

FÍSICA

Termologia - Módulos

- 17 – Estudo dos gases perfeitos
- 18 – Equação de Clapeyron
- 19 – Lei geral dos gases perfeitos e misturas gasosas
- 20 – Gases perfeitos – Exercícios
- 21 – Relações entre energia térmica e energia mecânica
- 22 – 1º Princípio da Termodinâmica – Exercícios



A pressão, o volume e a temperatura podem variar na manipulação dos gases.

Módulo

17

Estudo dos gases perfeitos

Palavras-chave:

- Transformações gasosas: isotérmicas, isobáricas, isométricas e adiabáticas

1. Considerações iniciais

Gás perfeito é um modelo teórico de gás que obedece, em seu comportamento, às leis estabelecidas por Robert Boyle, Jacques Charles, Joseph Louis Gay-Lussac e Paul Emile Clapeyron.

Um **gás real** tem seu comportamento tanto mais próximo do **ideal** quanto mais elevada for sua temperatura e quanto mais baixa for a sua pressão.

2. Variáveis de estado de um gás

Algumas grandezas que definem e caracterizam o estado de uma dada massa de gás são chamadas **variáveis de estado**. São, por exemplo, a temperatura, a pressão, o volume, a energia interna etc. Destas, as que nos interessam, por enquanto, são a temperatura, a pressão e o volume.

Volume (V)

Os gases não têm volume nem forma próprios. Por definição, volume de um gás é o volume do recipiente ocupado por ele.

As unidades usuais de volume são: ℓ (litro), cm^3 e m^3 .

Pressão (p)

A pressão exercida por um gás é devida aos choques das suas partículas contra as paredes do recipiente.

A pressão é definida por:

$$\text{pressão} = \frac{\text{intensidade da força normal}}{\text{área}}$$

As unidades usuais de pressão são:

N/m^2 ; atm; mmHg

Valem as seguintes relações:

$$1 \text{ atm} \approx 10^5 \text{ N/m}^2$$

$$1 \text{ N/m}^2 = 1 \text{ Pa (pascal)}$$

$$1 \text{ atm} \Leftrightarrow 760 \text{ mmHg}$$

Temperatura (T)

Mede o estado de movimento das partículas do gás. Na teoria dos gases perfeitos, é usada a temperatura absoluta (Kelvin).

3. Transformações de um gás

Dizemos que uma dada massa de gás sofre uma transformação quando há variação de pelo menos uma de suas variáveis de estado.

Entre as transformações de um gás, devemos destacar as seguintes:

- **Isotérmicas:** são as que ocorrem a temperatura constante.
- **Isobáricas:** são as que ocorrem a pressão constante.
- **Isométricas** (ou isocóricas): são as que ocorrem a volume constante.
- **Adiabáticas:** são as que ocorrem sem troca de calor com o meio externo.

4. Leis físicas dos gases

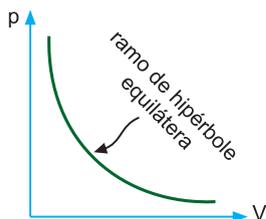
As leis físicas dos gases são leis de caráter experimental que regem as principais transformações gasosas.

Lei de Boyle e Mariotte

Rege as transformações isotérmicas de uma dada massa de gás perfeito e pode ser enunciada assim:

“Quando uma dada massa de gás perfeito é mantida a temperatura constante, a pressão é inversamente proporcional ao volume.”

$$pV = cte \quad \text{ou} \quad p = \frac{cte}{V} \quad \text{ou} \quad p_1 V_1 = p_2 V_2$$



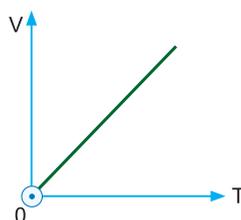
Se representarmos esta lei num diagrama da pressão em função do volume (diagrama de Clapeyron), obteremos uma hipérbole equilátera.

Lei de Gay-Lussac

Rege as transformações isobáricas de uma dada massa de gás perfeito e pode ser enunciada assim:

“Quando uma dada massa de gás perfeito é mantida a pressão constante, o volume é diretamente proporcional à temperatura absoluta.”

$$V = cte \cdot T \quad \text{ou} \quad \frac{V}{T} = cte \quad \text{ou} \quad \frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$



Se representarmos esta lei num diagrama do volume em função da temperatura absoluta, obteremos uma semirreta passando pela origem.

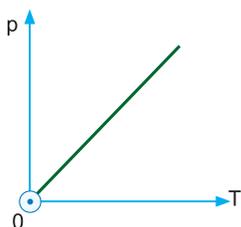
A origem é excluída, pois não podemos atingir o zero absoluto ($T = 0$).

Lei de Charles

Rege as transformações isométricas de uma dada massa de gás perfeito e pode ser enunciada assim:

“Quando uma dada massa de gás perfeito é mantida a volume constante, a pressão é diretamente proporcional à temperatura absoluta.”

$$p = cte \cdot T \quad \text{ou} \quad \frac{p}{T} = cte \quad \text{ou} \quad \frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$$

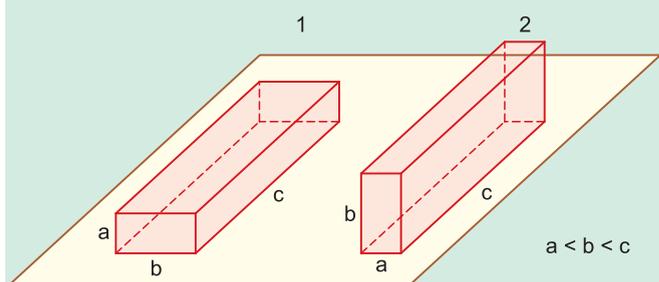


Se representarmos esta lei num diagrama da pressão em função da temperatura absoluta, obteremos uma semirreta passando pela origem.

A origem é excluída porque não podemos atingir o zero absoluto ($T = 0$).

Exercício Resolvido

1 (VUNESP-MODELO ENEM) – Um mesmo tijolo, com as dimensões indicadas, é colocado sobre uma mesa com tampo de borracha, inicialmente da maneira mostrada em 1 e, posteriormente, na maneira mostrada em 2.



Na situação 1, o tijolo exerce sobre a mesa uma força F_1 e uma pressão p_1 ; na situação 2, a força e a pressão exercidas são F_2 e p_2 . Nessas condições, pode-se afirmar que:

- a) $F_1 = F_2$, e $p_1 = p_2$
- b) $F_1 = F_2$ e $p_1 > p_2$
- c) $F_1 = F_2$ e $p_1 < p_2$
- d) $F_1 > F_2$ e $p_1 > p_2$
- e) $F_1 < F_2$ e $p_1 < p_2$

Dado:

$$\text{pressão} = \frac{\text{força}}{\text{área}}$$

Resolução

Nas duas situações a força aplicada na mesa tem a mesma intensidade do peso do tijolo: $F_1 = F_2 = \text{Peso}$

Na situação (2) a área de contato com a mesa é menor e por isso a pressão é maior: $p_2 > p_1$

Resposta: C

Exercícios Propostos

- 1 (UFU-MG) – As grandezas que definem completamente o estado de um gás são
- somente pressão e volume.
 - apenas o volume e a temperatura.
 - massa e volume.
 - temperatura, pressão e volume.
 - massa, pressão, volume e temperatura.

Resposta: D

- 2 (UEM-PR) – Sobre a teoria cinética dos gases, assinale a alternativa correta. (Obs.: considere um recipiente isolado, hermeticamente fechado e contendo um gás ideal.)
- Ao se aumentar a temperatura de um recipiente contendo um gás, a energia cinética das moléculas é diminuída.
 - A pressão exercida por um gás é o resultado do choque inelástico das moléculas com as paredes do recipiente.
 - A agitação molecular não tem relação alguma com a temperatura de um gás.
 - As colisões intermoleculares são perfeitamente elásticas, ou seja, ocorrem sem perda de energia.
 - Quanto maior o número de colisões entre as moléculas do gás e as paredes do recipiente, menor será a pressão exercida por esse gás.

RESOLUÇÃO:

a) FALSA.

A energia cinética das moléculas de um gás é função direta da sua temperatura absoluta.

b) FALSA.

No choque inelástico, as partículas que colidem permanecem juntas. Isso não ocorre com as partículas do gás e a parede do recipiente.

c) FALSA.

Maior temperatura, maior agitação molecular.

d) VERDADEIRA.

Na teoria cinética, a colisão entre partículas é perfeitamente elástica, não ocorrendo variação na energia de cada uma delas.

e) FALSA.

Maior o número de colisões, maior a força aplicada na parede, maior a pressão aplicada.

Resposta: D

- 3 (UNIP-SP-MODELO ENEM) – Uma dada massa gasosa sofre três transformações sucessivas:
- aquecimento a volume constante;
 - expansão a temperatura constante;
 - resfriamento a pressão constante.

- Na ordem apresentada, as transformações são
- isotérmica; isobárica; isométrica.
 - isométrica; adiabática; politrópica.
 - isobárica; isotérmica; isométrica.
 - isométrica; adiabática; isobárica.
 - isométrica; isotérmica; isobárica.

RESOLUÇÃO:

I) Aquecimento → aumento de temperatura
Volume constante → isométrica, isovolumétrica ou isocórica

II) Expansão → aumento de volume

Temperatura constante → isotérmica

III) Resfriamento → diminuição da temperatura

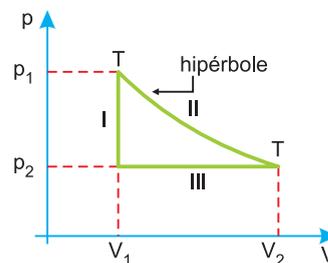
Pressão constante → isobárica ou isopiézica

Observação

Adiabática é a transformação que se processa sem trocas de calor entre o sistema e o meio externo.

Resposta: E

- 4 (UERJ) – Considere um gás ideal, cujas transformações I, II e III são mostradas no diagrama $p \times V$ abaixo.



Essas transformações, I a III, são denominadas, respectivamente, de:

- adiabática, isobárica, isométrica
- isométrica, isotérmica, isobárica
- isobárica, isométrica, adiabática
- isométrica, adiabática, isotérmica

RESOLUÇÃO:

I. ISOMÉTRICA. Volume constante

II. ISOTÉRMICA. Temperatura constante.

III. ISOBÁRICA. Pressão constante.

Resposta: B



No Portal Objetivo

Para saber mais sobre o assunto, acesse o **PORTAL OBJETIVO** (www.portal.objetivo.br) e, em "localizar", digite **FIS2M301**

- Três variáveis de estado e uma equação ($pV = nRT$)

1. Equação de Clapeyron

Das Leis de Boyle e Mariotte e de Charles, observamos que a pressão exercida por um gás perfeito é inversamente proporcional ao seu volume e diretamente proporcional à sua temperatura absoluta. É fácil observar também que essa pressão é proporcional ao número de partículas de gás existente no recipiente. Convertendo esse número de partículas em número de mols (n), podemos equacionar tudo isso, obtendo a seguinte relação:

$$p = R \frac{nT}{V}$$

em que R é a constante de proporcionalidade, igual para todos os gases, denominada **constante universal dos gases perfeitos**.

Dessa forma, a Equação de Clapeyron pode ser escrita como:

$$pV = nRT$$

2. Valores da constante R

A constante R é uma constante física (constante que tem unidade). Sendo assim, os valores que a traduzem dependem da unidade utilizada. Vejamos alguns destes valores.

Da Equação de Clapeyron, obtemos:

$$R = \frac{pV}{nT}$$

Considerando 1 mol ($n = 1$) de qualquer gás nas condições normais de pressão e temperatura (CNpT): $p = 1 \text{ atm}$ e $\theta = 0^\circ\text{C}$, o volume ocupado é de 22,4 litros (volume molar nas condições normais).

Resumindo:

$$\left. \begin{array}{l} n = 1 \text{ mol} \\ p = 1 \text{ atm} \\ T = 273 \text{ K} \end{array} \right\} V = 22,4 \text{ l}$$

Calculando o valor de R , temos:

$$R = \frac{1 \text{ atm} \cdot 22,4 \text{ l}}{273 \text{ K} \cdot 1 \text{ mol}}$$

$$R = 0,082 \frac{\text{atm} \cdot \text{l}}{\text{K} \cdot \text{mol}}$$

Lembrando que $1 \text{ atm} \Leftrightarrow 760 \text{ mmHg}$, obtemos:

$$R = 0,082 \frac{760 \text{ mmHg} \cdot \text{l}}{\text{K} \cdot \text{mol}}$$

$$R = 62,36 \frac{\text{mmHg} \cdot \text{l}}{\text{K} \cdot \text{mol}}$$

Sabendo que $1 \text{ atm} \approx 101300 \text{ N/m}^2$ e $1 \text{ l} = 10^{-3} \text{ m}^3$, obtemos:

$$R = 0,082 \frac{101300 \text{ N/m}^2 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3}{\text{K} \cdot \text{mol}}$$

$$R = 8,31 \frac{\text{joules}}{\text{K} \cdot \text{mol}}$$

Exercícios Resolvidos

1 (ENEM) – Nos últimos anos, o gás natural (GNV: gás natural veicular) vem sendo utilizado pela frota de veículos nacional, por ser viável economicamente e menos agressivo do ponto de vista ambiental. O quadro compara algumas características do gás natural e da gasolina em condições ambientes.

	Densidade (kg/m^3)	Poder Calorífico
GNV	0,8	50.200
Gasolina	738	46.900

Apesar das vantagens no uso de GNV, sua utilização implica algumas adaptações técnicas, pois, em condições ambientes, o volume de combustível necessário, em relação ao de gasolina, para produzir a mesma energia, seria

- muito maior, o que requer um motor muito mais potente.
- muito maior, o que requer que ele seja armazenado a alta pressão.
- igual, mas sua potência será muito menor.
- muito menor, o que o torna o veículo menos eficiente.
- muito menor, o que facilita sua dispersão para a atmosfera.

Resolução

Volume de um quilograma de gasolina:

$$d = \frac{m}{V} \therefore V = \frac{m}{d} = \frac{1 \text{ kg}}{738 \text{ kg/m}^3} = 0,001355 \text{ m}^3$$

Volume de GNV que libera a mesma quantidade de energia que um quilograma de gasolina:

$$50 \text{ 200 kJ} \dots \dots \dots 1 \text{ kg}$$

$$46 \text{ 900 kJ} \dots \dots \dots x$$

$$x = 0,934 \text{ kg}$$

$$V = \frac{m}{d} = \frac{0,934\text{kg}}{0,8\text{kg/m}^3} = 1,1675\text{m}^3$$

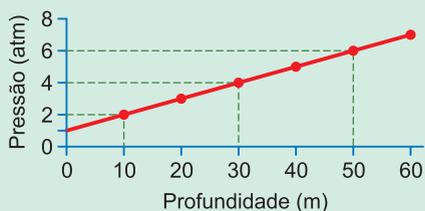
O volume de GNV é bem maior:

$$\frac{1 \cdot 1,1675\text{m}^3}{0,001355\text{m}^3} = 862$$

Portanto, o volume de GNV seria muito maior, sendo necessário que ele seja armazenado sob alta pressão.

Resposta: B

2 (PISA-MODELO ENEM) – O gráfico seguinte estabelece a relação entre a pressão, em atmosferas (atm), a que está sujeito um corpo imerso em água e a profundidade, em metros, a que o corpo se encontra. Sabe-se que, dentro da água, a pressão aumenta 1atm por cada 10m de aumento de profundidade.



Analise as proposições que se seguem:

- (I) A pressão e a profundidade são diretamente proporcionais.
- (II) Se uma pessoa estiver na superfície da água a pressão exercida sobre ela é de 1 atm.
- (III) Um navio afundado a 3800m de profundidade suporta uma pressão de 380 atm.

Responda mediante o código:

- a) apenas I está correta.
- b) apenas II está correta.
- c) apenas III está correta.
- d) apenas I e II estão corretas.
- e) apenas II e III estão corretas.

Resolução

- I. FALSA. Se p fosse diretamente proporcional a h o gráfico seria uma semirreta passando pela origem.
- II. VERDADEIRA. Para h = 0 resulta p = 1 atm.
- III. FALSA. A pressão é dada por: p = 1 atm + 380 atm

$$p = 381 \text{ atm}$$

Resposta: B

Exercícios Propostos

1 (CESGRANRIO) – No Sistema Internacional de Unidades (SI), a constante universal dos gases perfeitos (R) é expressa em

- a) (ℓ . atm) / (K . mol)
- b) cal(g.°C)
- c) J/(kg . K)
- d) J/(K . mol)
- e) J/kg

Resposta: D

2 Num recipiente de volume igual a 41 litros, acham-se 5,0mols de um gás perfeito à temperatura de 300K. Determine a pressão do gás nestas condições.

$$\text{Dado: } R = 0,082 \frac{\text{atm} \cdot \ell}{\text{mol} \cdot \text{K}}$$

RESOLUÇÃO:

$$PV = nRT \Rightarrow p \cdot 41 = 5,0 \cdot \frac{8,2}{100} \cdot 300$$

$$p \cdot 5,0 = 5,0 \cdot 3,0 \Rightarrow p = 3,0\text{atm}$$

3 Num recipiente de volume 8,3m³ são colocados 10 mols de um gás perfeito na temperatura de 127°C. Qual a pressão exercida por esse gás?

Dado: R = 8,3J/mol K

RESOLUÇÃO:

$$pV = nRT$$

$$p \cdot 8,3 = 10 \cdot 8,3 \cdot 400$$

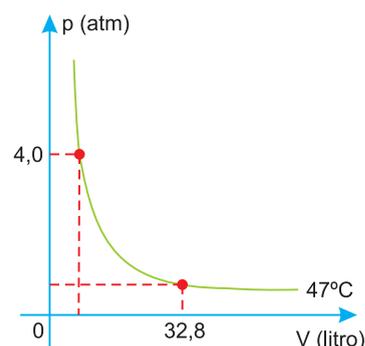
$$p = 4000\text{N/m}^2 = 4,0 \cdot 10^3\text{N/m}^2$$

4 (MACKENZIE-SP) – Um recipiente de volume V, totalmente fechado, contém 1 mol de um gás ideal, sob uma certa pressão p. A temperatura absoluta do gás é T e a constante

$$\text{universal dos gases perfeitos é } R = 0,082 \frac{\text{atm} \cdot \text{litro}}{\text{mol} \cdot \text{kelvin}}$$

Se esse gás é submetido a uma transformação isotérmica, cujo gráfico está representado abaixo, podemos afirmar que a pressão, no instante em que ele ocupa o volume de 32,8 litros, é:

- a) 0,1175 atm
- b) 0,5875 atm
- c) 0,80 atm
- d) 1,175 atm
- e) 1,33 atm



RESOLUÇÃO:

De acordo com o gráfico, para V = 32,8 ℓ temos uma temperatura θ = 47°C, que equivale a 320 K.

Aplicando-se a Equação de Clapeyron, temos:

$$pV = nRT$$

$$p \cdot 32,8 = 1 \cdot 0,082 \cdot 320 \Rightarrow p = 0,80 \text{ atm}$$

Resposta: C

- 5 (VUNESP) – Numa experiência, um gás ideal ocupa um volume de 25 litros. Após o equilíbrio, a leitura no manômetro indica 2 atm e no termômetro 27°C. Considerando a constante universal dos gases 0,082 atm.litro/mol.K, pode-se afirmar que o número de mols do gás é de, aproximadamente,
 a) 0,5 b) 2 c) 20 d) 23 e) 27

RESOLUÇÃO:

Equação de Clapeyron:

$$pV = nRT$$

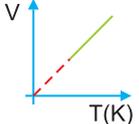
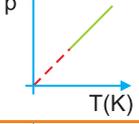
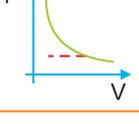
Substituindo-se os valores, vem:

$$2 \cdot 25 = n \cdot 0,082 \cdot (27 + 273)$$

$$n \approx 2 \text{ mols}$$

Resposta: B

- 6 (FIC-CE-MODELO ENEM) – Esta questão apresenta três colunas: a primeira, as transformações gasosas mais usuais; a segunda, os gráficos que as representam, e a terceira, a equação matemática que caracteriza cada uma das transformações.

TRANSFORMAÇÃO	GRÁFICO	EQUAÇÃO
a Isométrica	I 	1 $p_1V_1 = p_2V_2$
b Isotérmica	II 	2 $\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$
c Isobárica	III 	3 $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$

Assinale a alternativa que associa corretamente as colunas da tabela.

- a) a-II-2; b-III-1; c-I-3 b) a-I-2; b-III-1; c-II-3
 c) a-II-2; b-I-1; c-III-3 d) a-II-1; c-III-3; b-I-2
 e) b-I-3; c-II-1; a-III-2

RESOLUÇÃO:

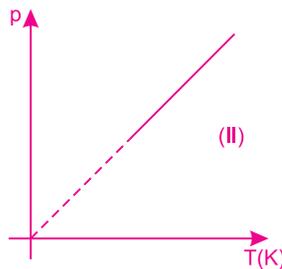
Transformação isométrica (volume constante)

Equação de Clapeyron: $pV = nRT$

$$\frac{p}{T} = \frac{nR}{V} = \text{cte}$$

Assim,
$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2} \quad (2)$$

No diagrama $p = \text{cte} \cdot T$



a - II - 2

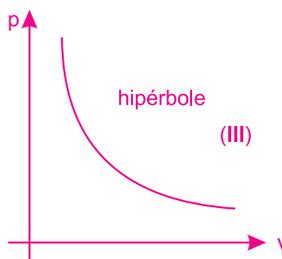
Transformação isotérmica (temperatura constante)

Equação de Clapeyron: $pV = nRT$

$$pV = \text{cte}$$

Assim,
$$p_1V_1 = p_2V_2 \quad (1)$$

No diagrama



b - III - 1

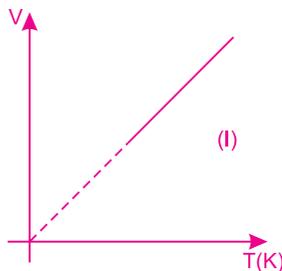
Transformação isobárica (pressão constante)

Equação de Clapeyron: $pV = nRT$

$$\frac{V}{T} = \frac{nR}{p} = \text{cte}$$

Assim,
$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \quad (3)$$

No diagrama $V = \text{cte} \cdot T$



c - I - 3

Resposta: A



No Portal Objetivo

Para saber mais sobre o assunto, acesse o **PORTAL OBJETIVO** (www.portal.objetivo.br) e, em "localizar", digite **FIS2M302**

- Muitas transformações e uma equação $\left(\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}\right)$

1. Lei geral dos gases perfeitos

Rege **qualquer transformação de uma dada massa de gás perfeito**.

Na Equação de Clapeyron, fazendo n constante, obtemos:

$$pV = cte \cdot T \quad \text{ou} \quad \frac{pV}{T} = cte$$

$$\text{ou} \quad \frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}$$

2. Mistura de gases perfeitos

Suponha sempre que os gases misturados não reagem quimicamente entre si.

