicitado aos passageiros o desligamento de todos os aparelhos cujo funcionamento envolva a emissão ou a recepção de ondas eletromagnéticas. O procedimento é utilizado para eliminar fontes de radiação que possam interferir nas comunicações via rádio dos pilotos com a torre de controle.

A propriedade das ondas emitidas que justifica o procedimento adotado é o fato de:

- a) terem fases opostas.
- b) serem ambas audíveis.
- c) terem intensidades inversas.
- d) serem de mesma amplitude.
- e) terem frequências próximas.

○ 10. (ENEM) O trombone de Quincke é um dispositivo experimental utilizado para demonstrar o fenômeno da interferência de ondas sonoras. Uma fonte emite ondas sonoras de determinada frequência na entrada do dispositivo. Essas ondas se dividem pelos dois caminhos (ADC e AEC) e se encontram no ponto C, a saída do dispositivo, onde se posiciona um detector. O trajeto ADC pode ser aumentado pelo deslocamento dessa parte do dispositivo. Com o trajeto ADC igual ao AEC, capta-se um som muito intenso na saída. Entretanto, aumentando-se gradativamente o trajeto ADC, até que ele fique como mostrado na figura, a intensidade do som na saída fica praticamente nula. Dessa forma, conhecida a velocidade do som no interior do tubo (320 m/s), é possível determinar o valor da frequência do som produzido pela fonte.

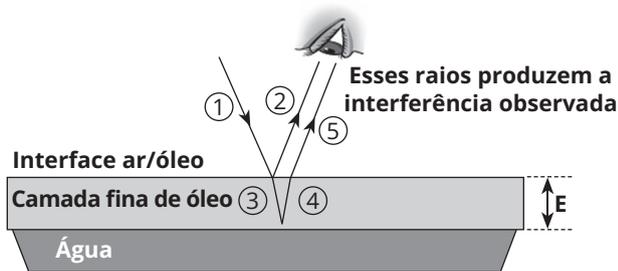


O valor da frequência, em hertz, do som produzido pela fonte sonora é:

- a) 3.200
- b) 1.600
- c) 800
- d) 640
- e) 400



○ 11. (ENEM) Certos tipos de superfícies na natureza podem refletir luz de forma a gerar um efeito de arco-íris. Essa característica é conhecida como iridescência e ocorre por causa do fenômeno da interferência de película fina. A figura ilustra o esquema de uma fina camada iridescente de óleo sobre uma poça d'água. Parte do feixe de luz branca incidente (1) reflete na interface ar/óleo e sofre inversão de fase (2), o que equivale a uma mudança de meio comprimento de onda. A parte refratada do feixe (3) incide na interface óleo/água e sofre reflexão sem inversão de fase (4). O observador indicado enxergará aquela região do filme com coloração equivalente à do comprimento de onda que sofre interferência completamente construtiva entre os raios (2) e (5), mas essa condição só é possível para uma espessura mínima da película. Considere que o caminho percorrido em (3) e (4) corresponde ao dobro da espessura  $E$  da película de óleo.



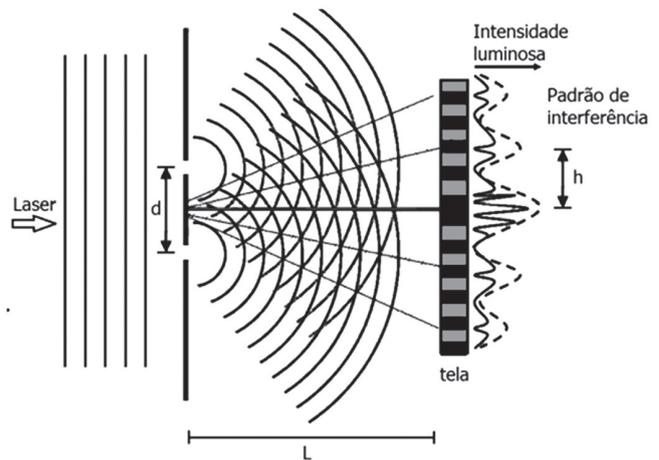
Disponível em: <http://2011.igem.org>. Acesso em: 18 nov. 2014 (adaptado).

Expressa em termos do comprimento de onda ( $\lambda$ ), a espessura mínima é igual a:

- a)  $\lambda/4$
- b)  $\lambda/2$
- c)  $3\lambda/4$
- d)  $\lambda$
- e)  $2\lambda$



○ 12. (UFRGS) Na figura abaixo, está representado um experimento de interferência em fenda dupla:



Um feixe de laser incide sobre duas fendas separadas por  $d = 0,16$  mm. Em uma tela, colocada a uma distância  $L = 5,0$  m das fendas, um padrão de interferência é formado, apresentando máximos separados por  $h = 2$  cm. Na figura, os máximos aparecem como linhas tracejadas.

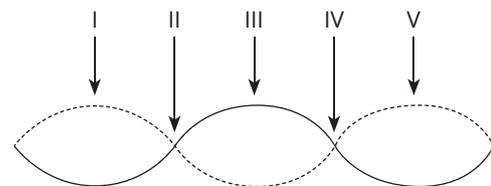
Com esses dados, assinale a alternativa que apresenta o comprimento de onda do laser incidente.

Dado: para ângulos  $\alpha$  muito pequenos, pode-se usar a aproximação  $\text{sen} \alpha \approx \tan \alpha$ .

- a) 320 nm.
- b) 360 nm.
- c) 580 nm.
- d) 640 nm.
- e) 1280 nm.