Numa mistura de dois gases ideais, notamos que o número de mols da associação é igual à soma dos números de mols dos gases componentes.

$$n = n_1 + n_2$$

Da Equação de Clapeyron, temos:

$$pV = nRT \Rightarrow n = \frac{pV}{RT}$$

Assim:

$$n_1 = \frac{p_1 V_1}{R T_1} \quad n_2 = \frac{p_2 V_2}{R T_2}$$

$$n = \frac{pV}{RT}$$

O que resulta em:

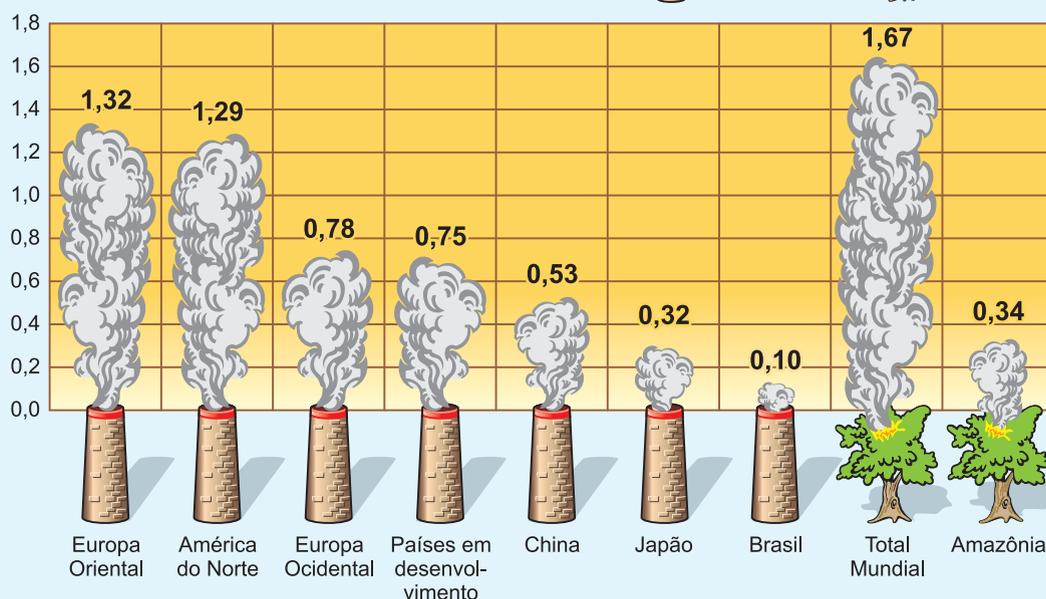
$$\frac{pV}{T} = \frac{p_1 V_1}{T_1} + \frac{p_2 V_2}{T_2}$$

Atenção: Esse raciocínio vale também para mistura de mais de dois gases perfeitos.

Exercício Resolvido

- 1 (ETE-MODELO ENEM) – Considere o gráfico sobre emissões anuais de dióxido de carbono (CO_2).

Emissões anuais de dióxido de carbono (CO_2)
Em bilhões de toneladas/ano



(MOREIRA, Igor. O espaço geográfico. São Paulo: Ática, 2002, p. 207.)

Após a análise do gráfico, pode-se afirmar que a emissão anual de CO₂, ocorrida por queima de

a) combustíveis fósseis na China, comparada com a ocorrida no Japão, apresenta uma variação de 20%.

b) combustíveis fósseis na América do Norte, é superior a 60% da soma das emissões na Europa Ocidental e na Europa Oriental.

c) combustíveis fósseis na Europa Ocidental e na Oriental, apresenta média aritmética inferior a um bilhão de toneladas/ano.

d) florestas na região da Amazônia, representa um terço do total mundial.

e) florestas na região da Amazônia, excede, em 24 milhões de toneladas/ano, a emissão proveniente da queima de combustíveis fósseis no Brasil.

Resolução

a) FALSA.
Na China 0,53 bilhão de toneladas/ano

No Japão 0,32 bilhão de toneladas/ano

$$\frac{0,53}{0,32} = 1,66$$

Na China é 66% maior

b) VERDADEIRA.

América do Norte: 1,29 bilhões toneladas/ano

Europa Ocidental + Europa Oriental: 2,1 bilhões toneladas/ano

$$1,29 \approx 0,61 \cdot 2,1$$

Portanto 1,29 é superior a 60% de 2,1

c) FALSA.

$$MA = \frac{1,32 + 0,78}{2} = 1,05$$

Portanto a média aritmética é **superior** a 1 bilhão de toneladas/ano

d) FALSA.

total mundial: 1,67

Amazônia: 0,34

$$\frac{1}{3} \text{ de } 1,67 \approx 0,56$$

Portanto a queima de florestas na Amazônia

(0,34) é menor do que $\frac{1}{3}$ do total mundial (0,56).

e) FALSA.

Florestas na região Amazônica excede a queima de combustíveis fósseis no Brasil em:

0,24 bilhão de toneladas/ano

1 bilhão = 10³ milhões

0,24 bilhão = 240 milhões

Resposta: B



Exercícios Propostos

1 (MACKENZIE) – Um gás perfeito no estado A tem pressão de 2,0 atm, volume de 3,0 litros e temperatura de 27°C. Esse gás sofre uma transformação isobárica, indo para o estado B, e, após sofrer uma transformação isotérmica, atinge o estado C, no qual sua pressão é 4,0 atm, seu volume é 2,0 litros e sua temperatura é 127°C. O volume do gás no estado B é:

- a) 2,0 litros; b) 3,0 litros; c) 4,0 litros;
d) 5,0 litros; e) 6,0 litros.

RESOLUÇÃO:

A: p_A = 2,0 atm; V_A = 3,0ℓ; T_A = 300K

B: p_B = 2,0 atm; V_B = ?; T_B = T_C = 400K

C: p_C = 4,0 atm; V_C = 2,0ℓ; T_C = 400K

$$\frac{p_A V_A}{T_A} = \frac{p_B V_B}{T_B} \Rightarrow \frac{2,0 \cdot 3,0}{300} = \frac{2,0 \cdot V_B}{400}$$

$$V_B = 4,0\ell$$

Resposta: C

2 (UNOPAR-PR) – Um sistema gasoso ideal está, inicialmente, sob pressão p e ocupa um volume V à temperatura T. Ao sofrer um aquecimento, sua pressão duplica e sua temperatura triplica. Seu novo volume passa a ser

a) 3V b) 2V c) 3V/2 d) 2V/3 e) V/2

RESOLUÇÃO:

Lei geral dos gases:

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}$$

$$\frac{p \cdot V}{T} = \frac{2p \cdot V_2}{3T}$$

$$V_2 = \frac{3V}{2}$$

Resposta: C

3 (UFPB-MODELO ENEM) – Numa indústria de engarrafamento e liquefação de gases, um engenheiro lida, frequentemente, com variações na pressão e no volume de um gás devido a alterações de temperatura. Um gás ideal, sob pressão de 1atm e temperatura ambiente (27°C), tem um volume V. Quando a temperatura é elevada para 327°C, o seu volume aumenta em 100%. Nessa situação, a pressão do gás, em atm, é:

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

RESOLUÇÃO:

Utilizando a equação geral dos gases, temos:

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}$$

Assim,

$$\frac{1 \cdot V}{(27 + 273)} = \frac{p_2 \cdot 2V}{(327 + 273)}$$

$$\frac{V}{300} = \frac{p_2 \cdot 2V}{600}$$

$$p_2 = 1 \text{ atm}$$

Resposta: B

4 (MACKENZIE-SP) – Certa massa de gás perfeito sofre uma transformação de maneira que seu volume aumenta de 20% e sua temperatura absoluta diminui de 40%. Terminada essa transformação, a pressão do gás será

- a) 50% maior que a inicial. b) 50% menor que a inicial.
 c) 30% maior que a inicial. d) 30% menor que a inicial.
 e) igual à inicial.

RESOLUÇÃO:

Usando-se a lei geral dos gases, temos:

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}$$

Sendo:

$$V_2 = 1,2V_1$$

$$T_2 = 0,60T_1 \text{ (a temperatura diminui de 40\%)}$$

Vem:

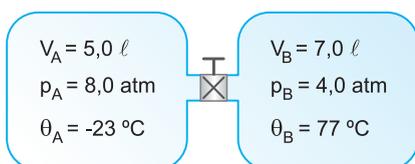
$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 \cdot 1,2 V_1}{0,60 T_1}$$

$$p_2 = 0,50 p_1$$

A pressão final é 50% menor do que a pressão inicial.

Resposta: B

5 Na figura, encontramos esquematizados dois recipientes conectados e separados por uma válvula, inicialmente fechada. Um mesmo gás ideal ocupa ambos os recipientes, conforme a indicação.



Se abrirmos a válvula, a que temperatura deve ser elevada a mistura para que no final tenhamos uma pressão de 10 atm?

RESOLUÇÃO:

Lei geral dos gases:

$$\frac{p_m V_m}{T_m} = \frac{p_A V_A}{T_A} + \frac{p_B V_B}{T_B}$$

$$\frac{10 \cdot (5,0 + 7,0)}{T_m} = \frac{8,0 \cdot 5,0}{-23 + 273} + \frac{4,0 \cdot 7,0}{77 + 273}$$

$$\frac{120}{T_m} = \frac{8,0 \cdot 5,0}{250} + \frac{4,0 \cdot 7,0}{350}$$

$$\frac{120}{T_m} = \frac{8}{50} + \frac{4}{50}$$

$$\frac{120}{T_m} = \frac{12}{50}$$

$$T_m = 500K \Rightarrow \theta_m + 273 = 500 \Rightarrow \theta_m = 227^\circ C$$

Resposta: C

6 Certa quantidade de gás ideal ocupa um volume de 3,0 litros e sua temperatura é de 450K. Sem que a pressão mude (transformação isobárica), sua temperatura é baixada para 300K. Determine o volume ocupado pelo gás nesta nova situação.

RESOLUÇÃO:

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \Rightarrow \frac{3,0}{450} = \frac{V_2}{300} \Rightarrow V_2 = 2,0l$$

Módulo

20

Gases perfeitos – Exercícios

Exercícios Resolvidos

1 Uma dada massa de gás perfeito ocupa um volume de 18,0cm³, sob pressão de 2,0 atm e temperatura de 27,0°C. Após sofrer uma transformação isométrica, sua pressão passa a 6,0 atm, enquanto sua temperatura, em °C, passa a

- a) 54 b) 81 c) 108
 d) 162 e) 627

Resolução

$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2} \Rightarrow \frac{2,0}{(27 + 273)} = \frac{6,0}{T_2}$$

$$T_2 = 900K = 627^\circ C$$

Resposta: E

2 (FUVEST-SP-MODELO ENEM) – Um extintor de incêndio cilíndrico, contendo CO₂, possui um medidor de pressão interna que, inicialmente, indica 200 atm. Com o tempo, parte do gás escapa, o extintor perde pressão e precisa ser recarregado. Quando a pressão interna for igual a 160 atm, a porcentagem da massa inicial de gás que terá escapado corresponderá a

- a) 10% b) 20% c) 40%
d) 60% e) 75%

Considere que a temperatura permanece constante e o CO_2 , nessas condições, comporta-se como um gás perfeito

$$1 \text{ atm} = 10^5 \text{ N/m}^2$$

Resolução

Usando-se a Equação da Clapeyron para as situações inicial e final, temos:

$$\begin{cases} p_1 V = n_1 RT \\ p_2 V = n_2 RT \end{cases}$$

$$\text{Como: } n = \frac{m}{M}$$

Vem:

$$\begin{cases} p_1 V = \frac{m_1}{M} RT \\ p_2 V = \frac{m_2}{M} RT \end{cases}$$

Dividindo-se membro a membro, obtemos:

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{m_1}{m_2}$$

$$\frac{200}{160} = \frac{m_1}{m_2} \Rightarrow m_2 = 0,80 m_1$$

A massa de CO_2 que escapou é dada por:

$$m = m_1 - m_2$$

$$m = m_1 - 0,80 m_1 = 0,20 m_1$$

$$\Delta m(\%) = 20\% m_1$$

Resposta: B

Exercícios Propostos

LEMBRETE

$$PV = nRT \text{ (Equação de Clapeyron)}$$

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2} \text{ (Lei Geral dos Gases)}$$

1 (UFAL) – Uma certa massa de gás perfeito que se encontra no estado 1, caracterizado por $p_1 = 2,0 \text{ atm}$, $V_1 = 40$ litros e $T_1 = 400 \text{ K}$, sofre as seguintes transformações:

- I. isobárica, até que sua temperatura absoluta dobre;
- II. a seguir, isotérmica, até que o volume ocupado se reduza à metade;
- III. finalmente, isocórica, até que a pressão se reduza à quarta parte.

Os valores finais da pressão, em atm, do volume, em litros e da temperatura, em K, serão, respectivamente,

- a) 2,0, 40, 800 b) 2,0, 20, 200 c) 1,0, 40, 200
d) 1,0, 20, 800 e) 0,50, 40, 400

RESOLUÇÃO:

I) Isobárica

Lei de Gay-Lussac

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \Rightarrow \frac{40}{400} = \frac{V_2}{(2 \cdot 400)}$$

$$V_2 = 80 \ell$$

II) Isotérmica

Lei de Boyle-Mariotte

$$p_2 V_2 = p_3 V_3$$

$$2,0 \cdot 80 = p_3 \cdot \frac{80}{2}$$

$$p_3 = 4,0 \text{ atm}$$

III) Isocórica (volume constante)

Lei de Charles

$$\frac{p_3}{T_3} = \frac{p_4}{T_4} \Rightarrow \frac{4,0}{800} = \frac{1,0}{T_4}$$

$$T_4 = 200 \text{ K}$$

No final, temos:

$$p_4 = 1,0 \text{ atm} \quad V_4 = 40 \ell \quad T_4 = 200 \text{ K}$$

Resposta: C

2 (MACKENZIE-SP) – Um cilindro metálico de 41 litros contém argônio (massa de um mol = 40 g) sob pressão de 90 atm à temperatura de 27°C . A massa de argônio no interior desse cilindro é de:

- a) 10 kg b) 9 kg c) 8 kg d) 7 kg e) 6 kg

$$\text{Dado: } R = 0,082 \frac{\text{atm} \cdot \text{litro}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$$

RESOLUÇÃO:

$$pV = nRT$$

$$pV = \frac{m}{M} RT$$

$$m = \frac{pVM}{RT} = \frac{90 \cdot 41 \cdot 40}{\frac{8,2}{100} \cdot 300} \text{ (g)}$$

$$m = 6000 \text{ g}$$

$$m = 6,0 \text{ kg}$$

Resposta: E

3 (UNESP-SP) – Em um dia em que se registrava uma temperatura ambiente de 27°C , um balão de festa foi cheio com ar, cuja densidade era de $1,3 \text{ kg/m}^3$. Foi medida uma diferença de massa entre o balão vazio e cheio de 7,8g.

- a) Qual o volume, em litros, do balão cheio?
- b) Considerando o ar como um gás ideal, qual seria o seu volume se, depois de cheio, ele fosse guardado numa câmara fria a -23°C , sem variar a pressão e o número de partículas em seu interior?

RESOLUÇÃO:

a) $d = \frac{m}{V}$

$$1,3 = \frac{7,8 \cdot 10^{-3}}{V_1}$$

$$V_1 = 6,0 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 = 6,0\ell$$

b) Da equação geral dos gases perfeitos, temos:

$$\frac{p_2 V_2}{T_2} = \frac{p_1 V_1}{T_1}$$

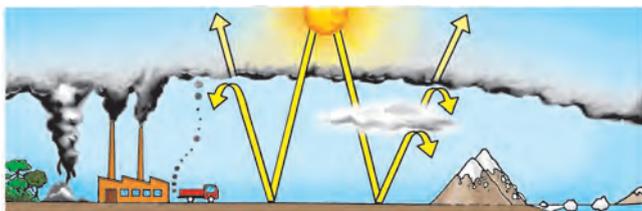
Sendo $p_1 = p_2$, vem:

$$\frac{V_2}{(273 - 23)} = \frac{6,0 \cdot 10^{-3}}{(273 + 27)}$$

$$V_2 = 5,0 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \Rightarrow V_2 = 5,0\ell$$

Respostas: a) $V_1 = 6,0\ell$ b) $V_2 = 5,0\ell$

(ETE-MODELO ENEM) – Considere a figura para responder às questões 4 e 5.



(MOREIRA, Igor. *O espaço geográfico*. São Paulo: Editora Ática, 2002, p. 206.)

- 4 A figura simboliza um fenômeno que tem sido analisado por um grande número de cientistas, os quais argumentam que esse fenômeno tem provocado, dentre outros,
- a elevação da temperatura média do planeta.
 - o aumento do índice do uso da energia solar.
 - a diminuição do buraco da camada de ozônio.
 - a elevação do número de habitantes da Terra.
 - a diminuição do nível dos oceanos do planeta.

RESOLUÇÃO:

A figura evidencia o aumento do efeito estufa e a consequente elevação da temperatura média do nosso planeta.

Resposta: A

5 Efeito estufa é o fenômeno provocado pelo calor proveniente do Sol, refletido pela Terra na atmosfera e retido por uma capa de gases. Apesar de natural, o efeito tem se intensificado pela ação humana com a queima de combustíveis fósseis, desmatamento, dentre outros. Pode-se afirmar que o efeito estufa ocorre devido à formação de

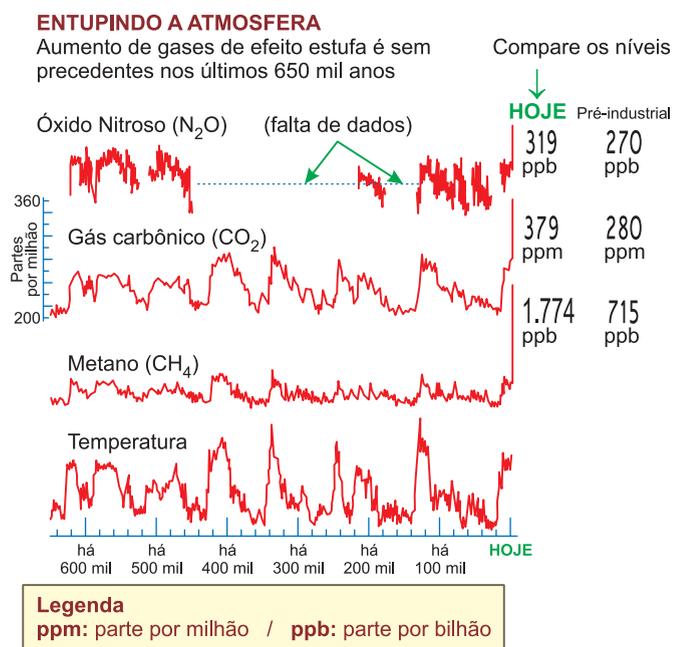
- uma fonte térmica terrestre capaz de transferir, por condução, calor para o subsolo, rios e oceanos.
- correntes de convecção, que intensificam a dispersão da poluição atmosférica, evitando a chamada inversão térmica.
- gases-estufa acumulados na atmosfera que bloqueiam a saída do calor irradiado pelo solo, elevando a temperatura da Terra.
- um manto de ar na superfície terrestre, que possibilita aos seres humanos se adaptarem facilmente às novas condições climáticas.
- poluentes atmosféricos que contaminam o ar e produzem odores indesejáveis, não ameaçando a vida humana, animal ou vegetal.

RESOLUÇÃO:

Os gases-estufa formam uma espécie de barreira que é opaca às radiações infravermelhas embora deixe passar as radiações de frequências mais elevadas.

Resposta: C

6 (ETE-MODELO ENEM) – Analise o gráfico a seguir, que mostra a composição da atmosfera, de 650 mil anos atrás até hoje, revelada por estudo de bolhas de ar aprisionadas no gelo antártico.



(Folha de S. Paulo. Caderno Especial Clima. *A culpa é nossa*. 3 fev. 2007.)

Sobre as curvas e sua relação com o fenômeno do aquecimento, é correto afirmar que

- a) no período de 400 mil a 300 mil anos atrás, não havia emissão de óxido nitroso.
- b) o efeito estufa natural se agravou no período de 10 anos atrás, considerado período pré-industrial.
- c) a concentração de gás carbônico, de modo geral, tende a acompanhar a variação de temperatura representada no gráfico.
- d) a emissão de gás carbônico tende a reduzir em ppb, segundo mostra a curva que oscila a cada 100 anos.
- e) a concentração de gás metano, ao longo do tempo, é maior do que a de outros gases.

RESOLUÇÃO:

- a) **FALSA.** O texto informa falta de dados sobre o óxido nitroso no referido período.
- b) **FALSA.** O que se agravou foi o aumento do efeito estufa provocado por intervenção humana.

c) **VERDADEIRA.** Os gráficos relativos à temperatura e ao gás carbônico têm comportamentos semelhantes.

d) **FALSA.** A emissão de gás carbônico nos últimos 100 anos tem aumento pronunciado.

e) **FALSA.** A concentração de gás metano é menor que a de outros gases.

Resposta: C



No Portal Objetivo

Para saber mais sobre o assunto, acesse o **PORTAL OBJETIVO** (www.portal.objetivo.br) e, em "localizar", digite **FIS2M303**

Módulo

21

Relações entre energia térmica e energia mecânica

Palavras-chave:

- Conservação de energia num sistema de muitas partículas ($Q = \tau + \Delta U$)

1. Noções iniciais

Termodinâmica é a ciência que estuda a relação entre calor e trabalho trocados por um sistema com o meio externo e a relação entre essas trocas e as propriedades do sistema.

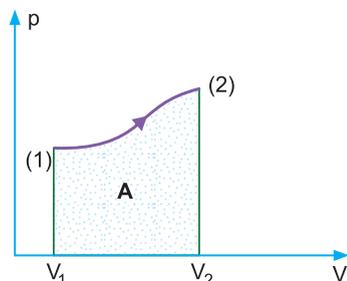
Sistema isolado é aquele que não troca energia (fisicamente isolado) nem matéria (quimicamente isolado) com o meio externo.

Trabalho externo de um sistema é aquele que o sistema troca com o meio externo.

No nosso estudo, sempre que falarmos em trabalho de um sistema, subentenderemos o **trabalho externo** do sistema.

2. Trabalho de um sistema numa transformação qualquer

Consideremos um sistema passando do estado (1) para o estado (2), conforme a transformação indicada no gráfico abaixo.



Pode-se demonstrar que:

$$A = \tau_{1,2} \text{ (numericamente)}$$

A área no diagrama (p,V) (diagrama de Clapeyron) de qualquer transformação sofrida por um sistema mede o trabalho que o sistema troca com o meio nesta transformação.

Quando há um aumento de volume do sistema, então este está deslocando o meio (está "empurrando" o meio). Neste caso, o sistema realiza trabalho sobre o meio.

Quando há uma diminuição de volume do sistema, então é o meio que está deslocando o sistema. Neste caso, o meio realiza trabalho sobre o sistema ou o sistema recebe trabalho do meio.