○ 13. (ENEM) Um experimento para comprovar a natureza ondulatória da radiação de micro-ondas foi realizado da seguinte forma: anotou-se a frequência de operação de um forno de micro-ondas e, em seguida, retirou-se sua plataforma giratória. No seu lugar, colocou-se uma travessa refratária com uma camada grossa de manteiga. Depois disso, o forno foi ligado por alguns segundos. Ao se retirar a travessa refratária do forno, observou-se que havia três pontos de manteiga derretida alinhados sobre toda a travessa. Parte da onda estacionária gerada no interior do forno é ilustrado na figura.



De acordo com a figura, que posições correspondem a dois pontos consecutivos da manteiga derretida?

- a) I e III.
- b) I e V.
- c) II e III.
- d) II e IV.
- e) II e V.



○ **14. (ENEM)** Os fones de ouvido tradicionais transmitem a música diretamente para os nossos ouvidos. Já os modelos dotados de tecnologia redutora de ruído – Cancelamento de Ruído (CR) –, além de transmitirem música, também reduzem todo ruído inconsistente à nossa volta, como o barulho de turbinas de avião e aspiradores de pó. Os fones de ouvido CR não reduzem realmente barulhos irregulares como discursos e choros de bebês. Mesmo assim, a supressão do ronco das turbinas do avião contribui para reduzir a “fadiga de ruído”, um cansaço persistente provocado pela exposição a um barulho alto por horas a fio. Esses aparelhos também permitem que nós ouçamos músicas ou assistamos a vídeos no trem ou no avião a um volume muito menor (e mais seguro).

Disponível em: <http://tecnologia.uol.com.br>. Acesso em: 21 abr. 2015 (adaptado).

A tecnologia redutora de ruído CR utilizada na produção de fones de ouvido baseia-se em qual fenômeno ondulatório?

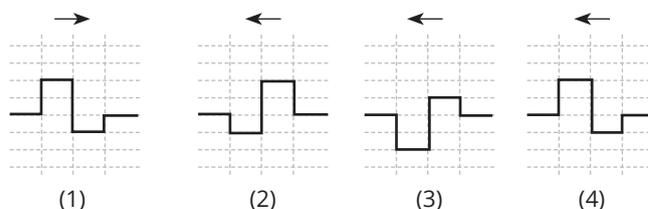
- Absorção.
- Interferência.
- Polarização.
- Reflexão.
- Difração.

○ **15. (UFRGS 2020)** Um bonito efeito de cor pode ser observado quando a luz solar incide sobre finas películas de óleo ou água. Ocorre que, quando um feixe de luz incide sobre a película, ele sofre duas reflexões, uma na superfície anterior e outra na superfície posterior. Assim, esses raios de luz refletidos percorrem diferentes caminhos, e sua superposição resulta em reforço de alguns comprimentos de onda e aniquilação de outros, dando origem às cores observadas. O fenômeno responsável por esse efeito é a:

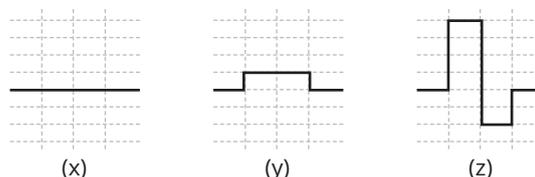
- difração.
- interferência.
- polarização.
- reflexão total.
- refração.

Anotações:

○ **16. (UFRGS 2020)** Na figura abaixo, a onda 1 consiste em um pulso retangular que se propaga horizontalmente para a direita. As ondas 2, 3 e 4 são ondas semelhantes que se propagam para a esquerda ao longo dessa mesma direção.



As figuras abaixo representam interferências que ocorrem quando a onda 1 passa por cada uma das outras ondas.



Assinale a alternativa que preenche corretamente as lacunas do enunciado abaixo, na ordem em que aparecem.

As formas de ondas X, Y e Z resultam, respectivamente, da superposição da onda 1 com as ondas ....., ..... e .....

- 2 – 3 – 4
- 2 – 4 – 3
- 3 – 2 – 4
- 3 – 4 – 2
- 4 – 2 – 3

○ **17. (UFMS)** Um pulso de onda em uma corda \_\_\_\_\_ a fase ao ser refletido em uma extremidade fixa, \_\_\_\_\_ a fase ao ser refletido em uma extremidade livre e \_\_\_\_\_ a fase ao passar de uma corda de menor densidade para outra de maior densidade.

Assinale a sequência que completa corretamente as lacunas.

- inverte - inverte - inverte
- mantém - inverte - mantém
- inverte - mantém - inverte
- mantém - inverte - inverte
- inverte - mantém - mantém



18. (UFRGS) Assinale a alternativa que preenche corretamente as lacunas do enunciado abaixo, na ordem em que aparecem.

A luz é uma onda eletromagnética formada por campos elétricos e magnéticos que variam no tempo e no espaço e que, no vácuo, são \_\_\_\_\_ entre si. Em um feixe de luz polarizada, a direção da polarização é definida como a direção \_\_\_\_\_ da onda.

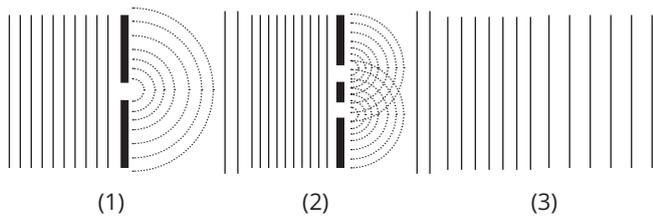
- a) paralelos - do campo elétrico
- b) paralelos - do campo magnético
- c) perpendiculares - de propagação
- d) perpendiculares - do campo elétrico
- e) perpendiculares - do campo magnético

19. (UFRGS) Assinale a alternativa que preenche corretamente as lacunas do texto abaixo, na ordem em que aparecem.

A radiação luminosa emitida por uma lâmpada a vapor de lítio atravessa um bloco de vidro transparente, com índice de refração maior que o do ar. Ao penetrar no bloco de vidro, a radiação luminosa tem sua frequência \_\_\_\_\_. O comprimento de onda da radiação no bloco é \_\_\_\_\_ que no ar, e sua velocidade de propagação é \_\_\_\_\_ que no ar.

- a) alterada - maior - menor
- b) alterada - o mesmo - maior
- c) inalterada - maior - menor
- d) inalterada - menor - menor
- e) inalterada - menor - a mesma

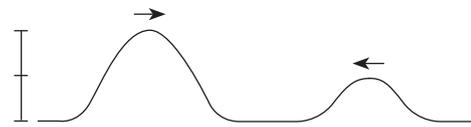
20. (UFRGS) Em cada uma das imagens abaixo, um trem de ondas planas move-se a partir da esquerda.



Os fenômenos ondulatórios apresentados nas figuras 1, 2 e 3 são, respectivamente:

- a) refração - interferência - difração
- b) difração - interferência - refração
- c) interferência - difração - refração
- d) difração - refração - interferência
- e) interferência - refração - difração

21. (UFRGS) A figura a seguir representa dois pulsos produzidos nas extremidades opostas de uma corda.



Assinale a alternativa que melhor representa a situação da corda após o encontro dos dois pulsos.

- a)
- b)
- c)
- d)
- e)

22. (UFRGS) Considere as seguintes afirmações sobre fenômenos ondulatórios e suas características.

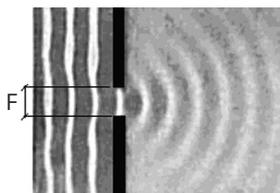
- I. A difração ocorre apenas com ondas sonoras.
- II. A interferência ocorre apenas com ondas eletromagnéticas.
- III. A polarização ocorre apenas com ondas transversais.

Qual(is) está(ão) correta(s)?

- a) Apenas I.
- b) Apenas II.
- c) Apenas III.
- d) Apenas I e II.
- e) I, II e III.



○ 23. (UFRGS) Um trem de ondas planas de comprimento de onda ( $\lambda$ ), que se propaga para a direita em uma cuba com água, incide em um obstáculo que apresenta uma fenda de largura  $F$ . Ao passar pela fenda, o trem de ondas muda sua forma, como se vê na imagem ao lado.



Qual é o fenômeno físico que ocorre com a onda quando ela passa pela fenda?

- a) Difração.
- b) Dispersão.
- c) Interferência.
- d) Reflexão.
- e) Refração.

○ 24. (UFRGS) Duas cordas de violão foram afinadas de modo a produzir a mesma nota musical. Golpeando-se uma delas, observa-se que a outra também oscila, embora com menor intensidade. Esse fenômeno é conhecido por:

- a) batimento.
- b) interferência.
- c) polarização.
- d) ressonância.
- e) refração.

○ 25. (UFRGS) Assinale a alternativa que preenche corretamente as lacunas do parágrafo abaixo.

Cada modo de oscilação da onda estacionária que se forma em uma corda esticada pode ser considerado o resultado da \_\_\_\_\_ de duas ondas senoidais idênticas que se propagam \_\_\_\_\_.

- a) interferência - em sentidos contrários
- b) interferência - no mesmo sentido
- c) polarização - no mesmo sentido
- d) dispersão - no mesmo sentido
- e) dispersão - em sentidos contrários

○ 26. (UFRGS-2020) Uma onda sonora, propagando-se em um meio fluido, com velocidade de módulo 1.440 m/s, sofre reflexão entre duas barreiras de modo a formar nesse meio uma onda estacionária. Se a distância entre dois nós consecutivos dessa onda estacionária é 4,0 cm, a frequência da onda sonora é:

- a) 180 Hz.
- b) 360 Hz.
- c) 1.800 Hz.
- d) 3.600 Hz.
- e) 18.000 Hz.

○ 27. (UFMS) Relacione a primeira com a segunda coluna.

- I - Refração
- II - Difração
- III - Interferência
- IV - Polarização

- ( ) fenômeno responsável pela formação de manchas coloridas em camadas finas de óleo sobre a água
- ( ) fenômeno que ocorre somente com ondas transversais
- ( ) fenômeno que explica como uma onda "contorna" um obstáculo
- ( ) fenômeno em que as ondas mudam de velocidade, ao passar de um meio para outro

A sequência correta é

- a) I - II - III - IV.
- b) II - III - I - IV.
- c) III - IV - I - II.
- d) II - III - IV - I.
- e) III - IV - II - I.

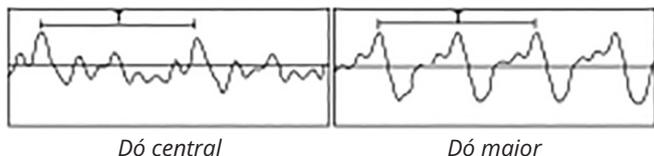
Anotações:



# HABILIDADES À PROVA 10

## » Acústica

○ 1. (ENEM) Em um piano, o *Dó central* e a próxima nota *Dó* (*Dó maior*) apresentam sons parecidos, mas não idênticos. É possível utilizar programas computacionais para expressar o formato dessas ondas sonoras em cada uma das situações como apresentado nas figuras, em que estão indicados intervalos de tempo idênticos (T).