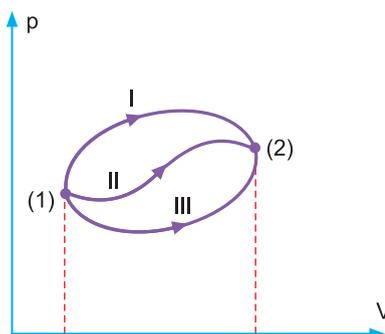
Resumindo:

Volume aumenta \Leftrightarrow sistema realiza trabalho ($\tau > 0$).

Volume diminui \Leftrightarrow sistema recebe trabalho ($\tau < 0$).

Volume constante \Leftrightarrow sistema não troca trabalho ($\tau = 0$).

Observando o diagrama abaixo, verificamos que o sistema ao passar de (1) para (2) realiza trabalhos diferentes quando o faz seguindo "caminhos" diferentes.



$$\tau_I > \tau_{II} > \tau_{III}$$

Podemos concluir que:

O trabalho de um sistema ao passar de um estado (1) para um estado (2) não depende apenas dos estados inicial e final, mas também dos estados intermediários.

3. Energia interna

Chamamos de energia interna de um sistema a energia, sob qualquer forma, que ele tem armazenada dentro de si.

Entre as formas de energia que constituem a energia interna, podemos destacar a energia cinética de translação das partículas e a energia potencial de ligação entre as partículas.

A energia interna de um sistema é função crescente da temperatura. Esta propriedade não se aplica durante as mudanças de estado, quando há variação de energia interna embora a temperatura permaneça constante.

Assim, como regra, temos:

$$T \text{ aumenta} \Leftrightarrow U \text{ aumenta} (\Delta U > 0)$$

$$T \text{ diminui} \Leftrightarrow U \text{ diminui} (\Delta U < 0)$$

$$T = \text{cte} \Leftrightarrow U = \text{cte} (\Delta U = 0)$$

Não valem estas propriedades nas mudanças de estado.

Cumpra salientar que a energia interna de um sistema é função de ponto, isto é, o seu valor depende exclusivamente do estado em que se encontra o sistema, não importando como ele chegou até este estado.

Isto nos permite concluir que a variação de energia interna não depende dos estados intermediários.

Para gases perfeitos, a energia interna se resume na energia cinética de translação das moléculas, dada pela expressão:

$$U = E_c = \frac{3}{2} nRT = \frac{3}{2} pV$$

Isto nos permite concluir que:

• “A energia interna de um dado número de mols de um gás perfeito depende exclusivamente da temperatura.” (Lei de Joule)

• “A energia interna de um dado número de mols de um gás perfeito é diretamente proporcional à temperatura absoluta do gás.”

A temperatura de um dado número de mols de um gás perfeito é função exclusiva da energia cinética média das suas moléculas.

4. Primeiro princípio da termodinâmica

O primeiro princípio da termodinâmica nada mais é que o princípio da conservação da energia aplicado à termodinâmica.

O princípio da conservação da energia, em linhas gerais, diz que um sistema jamais pode criar ou destruir energia.

Sendo assim, se um sistema recebe energia, ele tem de dar conta desta energia, ou se ele cede energia, esta energia tem de ter saído de algum lugar.

Por exemplo, admitamos que um sistema receba 100 joules de calor. Estes 100 joules não podem ser aumentados nem destruídos. Eles têm de ir para algum lugar.

Admitamos, em continuação, que o sistema realize 80 joules de trabalho.

Notamos que o sistema recebeu 100 joules e cedeu 80 joules. Onde estarão os 20 joules restantes?

Estes joules restantes ficaram dentro do sistema, armazenados sob a forma de energia interna. Portanto, a energia interna do sistema aumentou de 20 joules.

Podemos fazer um esquema desta troca de energia representando:

Calor recebido pelo sistema (Q): é energia que entra no sistema e a representamos por uma seta para dentro.

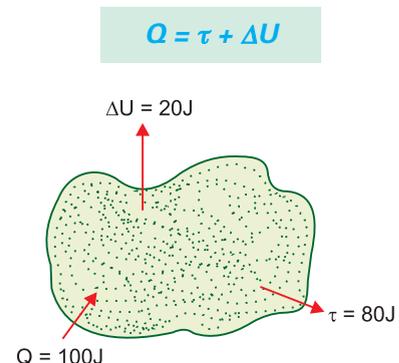
Trabalho cedido pelo sistema (τ): é energia que sai do sistema e a representamos por uma seta para fora.

Aumento de energia interna (ΔU): representamo-lo por uma seta para cima.

Diminuição de energia interna (ΔU): representamo-la por uma seta para baixo.

Assim:

Para obter a relação entre Q, τ e ΔU , basta impor que “a soma das energias das setas que entram é igual à soma das energias das setas que saem”.



Exercícios Resolvidos

1 (ENEM) – Considere as afirmações:

- I. Calor e trabalho são formas de transferência de energia entre corpos.
- II. Calor é medido necessariamente em calorias, enquanto trabalho e somente medido em joules.
- III. Dez calorias valem aproximadamente 42 joules.

Pode-se afirmar que apenas:

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

Resposta: E

2 (MODELO ENEM) – Você já deve ter notado que ao esfregar as

- mãos durante algum tempo elas ficam mais quentes. Isso ocorre porque
- a) aumenta a circulação do sangue, elevando a produção de calor;
 - b) o movimento das mãos pode alterar a temperatura do ambiente, devido ao atrito delas com o ar;
 - c) o trabalho mecânico realizado pelas forças de atrito existentes entre as mãos se transforma em energia térmica, aumentando sua temperatura;
 - d) durante o movimento, as mãos absorvem energia térmica do ambiente, a qual aumenta sua temperatura;
 - e) a diferença de polaridade existente entre a mão direita e a mão esquerda provoca um aquecimento em ambas.

Resposta: C

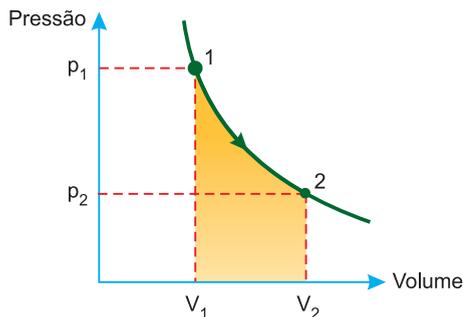
Exercícios Propostos

1 Dos itens citados a seguir, qual é condição obrigatória para que um gás realize trabalho?

- a) variação na pressão do gás
- b) variação no volume do gás
- c) variação na temperatura do gás
- d) Recebimento de calor do meio externo
- e) Ocorrência de uma reação de desintegração nuclear no gás, acompanhada de liberação de energia térmica.

Resposta: B

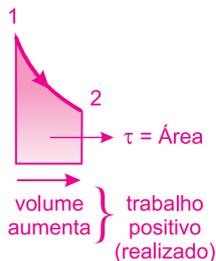
2 (UFLA-MG) – Abaixo, temos o diagrama pV, que mostra uma transformação isotérmica de 1 mol de um gás perfeito.



A área hachurada mede

- a) a variação da pressão.
- b) a variação da energia interna.
- c) o trabalho realizado pelo gás.
- d) o calor cedido pelo gás.
- e) o calor específico sensível do gás a temperatura constante.

RESOLUÇÃO:

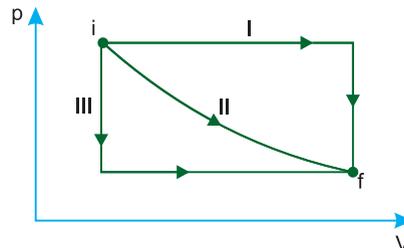


Num diagrama pressão x volume, o trabalho trocado entre o gás e o meio externo é determinado pela área abaixo do gráfico.

$$\tau_{1,2} = [\text{área}]$$

Resposta: C

3 (UFMG) – Um gás ideal, em um estado inicial i , pode ser levado a um estado final f por meio dos processos I, II e III, representados neste diagrama de pressão *versus* volume.



Sejam W_I , W_{II} e W_{III} os módulos dos trabalhos realizados pelo gás nos processos I, II e III, respectivamente.

Com base nessas informações, é correto afirmar que

- a) $W_I > W_{II} > W_{III}$
- b) $W_I = W_{III} > W_{II}$
- c) $W_I = W_{II} = W_{III}$
- d) $W_I < W_{II} < W_{III}$

RESOLUÇÃO:

O trabalho trocado entre o sistema gasoso e o meio externo é determinado pela área abaixo do gráfico.



Assim: $W_I > W_{II} > W_{III}$

Resposta: A

4 (UNAMA-AM) – A respeito da energia cinética média por molécula de um gás perfeito, podemos afirmar que

- a) depende exclusivamente da temperatura e da natureza do gás.
- b) depende exclusivamente da temperatura e da pressão do gás.

- c) não depende da natureza do gás, mas exclusivamente da pressão.
 d) depende exclusivamente da temperatura, não dependendo da natureza do gás.
 e) depende exclusivamente do volume do gás, qualquer que seja sua natureza.

RESOLUÇÃO:

$$E_c = \frac{3}{2} n R T$$

Observe na fórmula que para cada partícula a energia interna depende exclusivamente da temperatura absoluta do gás.

Resposta: D

5 (UNITAU-SP-MODELO ENEM) – Um gás está confinado em um cilindro provido de um pistão. O gás é então aquecido, e o pistão é mantido fixo na posição inicial. Qual é a alternativa errada?

- a) A pressão do gás aumenta.
 b) O trabalho realizado pelo gás é cada vez maior.
 c) A força que o gás exerce no pistão é cada vez maior.
 d) O gás é mantido num volume constante.
 e) A energia interna do gás é cada vez maior.

Resposta: B

6 (FEI-SP) – Num gás perfeito, os estados final e inicial acusaram a mesma energia interna. Certamente

- a) a transformação foi cíclica.
 b) a transformação foi isométrica.
 c) não houve troca de calor entre o gás e o ambiente.
 d) são iguais as temperaturas dos estados inicial e final.
 e) não houve troca de trabalho entre o gás e o ambiente.

Resposta: D

7 A 1ª lei da termodinâmica, aplicada a uma transformação gasosa, se refere à

- a) conservação da massa do gás;
 b) conservação da quantidade de movimento das partículas do gás;
 c) relatividade do movimento de partículas subatômicas, que constituem uma massa de gás;
 d) conservação da energia total;
 e) expansão e contração do binômio espaço-tempo no movimento das partículas do gás.

Resposta: D

8 (UNICENTRO-SP) – Marque a alternativa que descreve a 1ª lei da termodinâmica.

- a) O aumento de energia interna de um gás é dado pela diferença entre o calor recebido e o trabalho realizado.
 b) O trabalho realizado é dado pela soma do calor recebido com o aumento de energia interna.
 c) O calor recebido é dado pela diferença entre o trabalho realizado e o aumento de energia interna.
 d) Se um sistema realiza trabalho, sua energia interna não se altera.
 e) Se um sistema recebe trabalho, sua energia interna diminui.

RESOLUÇÃO:

1ª lei da termodinâmica:

$$Q = \tau + \Delta U \Rightarrow \Delta U = Q - \tau$$

Resposta: A

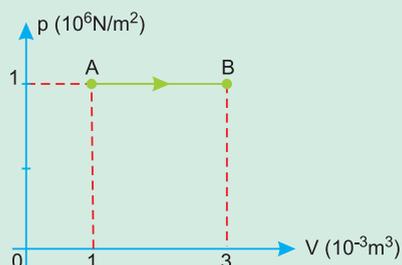
Módulo

22

1º Princípio da Termodinâmica – Exercícios

Exercício Resolvido

1 (UFLA-MG) – O diagrama pV abaixo mostra uma transformação sofrida por 0,4 mol de um gás monoatômico ideal. Considerando $T_A = 300K$ e $T_B = 900K$, a quantidade de calor envolvida na transformação será: (Considere $1 \text{ cal} = 4J$ e $R = 2\text{cal/mol.K}$)



- a) 220 cal
 b) -1220 cal
 c) 2500 cal
 d) -2500 cal
 e) 1220 cal

Resolução

Cálculo do trabalho: $\tau_{AB} = [\text{área}]$

$$\tau_{AB} = 1 \cdot 10^6 \cdot (3 - 1) \cdot 10^{-3} \text{ (J)}$$

$$\tau_{AB} = 2 \cdot 10^3 \text{ J} = 2000 \text{ J}$$

Cálculo da variação da energia interna:

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

$$\Delta U_{AB} = \frac{3}{2} \cdot 0,4 \cdot 8 \cdot (900 - 300) \text{ (J)}$$

$$\Delta U_{AB} = 2880 \text{ J}$$

1ª lei da termodinâmica: $Q = \tau + \Delta U$

$$Q = 2000 + 2880 \text{ (J)}$$

$$Q = 4880 \text{ J} = \frac{4880}{4} \text{ cal}$$

$$Q = +1220 \text{ cal}$$

Resposta: E

Exercícios Propostos

LEMBRETE

$$Q = \tau + \Delta U$$

$$\tau = \text{área do gráfico } P \times V$$

$$\Delta U = \frac{3}{2} nR\Delta T$$

1 Um gás perfeito sofre uma expansão, realizando um trabalho igual a 200J. Sabe-se que, no final dessa transformação, a energia interna do sistema está com 60 J a mais que no início. Qual a quantidade de calor recebida pelo gás?

RESOLUÇÃO:

A 1ª lei da termodinâmica dá a relação entre as grandezas referidas no problema: $\Delta U = Q - \tau_{\text{gás}}$

Do texto, sabemos que: $\tau_{\text{gás}} = +200\text{J}$ (o sistema realizou trabalho)

$\Delta U = +60\text{ J}$ (a energia interna aumentou)

Assim, temos: $60 = Q - 200 \Rightarrow Q = 260\text{J}$

$$Q = 260\text{J}$$

2 Uma porção de gás perfeito está confinada por um êmbolo móvel no interior de um cilindro. Ao receber 20 kcal de calor do meio externo, o êmbolo sobe e o gás realiza um trabalho equivalente a 12 kcal. Aplicando-se a 1ª lei da termodinâmica, determine a variação sofrida pela energia interna desse gás.

RESOLUÇÃO:

$$Q = \tau + \Delta U$$

$$10 = 12 + \Delta U \Rightarrow \Delta U = 8,0\text{kcal}$$

$$\Delta U = 8,0\text{kcal}$$

3 Um gás perfeito sofre uma expansão isotérmica ao receber do ambiente 250J de energia em forma de calor. Qual o trabalho realizado pelo gás e qual sua variação de energia interna?

RESOLUÇÃO:

Expansão isotérmica: $\Delta U = 0$

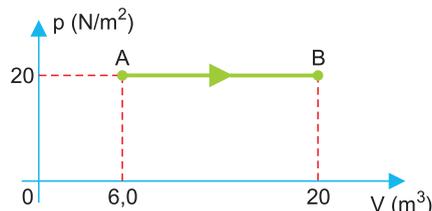
$$Q = \tau + \Delta U$$

$$250 = \tau + 0 \Rightarrow \tau = 250\text{J}$$

$$\tau = 250\text{J}$$

4 (MODELO ENEM) – Uma amostra de gás perfeito, na transformação isobárica ilustrada no gráfico pressão x volume abaixo, recebe do exterior energia térmica de 700J. O trabalho realizado na expansão e a variação da energia interna do gás são, respectivamente:

- a) 20J e 20J; b) 20J e 120J; c) 280J e 700J;
d) 280J e 420J; e) 400J e 300J.



RESOLUÇÃO:

$\tau > 0$, pois o volume aumenta na transformação AB.

No diagrama $p \times V$:

$$\tau = \text{área} = b \cdot h$$

$$\tau = 14 \cdot 20 \text{ (J)} \Rightarrow \tau = 280\text{J}$$

Utilizando a 1ª lei da termodinâmica:

$$Q = \tau + \Delta U \quad Q = +700\text{J (o sistema recebe calor)}$$

$$700 = 280 + \Delta U \text{ (J)} \Rightarrow \Delta U = 420\text{J}$$

Resposta: D

5 (UNESP) – Transfere-se calor a um sistema, num total de 200 cal. Verifica-se que o sistema se expande, realizando um trabalho de 150J, e que sua energia interna aumenta.

- a) Considerando 1 cal = 4J, calcule a quantidade de energia transferida ao sistema, em joules.
b) Utilizando a primeira lei da termodinâmica, calcule a variação de energia interna desse sistema.

RESOLUÇÃO:

$$\text{a) } Q = 200 \cdot 4\text{J} = 800\text{J}$$

$$\text{b) } Q = \tau + \Delta U$$

$$800 = 150 + \Delta U \Rightarrow \Delta U = 650\text{J}$$



No Portal Objetivo

Para saber mais sobre o assunto, acesse o **PORTAL OBJETIVO** (www.portal.objetivo.br) e, em "localizar", digite **FIS2M304**

FÍSICA

Ondulatória - Módulos

- 17 – Noções gerais de ondas
- 18 – Ondas mecânicas – classificação
- 19 – Ondas mecânicas – relação fundamental
- 20 – Ondas eletromagnéticas – produção e espectro
- 21 – Ondas eletromagnéticas – relação fundamental e quantização
- 22 – Ondas – Exercícios gerais



A matéria e as cargas elétricas oscilam e, respectivamente, geram ondas mecânicas e eletromagnéticas.

Módulo

17

Noções gerais de ondas

Palavras-chave:

- Transmissão de energia, sem propagar matéria

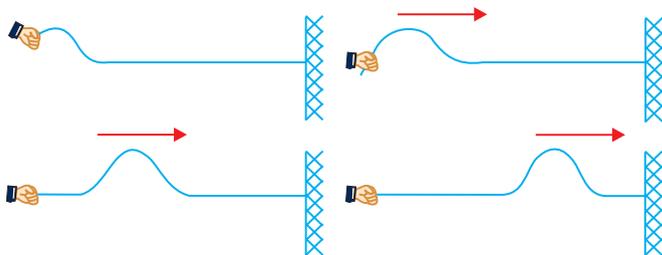
1. Conceito de onda

Dizemos que um meio sofre uma **perturbação** quando qualquer uma das propriedades físicas associadas a um de seus elementos de volume é alterada.

Se a perturbação se estender a outros elementos de volume do meio, originar-se-á uma onda.

Dizemos, então, que:

Onda é qualquer perturbação que se propaga através de um meio.

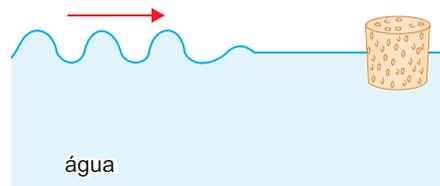


No exemplo anterior, a pessoa dá um solavanco na extremidade esquerda da corda, produzindo uma onda que se propaga através dela.

2. Propriedade fundamental das ondas

Uma onda transmite energia, sem propagação de matéria.

É o caso, por exemplo, das ondas esquematizadas a seguir, que, ao atingirem a rolha, fazem com que esta execute um movimento de sobe e desce, sem que seja arrastada para a direita.



3. Natureza das ondas

Ondas mecânicas

São perturbações mecânicas que se propagam através das partículas de um meio material.

Exemplos

Ondas numa corda, ondas na superfície da água, ondas numa mola, o som etc.

O som constitui-se de ondas mecânicas que se podem propagar em meios sólidos, líquidos e gasosos.

É importante destacar que as ondas mecânicas não se propagam no vácuo.

Assim:

O som não se propaga no vácuo.

	Substância	Temperatura	Velocidade do som (m/s)
GASES	Ar	0	331
	Ar	20	343
	Ar	100	387
	Dióxido de Carbono	0	259
	Oxigênio	0	316
	Hélio	0	965
LÍQUIDOS	Clorofórmio	20	1 004
	Etanol	20	1 162
	Mercúrio	20	1 450
	Água Fresca	20	1 482
SÓLIDOS	Cobre	—	5010
	Vidro Pírex	—	5640
	Aço	—	5960
	Berílio	—	12 870

Ondas eletromagnéticas

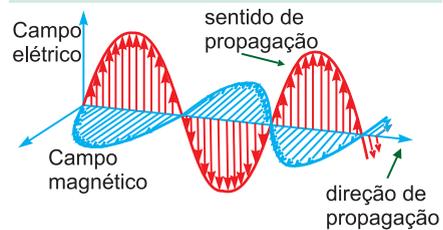
Constituem-se do conjunto de um campo elétrico e um campo magnético, variáveis e perpendiculares entre si, que se propagam no vácuo e também em alguns meios materiais.

Exemplos

Ondas de rádio e TV, micro-ondas, infravermelho, luz, ultravioleta, raios X etc.

As radiações eletromagnéticas propagam-se no vácuo com a maior velocidade fisicamente concebível:

$$c = 3,0 \cdot 10^8 \text{ km/s} = 3,0 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$



Representação esquemática de uma onda eletromagnética.

Resumindo:

A luz é onda eletromagnética que se propaga no vácuo e em alguns meios materiais. Sua velocidade no vácuo vale $3,0 \cdot 10^8 \text{ m/s}$.



Os raios X têm grande utilização na medicina como, por exemplo, no diagnóstico e avaliação de fraturas ósseas. Essas radiações se propagam através dos músculos, mas são bloqueadas pelos ossos. Assim, utilizando chapas sensíveis aos raios X, é possível fazer uma "foto" de partes do corpo de uma pessoa na qual ficam evidenciados os ossos com seus possíveis problemas.

Exercícios Resolvidos

1) Citar duas provas experimentais de que as ondas transportam energia.

Resolução

1ª) Quase toda a energia de que dispomos na Terra é recebida do Sol por meio de radiações eletromagnéticas (visíveis e invisíveis) que atravessam o vácuo e chegam até nós. Neste caso, a energia transportada pela onda está associada aos campos elétrico e magnético que a constituem.

2ª) As ondas sonoras transportam energia mecânica até nossos ouvidos, fazendo vibrar a membrana do tímpano.

2) (PUC-SP-MODELO ENEM) – As estações de rádio têm, cada uma delas, uma frequência fixa e própria na qual a transmissão é feita. A radiação eletromagnética transmitida por suas antenas é uma **onda de rádio**. Quando escutamos uma música, nossos ouvidos são sensi-

bilizados por **ondas sonoras**.

Sobre **ondas sonoras** e **ondas de rádio**, são feitas as seguintes afirmações:

- I. Qualquer onda de rádio tem velocidade de propagação maior do que qualquer onda sonora.
- II. Ondas de rádio e ondas sonoras propagam-se em qualquer meio, tanto material quanto no vácuo.
- III. Independentemente da estação de rádio transmissora ser AM ou FM, a velocidade de propagação das ondas de rádio no ar é a mesma e vale aproximadamente $3,0 \cdot 10^8 \text{ m/s}$.

Está correto o que se afirma apenas em :

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

Resolução

I. Verdadeira. Uma onda de rádio é uma onda eletromagnética. No ar, sua veloci-

dade vale aproximadamente $3,0 \cdot 10^8 \text{ m/s}$. As ondas sonoras, no ar, propagam-se com velocidade próxima de 340 m/s .