A razão entre as frequências do *Dó central* e do *Dó maior* é de:

- a) 1/2
- b) 2
- c) 1
- d) 1/4
- e) 4

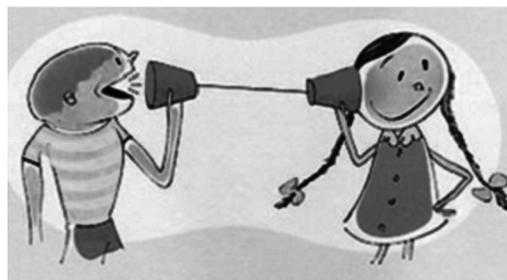


○ 2. (ENEM) A ultrassonografia, também chamada de ecografia, é uma técnica de geração de imagens muito utilizada em medicina. Ela se baseia na reflexão que ocorre quando um pulso de ultrassom, emitido pelo aparelho colocado em contato com a pele, atravessa a superfície que separa um órgão do outro, produzindo ecos que podem ser captados de volta pelo aparelho. Para a observação de detalhes no interior do corpo, os pulsos sonoros emitidos têm frequências altíssimas, de até 30 MHz, ou seja, 30 milhões de oscilações a cada segundo.

A determinação de distâncias entre órgãos do corpo humano feita com esse aparelho fundamenta-se em duas variáveis imprescindíveis:

- a) a intensidade do som produzido pelo aparelho e a frequência desses sons.
- b) a quantidade de luz usada para gerar as imagens no aparelho e a velocidade do som nos tecidos.
- c) a quantidade de pulsos emitidos pelo aparelho a cada segundo e a frequência dos sons emitidos pelo aparelho.
- d) a velocidade do som no interior dos tecidos e o tempo entre os ecos produzidos pelas superfícies dos órgãos.
- e) o tempo entre os ecos produzidos pelos órgãos e a quantidade de pulsos emitidos a cada segundo pelo aparelho.

○ 3. (ENEM) Na era do telefone celular, ainda é possível se comunicar com um sistema bem mais arcaico e talvez mais divertido: o “telefone com copos de plástico e barbante”.



A onda sonora produzida pelo menino faz vibrar o fundo de um copo plástico, em um movimento de vai e vem imperceptível, mas que cria uma perturbação ao longo do barbante esticado. O barbante, por sua vez, conduz o “som” até o outro copo. Essa perturbação faz vibrar o fundo do segundo copo plástico, e a energia veiculada pelo barbante pode, assim, ser restituída sob a forma de uma onda sonora perceptível. Assim, se a menina colocar o ouvido próximo ao outro copo, ela poderá escutar a voz do menino de forma nítida.

Com relação ao assunto tratado no texto e na figura, conclui-se que:

- a) a antena de um telefone celular exerce a mesma função do barbante que une os dois copos de plástico.
- b) o telefone celular utiliza o mesmo princípio do “telefone de copos plásticos e barbante” para transmitir o som.
- c) as ondas do telefone “com copos de plástico e barbante” são ondas eletromagnéticas, portanto, elas não precisam de um meio material para se propagar.
- d) o segredo para o telefone “com copos de plástico e barbante” funcionar está no barbante que une os dois fundos dos copos e conduz ondas mecânicas de um copo para o outro.
- e) a voz é um sinal complexo constituído de ondas sonoras de mesma frequência. Por esse motivo, o receptor pode ouvir o emissor através da onda se propagando no fio do telefone “com copos de plástico e barbante”.



○ 4. (ENEM) Quando adolescente, as nossas tardes, após as aulas, consistiam em tomar às mãos o violão e o dicionário de acordes de Almir Chediak e desafiar nosso amigo Hamilton a descobrir, apenas ouvindo o acorde, quais notas eram escolhidas. Sempre perdíamos a aposta, ele possui o ouvido absoluto. O ouvido absoluto é uma característica perceptual de poucos indivíduos capazes de identificar notas isoladas sem outras referências, isto é, sem precisar relacioná-las com outras notas de uma melodia.

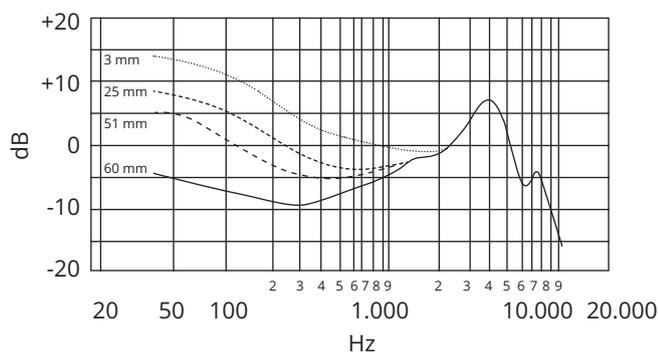
LENT, R. O cérebro do meu professor de acordeão. Disponível em: <http://cienciahoje.uol.com.br>. Acesso em: 15 ago. 2012 (adaptado).

No contexto apresentado, a propriedade física das ondas que permite essa distinção entre as notas é a:

- frequência.
- intensidade.
- forma da onda.
- amplitude da onda.
- velocidade de propagação.

○ 5. (ENEM) A figura 1 apresenta o gráfico da intensidade, em decibéis (dB), da onda sonora emitida por um alto-falante, que está em repouso, e medida por um microfone em função da frequência da onda para diferentes distâncias: 3 mm, 25 mm, 51 mm e 60 mm. A figura 2 apresenta um diagrama com a indicação das diversas faixas do espectro de frequência sonora para o modelo de alto-falante utilizado neste experimento.

**Figura 1**  
Resposta de frequência



Disponível em: [www.batera.com.br](http://www.batera.com.br). Acesso em: 8 fev. 2015.

**Figura 2**  
Faixas do espectro de frequência sonora

Subgrave	Grave	Média baixa	Média	Média alta	Aguda
20 Hz	63 Hz	250 Hz	640 Hz	2,5 kHz	5 kHz
					20 kHz

Disponível em: [www.somsc.com.br](http://www.somsc.com.br). Acesso em: 2 abr. 2015.

Relacionando as informações presentes nas figura 1 e 2, como a intensidade sonora percebida é afetada pelo aumento da distância do microfone ao alto-falante?

- Aumenta na faixa das frequências médias.
- Diminui na faixa das frequências agudas.
- Diminui na faixa das frequências graves.
- Aumenta na faixa das frequências médias altas.
- Aumenta na faixa das frequências médias baixas.

○ 6. (ENEM) Visando reduzir a poluição sonora de uma cidade, a Câmara de Vereadores aprovou uma lei que impõe o limite máximo de 40 dB (decibéis) para o nível sonoro permitido após as 22 horas.

Ao aprovar a referida lei, os vereadores estão limitando qual característica da onda?

- A altura da onda sonora.
- A amplitude da onda sonora.
- A frequência da onda sonora.
- A velocidade da onda sonora.
- O timbre da onda sonora.

○ 7. (ENEM) Para afinar um violão, um músico necessita de uma nota para referência, por exemplo, a nota Lá em um piano. Dessa forma, ele ajusta as cordas do violão até que ambos os instrumentos toquem a mesma nota. Mesmo ouvindo a mesma nota, é possível diferenciar o som emitido pelo piano e pelo violão. Essa diferenciação é possível, porque:

- a ressonância do som emitido pelo piano é maior.
- a potência do som emitido pelo piano é maior.
- a intensidade do som emitido por cada instrumento é diferente.
- o timbre do som produzido por cada instrumento é diferente.
- a amplitude do som emitido por cada instrumento é diferente.

○ 8. (ENEM) Ao ouvir uma flauta e um piano emitindo a mesma nota musical, consegue-se diferenciar esses instrumentos um do outro. Essa diferenciação se deve principalmente ao(à):

- intensidade sonora do som de cada instrumento musical.
- potência sonora do som emitido pelos diferentes instrumentos musicais.
- diferente velocidade de propagação do som emitido por cada instrumento musical.
- timbre do som, que faz com que os formatos das ondas de cada instrumento sejam diferentes.
- altura do som, que possui diferentes frequências para diferentes instrumentos musicais.

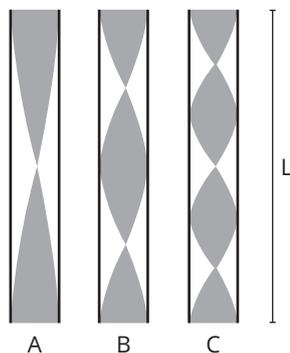


○ **9. (ENEM)** O morcego emite pulsos de curta duração de ondas ultrassônicas, os quais voltam na forma de ecos após atingirem objetos no ambiente, trazendo informações a respeito das suas dimensões, suas localizações e dos seus possíveis movimentos. Isso se dá em razão da sensibilidade do morcego em detectar o tempo gasto para os ecos voltarem, bem como das pequenas variações nas frequências e nas intensidades dos pulsos ultrassônicos. Essas características lhe permitem caçar pequenas presas mesmo quando estão em movimento em relação a si. Considere uma situação unidimensional em que uma mariposa se afasta, em movimento retilíneo e uniforme, de um morcego em repouso.

A distância e a velocidade da mariposa, na situação descrita, seriam detectadas pelo sistema de um morcego por quais alterações nas características dos pulsos ultrassônicos?

- Intensidade diminuída, o tempo de retorno aumentado e a frequência percebida diminuída.
- Intensidade aumentada, o tempo de retorno diminuído e a frequência percebida diminuída.
- Intensidade diminuída, o tempo de retorno diminuído e a frequência percebida aumentada.
- Intensidade diminuída, o tempo de retorno aumentado e a frequência percebida aumentada.
- Intensidade aumentada, o tempo de retorno aumentado e a frequência percebida aumentada.

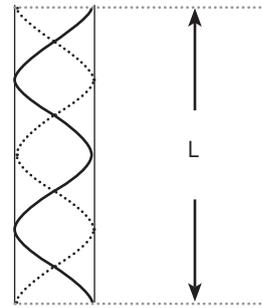
○ **10. (ENEM)** Em uma flauta, as notas musicais possuem frequências e comprimentos de onda ( $\lambda$ ) muito bem definidos. As figuras mostram esquematicamente um tubo de comprimento  $L$ , que representa, de forma simplificada, uma flauta, em que estão representados: em A o primeiro harmônico de uma nota musical (comprimento de onda  $\lambda_A$ ), em B seu segundo harmônico (comprimento de onda  $\lambda_B$ ), e em C seu terceiro harmônico (comprimento de onda  $\lambda_C$ ), em que  $\lambda_A > \lambda_B > \lambda_C$ .



Em função do comprimento do tubo, qual o comprimento de onda da oscilação que forma o próximo harmônico?

- $\frac{L}{4}$
- $\frac{L}{5}$
- $\frac{L}{2}$
- $\frac{L}{8}$
- $\frac{6L}{8}$

○ **11. (UFRGS)** O oboé é um instrumento de sopro que se baseia na física dos tubos sonoros abertos. Um oboé, tocado por um músico, emite uma nota *dó*, que forma uma onda estacionária, representada na figura abaixo:



Sabendo-se que o comprimento do oboé é  $L = 66,4$  cm, quais são, aproximadamente, o comprimento de onda e a frequência associados a essa nota?

Dado: a velocidade do som é igual a  $340$  m/s.