- II. Falsa. As ondas sonoras, sendo ondas mecânicas, não se propagam no vácuo.
- III. Verdadeira. As ondas de AM (amplitude modulada) e FM (frequência modulada) são ondas eletromagnéticas, propagando-se no ar com velocidades iguais e próximas de $3,0 \cdot 10^8 \text{ m/s}$.

Resposta: D

3) (GAVE-PORTUGAL-MODELO ENEM) – Leia seguinte trecho:



"Aquilo de que eu (Alex) gostava mais era dos dias de chuva e das tempestades. (...)

Ensinei ao Floco (rato de estimação) que, se contássemos os segundos entre um relâmpago e o trovão e os multiplicássemos por trezentos e trinta, obteríamos a distância a que o relâmpago estava de nós em metros. Era um rato tão ignorante que tive de lhe explicar que isso se devia ao fato de a luz chegar até nós instantaneamente, enquanto que o som viaja à velocidade de trezentos e trinta metros por segundo.”

de Uri Orlev, “A ilha na rua dos pássaros”

Analise as proposições que se seguem:

(I) Se Alex contar 10s entre o instante em que viu o relâmpago e o instante em que

ouviu o trovão é porque a distância entre o local do trovão e Alex é de 3,3km.

(II) A distância **d** entre o local do trovão e a posição de Alex, medida em km, em função do tempo **t**, medido em segundos, entre a visão do relâmpago e a audição do trovão é dada pela relação: $d = 330t$.

(III) A afirmação do texto que a luz chega até nós instantaneamente não é correta pois a velocidade da luz é de, aproximadamente, 300 000 km/s.

(IV) O intervalo de tempo entre a visão do relâmpago e a audição do trovão decorre do fato de a velocidade da luz no ar (300 000km/s) ser muito maior que a do som (330m/s).

Estão corretas apenas:

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

Resolução

I. VERDADEIRA. $d = V_{\text{som}} \cdot T$
 $d = 330 \cdot 10 \text{ (m)} = 3300\text{m}$

d = 3,3km

II. FALSA.

$d = 330t$ para **d** em m e **t** em segundos
 $d = 0,33t$ para **d** em km e **t** em segundos

III. VERDADEIRA

IV. VERDADEIRA

Resposta: A

Exercícios Propostos

1 Quando uma onda se propaga de um local para outro, necessariamente ocorre

- transporte de energia.
- transformação de energia.
- produção de energia.
- movimento de matéria.
- transporte de matéria e energia.

Resposta: A

2 (MODELO ENEM) – Um rapaz e uma garota estão em bordas opostas de um lago de águas tranquilas. O rapaz, querendo comunicar-se com a garota, coloca dentro de um frasco plástico um bilhete e, arrolhado o frasco, coloca-o na água, e lhe dá uma pequena velocidade inicial. A seguir, o rapaz pratica movimentos periódicos sobre a água, produzindo ondas que se propagam, pretendendo com isso aumentar a velocidade do frasco em direção à garota. Com relação a este fato, podemos afirmar:

- Se o rapaz produzir ondas de grande amplitude, a garrafa chegará à outra margem mais rápido.
- O tempo que a garrafa gasta para atravessar o lago dependerá de seu peso.
- Quanto maior a frequência das ondas, menor será o tempo de percurso até a outra margem.
- A velocidade da garrafa no seu movimento até a garota independe das ondas produzidas pelo rapaz, já que essas ondas transmitem apenas energia, sem propagação de matéria.
- A velocidade inicial que o rapaz dá à garrafa não interferirá no tempo de travessia do lago, pois quem faz a garrafa deslocar-se até a garota são as ondas produzidas pelo rapaz.

Resposta: D

3 Analise as seguintes afirmativas:

- O som é onda mecânica.
- A luz é onda eletromagnética
- A luz pode ser onda mecânica.

IV. O som pode propagar-se no vácuo.

V. A luz pode propagar-se no vácuo

São verdadeiras

- I, II e III b) I, III e IV c) II, III e V
d) I, II e V e) todas as afirmativas

Resposta: D

4 Das ondas citadas a seguir, qual delas não é onda eletromagnética?

- infravermelho b) radiação gama c) ondas luminosas
d) ondas de rádio e) ultrassom

Resposta: E

5 (FEI-MODELO ENEM) – Num exame de Física, o professor coloca um despertador programado para tocar às 11h30min dentro de um recipiente onde se faz vácuo.



Analise as alternativas abaixo e assinale a correta:

- o despertador tocará na hora certa, mas os alunos não escutarão nada.
- o despertador tocará com atraso de alguns minutos, por causa da existência do vácuo dentro do recipiente onde se encontra.
- o despertador tocará alguns minutos antes do horário programado, por causa da existência do vácuo no recipiente.
- o despertador só tocará na hora em que for retirado do recipiente.
- o despertador não tocará por causa da existência de vácuo no recipiente.

RESOLUÇÃO:**O som não se propaga no vácuo.****Resposta: A**

- 6 Qual das ondas a seguir não se propaga no vácuo?
- Raios *laser* (*light amplification by simulated emission of radiation*).
 - Ondas de rádio.
 - Micro-ondas.
 - Ondas de *sonar* (*sound navigation and ranging*).
 - Ondas de calor (raios infravermelhos).

Resposta: D

- 7 (MODELO ENEM) – Vê-se um relâmpago; depois se ouve o trovão. Isso ocorre porque
- o som se propaga no ar.
 - a luz do relâmpago é muito intensa.
 - a velocidade do som no ar é de 340m/s.
 - a velocidade do som é menor que a da luz.

- e) se esse fenômeno ocorresse no vácuo, o som do trovão e a luz do relâmpago chegariam juntos.

Resposta: D

- 8 (FESP) – Durante uma tempestade, ouviu-se o trovão 30s depois de se ter percebido o clarão do relâmpago. A que distância aproximada ocorreu o fenômeno? Desprezar o tempo gasto pela luz para chegar ao observador. Adotar $V_{\text{som}} = 340\text{m/s}$.

RESOLUÇÃO:**Como a velocidade da luz do clarão é muitíssimo maior que a do som do trovão, podemos concluir que:**

$$d = V_{\text{som}} \cdot \Delta t \Rightarrow d = 340 \cdot 30 \text{ (m)}$$

$$d = 10\,200\text{m}$$

$$d = 10,2 \text{ km}$$

Módulo**18****Ondas mecânicas – classificação****Palavras-chave:**

- Ondas mecânicas: cordas, líquidos e som

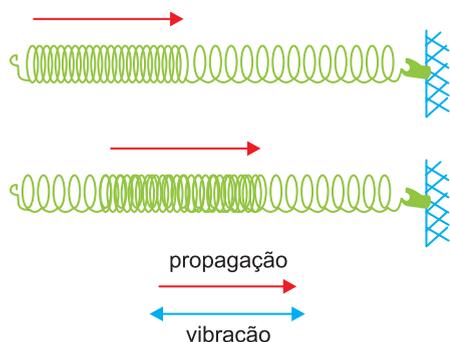
1. Introdução

Os corpos e sistemas constituídos por átomos e moléculas podem vibrar e transmitir energia e quantidade de movimento de um ponto a outro.

Dessa forma, são produzidas as ondas mecânicas, que podem ser classificadas das seguintes maneiras:

2. Ondas quanto às direções de vibração e propagação**Ondas longitudinais**

A direção de vibração coincide com a de propagação.

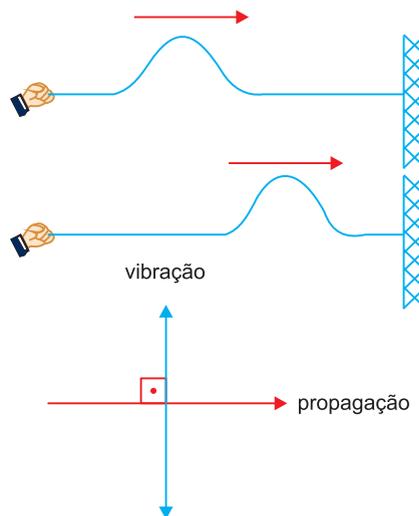


Na mola acima, a onda representada é longitudinal, pois, enquanto a propagação ocorre da esquerda para a direita, as partículas vibram horizontalmente, isto é, na mesma direção.

São também longitudinais as ondas sonoras nos meios fluidos (líquidos ou gasosos).

Ondas transversais

A direção de vibração é perpendicular à de propagação.

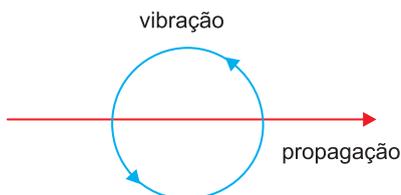


Na corda acima, a onda representada é transversal, pois, enquanto a propagação ocorre da esquerda para a direita, as partículas vibram verticalmente, isto é, na direção perpendicular.

São também transversais todas as radiações eletromagnéticas, inclusive a luz.

Ondas mistas

Têm caráter longitudinal e transversal.

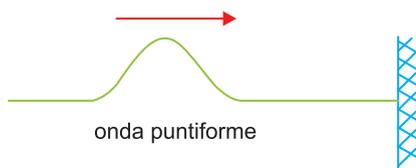


As ondas nas superfícies líquidas são mistas.

3. Ondas quanto à frente de onda e à dimensão

Ondas unidimensionais

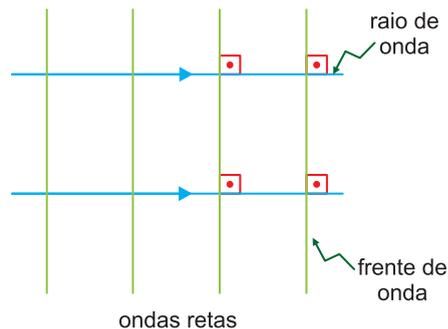
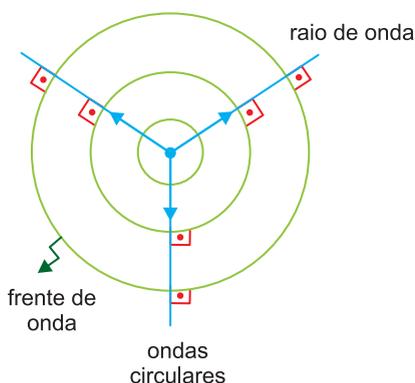
A frente de onda é um ponto



Uma onda se propagando ao longo de uma corda tem por frente de onda um "ponto", o que significa que essa onda é unidimensional.

Ondas bidimensionais

A frente de onda é uma linha

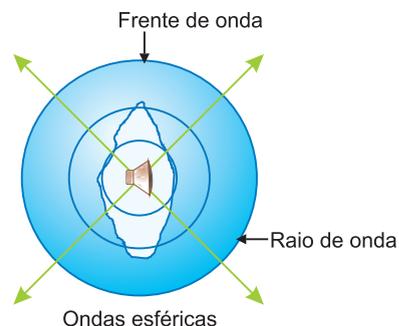


Podemos observar na superfície da água ondas circulares ou retas. Em ambos os casos, a frente de onda é uma "linha" e, por isso, essas ondas são bidimensionais.

Ondas tridimensionais

A frente de onda é uma superfície

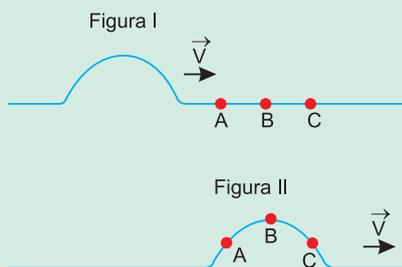
Ondas sonoras emitidas, por exemplo, por um pequeno alto-falante muito potente propagam-se em todas as direções em torno dele. Isso mostra que as frentes de onda são "superfícies" (no caso, superfícies esféricas) e, por isso, essas ondas são tridimensionais.



Devido à redução na profundidade do mar, as ondas ao "quebrarem" na chegada a uma praia não são ondas puras, mas uma espécie de correnteza capaz de arrastar os corpos.

Exercícios Resolvidos

1 (UNIRIO-MODELO ENEM) – A figura I abaixo mostra um pulso de onda, com velocidade \vec{V} , propagando-se para a direita numa corda tracionada, um pouco antes de atingir os pontos A, B e C. Na figura II, a onda já atingiu os pontos citados.



A alternativa que indica, corretamente, as velocidades dos pontos A, B e C no instante considerado, correspondente à figura II, é:

	Velocidade do ponto A	Velocidade do ponto B	Velocidade do ponto C
a)	↓	Zero	↑
b)	↓	↓	↓
c)	Zero	Zero	Zero
d)	↑	↑	↑
e)	→	→	→

Resolução

Na situação da figura II, tem-se:

Ponto A: está na lombada posterior do pulso, por isso sua velocidade é vertical e dirigida para baixo (↓).

Ponto B: está no ponto de altura máxima, em que ocorre inversão no sentido do seu movimento. Por isso, o ponto B tem velocidade nula.

Ponto C: está na lombada anterior do pulso, por isso sua velocidade é vertical e dirigida para cima (↑).

Resposta: A

2 (PISA-MODELO ENEM) – A velocidade de propagação do som no ar depende da temperatura. Na tabela seguinte, é possível observar a velocidade do som (m/s) a diferentes temperaturas.

Temperatura (θ) em $^{\circ}\text{C}$	Velocidade do som (V) em m/s
-10	325,4
-5	328,4
0	331,4
5	334,4
10	337,4
15	340,4
20	343,4
25	346,4
30	349,4

Analise as proposições que se seguem:

- (I) Para um aumento de temperatura de 5°C a velocidade do som aumenta $3,0\text{m/s}$.
- (II) Na temperatura de 40°C , supondo-se que a tabela continua válida, a velocidade do som será de $352,4\text{m/s}$.

(III) Se a equação da velocidade do som V em função da temperatura θ for dada pela relação: $V = \frac{3}{5}\theta + b$ para θ em $^{\circ}\text{C}$ e V em m/s, o parâmetro b vale $331,4\text{m/s}$.

(IV) Para a temperatura $\theta = 12^{\circ}\text{C}$ a velocidade do som vale $338,6\text{m/s}$.

Estão corretas:

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

Resolução

I (V) Leitura da tabela

II (F) Para um aumento de 10°C a velocidade do som aumenta $6,0\text{m/s}$ e valerá:
 $V = (349,4 + 6,0)\text{m/s} = 355,4\text{m/s}$

III (V) $V = \frac{3}{5}\theta + b$
 $\theta = 0^{\circ}\text{C} \Rightarrow V = b = 331,4\text{m/s}$

IV (V) $V = \frac{3}{5}\theta + 331,4\text{m/s}$

IV (V) $V = \frac{3}{5}\theta + 331,4$

$$\theta = 12^{\circ}\text{C} \Rightarrow V = \left(\frac{3}{5} \cdot 12 + 331,4\right) \text{m/s}$$

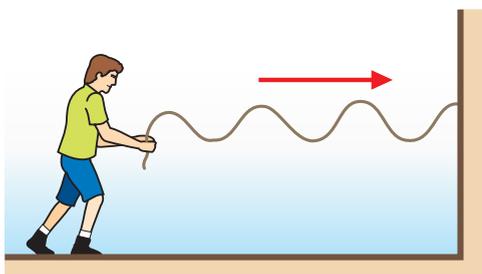
$$V = (7,2 + 331,4) \text{m/s} = 338,6\text{m/s}$$

Resposta: B

Exercícios Propostos

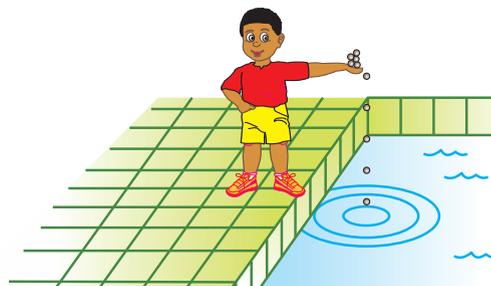
1 Complete as lacunas:

- a) Na figura, o garoto faz com que a extremidade da corda em sua mão realize um movimento periódico de sobe e desce. Devido a isso, produz na corda o trem de ondas mostrado.



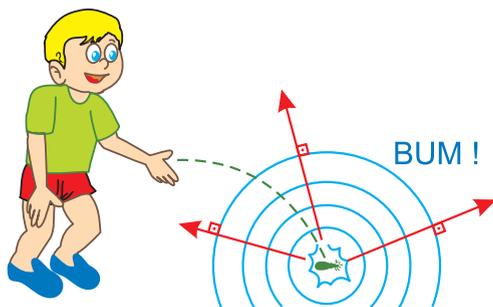
As ondas na corda são: _____, _____
_____ e _____.

- b) O garoto lança pedrinhas de maneira sucessiva na superfície livre da água de uma piscina.



As ondas na água são: _____, _____
_____ e _____.

c) O menino estourou uma bombinha e o som da explosão é ouvido em todas as direções em torno dela.



As ondas sonoras produzidas pelo estouro da bombinha são: _____, _____, _____ e _____.

RESOLUÇÃO:

- a) mecânicas, transversais, pontiformes e unidimensionais.
- b) mecânicas, mistas, circulares e bidimensionais.
- c) mecânicas, longitudinais, esféricas e tridimensionais.

2 Complete o quadro abaixo sobre algumas características das ondas mecânicas

Exemplo de onda mecânica	Representação esquemática da propagação e da vibração da onda
<p>pulso produzido numa mola</p>	<p>vibração</p> <p>propagação</p> <p>onda longitudinal</p>
<p>Imagens sucessivas de um pulso que se propaga numa corda tensa</p>	<p>vibração</p> <p>propagação</p> <p>onda transversal</p>
<p>Movimento de uma rolha colocada na superfície da água</p>	<p>propagação</p> <p>vibração</p> <p>onda mista</p>

3 Nos filmes de ficção científica, como o clássico *Star Wars*, observamos combates entre naves espaciais que disparam umas contra as outras, produzindo estrondos emocionantes. Considerando que esses combates ocorrem no espaço sideral, onde reina o vácuo, responda:

- a) Os estrondos referidos realmente podem ser ouvidos?
- b) Por quê?

RESOLUÇÃO:

- a) Não.
- b) O som não se propaga no vácuo.

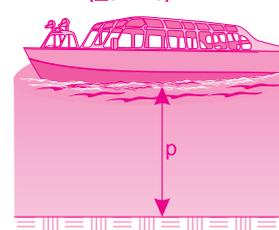
4 (MODELO ENEM) – Para pesquisar a profundidade do oceano numa certa região, usa-se um **sonar** instalado num barco em repouso. O intervalo de tempo decorrido entre a emissão do sinal (ultrassom de frequência 75000Hz) e a resposta ao barco (eco) é de 1 segundo. Supondo que o módulo da velocidade de propagação do som na água é igual a 1500m/s, a profundidade do oceano na região considerada é de:

- a) 25m b) 50m c) 100m d) 750m e) 1500m

RESOLUÇÃO:

Sejam:

- p → profundidade do oceano na região considerada;
- v → módulo da velocidade de propagação do som na água ($v = 1500\text{m/s}$);
- Δt → intervalo de tempo gasto pelo ultrassom desde a emissão até a recepção do sinal refletido no fundo do oceano. ($\Delta t = 1\text{s}$).



O movimento do som na água deve ser considerado uniforme, o que significa que podemos escrever:

$$v = \frac{d}{\Delta t}$$

em que d é a distância percorrida pelas ondas ultrassônicas desde a emissão até a recepção. As ondas

são emitidas do navio, incidem no fundo do mar e, depois de refletidas, são captadas novamente no navio. Assim:

Sendo:

$$\left\{ \begin{array}{l} v = 1500\text{m/s} \\ d = 2p \\ \Delta t = 1\text{s} \end{array} \right\} \Rightarrow 1500 = \frac{2p}{1} \Rightarrow p = \frac{1500}{2} \text{ m} \Rightarrow \boxed{p = 750\text{m}}$$

Resposta: D

No Portal Objetivo

Para saber mais sobre o assunto, acesse o **PORTAL OBJETIVO** (www.portal.objetivo.br) e, em "localizar", digite **FIS2M305**

1. Período, frequência, amplitude e comprimento de onda

Suponhamos que um homem, segurando uma das extremidades de uma corda tensa, passe a movimentar ritmadamente sua mão para cima e para baixo.

Admitamos que o intervalo de tempo decorrido em um sobe e desce da mão seja sempre constante e que a altura da posição mais alta da mão em relação à posição mais baixa seja invariável.

Esses movimentos cadenciados da mão do homem produzirão uma sucessão de ondas senoidais que percorrerão a corda com velocidade de intensidade V , conforme ilustra o esquema a seguir.

Chama-se período (T) da onda o intervalo de tempo necessário para que um ponto vibrante realize um ciclo completo.

No caso do exemplo, o período da onda é igual ao intervalo de tempo gasto pela mão do homem para executar uma oscilação, isto é, um sobe e desce completo.

Chama-se frequência (f) da onda o número de ciclos realizados por um ponto vibrante numa unidade de tempo.

Matematicamente:

$$f = \frac{n}{\Delta t}$$

Se $n = 1$ ciclo, teremos $\Delta t = T$. Assim:

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

Se a unidade de tempo for o segundo (s), decorrerá que:

$$\text{unid } (f) = \frac{1}{s} = s^{-1} = \text{hertz (Hz)}$$

Recordemos que:

$$1\text{kHz} = 10^3 \text{ Hz}, 1\text{MHz} = 10^6 \text{ Hz} \text{ e } 1\text{GHz} = 10^9 \text{ Hz}$$

Chama-se amplitude (A) da onda a distância de uma crista ou um vale ao nível de equilíbrio.

Chama-se comprimento de onda (λ) a distância percorrida pela perturbação durante um período.

Referindo-nos ao exemplo da corda, podemos dizer que o comprimento de onda λ é a distância entre duas cristas ou entre dois vales consecutivos.

É evidente que a distância entre uma crista e um vale consecutivos equivale a meio comprimento de onda ($\lambda/2$).

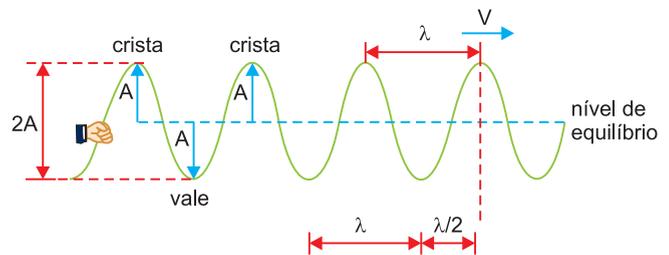
2. Relação fundamental da ondulatória

Geralmente, uma onda propaga-se em movimento uniforme, valendo a relação:

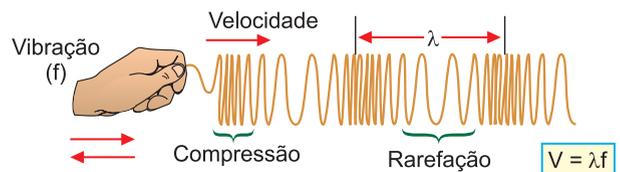
$$V = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

Recordando que durante um período (T) a perturbação percorre um comprimento de onda (λ) e que a frequência (f) é o inverso do período, podemos escrever que:

$$V = \frac{\lambda}{T} = \lambda f$$



3. Onda longitudinal na mola



Onda longitudinal produzida numa mola.