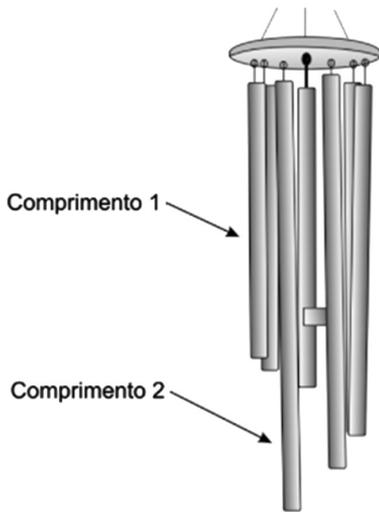
- $66,4$  cm -  $1.024$  Hz
- $33,2$  cm -  $512$  Hz
- $16,6$  cm -  $256$  Hz
- $66,4$  cm -  $113$  Hz
- $33,2$  cm -  $1.024$  Hz

○ **12. (ENEM)** Dois engenheiros estão verificando se uma cavidade perfurada no solo está de acordo com o planejamento de uma obra, cuja profundidade requerida é de  $30$  m. O teste é feito por um dispositivo denominado oscilador de áudio de frequência variável, que permite relacionar a profundidade com os valores da frequência de duas ressonâncias consecutivas, assim como em um tubo sonoro fechado. A menor frequência de ressonância que o aparelho mediu foi  $135$  Hz. Considere que a velocidade do som dentro da cavidade perfurada é de  $360$  m  $s^{-1}$ . Se a profundidade estiver de acordo com o projeto, qual será o valor da próxima frequência de ressonância que será medida?

- $137$  Hz.
- $138$  Hz.
- $141$  Hz.
- $144$  Hz.
- $159$  Hz.



○ 13. (ENEM) O sino dos ventos é composto por várias barras metálicas de mesmo material e espessura, mas de comprimentos diferentes, conforme a figura.



Considere  $f_1$  e  $v_1$ , respectivamente, como a frequência fundamental e a velocidade de propagação do som emitido pela barra de menor comprimento, e  $f_2$  e  $v_2$  são essas mesmas grandezas para o som emitido pela barra de maior comprimento.

As relações entre as frequências fundamentais e entre as velocidades de propagação são, respectivamente:

- a)  $f_1 < f_2$  e  $v_1 < v_2$ .
- b)  $f_1 < f_2$  e  $v_1 = v_2$ .
- c)  $f_1 < f_2$  e  $v_1 > v_2$ .
- d)  $f_1 > f_2$  e  $v_1 = v_2$ .
- e)  $f_1 > f_2$  e  $v_1 > v_2$ .

○ 14. (ENEM) Os radares comuns transmitem micro-ondas que refletem na água, no gelo e em outras partículas na atmosfera. Podem, assim, indicar apenas o tamanho e a distância das partículas, tais como gotas de chuva. O radar Doppler, além disso, é capaz de registrar a velocidade e a direção na qual as partículas se movimentam, fornecendo um quadro do fluxo de ventos em diferentes elevações. Nos Estados Unidos, a Nexrad, uma rede de 158 radares Doppler, montada na década de 1990 pela Diretoria Nacional Oceânica e Atmosférica (NOAA), permite que o Serviço Meteorológico Nacional (NWS) emita alertas sobre situações do tempo potencialmente perigosas com um grau de certeza muito maior. O pulso da onda do radar ao atingir uma gota de chuva, devolve uma pequena parte de sua energia em uma onda de retorno, que chega ao disco do radar antes que ele emita a onda seguinte. Os radares da Nexrad transmitem entre 860 e 1.300 pulsos por segundo, na frequência de 3.000 MHz.

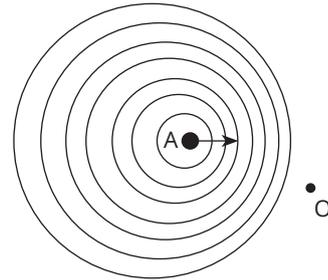
FISCHETTI, M. Radar Meteorológico: Sinta o Vento. Scientific American Brasil, nº 08, São Paulo, jan. 2003.

No radar Doppler, a diferença entre as frequências emitidas e recebidas pelo radar é dada por  $\Delta f = (2u_r/c) f_0$  em que  $u_r$  é a velocidade relativa entre a fonte e o receptor,  $c = 3,0 \cdot 10^8$  m/s é a velocidade da onda eletromagnética, e  $f_0$  é a frequência emitida pela fonte. Qual é a velocidade, em km/h, de uma chuva, para a qual se registra no radar Doppler uma diferença de frequência de 300 Hz?

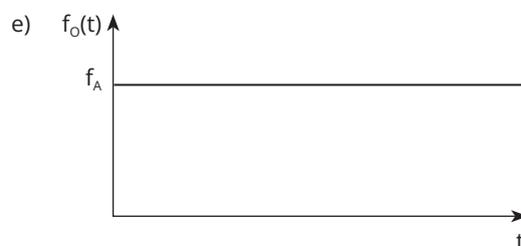
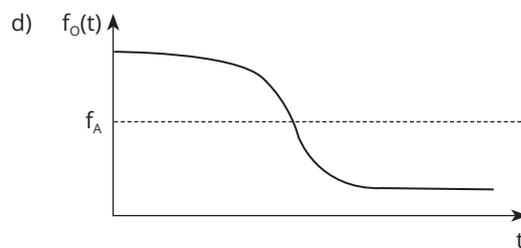
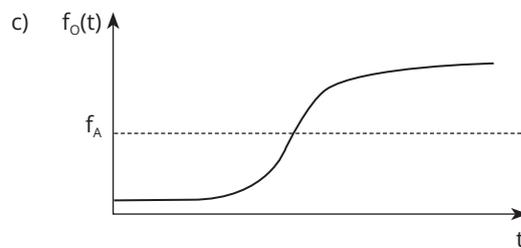
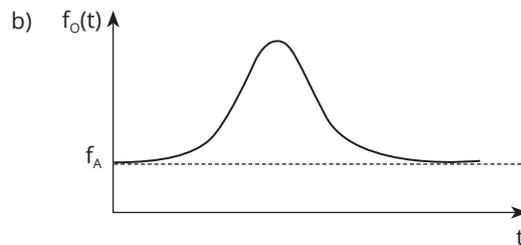
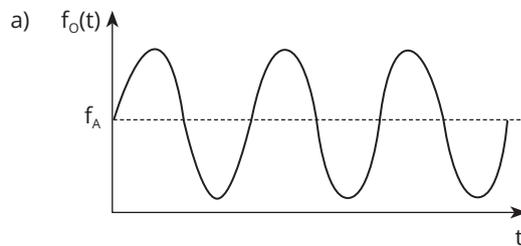
- a) 1,5 km/h
- b) 5,4 km/h
- c) 15 km/h
- d) 54 km/h
- e) 108 km/h

○ 15. (ENEM) Uma ambulância A, em movimento retilíneo e uniforme, aproxima-se de um observador O, em repouso. A sirene emite um som de frequência constante  $f_A$ . O desenho ilustra as frentes de onda do som emitido pela ambulância.