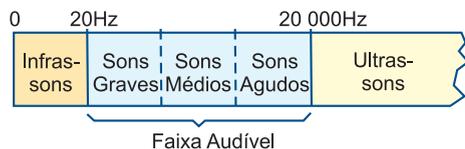
A distância entre os centros de duas compressões sucessivas é o comprimento de onda da onda. A propagação do som nos fluidos é análoga à propagação dessa onda na mola.

4. Som, ultrassom e infrassom

Dependendo de sua frequência, uma onda mecânica pode ou não excitar nossos ouvidos. Quando excita, dizemos que estamos ouvindo a onda, que recebe o nome de som ou **onda sonora**.

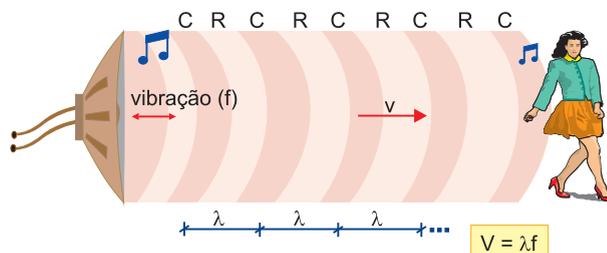
A onda mecânica, para ser ouvida, deve ter sua frequência compreendida entre 20Hz e 20 000Hz, aproximadamente.

Se a frequência da onda mecânica é superior a 20 000Hz, a onda se diz **ultrassom** e se for inferior a 20Hz, **infrassom**.



No caso do som propagando-se no ar, ocorre fato semelhante ao da onda longitudinal na mola. Regiões de compressão alternam-se com regiões de rarefação, e o

comprimento de onda λ é a distância entre duas regiões de compressão consecutivas, conforme representa o esquema.



Exercícios Resolvidos

1 A distância entre duas cristas consecutivas de uma onda mecânica é 5,0m e o período de oscilação desta onda é igual a 2,0s. Pode-se dizer que o módulo da velocidade de propagação da onda e sua frequência são, respectivamente, iguais a :

- a) 2,5m/s e 0,50Hz;
- b) 2,5m/s e 0,60Hz;
- c) 3,0m/s e 0,60Hz;
- d) 3,5m/s e 0,70Hz;
- e) 4,0m/s e 0,70Hz.

Resolução

$$v = \frac{\lambda}{T} \Rightarrow v = \frac{5,0}{2,0} = 2,5\text{m/s}$$

$$f = \frac{1}{T} \Rightarrow f = \frac{1}{2} = 0,50\text{Hz}$$

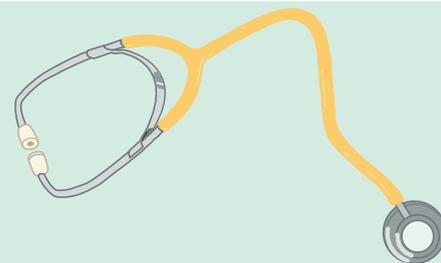
Resposta: A

2 (UFPR-MODELO ENEM) – Identifique a característica de uma onda sonora:

- a) Propaga-se no vácuo com velocidade igual à da luz.
- b) Tem velocidade de propagação igual a 340 m/s em qualquer meio.
- c) Propaga-se como onda transversal.
- d) Todas as ondas sonoras têm igual comprimento de onda.
- e) Necessita de um meio material para se propagar.

Resposta: E

3 (UFTM-MODELO ENEM) – O estetoscópio é um instrumento utilizado para auscultar qualquer som vascular, respiratório e outros de outra natureza em qualquer região do corpo. É composto por 3 componentes: a peça auricular, os tubos condutores de ondas sonoras e a peça auscultatória – geralmente composta de uma campânula ou sinete, que transmite melhor os sons de baixa frequência, e do diafragma, que transmite melhor os sons de alta frequência.



Para que a transmissão desses sons seja percebida pelo médico, a faixa de frequência transmitida deve estar entre

- a) 5Hz e 5 000Hz.
- b) 10Hz e 12 000Hz.
- c) 10Hz e 30 000Hz.
- d) 20Hz e 20 000Hz.
- e) 20Hz e 200 000Hz.

Resolução

O ouvido humano percebe sons compreendidos na faixa de 20Hz a 20 000Hz, aproximadamente, denominada faixa audível.

Resposta: D

Exercícios Propostos

1 (UFRS-MODELO ENEM) – 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 em relação ao nível de equilíbrio

- As grandezas 1, 2, 3 e 4 são denominadas, respectivamente,
- a) frequência, fase, amplitude e comprimento de onda.
 - b) fase, frequência, comprimento de onda e amplitude.
 - c) período, frequência, velocidade de propagação e amplitude.
 - d) período, frequência, amplitude e comprimento de onda.
 - e) frequência, período, comprimento de onda e amplitude.

RESOLUÇÃO:

1: frequência

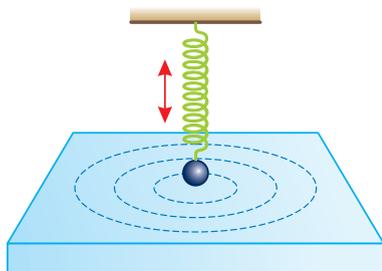
3: comprimento de onda

Resposta: E

2: período

4: amplitude

- 2 (UFRRN)** – Num experimento de laboratório, um corpo é preso a uma mola que executa um movimento harmônico simples na direção vertical, com período de 0,20s. Ao atingir o ponto mais baixo da sua trajetória, o corpo toca a superfície de um líquido, originando pulsos circulares que se propagam com velocidade de 0,50m/s, como ilustrado na figura abaixo.



Considerando as informações dadas, atenda às solicitações abaixo.

- Determine a frequência da onda originada dos pulsos que se propagam pela superfície do líquido.
- Determine o comprimento de onda, ou seja, a distância entre duas cristas consecutivas dessa onda.

RESOLUÇÃO:

a) A frequência da onda que se propaga na superfície do líquido é igual à das oscilações do corpo em MHS.

$$f = \frac{1}{T} \Rightarrow f = \frac{1}{0,20} \text{ (s}^{-1}\text{)} \Rightarrow \boxed{f = 5,0\text{Hz}}$$

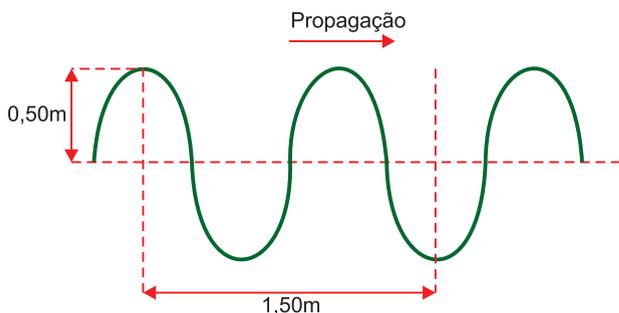
b) Equação fundamental da ondulatória:

$$V = \lambda f$$

$$0,50 = \lambda \cdot 5,0 \Rightarrow \boxed{\lambda = 0,10\text{m} = 10\text{cm}}$$

Respostas: a) 5,0Hz b) 10cm

- 3** A figura a seguir representa a foto de uma corda não absorvedora de energia por onde se propaga um trem de ondas senoidais.



Sabendo-se que a frequência das ondas é igual a 10Hz, determine

- o período de oscilação da corda;
- a amplitude e o comprimento de onda das ondas;
- o módulo da velocidade de propagação das ondas.

RESOLUÇÃO:

$$\text{a) } T = \frac{1}{f} \Rightarrow T = \frac{1}{10} = 0,10\text{s}$$

$$\text{b) } \boxed{A = 0,50\text{m}}$$

$$\lambda + \frac{\lambda}{2} = 1,5$$

$$\frac{3\lambda}{2} = 1,5 \Rightarrow \boxed{\lambda = 1,0\text{m}}$$

$$\text{c) } V = \lambda f \Rightarrow V = 1 \cdot 10 \Rightarrow \boxed{V = 10\text{m/s}}$$

- 4** Os seres humanos podem ouvir sons com frequência mínima igual a 20Hz e frequência máxima igual a 20 000Hz. Considerando-se o módulo da velocidade do som no ar igual a 340m/s, determine os comprimentos de onda mínimo e máximo audíveis para os seres humanos.

RESOLUÇÃO:

$$\lambda = \frac{V}{f} \begin{cases} \lambda_{\text{mín}} = \frac{340}{20\,000} = 1,7 \cdot 10^{-2}\text{m} \\ \lambda_{\text{máx}} = \frac{340}{20} = 17\text{m} \end{cases}$$

- 5 (MACKENZIE-MODELO ENEM)** – Recentemente, uma composição ferroviária francesa, denominada TGV (*train à grande vitesse* – trem de alta velocidade) estabeleceu um novo recorde de velocidade para esse meio de transporte. Atingiu-se uma velocidade próxima de 576 km/h. Esse valor também é muito próximo da metade da velocidade de propagação do som no ar (v_s). Considerando as informações, se um determinado som, de comprimento de onda 1,25 m, se propaga com a velocidade v_s , sua frequência é
- 128 Hz
 - 256 Hz
 - 384 Hz
 - 512 Hz
 - 640 Hz

RESOLUÇÃO:

(I) Transformemos, inicialmente, a velocidade do TGV para m/s:

$$V = 576\text{km/h}$$

$$V = \frac{576}{3,6} \text{ (m/s)} \Rightarrow \boxed{V = 160\text{m/s}}$$

(II) Sendo $V = \frac{V_s}{2}$, vem:

$$160 = \frac{V_s}{2} \Rightarrow \boxed{V_s = 320\text{m/s}}$$

(III) $V_s = \lambda f \Rightarrow 320 = 1,25f$

$$\boxed{f = 256\text{Hz}}$$

Resposta: B



No Portal Objetivo

Para saber mais sobre o assunto, acesse o **PORTAL OBJETIVO** (www.portal.objetivo.br) e, em "localizar", digite **FIS2M306**

- Cargas elétricas vibram e produzem ondas variadas, inclusive no vácuo

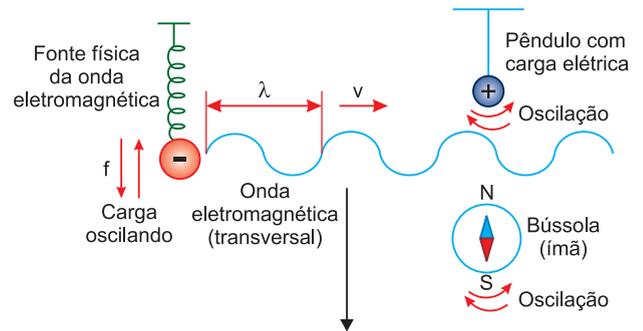
1. Produção de ondas eletromagnéticas

O Universo que conhecemos apresenta, não só corpos formados por átomos e moléculas, mas também, é preenchido por radiação ou ondas eletromagnéticas. Estas fazem parte de muitos fenômenos físicos e têm grandes aplicações tecnológicas, como as transmissões de rádio e TV, os raios X, as micro-ondas, além de sua manifestação mais familiar: a luz visível.

Como você sabe, a matéria é formada por cargas elétricas (prótons e elétrons) que, quando oscilam, produzem alterações nas cargas e nos ímãs próximos. Imagine, de maneira muito simplificada, uma carga elétrica que oscila nas proximidades de um pêndulo com uma carga elétrica pendurada e de uma bússola, ambos, inicialmente, em repouso.

A carga em movimento oscilatório produz ondas eletromagnéticas que são recebidas à distância por outras cargas ou ímãs, que podem passar a oscilar também, o que ocorre com o pêndulo e a bússola.

A oscilação apresenta uma frequência f e um comprimento de onda λ representado a seguir.



A onda eletromagnética é formada por campos elétrico e magnético perpendiculares entre si, que promovem a oscilação do pêndulo e da bússola a distância

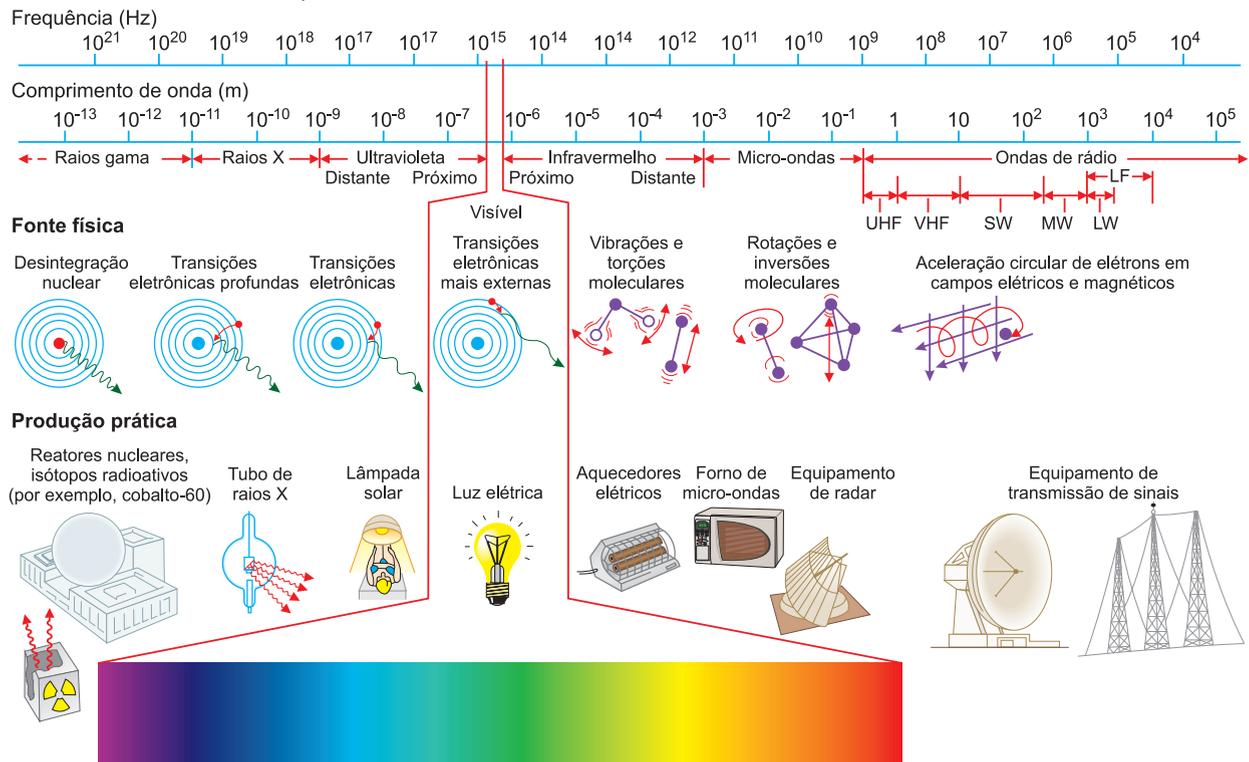
2. Classificação e diferenciação

As ondas eletromagnéticas são sempre transversais e, de maneira geral, esféricas e tridimensionais.

Todas as ondas eletromagnéticas propagam-se no vácuo com velocidade de módulo $3,0 \cdot 10^8$ m/s e diferenciam-se umas das outras pela frequência e pelo comprimento de onda. As ondas mais energéticas e penetrantes são as de maior frequência e menor comprimento de onda (raios x e raios γ).

3. O espectro eletromagnético

O quadro abaixo mostra os tipos de ondas eletromagnéticas, como são formadas e quais são suas principais utilizações. Note que as ondas de infravermelho relacionam-se com torções e oscilações de moléculas, responsáveis pelos fenômenos termodinâmicos e, por isso, são chamadas de ondas de calor.



Exercícios Resolvidos

1 (UDESC-MODELO ENEM) – Analise as afirmações abaixo, com relação às ondas eletromagnéticas.

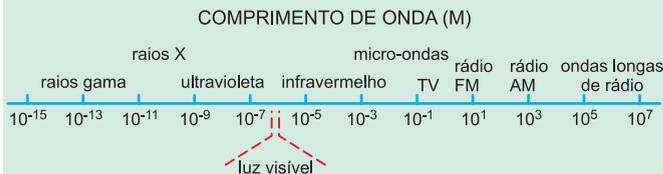
- I. Os raios gama são radiações eletromagnéticas de frequência maior do que a luz visível.
- II. As microondas são ondas eletromagnéticas que se propagam, no ar, com velocidade maior do que as ondas de rádio.
- III. Os campos elétrico e magnético em uma radiação infravermelha vibram paralelamente à direção de propagação da radiação.

Assinale a alternativa correta.

- a) Somente as afirmativas I e III são verdadeiras.
- b) Somente a afirmativa II é verdadeira.
- c) Somente a afirmativa III é verdadeira.
- d) Somente as afirmativas II e III são verdadeiras.
- e) Somente a afirmativa I é verdadeira.

Resolução

I. VERDADEIRA



II. FALSA.

Todas as ondas eletromagnéticas propagam-se no vácuo (c , com boa aproximação, também no ar), com velocidade $c = 3,0 \cdot 10^8 \text{ m/s}$.

III. FALSA.

Os campos elétrico e magnético em uma radiação eletromagnética qualquer vibram perpendicularmente à direção de propagação da radiação.

Resposta: E

2 (UEL-MODELO ENEM) – Uma alternativa para reduzir o consumo de energia elétrica, sem prejudicar o conforto do consumidor, é a troca de lâmpadas incandescentes por lâmpadas fluorescentes. Isto se deve ao fato de que as lâmpadas fluorescentes são chamadas também de lâmpadas frias, emitindo luz com comprimentos de onda específicos na região espectral da luz visível, enquanto as lâmpadas incandescentes emitem um espectro largo e contínuo, que atinge comprimentos de onda bem acima dos da luz visível. Considerando o exposto, é correto afirmar que as lâmpadas incandescentes consomem mais energia produzindo a mesma quantidade de luz visível que uma fluorescente porque emitem

- a) muita radiação infravermelha.
- b) muita radiação beta.
- c) muita radiação azul.
- d) muita radiação ultravioleta.
- e) muita radiação gama.

Resolução:

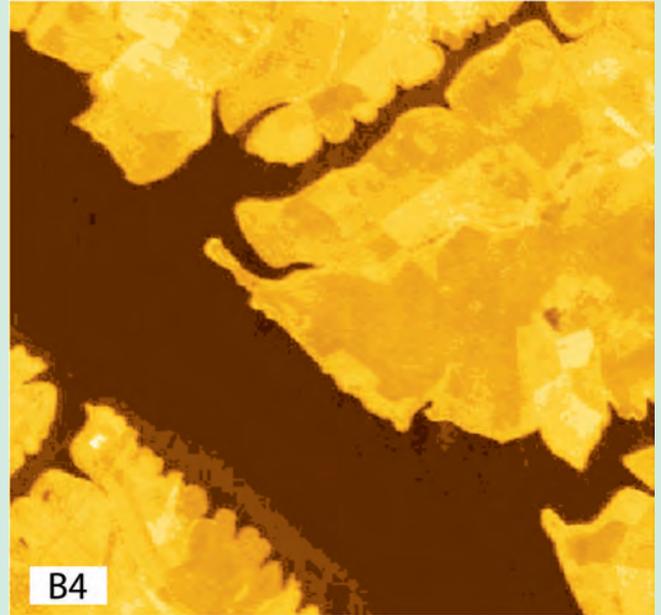
As lâmpadas incandescentes emitem luz como um subproduto do aquecimento do filamento, que se torna rubro devido à passagem da corrente elétrica (Efeito Joule). A radiação emanada da lâmpada constitui-se principalmente de infravermelho (ondas de calor) e luz visível.

O maior consumo de energia dessas lâmpadas está ligado à emissão de *radiação infravermelha* (invisível), que tem frequência menor que a da luz visível e comprimento de onda maior que o da luz visível.

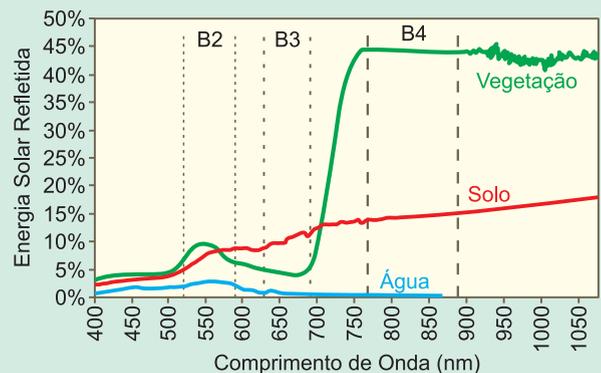
Resposta: A

3 (MODELO ENEM) – A energia proveniente do Sol é composta por um conjunto de ondas eletromagnéticas que abrangem diversos comprimentos de ondas. Desta forma, a energia solar varia espectralmente. Parte da energia solar incidente nos objetos terrestres é

refletida para o espaço, em função do comprimento de onda e da composição dos objetos. O sensoriamento remoto permite a obtenção de informações de objetos terrestres sem a necessidade de contato direto com eles.



Por meio desta tecnologia é detectada a energia solar refletida ou energia termal emitida pelos objetos terrestres, a qual pode ser registrada na forma de imagem. Deste modo, as características físico-química e biológica dos objetos terrestres podem ser estudadas através de imagens obtidas de avião ou satélite. Em cada passagem do satélite brasileiro CBERS-2B, o sensor CCD (Câmara Imageadora de Alta Resolução) registra, simultaneamente, a média da energia solar refletida em cinco intervalos espectrais, correspondentes às bandas (= intervalo de comprimento das ondas eletromagnéticas): B1 (450-520nm); B2 (520-590nm); B3 (630-690nm), B4 (770 a 890nm) e B5 (510 a 730nm), sendo que 1nm representa $0,000000001\text{m}$ ou $1,0 \times 10^{-9}\text{m}$. A energia solar refletida de cada banda é representada em forma de imagem por meio de 256 tons de cinza, variando de zero (preto) a 255 (branco). A figura acima apresenta um exemplo de imagem (região do estado de São Paulo) obtida do satélite CBERS-2B na banda B4.



Com base no texto e no gráfico apresentado analise as proposições que se seguem:

- (I) Para a banda B3, em ordem crescente de energia solar refletida, temos água, vegetação e solo.
- (II) Para a banda B4, em ordem decrescente de energia solar refletida, temos vegetação, solo e água.

(III) A melhor banda para a delimitação dos corpos-d'água (lagos, rios, etc) é a B4 porque a energia solar refletida é nula e na imagem do satélite será representada em preto.