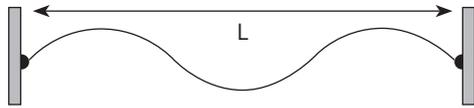
O observador possui um detector que consegue registrar, no esboço de um gráfico, a frequência da onda sonora detectada em função do tempo  $f_o(t)$ , antes e depois da passagem da ambulância por ele.



Qual esboço gráfico representa a frequência  $f_o(t)$  detectada pelo observador?



- 16. (UFRGS) A figura abaixo representa uma onda estacionária produzida em uma corda de comprimento  $L = 50$  cm.



Sabendo que o módulo da velocidade de propagação de ondas nessa corda é  $40$  m/s, a frequência da onda é de:

- a)  $40$  Hz.
- b)  $60$  Hz.
- c)  $80$  Hz.
- d)  $100$  Hz.
- e)  $120$  Hz.

- 17. (UFRGS) Considere as seguintes afirmações a respeito de ondas sonoras.

- I. A onda sonora refletida em uma parede rígida sofre inversão de fase em relação à onda incidente.
- II. A onda sonora refratada na interface de dois meios sofre mudança de frequência em relação à onda incidente.
- III. A onda sonora não pode ser polarizada porque é uma onda longitudinal.

Qual(is) está(ão) correta(s)?

- a) Apenas II.
- b) Apenas III.
- c) Apenas I e II.
- d) Apenas I e III.
- e) Apenas II e III.

- 18. (UFRGS) Percute-se a extremidade de um trilho retilíneo de  $102$  m de comprimento. Na extremidade oposta do trilho, uma pessoa escuta dois sons: um deles produzido pela onda que se propagou no trilho e o outro produzido pela onda que se propagou pelo ar. O intervalo de tempo que separa a chegada dos dois sons é de  $0,28$ s. Considerando a velocidade do som no ar igual a  $340$  m/s, qual é o valor aproximado da velocidade com que o som se propaga no trilho?

- a)  $5.100$  m/s
- b)  $1.760$  m/s
- c)  $364$  m/s
- d)  $176$  m/s
- e)  $51$  m/s

- 19. (UFSM) Dois engenheiros chegam à entrada de uma mina de extração de sal que se encontra em grande atividade. Um deles está portando um decibelímetro e verifica que a intensidade sonora é de  $115$  decibéis. Considerando as qualidades fisiológicas do som, qual é a definição de intensidade sonora?

- a) Velocidade da onda por unidade de área.
- b) Frequência da onda por unidade de tempo.
- c) Potência por unidade de área da frente de onda.
- d) Amplitude por unidade de área da frente de onda.
- e) Energia por unidade de tempo.

- 20. (UFRGS) Selecione a alternativa que preenche corretamente as lacunas no parágrafo a seguir, na ordem em que elas aparecem.

Os radares usados para a medida da velocidade dos automóveis em estradas têm como princípio de funcionamento o chamado efeito Doppler. O radar emite ondas eletromagnéticas que retornam a ele após serem refletidas no automóvel. A velocidade relativa entre o automóvel e o radar é determinada, então, a partir da diferença de ..... entre as ondas emitida e refletida. Em um radar estacionado à beira da estrada, a onda refletida por um automóvel que se aproxima apresenta ..... frequência e ..... velocidade, comparativamente à onda emitida pelo radar.

- a) velocidades - igual - maior
- b) frequências - menor - igual
- c) velocidades - menor - maior
- d) frequências - maior - igual
- e) velocidades - igual - menor

- 21. (UFRGS) A frequência do som emitido pela sirene de certa ambulância é de  $600$  Hz. Um observador em repouso percebe essa frequência como sendo de  $640$  Hz. Considere que a velocidade da onda emitida é de  $1.200$  km/h e que não há obstáculos entre o observador e a ambulância.

Com base nos dados acima, assinale a alternativa que preenche corretamente as lacunas do enunciado abaixo, na ordem em que aparecem.

A ambulância \_\_\_\_\_ do observador com velocidade de \_\_\_\_\_.

- a) afasta-se -  $75$  km/h
- b) afasta-se -  $80$  km/h
- c) afasta-se -  $121$  km/h
- d) aproxima-se -  $80$  km/h
- e) aproxima-se -  $121$  km/h



○ 22. (UFSM) A história da comunicação humana começa com a fala que surge quando gestos, expressões faciais e sons emitidos na pré-história não são mais suficientes.

As ondas sonoras têm origem \_\_\_\_\_, pois são produzidas por \_\_\_\_\_ em um meio elástico. O (A) \_\_\_\_\_ é a qualidade do som que permite diferenciar sons graves de sons agudos.

Assinale a sequência que completa corretamente as lacunas.

- a) mecânica - deformações - timbre
- b) eletromagnética - deformações - altura
- c) mecânica - vibrações - altura
- d) eletromagnética - vibrações - intensidade
- e) mecânica - vibrações - timbre

○ 23. (ENEM) Na tirinha de Mauricio de Sousa, os personagens Cebolinha e Cascão fazem uma brincadeira utilizando duas latas e um barbante. Ao perceberem que o som pode ser transmitido através do barbante, resolvem alterar o comprimento do barbante para ficar cada vez mais extenso. As demais condições permaneceram inalteradas durante a brincadeira.



SOUSA, M. Disponível em: www.monica.com.br. Acesso em: 2 out. 2012 (adaptado).

Na prática, à medida que se aumenta o comprimento do barbante, ocorre a redução de qual característica da onda sonora?

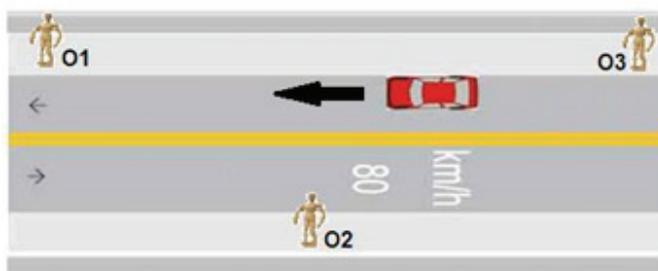
- a) Altura.
- b) Período.
- c) Amplitude.
- d) Velocidade.
- e) Comprimento de onda.

○ 24. (ENEM 2023) No bluetooth é uma tecnologia de comunicação sem fio, de curto alcance, presente em diferentes dispositivos eletrônicos de consumo. Ela permite que aparelhos eletrônicos diferentes se conectem e troquem dados entre si. No padrão bluetooth, denominado de Classe 2, as antenas transmitem sinais de potência igual a 2,4 mW e possibilitam conectar dois dispositivos distanciados até 10 m. Considere que essas antenas se comportam como fontes puntiformes que emitem ondas eletromagnéticas esféricas e que a intensidade do sinal é calculada pela potência por unidade de área. Considere 3 como valor aproximado para  $\pi$ .

Para que o sinal de *bluetooth* seja detectado pelas antenas, o valor mínimo de sua intensidade, em  $W/m^2$ , é mais próximo de

- a)  $2,0 \times 10^{-6}$ .
- b)  $2,0 \times 10^{-5}$ .
- c)  $2,4 \times 10^{-5}$ .
- d)  $2,4 \times 10^{-3}$ .
- e)  $2,4 \times 10^{-1}$ .

○ 25. (UFRGS 2024) A figura abaixo representa um carro movendo-se com velocidade constante e com a buzina tocando. Três observadores, O1, O2 e O3, parados nas calçadas, experienciam o efeito Doppler na frequência do som da buzina.



Seja  $f_1$ ,  $f_2$  e  $f_3$  as frequências percebidas pelos observadores O1, O2 e O3, respectivamente, assinale a alternativa que ordene corretamente as frequências, começando pela menor.

- a)  $f_3 < f_2 < f_1$ .
- b)  $f_1 < f_2 < f_3$ .
- c)  $f_2 < f_3 < f_1$ .
- d)  $f_3 < f_1 < f_2$ .
- e)  $f_2 < f_1 < f_3$ .



# GABARITO

## • Habilidades à prova

---

### Unidade 1

1. C	8. A	15. E	22. C	29. C	
2. B	9. C	16. C	23. E	30. A	36. E
3. D	10. D	17. C	24. C	31. B	37. B
4. C	11. C	18. B	25. D	32. C	38. C
5. B	12. D	19. B	26. B	33. B	39. A
6. B	13. B	20. A	27. C	34. A	40. B
7. C	14. B	21. B	28. B	35. E	41. A

### Unidade 2

1. C	3. B	5. C	7. E
2. B	4. A	6. A	

### Unidade 3

1. D	5. C	9. D	13. D
2. E	6. C	10. A	14. D
3. E	7. D	11. D	15. C
4. B	8. A	12. E	16. D

### Unidade 4

1. C	10. B	19. E	28. D	37. A	46. A
2. B	11. D	20. D	29. D	38. C	47. A
3. C	12. E	21. A	30. C	39. B	
4. D	13. C	22. D	31. A	40. A	
5. C	14. B	23. E	32. B	41. E	
6. A	15. A	24. A	33. C	42. C	
7. B	16. C	25. A	34. B	43. C	
8. A	17. D	26. D	35. E	44. E	
9. E	18. D	27. B	36. C	45. D	

### Unidade 5

1. D	5. E	9. D	13. A
2. E	6. D	10. C	14. B
3. D	7. C	11. C	15. C
4. B	8. E	12. A	16. E



## Unidade 6

1. E	9. E	17. B	25. D
2. C	10. C	18. B	26. A
3. B	11. D	19. A	27. E
4. B	12. C	20. D	28. C
5. C	13. B	21. E	29. E
6. C	14. E	22. C	30. D
7. C	15. D	23. A	31. C
8. D	16. E	24. E	

## Unidade 7

1. C	5. E	9. B	
2. A	6. B	10. B	13. C
3. D	7. C	11. C	
4. D	8. C	12. E	

## Unidade 8

1. A	5. D	9. E	13. D	17. A
2. C	6. B	10. D	14. E	18. E
3. B	7. B	11. E	15. E	19. B
4. C	8. E	12. E	16. D	20. E

## Unidade 9

1. C	7. E	13. A	19. D	
2. A	8. D	14. B	20. B	25. A
3. A	9. E	15. B	21. B	26. E
4. E	10. C	16. C	22. C	27. E
5. E	11. A	17. E	23. A	
6. C	12. D	18. D	24. D	

## Unidade 10

1. A	6. B	11. E	16. E	21. D
2. D	7. D	12. C	17. D	22. C
3. D	8. D	13. D	18. A	23. C
4. A	9. A	14. D	19. C	24. A
5. C	10. C	15. D	20. D	25. A