(IV) A banda B2 é onde há maior diferenciação entre solo e vegetação. Estão corretas apenas:

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

Resolução

- I) VERDADEIRA II) VERDADEIRA
III) VERDADEIRA
IV) FALSA. A banda de maior diferenciação entre solo e vegetação é a B4 porque a diferença de energia solar refletida é maior nesta banda.

Resposta: A



Exercícios Propostos

1 (UFG-MODELO ENEM) – As ondas eletromagnéticas foram previstas por Maxwell e comprovadas experimentalmente por Hertz (final do século XIX). Essa descoberta revolucionou o mundo moderno. Sobre as ondas eletromagnéticas, são feitas as afirmações:

- I. Ondas eletromagnéticas são ondas longitudinais que se propagam no vácuo com velocidade constante $c = 3,0 \cdot 10^8 \text{m/s}$.
- II. Variações no campo magnético produzem campos elétricos variáveis que, por sua vez, produzem campos magnéticos também dependentes do tempo e assim por diante, permitindo que energia e informações sejam transmitidas a grandes distâncias.
- III. São exemplos de ondas eletromagnéticas muito frequentes no cotidiano: ondas de rádio, ondas sonoras, micro-ondas e raios X.

Está correto o que se afirma em:

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

RESOLUÇÃO:

(I) **ERRADA.** Todas as ondas eletromagnéticas são *transversais*.

(II) **CORRETA.** Este é um dos postulados da teoria de Maxwell para explicar as ondas eletromagnéticas.

(III) **ERRADA.** As ondas sonoras são *mecânicas*.

Resposta: B

2 (UFC-CE-MODELO ENEM) – Analise as assertivas abaixo e a seguir indique a alternativa correta.

- I. Elétrons em movimento vibratório podem fazer surgir ondas de rádio e ondas de luz.
 - II. Ondas de rádio e ondas de luz são ondas eletromagnéticas.
 - III. Ondas de luz são ondas eletromagnéticas e ondas de rádio são ondas mecânicas.
- a) Somente I é verdadeira.
b) Somente II é verdadeira.
c) Somente III é verdadeira.
d) Somente I e II são verdadeiras.
e) Somente I e III são verdadeiras.

Resposta: D

3 (MODELO ENEM) – Um professor de Física que ministrava a primeira aula sobre Ondas dava exemplos de ondas eletromagnéticas. Ele dizia: “São exemplos de ondas eletromagnéticas as ondas de rádio, a luz, as ondas de radar, os raios X, os raios γ . Um aluno entusiasmado completou a lista de exemplos, dizendo: “Raios α , raios β e raios catódicos”.

Pode-se afirmar que

- a) pelo menos um exemplo citado pelo professor está errado.
b) todos os exemplos citados pelo professor e pelo aluno estão corretos.

- c) apenas um exemplo citado pelo aluno está errado.
d) os três exemplos citados pelo aluno estão errados.
e) há erros tanto nos exemplos do professor quanto nos do aluno.

Resposta: D

4 (MODELO ENEM) – Considere as proposições:

- (I) – As ondas sonoras têm frequência compreendida na faixa de 20Hz a 20 000Hz, aproximadamente.
- (II) – Os raios X têm frequência menor que a mínima frequência visível, enquanto as ondas de TV têm frequência maior que a máxima frequência visível.
- (III) – A frequência correspondente à luz amarela é menor que a frequência correspondente à luz azul.

Responda mediante o código:

- a) Se todas forem corretas.
b) Se todas forem incorretas.
c) Se apenas (I) e (II) forem corretas.
d) Se apenas (I) e (III) forem corretas.
e) Se apenas (II) e (III) forem corretas.

Resposta: D

5 (UNICEMP-PR-MODELO ENEM) – O físico que se especializa na área médica desenvolve métodos e aparelhos para diagnóstico, prevenção e tratamento de diversas anomalias ou doenças. O grande poder de penetração das radiações eletromagnéticas de determinadas frequências possibilitou a criação de procedimentos médicos como a tomografia computadorizada, a mamografia e a densitometria óssea. Por outro lado, certas ondas mecânicas também podem fornecer informações sobre o interior do corpo humano, revelando o sexo dos bebês antes do nascimento ou facilitando diagnósticos cardíacos: os ecocardiogramas.

A radiação eletromagnética e a onda mecânica que comumente permitem a realização dos exames médicos citados são, respectivamente,

- a) raios “gama” e infrassom.
b) raios infravermelhos e ultrassom.
c) raios ultravioleta e raios “X”.
d) raios “X” e ultrassom.
e) ondas de rádio e infrassom.

Resposta: D

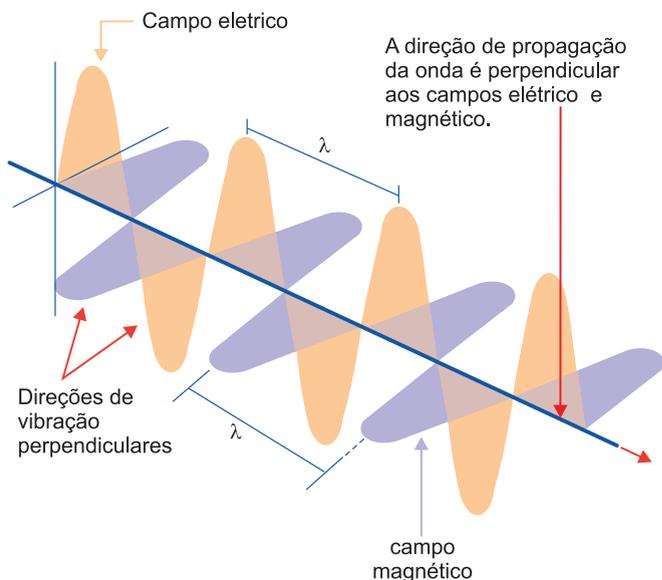


No Portal Objetivo

Para saber mais sobre o assunto, acesse o **PORTAL OBJETIVO** (www.portal.objetivo.br) e, em “localizar”, digite **FIS2M307**

- $V = \lambda f$ e pacotes de energia ($E = hf$)

1. A relação fundamental da ondulatória e as ondas eletromagnéticas



A luz e as demais radiações eletromagnéticas constituem-se de ondas formadas pela junção de dois campos – um elétrico e outro magnético – que se propagam em conjunto, conforme esquematizamos ao lado.

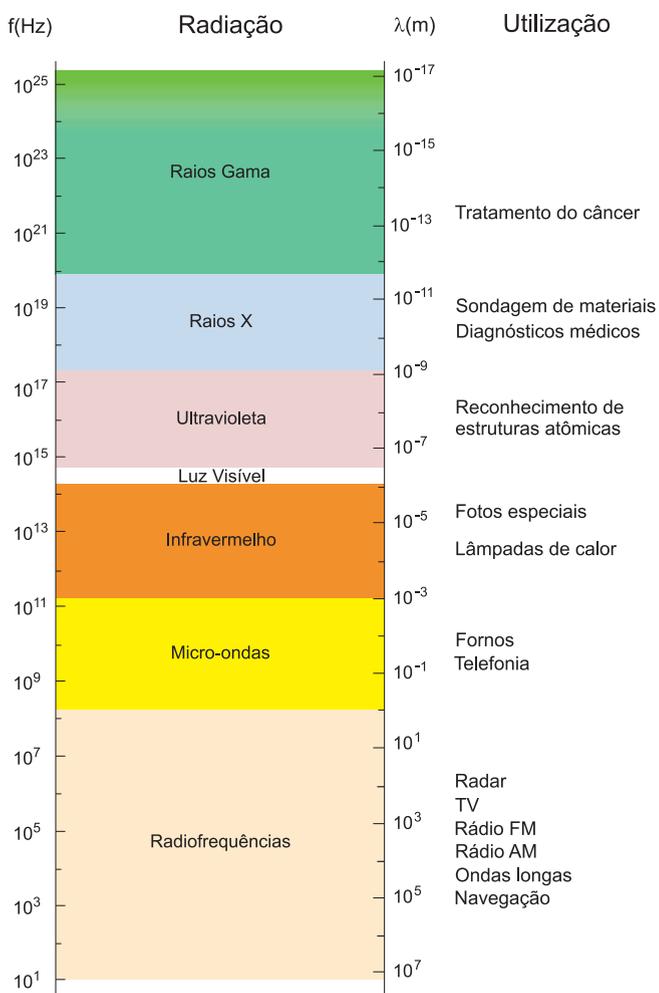
Para todas essas ondas, aplica-se também a **relação fundamental da ondulatória**:

$$V = \frac{\lambda}{T} = \lambda f$$

No vácuo, $V = c = 3,0 \cdot 10^8 \text{m/s}$ para todas as ondas eletromagnéticas.

Dependendo da frequência (e do comprimento de onda), as radiações eletromagnéticas manifestam-se distintamente, prestando-se a diferentes finalidades.

No esquema abaixo, apresentamos o **espectro eletromagnético**, no qual evidenciamos frequências e comprimentos de onda λ dos diversos tipos de radiação.



2. A quantização da energia radiante – os fótons

De acordo com a Física Quântica, as ondas eletromagnéticas propagam-se na forma de pacotes de onda chamados de quanta (no singular, quantum) ou fótons.

É possível calcular a energia de um fóton e , portanto, de uma onda eletromagnética, por meio da expressão:

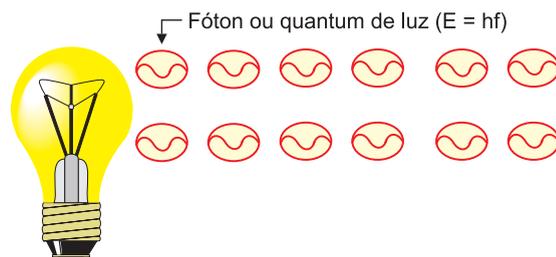
$$E = hf$$

E : energia do fóton (joule J)

h : constante de Planck ($6,63 \cdot 10^{-34} \text{J.s}$)

f : frequência da onda eletromagnética (hertz Hz)

Os fótons de raios γ e raios X são os mais energéticos.



A Física Moderna mostra que a luz de uma lâmpada propaga-se na forma de grãos de energia (fótons), ao invés de fazê-lo de maneira contínua como postulava a Física Clássica.

Exercícios Resolvidos

1 (MODELO ENEM) – Alguns tumores cancerígenos têm grande chance de regressão ou mesmo eliminação total quando submetidos a terapias por radiação. Esses tratamentos consistem em transferir quantidades adequadas de energia (“doses”) às células dos tecidos doentes. Considere um tumor tratado com dois feixes de raios X, 1 e 2, de comprimentos de onda respectivamente iguais a λ e 3λ . Sabendo que a energia associada a um fóton de radiação é diretamente proporcional à frequência da onda eletromagnética correspondente, aponte a alternativa que traz a relação correta entre as energias E_1 e E_2 dos fótons das radiações 1 e 2.

- a) $E_1 = 3E_2$ b) $E_1 = \frac{1}{3} E_2$
 c) $E_1 = 2E_2$ d) $E_1 = \frac{1}{2} E_2$
 e) $E_1 = \frac{2}{3} E_2$

Resolução

$E = hf$ (h é a constante de Planck)

Mas: $v = \lambda \cdot f \Rightarrow f = \frac{v}{\lambda}$

Logo: $E = h \frac{v}{\lambda}$

$$E_1 = h \frac{v}{\lambda} ; E_2 = h \frac{v}{3\lambda}$$

Assim: $E_1 = 3E_2$

Resposta: A

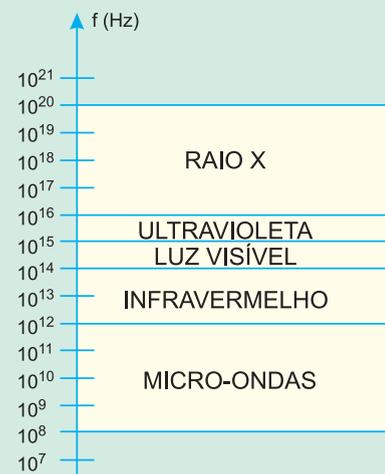
2 (UEPA-MODELO ENEM) – Corpos aquecidos emitem fótons em diferentes frequências do espectro eletromagnético, cada uma distinta. A frequência emitida com maior intensidade para uma determinada temperatura é dada pela lei do deslocamento de Wien:

$$f = C T$$

em que f é a frequência do fóton, T é a temperatura, em Kelvin, e C é uma constante que vale 10^{11} Hz/K. A temperatura típica do corpo humano é de 310K.

De acordo com a Lei de Wien e observando a figura a seguir, o corpo humano emite mais intensamente em que faixa do espectro?

- a) Raio X
 b) Ultravioleta
 c) Luz Visível
 d) Infravermelho
 e) Micro-ondas



- a) Raio X
 b) Ultravioleta
 c) Luz Visível
 d) Infravermelho
 e) Micro-ondas

Resolução

$f = C T$

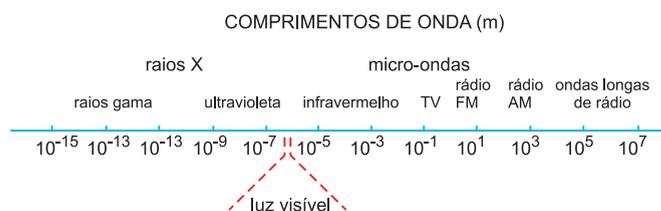
$f = 10^{11} \cdot 310$ (Hz)

$f = 3,1 \cdot 10^{13}$ Hz \Rightarrow infravermelho

Resposta: D

Exercícios Propostos

1 (UFT) – Neste diagrama, está representado o espectro de ondas eletromagnéticas que se propagam no vácuo.



Com base nas informações desse diagrama, julgue os itens de 01 a 03.

01. A velocidade de propagação dos raios gama é maior que a das ondas de rádio.
 02. A frequência dos raios X é maior que a frequência das micro-ondas.
 03. A energia de um fóton de ondas de rádio é maior que a de um fóton de luz visível.

RESOLUÇÃO:

01. ERRADO.

Todas as ondas eletromagnéticas propagam-se no vácuo com velocidade $c = 3,0 \cdot 10^8$ m/s.

02. CORRETO.

$c = \lambda f$ ($c = \text{constante}$)

Como $\lambda_{RX} < \lambda_{MO} \Rightarrow f_{RX} > f_{MO}$

03. ERRADO.

Equação de Planck: $E = h f$ ($h = \text{constante de Planck}$)

Como $f_{OR} < f_{LV} \Rightarrow E_{OR} < E_{LV}$

Respostas: 01. Errado 02. Correto 03. Errado

2 (MACKENZIE-SP-MODELO ENEM) – As antenas das emissoras de rádio emitem ondas eletromagnéticas que se propagam na atmosfera com a velocidade da luz ($3,0 \cdot 10^8$ km/s) e com frequências que variam de uma estação para a outra. A rádio CBN, de São Paulo, emite uma onda de frequência 90,5 MHz e comprimento de onda aproximadamente igual a:

a) 2,8m b) 3,3m c) 4,2m d) 4,9m e) 5,2m

RESOLUÇÃO:

$$c = 3,0 \cdot 10^5 \text{ km/s} = 3,0 \cdot 10^8 \text{ m/s}; f = 90,5 \text{ MHz} = 90,5 \cdot 10^6 \text{ Hz}$$

$$V = \lambda f$$

$$\lambda = \frac{V}{f} = \frac{c}{f} = \frac{3,0 \cdot 10^8}{90,5 \cdot 10^6} \text{ (m)} \Rightarrow \lambda \approx 3,3\text{m}$$

Resposta: B

3 Admita que ondas de rádio de frequência igual a $1,5 \cdot 10^6 \text{ Hz}$ estejam sendo enviadas da Lua para a Terra por um grupo de astronautas tripulantes de uma missão ao satélite. Sabendo que as ondas de rádio se propagam com velocidade de módulo igual a $3,0 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ e que a distância da Lua à Terra é de $3,6 \cdot 10^5 \text{ km}$, aproximadamente, calcule

- a) o tempo gasto pelas ondas no trajeto da Lua à Terra;
b) o comprimento de onda dessas ondas.

RESOLUÇÃO:

$$a) V = \frac{\Delta s}{\Delta t} \Rightarrow \Delta t = \frac{\Delta s}{V}$$

Sendo $\Delta s = 3,6 \cdot 10^5 \text{ km} = 3,6 \cdot 10^8 \text{ m}$ e $V = 3,0 \cdot 10^8 \text{ m/s}$, vem:

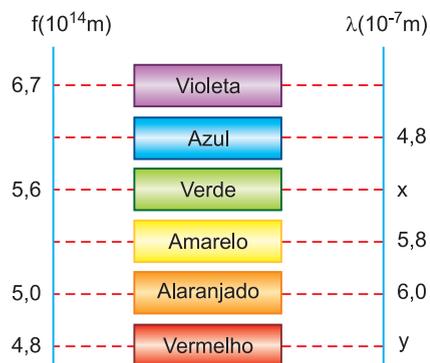
$$\Delta t = \frac{3,6 \cdot 10^8}{3,0 \cdot 10^8} \text{ (s)} \Rightarrow \Delta t = 1,2\text{s}$$

$$b) V = \lambda f \Rightarrow \lambda = \frac{V}{f}$$

Lembrando que $f = 1,5 \cdot 10^6 \text{ Hz}$, temos:

$$\lambda = \frac{3,0 \cdot 10^8}{1,5 \cdot 10^6} \text{ (m)} \Rightarrow \lambda = 2,0 \cdot 10^2\text{m}$$

4 (PUC-SP-MODELO ENEM) – O esquema a seguir apresenta valores de frequência (f) e comprimento de onda (λ) de ondas componentes do trecho visível do espectro eletromagnético.



O quociente $\frac{y}{x}$ é igual a:

- a) $\frac{5}{4}$ b) $\frac{6}{7}$ c) $\frac{4}{3}$ d) $\frac{7}{6}$ e) $\frac{3}{2}$

RESOLUÇÃO:

Trata-se de uma aplicação da equação fundamental da ondulatória, $V = \lambda f$.

(I) Para o alaranjado:

$$V = 6,0 \cdot 10^{-7} \cdot 5,0 \cdot 10^{14} \text{ (m/s)} \Rightarrow V = 3,0 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

(II) Para o vermelho:

$$3,0 \cdot 10^8 = y \cdot 4,8 \cdot 10^{14} \Rightarrow y = \frac{1,0}{1,6} \cdot 10^{-7} \text{ m}$$

(III) Para o verde:

$$3,0 \cdot 10^8 = x \cdot 5,6 \cdot 10^{14} \Rightarrow x = \frac{3,0}{5,6} \cdot 10^{-7} \text{ m}$$

$$(IV) \frac{y}{x} = \frac{\frac{1,0}{1,6} \cdot 10^{-7}}{\frac{3,0}{5,6} \cdot 10^{-7}} = \frac{5,6}{4,8}$$

Da qual: $\frac{y}{x} = \frac{7}{6}$

Resposta: D

5 (FUVEST-SP-MODELO ENEM) – A energia de um fóton de frequência f é dada por $E = hf$, em que h é a constante de Planck. Qual a frequência e a energia de um fóton de luz, cujo comprimento de onda é igual a 5000 \AA ? Dados $h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$; $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ e $1 \text{ \AA} = 1 \text{ \AA} = 10^{-10} \text{ m}$.

a) $6 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$ e $4,0 \cdot 10^{-19} \text{ J}$ b) 0 Hz e 0 J
c) 6 Hz e $4,0 \text{ J}$ d) 60 Hz e 40 J
e) 60 Hz e $0,4 \text{ J}$

RESOLUÇÃO:

$$\lambda = 5000 \text{ \AA} = 5000 \cdot 10^{-10} \text{ m} = 5,0 \cdot 10^{-7} \text{ m}$$

$$f = \frac{V}{\lambda} = \frac{3,0 \cdot 10^8}{5,0 \cdot 10^{-7}} = 0,6 \cdot 10^{15} \Rightarrow f = 6,0 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$$

$$E = hf = 6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 6,0 \cdot 10^{15}$$

$$E = 4,0 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

Resposta: A

Exercício Resolvido

1 (UNIOESTE-MODELO ENEM) – Segundo dados da Anatel (Agência Nacional de Telecomunicações) sobre a densidade de aparelhos no Brasil, divulgados em agosto de 2006, conclui-se que metade dos brasileiros possui telefone celular. Todo aparelho de telefonia celular se comunica com as antenas que estão nos topos das torres por meio de radiações (ou ondas) eletromagnéticas que se propagam a uma velocidade **c** e pode operar na frequência $f_1 = 800$ MHz empregando tecnologias chamadas TDMA e CDMA, ou na frequência $f_2 = 1,8$ GHz, empregando a tecnologia GSM. Sendo **c** a velocidade da luz no vácuo ($c = 3,0 \cdot 10^8$ m/s), é **incorreto** afirmar que

a) em uma hora, as ondas eletromagnéticas com frequências f_1 e f_2 , propagando-se no vácuo, percorrem uma distância de $1,08 \cdot 10^9$ km.

b) o comprimento de onda da radiação de frequência f_1 é maior do que o comprimento de onda da radiação de frequência f_2 .

c) o comprimento de onda da radiação de frequência f_1 é 0,375 metro.

d) a energia da onda de frequência f_2 é 2,25 vezes menor do que a energia da onda de frequência f_1 .

e) se uma dessas ondas eletromagnéticas parte da Terra e chega a Plutão depois de 320 minutos, conclui-se que a distância entre a Terra e Plutão é de $5760 \cdot 10^6$ km.

Resolução

a) $c = \frac{\Delta s}{\Delta t} \Rightarrow 3,0 \cdot 10^8 = \frac{\Delta s}{3600}$

$\Delta s = 1,08 \cdot 10^{12}$ m

Logo: $\Delta s = 1,08 \cdot 10^9$ km

b) $c = \lambda f \Rightarrow \lambda = \frac{c}{f}$

Com **c** constante, λ e **f** são inversamente proporcionais, logo:

Se $f_1 = 0,80$ GHz $<$ $f_2 = 1,8$ GHz, então $\lambda_1 >$ λ_2 .

c) $c = \lambda_1 f_1 \Rightarrow 3,0 \cdot 10^8 = \lambda_1 \cdot 800 \cdot 10^6$

$\lambda_1 = 0,375$ m

d) $E = hf$ (Equação de **Planck**)

$\frac{E_2}{E_1} = \frac{hf_2}{hf_1} \Rightarrow \frac{E_2}{E_1} = \frac{1,8}{0,80}$

$E_2 = 2,25E_1$

e) $c = \frac{\Delta s}{\Delta t} \Rightarrow 3,0 \cdot 10^8 = \frac{D}{320 \cdot 60}$

$D = 5760 \cdot 10^9$ m

$D = 5760 \cdot 10^6$ km

Resposta: D

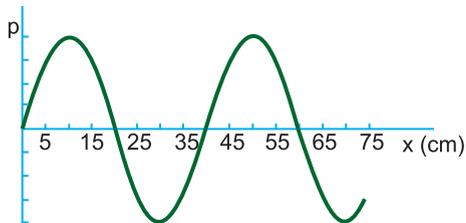
Exercícios Propostos

LEMBRETE

$V = \lambda f$ (Relação Fundamental)

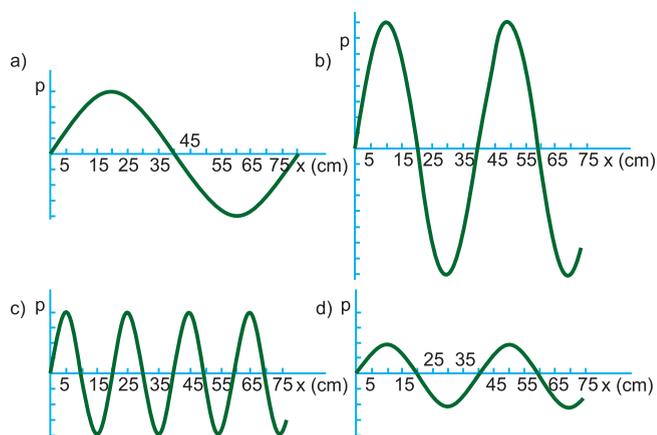
$E = hf$ (Quantização da Energia)

1 (UFMG) – Ao assobiar, Rafael produz uma onda sonora de uma determinada frequência. Essa onda gera regiões de alta e baixa pressão ao longo de sua direção de propagação. A variação de pressão Δp em função da posição **x**, ao longo dessa direção de propagação, em um certo instante, está representada nesta figura:



Em outro momento, Rafael assobia produzindo uma onda sonora de mesma intensidade, mas com frequência igual ao dobro da frequência da onda anterior.

Com base nessas informações, assinale a alternativa cujo gráfico melhor representa a variação de Δp em função de **x** para esta segunda onda sonora.



RESOLUÇÃO:

Sendo constante a velocidade de propagação do som no ar, dobrando-se a frequência, o comprimento de onda reduz-se à metade.

Com **V** constante, $V = \lambda f$, λ e **f** são inversamente proporcionais.

Resposta: C

2 (UFABC-MODELO ENEM)



(Bill Watterson, *Calvin e Haroldo*)

Na tirinha, vemos Calvin transformado num raio X vivo. Esse tipo de onda eletromagnética tem frequência entre 10^{17} e 10^{19} Hz e foi descoberta em 1895 por Wilhelm Röntgen. Como todas as ondas eletromagnéticas, os raios X viajam pelo vácuo com velocidade de $3,0 \cdot 10^8$ m/s. Considere dois raios X, com frequências $f_1 = 1,5 \cdot 10^{18}$ Hz e $f_2 = 3,0 \cdot 10^{19}$ Hz. A razão entre os comprimentos de onda desses raios (λ_1 / λ_2), no vácuo, vale a) 0,050 b) 0,50 c) 2,0 d) 4,5 e) 20

RESOLUÇÃO:

Trata-se de uma aplicação da equação fundamental da ondulatória, $V = \lambda f$.

• Raios X de frequência $f_1 = 1,5 \cdot 10^{18}$ Hz:

$$V_1 = \lambda_1 f_1 \Rightarrow 3,0 \cdot 10^8 = \lambda_1 1,5 \cdot 10^{18} \quad \textcircled{1}$$

• Raios X de frequência $f_2 = 3,0 \cdot 10^{19}$ Hz:

$$V_2 = \lambda_2 f_2 \Rightarrow 3,0 \cdot 10^8 = \lambda_2 3,0 \cdot 10^{19} \quad \textcircled{2}$$

Dividindo-se $\textcircled{1}$ por $\textcircled{2}$, vem:

$$\frac{3,0 \cdot 10^8}{3,0 \cdot 10^8} = \frac{\lambda_1 1,5 \cdot 10^{18}}{\lambda_2 3,0 \cdot 10^{19}} \Rightarrow \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = 20$$

Resposta: E

3 (FGV-MODELO ENEM)

O ar. A folha. A fuga.
No lago, um círculo vago.
No rosto, uma ruga.

(Guilherme de Almeida)

Um peixe, pensando que se tratava de um inseto sobre a água, “belisca” quatro vezes a folha durante o tempo de um segundo, produzindo quatro ondulações de mesmo comprimento de onda. Uma vez que a propagação de um pulso mecânico na água do lago ocorre com velocidade 2,0 m/s, o comprimento de onda de cada abalo produzido é, em metros, a) 0,5 b) 1,0 c) 2,0 d) 4,0 e) 8,0

RESOLUÇÃO:

I. A frequência da onda produzida pelo peixe é f , dada por:

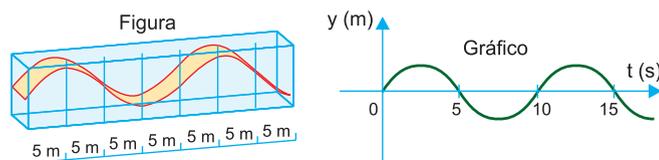
$$f = \frac{n}{\Delta t} = \frac{4,0 \text{ pulsos}}{1,0 \text{ s}} \Rightarrow f = 4,0 \text{ Hz}$$

II. O comprimento de onda λ fica determinado pela equação fundamental da ondulatória: $V = \lambda f \Rightarrow 2,0 = \lambda \cdot 4,0$

Assim: $\lambda = 0,5 \text{ m}$

Resposta: A

4 (FUVEST-SP) – Um grande aquário, com paredes laterais de vidro, permite ver, na superfície da água, uma onda que se propaga. A figura representa o perfil de tal onda no instante T_0 . Durante sua passagem, uma boia, em dada posição, oscila para cima e para baixo e seu deslocamento vertical (y), em função do tempo, está representado no gráfico.

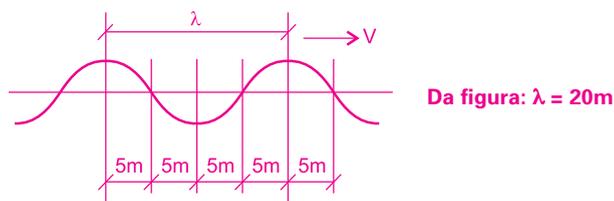


Com essas informações, é possível concluir que a onda se propaga com uma velocidade, aproximadamente, de:

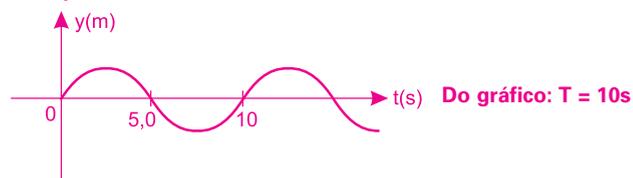
- a) 2,0 m/s b) 2,5 m/s c) 5,0 m/s
d) 10 m/s e) 20 m/s

RESOLUÇÃO:

(I) Perfil da Onda:



(II) Oscilação da boia:



(III) Relação Fundamental da Ondulatória:

$$V = \lambda f = \frac{\lambda}{T} \Rightarrow V = \frac{20 \text{ m}}{10 \text{ s}} \Rightarrow V = 2,0 \text{ m/s}$$

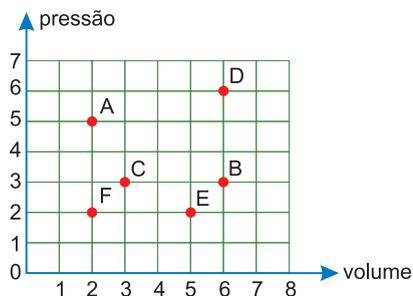
Resposta: A

Física

FRENTE 1

Módulo 17 - Estudo dos gases perfeitos

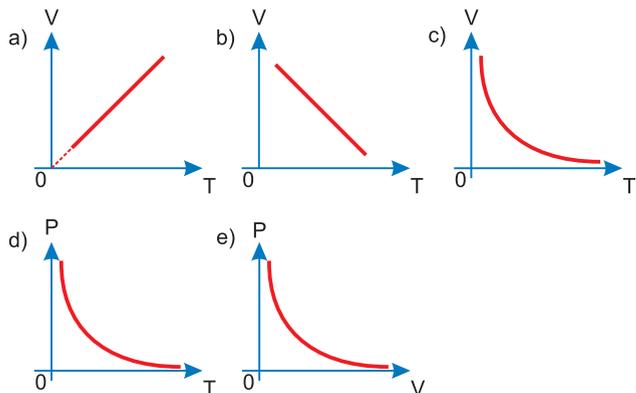
1 (MODELO ENEM) – Os pontos A, B, C, D, E e F do diagrama pressão x volume, dado a seguir, indicam seis situações diferentes de uma mesma massa de gás perfeito.



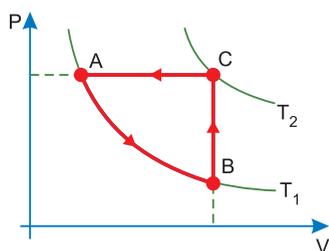
Em que pontos a temperatura do gás assumiu o mesmo valor?

- a) A e C
- b) B e E
- c) D e F
- d) A e E
- e) B e F

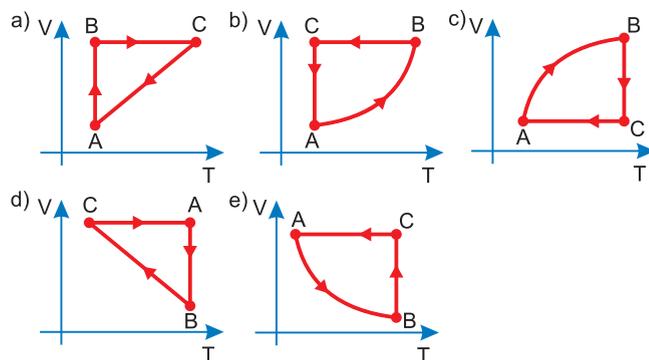
2 (MACKENZIE-SP) – Certa massa de gás ideal sofre uma transformação isobárica, com sua temperatura absoluta T variando proporcionalmente ao seu volume V. Sendo P a pressão desse gás, a melhor representação gráfica dessa transformação é:



3 (UFPB-PB) – Certa massa de gás ideal sofre as transformações cíclicas ABCA indicadas a seguir no diagrama p versus V. A transformação AB é isotérmica.



Num diagrama V versus T, estas transformações devem ser representadas por:



Módulo 18 - Equação de Clapeyron

1 Determine o número de mols de um gás perfeito para que este exerça uma pressão de 6,0atm à temperatura de 300K num recipiente de 20,5 litros.

Dado: $R = 0,082 \frac{\text{atm} \cdot \ell}{\text{mol} \cdot \text{K}}$

2 Num recipiente hermeticamente fechado de volume 4,1 litros, temos 3 mols de um gás perfeito a uma temperatura de 127°C. A pressão exercida pelo gás nas paredes do recipiente vale, em atm:

Dado: $R = 0,082 \frac{\text{atm} \cdot \ell}{\text{mol} \cdot \text{K}}$

3 Um mol de gás perfeito está contido em um recipiente de volume 0,83m³, sujeito a uma pressão de 3,0 . 10³Pa. Sendo

$R = 8,3 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$, a temperatura em que o gás se encontra é:

- a) 20K
- b) 50K
- c) 100K
- d) 200K
- e) 300K

4 Um gás se encontra a 27°C e sujeito a uma pressão de $6,0 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$.

Sabendo-se que o gás ocupa 8,3 m³, o número de mols do gás é:

- a) 0,020
- b) 0,10
- c) 0,30
- d) 0,40
- e) 2,0

Dado: $R = 8,3 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$

5 (UNICENTRO-SP-MODELO ENEM) – Experiências com uma determinada massa de gás, confinado no interior de um cilindro, mostraram que a pressão por ele exercida, à temperatura contante, variou com o volume ocupado pela massa gasosa, de acordo com a tabela.

V(ℓ)	p(atm)
5,0	1,80
4,0	2,25
3,0	3,00
2,0	4,50

Nas condições da experiência, comprimindo-se a massa gasosa de modo que ocupe o volume de 1,5ℓ no interior do cilindro, a pressão exercida pelo gás, em atm, é igual a:

- a) 4,75 b) 5,00 c) 5,50 d) 6,00 e) 6,25

6 (VUNESP-SP-MODELO ENEM) – A pressão dos pneus de uma bicicleta é determinada, entre outros fatores, em função do peso do ciclista e do tipo de terreno a ser enfrentado. É recomendado pelo fabricante que não se calibrem os pneus com menos de 35psi. Em um dia de calor, à temperatura de 27°C, um ciclista inicia seu passeio com os pneus submetidos à mínima pressão recomendada. No fim do passeio, volta a medir a pressão, obtendo 38 psi. Considerando-se que o volume dos pneus permaneceu constante e que o ar se comporta como um gás ideal, a temperatura no interior dos pneus no fim da viagem será, em °C, aproximadamente:

Dado: 1psi (*pound per square inch*) = 6898,6 Pa

- a) 30 b) 45 c) 52 d) 60 e) 67

Módulo 19 – Lei geral dos gases perfeitos e misturas gasosas

1 Uma dada massa de gás perfeito está num recipiente de volume 8,0 litros, à temperatura de 7,0°C, exercendo a pressão 4,0 atm. Reduzindo-se o volume a 6,0ℓ e aquecendo-se o gás, a sua pressão passou a ser 10,0atm. Determine a que temperatura o gás foi aquecido.

2 Um gás perfeito a 0°C, sob pressão de 1,0atm, ocupa o volume de 8,0 litros. Que volume ocupará a 182°C sob pressão de 4,0 atm?

3 Um gás está a –23°C, num recipiente de volume constante. De quanto devemos aquecer o gás para que sua pressão aumente em 20%?

4 Um gás a 0°C está num recipiente hermeticamente fechado. Aquece-se o gás a 91°C e diminui-se o seu volume em 20%. Sendo a pressão inicial do gás igual a 0,60atm, qual a pressão final, em atm?

5 (UNESP-SP-MODELO ENEM) – Por meio de uma bomba de ar comprimido, um tratorista completa a pressão de um dos pneus do seu trator florestal, elevando-a de $1,1 \cdot 10^5$ Pa (16 lbf/pol²) para $1,3 \cdot 10^5$ Pa (19 lbf/pol²), valor recomendado pelo fabricante. Se durante esse processo a variação do volume do pneu é desprezível, o aumento da pressão no pneu se explica apenas por causa do aumento

- a) da temperatura do ar, que se eleva em 18% ao entrar no pneu, pois o acréscimo do número de mols de ar pode ser considerado desprezível.
b) da temperatura do ar, que se eleva em 36% ao entrar no pneu, pois o acréscimo do número de mols de ar pode ser considerado desprezível.

- c) do número de mols de ar introduzidos no pneu, que aumenta em 18%, pois o acréscimo de temperatura do ar pode ser considerado desprezível.
d) do número de mols de ar introduzidos no pneu, que aumenta em 28%, pois o acréscimo de temperatura do ar pode ser considerado desprezível.
e) do número de mols de ar introduzidos no pneu, que aumenta em 36%, pois o acréscimo de temperatura do ar pode ser considerado desprezível.

6 (CEFET-MG) – Um balão cheio de gás ideal é abandonado no fundo de um lago de 20 metros de profundidade e sobe até a superfície. O volume e a densidade do balão, no fundo do lago, são representados por V_1 e ρ_1 , respectivamente, e na superfície por V_2 e ρ_2 . Se a temperatura da água for constante e a cada 10 metros de profundidade a pressão aumenta em 1,0atm, a relação correta entre essas grandezas será:

- a) $V_1 = V_2$ e $\rho_1 = \rho_2$ b) $V_1 = V_2/2$ e $\rho_1 = 2\rho_2$
c) $V_1 = V_2/3$ e $\rho_1 = 3\rho_2$ d) $V_1 = 2V_2$ e $\rho_1 = \rho_2/2$
e) $V_1 = 3V_2$ e $\rho_1 = \rho_2/3$

7 (VUNESP-SP) – Um recipiente de volume 80,0 L contém 8,00 mols de um gás ideal que se encontra sob pressão de $8,30 \times 10^5$ Pa. Considerando-se $R = 8,30\text{J}/(\text{mol}\cdot\text{K})$, a temperatura desse gás, em graus Celsius, vale:

- a) 155 b) 200 c) 246 d) 400 e) 727

8 (FUVEST-SP-MODELO ENEM) – Em algumas situações de resgate, bombeiros utilizam cilindros de ar comprimido para garantir condições normais de respiração em ambientes com gases tóxicos. Esses cilindros, cujas características estão indicadas na tabela, alimentam máscaras que se acoplam ao nariz. Quando acionados, os cilindros fornecem para a respiração, a cada minuto, cerca de 40 litros de ar, à pressão atmosférica e temperatura ambiente.

CILINDRO PARA RESPIRAÇÃO

Gás	ar comprimido
Volume	9 litros
Pressão interna	200atm

Pressão atmosférica local = 1atm
A temperatura durante todo o processo permanece constante.

Neste caso, a duração do ar de um desses cilindros seria de aproximadamente

- a) 20 minutos. b) 30 minutos. c) 45 minutos.
d) 60 minutos. e) 90 minutos.

Módulo 20 – Gases perfeitos – Exercícios

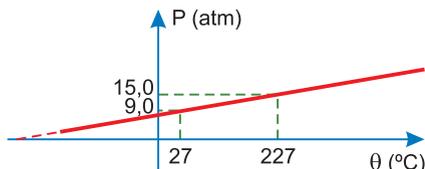
1 Uma dada massa de gás está num estado inicial (1) definido por:

$$p_1 = 2,0 \text{ atm} \quad V_1 = 1,0\ell \quad T_1 = 200\text{K}$$

- a) Aquece-se o gás isometricamente do estado (1) ao estado (2) até que a pressão dobre. Calcule a temperatura T_2 .
b) Expande-se o gás isotermicamente do estado (2) ao estado (3) até que a pressão fique dividida por 4. Calcule o volume V_3 .

- c) Comprime-se o gás isobaricamente do estado (3) ao estado (4) até que o volume se reduza de 60%. Calcule a temperatura T_4 .
- d) Faça o gráfico que representa as transformações anteriores num diagrama da pressão em função do volume.

2 (MACKENZIE-SP) – Num reservatório de 32,8ℓ, indilatável e isento de vazamentos, encontra-se certa quantidade de oxigênio ($M = 32\text{g/mol}$). Alterando-se a temperatura do gás, sua pressão varia de acordo com o diagrama a seguir.



Dado: $R = 0,082 \frac{\text{atm} \cdot \ell}{\text{mol} \cdot \text{K}}$

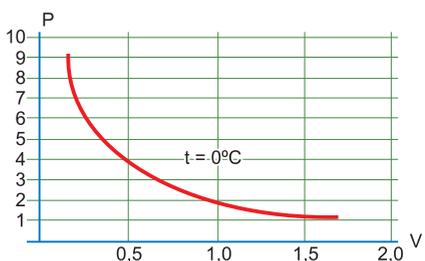
A massa de oxigênio contida nesse reservatório é:

- a) $3,84 \cdot 10^2 \text{ g}$ b) $7,68 \cdot 10^2 \text{ g}$ c) $1,15 \cdot 10^3 \text{ g}$
d) $2,14 \cdot 10^3 \text{ g}$ e) $4,27 \cdot 10^3 \text{ g}$

3 (VUNESP-SP-MODELO ENEM) – Sob pressão de 1 atmosfera, um gás perfeito ocupa um volume de 50 litros a uma temperatura de 100K. O novo volume ocupado por este mesmo gás, caso a pressão seja duplicada e a temperatura elevada a 400K, será, em litros, igual a:

- a) 50 b) 100 c) 200 d) 400 e) 500

4 (UECE-CE) – O gráfico P (atm) \times V (litros) abaixo corresponde a uma isoterma de um gás ideal.



Sabendo-se que a densidade do gás é $\mu = 2 \text{ kg/m}^3$ a 4atm, a massa gasosa é

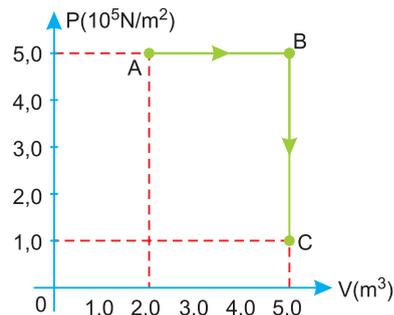
- a) 1g b) 10g c) 100g d) 0,5kg

5 (MACKENZIE-SP) – Uma massa de gás supostamente ideal, inicialmente a 47°C , sofre uma variação de temperatura de 80°C durante uma transformação isobárica. O volume dessa massa gasosa, após esse aquecimento, sofreu um aumento, em relação ao seu volume inicial, de:

- a) 2,5% b) 4,0% c) 25% d) 40% e) 80%

Módulo 21 – Relações entre energia térmica e energia mecânica

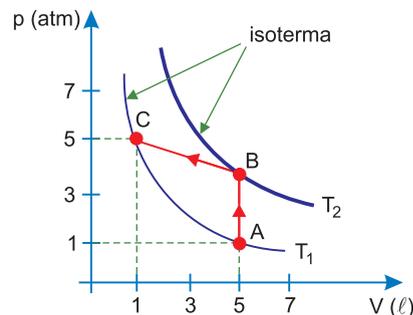
1 (UNIFOR-CE) – Um gás ideal sofre a transformação $A \rightarrow B \rightarrow C$ indicada no diagrama abaixo.



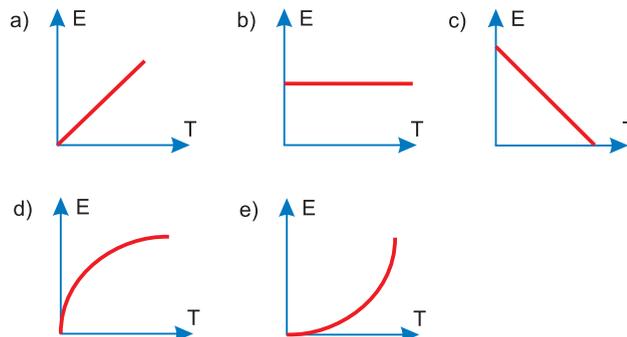
O trabalho realizado pelo gás nessa transformação, em joules, vale:

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

2 (UFPE-PE) – Um mol de um gás ideal passa por transformações termodinâmicas, indo do estado A para o estado B, e, em seguida, o gás é levado ao estado C, pertencente à mesma isoterma de A, como mostra o diagrama pV abaixo. Calcule a variação da energia interna do gás, em joules, ocorrida quando o gás passa pela transformação completa ABC.



3 (UFLA-MG-MODELO ENEM) – A teoria cinética dos gases propõe um modelo microscópico para um gás ideal, baseado nas leis da mecânica e em alguns postulados. Admite-se que o gás é composto de um grande número de partículas separadas por distâncias consideráveis, se comparadas às dimensões dessas partículas. Estas se movimentam rapidamente e ao acaso, não exercendo forças entre si, exceto quando colidem. Por fim, admite-se também que as colisões entre as partículas, ou com as paredes do recipiente que as contém, são perfeitamente elásticas. Dessa forma, o gráfico que melhor representa a relação entre a energia cinética média (E) do gás e sua temperatura é



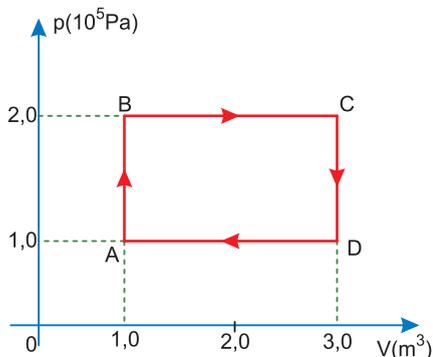
4 (FEI-SP) – Quanto à 1.ª Lei da Termodinâmica, podemos afirmar que

- a troca de calor com o meio exterior é igual ao trabalho realizado no processo menos a variação da energia interna.
- o trabalho realizado no processo é igual ao calor trocado com o meio exterior mais a variação da energia interna.
- a variação da energia interna é igual ao calor trocado com o meio exterior mais o trabalho realizado no processo.
- o calor trocado com o meio exterior é igual ao trabalho realizado no processo mais a variação da energia interna.
- o trabalho realizado no processo é igual ao calor trocado com o meio exterior.

5 (UFV-MG) – Um gás ideal monoatômico expandiu-se, realizando um trabalho sobre a vizinhança igual, em módulo, à quantidade de calor absorvida por ele durante a expansão. Sabendo-se que a energia interna de um gás ideal é proporcional a sua temperatura absoluta, pode-se afirmar que, na transformação relatada acima, a temperatura absoluta do gás

- necessariamente aumentou.
- necessariamente permaneceu constante.
- necessariamente diminuiu.
- aumentou ou permaneceu constante.
- diminuiu ou permaneceu constante.

6 (UFPEL-RS) – Um sistema realiza o ciclo ABCDA representado na figura abaixo.



A partir do gráfico e baseado em seus conhecimentos sobre Termodinâmica, é correto afirmar que

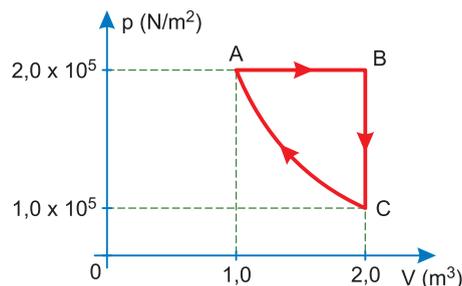
- o trabalho realizado durante a transformação cíclica foi nulo porque a situação final do gás é exatamente igual à inicial.
- não houve transformação cíclica, e sim duas transformações termodinâmicas: uma isocórica e outra isobárica.
- o trabalho realizado durante a transformação cíclica foi de $4,0 \cdot 10^5$ J.
- o trabalho realizado durante a transformação cíclica foi de $2,0 \cdot 10^5$ J.
- é impossível determinar o valor do trabalho durante a transformação cíclica, já que as transformações não representam o Ciclo de Carnot.

7 (UNICENTRO-SP-MODELO ENEM) – Marque a alternativa que descreve a 1.ª Lei da Termodinâmica.

- O aumento de energia interna de um gás é dado pela diferença entre o calor recebido e o trabalho realizado.
- O trabalho realizado é dado pela soma do calor recebido com o aumento de energia interna.

- O calor recebido é dado pela diferença entre o trabalho realizado e o aumento de energia interna.
- Se um sistema realiza trabalho, sua energia interna não se altera.
- Se um sistema recebe trabalho, sua energia interna diminui.

8 Uma amostra gasosa ideal sofre um ciclo de transformação ABCA (figura).



Sabendo-se que, no estado A, sua temperatura inicial era de 27°C , pode-se afirmar que

- houve aumento de energia cinética nas partículas de gás, na transformação CA.
- a temperatura no estado B foi $5,0 \times 10^2$ K.
- a amostra recebeu calor na transformação CA.
- o trabalho realizado durante a transformação BC foi maior que na transformação AB.
- o trabalho realizado pela amostra, na transformação AB, foi de $2,0 \times 10^5$ J.

Módulo 22 – 1.º Princípio da Termodinâmica – Exercícios

1 Numa transformação isobárica, um gás realiza o trabalho de 400J, quando recebe do meio externo 500J. Determine a variação de energia interna do gás nessa transformação.

2 (UNIRIO-RJ) – Um gás ideal é confinado num cilindro por um pistão. O pistão é empurrado lentamente para baixo, de tal maneira que a temperatura do gás permaneça em 20°C . Durante a compressão, o trabalho realizado sobre o gás foi de 750J. Calcule:

- a variação da energia interna do gás.
- a quantidade de calor liberada no processo.

3 (UFVJM-MG) – Tendo-se uma amostra de gás ideal em expansão isotérmica, é correto afirmar que

- o trabalho realizado pelo gás é igual à variação de sua energia interna.
- o trabalho realizado pelo gás é igual ao calor absorvido por ele.
- o calor absorvido pelo gás é nulo.
- a energia cinética média das moléculas do gás aumenta.

4 (UFL-PR) – Numa transformação gasosa reversível, a variação da energia interna é de +300J. Houve compressão e o trabalho realizado pela força de pressão do gás é, em módulo, 200J. Então, é verdade que o gás

- cedeu 500J de calor ao meio.
- cedeu 100J de calor ao meio.

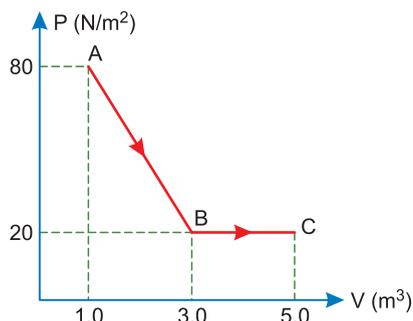
- c) recebeu 500J de calor do meio.
 d) recebeu 100J de calor do meio.
 e) sofreu uma transformação adiabática.

5 Sobre um sistema, realiza-se um trabalho de 3000J e, em resposta, ele fornece 1000cal de calor durante o mesmo intervalo de tempo. A variação de energia interna do sistema, durante esse processo, é, aproximadamente:

(Considere $1,0 \text{ cal} = 4,0\text{J}$)

- a) -1000J b) + 2000J c) -4000J
 d) + 4000J e) + 7000J

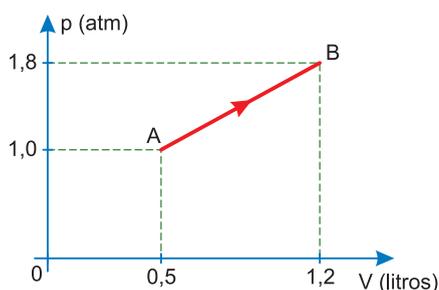
6 (UNIRIO-RJ) – O gráfico mostra uma transformação ABC sofrida por certa massa de gás ideal (ou perfeito), partindo da temperatura inicial 300K.



Determine

- a) a temperatura do gás no estado C (em Celsius).
 b) o trabalho realizado pelo gás na transformação AB.

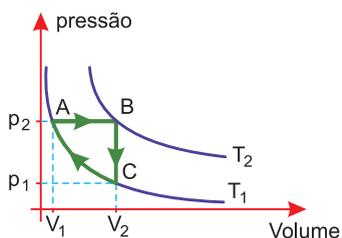
7 Certa massa de gás ocupa, inicialmente, 0,5 litro de um recipiente, sob pressão de 1,0atm. O gás recebe certa quantidade de calor e aumenta sua energia interna em 12,5cal, passando a ocupar um volume de 1,2 litro, sob pressão de 1,8atm, como mostra o gráfico da pressão (p) em função do volume (v).



Considerando-se $1\text{atm} = 10^5 \text{ Pa}$ e $1\text{cal} = 4\text{J}$, a quantidade de calor que o gás absorve nessa transformação é, em cal, de:

- a) 98 b) 48 c) 37 d) 24,5 e) 12,5

8 (UFV-MG) – Um gás perfeito sofre as transformações AB, BC e CA.

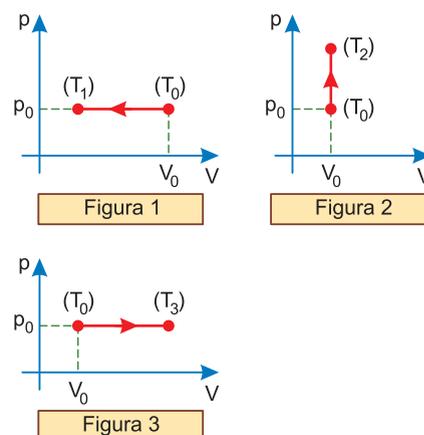


Determine:

- a) o trabalho realizado pelo gás na transformação AB.
 b) o trabalho realizado pelo gás na transformação BC.
 c) a relação entre pressão e volume do gás no estado A.

9 Dois mols ($n = 2$) de um gás perfeito sofrem um aquecimento isobárico, variando a temperatura de $\Delta T = 10\text{K}$. Dada a constante universal dos gases perfeitos $R = 8,3\text{J/molK}$, calcule o trabalho realizado pelo gás nesta transformação.

10 (AMAN-RJ) – Em um laboratório, confinam-se “n” moles de um gás monoatômico que se encontra em equilíbrio termodinâmico a uma temperatura T_0 . Os gráficos, mostrados nas figuras 1, 2 e 3, representam transformações termodinâmicas sofridas pelo gás em experiências distintas, nas quais o módulo da quantidade de calor Q , trocado com o meio ambiente, é sempre o mesmo em cada uma dessas experiências.



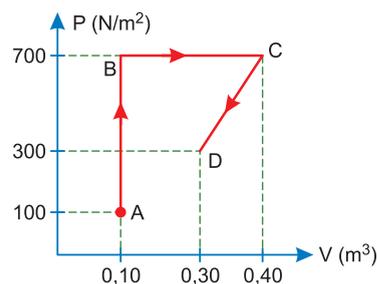
Sabendo-se que as temperaturas finais em cada um dos processos são, respectivamente, T_1 , T_2 e T_3 , pode-se afirmar que:

- a) $T_1 = T_3 < T_2$ b) $T_1 < T_3 < T_2$ c) $T_1 < T_2 < T_3$
 d) $T_2 < T_1 = T_3$ e) $T_3 < T_2 < T_1$

11 (UNESP-SP-MODELO ENEM) – Um gás ideal, confinado no interior de um pistão com êmbolo móvel, é submetido a uma transformação na qual seu volume é reduzido à quarta parte do seu volume inicial, em um intervalo de tempo muito curto. Tratando-se de uma transformação muito rápida, não há tempo para a troca de calor entre o gás e o meio exterior. Pode-se afirmar que a transformação é

- a) isobárica e a temperatura final do gás é maior que a inicial.
 b) isotérmica e a pressão final do gás é maior que a inicial.
 c) adiabática e a temperatura final do gás é maior que a inicial.
 d) isobárica e a energia interna final do gás é menor que a inicial.
 e) adiabática e a energia interna final do gás é menor que a inicial.

12 Um gás ideal sofre as transformações indicadas no diagrama pressão x volume a seguir.



- A respeito dessas transformações, podemos afirmar que
- na transformação AB o sistema não troca trabalho com o meio externo.
 - na transformação BC o sistema realiza trabalho equivalente a 210J.
 - na transformação CD o sistema recebe trabalho correspondente a 50J.
 - durante o processo o sistema nunca recebe trabalho.

São **falsas**:

- a) I e II b) II e III c) I, II e III
d) só IV e) nenhuma

FRENTE 2

Módulo 17 – Noções gerais de ondas

1 (UNIP-SP-MODELO ENEM) – Em uma propaganda de televisão, foi dito que as notícias transmitidas por ondas de rádio se propagavam com a mesma velocidade das ondas sonoras (340m/s). A respeito desta propaganda, assinale a opção correta.

- Ondas de rádio são a mesma coisa que ondas sonoras.
- O conteúdo da propaganda é absurdo, pois as ondas sonoras se propagam no ar com velocidade de módulo 300000km/s.
- O conteúdo da propaganda é absurdo, pois as ondas de rádio, que transmitem as notícias, se propagam no ar com velocidade de módulo 300000km/s, aproximadamente.
- Ondas de rádio e ondas sonoras se propagam no ar com a mesma velocidade.
- O conteúdo da propaganda é absurdo, pois as ondas sonoras não se propagam no ar.

2 Da janela de um apartamento situado no 10º andar de um edifício, você observa um operário batendo um prego em uma tábua postada no solo. Você primeiramente vê a martelada para depois de um certo intervalo de tempo ouvir o ruído correspondente. Dê uma explicação para o fato, justificando com dados numéricos.

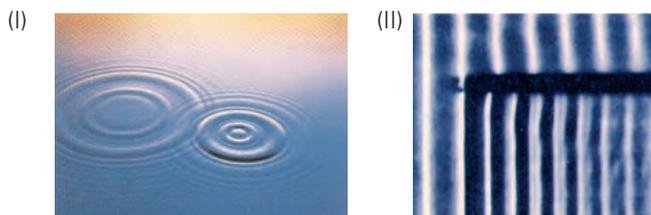
3 O **sonar** é um aparelho utilizado em submarinos para determinar a distância a um obstáculo qualquer. Para tal, é emitido um sinal ultrassônico e o aparelho registra o tempo até a recepção do sinal refletido pelo obstáculo. Admitindo que uma das indicações do **sonar** corresponda a 4,0s, determine a distância do obstáculo ao submarino. Suponha que o módulo da velocidade dos ultrassons na água seja de $1,5 \cdot 10^3$ m/s.

4 Um caçador ouve o eco de um tiro 6,0s após ter disparado a arma. Sabendo-se que o som se propaga no ar com velocidade de módulo igual a 340m/s, o anteparo refletor encontra-se a uma distância igual a:

- a) 2040m b) 1020m c) 510m
d) 340m e) 680m

Módulo 18 – Ondas mecânicas – classificação

1 Classifique as ondas mostradas nas figuras abaixo, que foram produzidas na superfície da água, e complete o quadro:



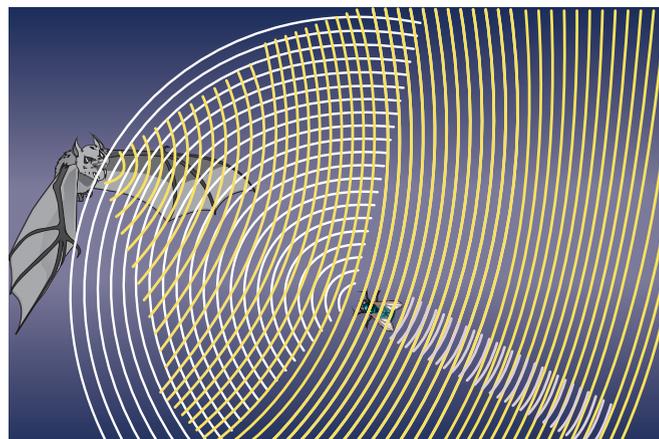
	Natureza	Direção de propagação e vibração	Frente de onda	Dimensão
Figura I				
Figura II				

2 O pulso produzido na mola, mostrado na figura a seguir, caracteriza uma onda mecânica



- longitudinal, circular e bidimensional.
- transversal, esférica e tridimensional.
- mista, reta e bidimensional.
- transversal, puntiforme e unidimensional.
- mista, plana e unidimensional.

3 Morcegos emitem ultrassons. A figura mostra um morcego emitindo um sinal que, após incidir parcialmente num inseto, é refletido, retornando ao morcego, que fica informado da presença do inseto a uma certa distância.



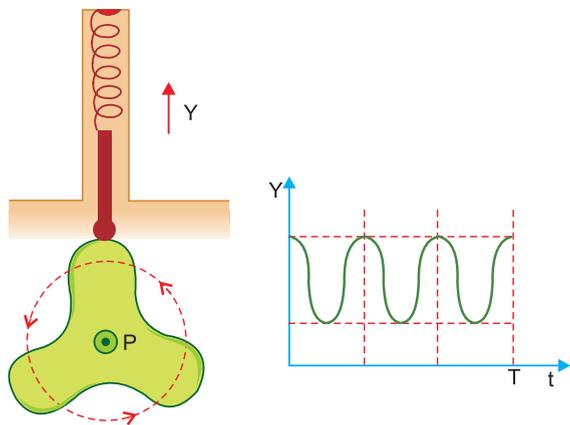
Os ultrassons emitidos são ondas mecânicas

- transversais, circulares e unidimensionais.
- longitudinais, esféricas e tridimensionais.
- mistas, circulares e tridimensionais.
- longitudinais, planas e bidimensionais.
- transversais, esféricas e tridimensionais.

4 (UEL-PR-MODELO ENEM) – Os morcegos, mesmo no escuro, podem voar sem colidir com os objetos a sua frente. Isto porque esses animais têm a capacidade de emitir ondas sonoras com frequências elevadas, da ordem de 120 000Hz, usando o eco para se guiar e caçar. Por exemplo, a onda sonora emitida por um morcego, após ser refletida por um inseto, volta para ele, possibilitando-lhe a localização desse inseto.

- Sobre a propagação de ondas sonoras, pode-se afirmar que
- o som é uma onda mecânica do tipo transversal que necessita de um meio material para se propagar.
 - o som também pode propagar-se no vácuo, da mesma forma que as ondas eletromagnéticas.
 - a velocidade de propagação do som nos materiais sólidos, em geral, é menor do que a velocidade de propagação do som nos gases.
 - a velocidade de propagação do som nos gases independe da temperatura destes.
 - o som é uma onda mecânica do tipo longitudinal que necessita de um meio material para se propagar.

5 (FUVEST-SP-MODELO ENEM) – Uma peça, com a forma indicada, gira em torno de um eixo horizontal P, com velocidade angular constante e igual a π rad/s. Uma mola mantém uma haste apoiada sobre a peça, podendo a haste mover-se apenas na vertical. A forma da peça é tal que, enquanto ela gira, a extremidade da haste sobe e desce, descrevendo, com o passar do tempo, um movimento harmônico simples como indicado no gráfico.

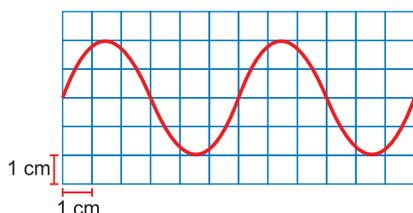


Assim, a frequência do movimento da extremidade da haste será de:

- 3,0Hz
- 1,5Hz
- 1,0Hz
- 0,75Hz
- 0,5Hz

Módulo 19 - Ondas mecânicas - relação fundamental

1 (UFPB-PB-Modificada) – Em um dado instante, a forma de uma corda por onde se propaga uma onda é indicada na figura abaixo:



Com base nos dados obtidos da figura e sabendo-se que a velocidade de propagação da onda é de 120cm/s, pode-se concluir que sua amplitude, seu comprimento de onda e sua frequência são dados, respectivamente, por

- 2cm, 6cm e 40Hz.
- 4cm, 3cm e 40Hz.
- 4cm, 9cm e 10Hz.
- 2cm, 6cm e 20Hz.
- 2cm, 3cm e 20Hz.

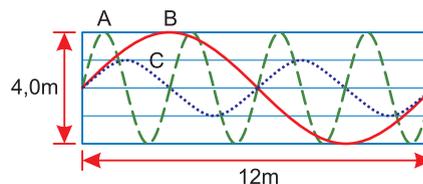
2 (FEEVALE-RS-MODELO ENEM) – Andando pelas ruas nas tardes de domingo, podemos perceber o momento do gol numa importante partida de futebol que está sendo transmitida pela TV ouvindo o som dos gritos dos torcedores. O som no ar, responsável pela estimulação do sentido da audição, é

- uma onda longitudinal de frequência compreendida entre 20Hz e 20.000Hz, aproximadamente.
- uma onda longitudinal de frequência compreendida entre 10Hz e 10.000Hz, aproximadamente.
- uma onda transversal de frequência compreendida entre 20Hz e 20.000Hz, aproximadamente.
- uma onda transversal de frequência compreendida entre 10Hz e 10.000Hz, aproximadamente.
- uma sensação independente da frequência.

3 (INATEL-MG) – O som de um apito chega a uma pessoa 7s depois de acionado. Se a distância da pessoa até o apito é de 49000 comprimentos de onda do som emitido, qual é a frequência do apito?

- 49kHz
- 7kHz
- 343kHz
- 3,5kHz
- 24,5kHz

4 (FATEC-SP) – Analise a figura a seguir.



Nela, estão representadas três ondas que se propagam em cordas idênticas, A, B e C, imersas no mesmo meio material e que percorrem a distância de 12m em 2,0s. Dessa observação, pode-se afirmar que a frequência em

- A é maior que em B e o período em C é menor que em B.
- B é maior que em A e o período em C é maior que em A.
- C é menor que em A e o período em C é menor que em A.
- A é menor que em B e o período em C é maior que em B.
- B é igual a em A e em C e o período em C é igual ao em A e em B.

Módulo 20 - Ondas eletromagnéticas - produção e espectro

1 No vácuo, todas as ondas eletromagnéticas possuem

- mesma frequência.
- mesma amplitude.
- mesmo comprimento de onda.
- mesma quantidade de energia.
- mesma velocidade de propagação.

2 Analise as afirmativas:

- I. Toda onda mecânica é sonora.
- II. As ondas de rádio, na faixa de FM (Frequência Modulada), são transversais.
- III. Abalos sísmicos são ondas mecânicas.
- IV. O som é sempre uma onda mecânica em qualquer meio.
- V. As ondas de rádio AM (Amplitude Modulada) são ondas mecânicas.

São verdadeiras:

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

3 Das ondas citadas a seguir, qual é longitudinal?

- a) Ondas em cordas tensas.
- b) Ondas em superfícies da água.
- c) Ondas luminosas.
- d) Ondas eletromagnéticas.
- e) Ondas sonoras propagando-se no ar.

4 (ITA-SP) – Considere os seguintes fenômenos ondulatórios:

- I) Luz
 - II) Som
 - III) Perturbação propagando-se numa mola helicoidal esticada.
- Podemos afirmar que
- a) I, II e III necessitam de um suporte material para propagar-se.
 - b) I é transversal, II é longitudinal e III tanto pode ser transversal como longitudinal.
 - c) I é transversal, II é longitudinal e III é longitudinal.
 - d) I e III podem ser longitudinais.
 - e) somente III é longitudinal.

5 (UFMS-RS-MODELO ENEM) – Uma das aplicações dos raios X é na observação dos ossos do corpo humano.

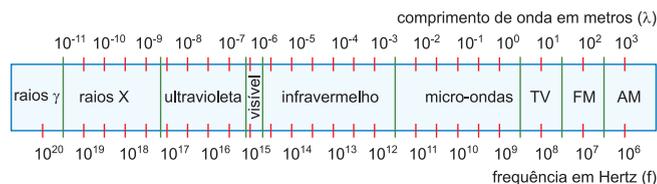
Os raios X são obtidos quando elétrons, emitidos por um filamento aquecido, são acelerados por um campo elétrico e atingem um alvo metálico com velocidade muito grande.

São feitas as seguintes afirmações sobre os raios X:

- I) Os raios X são ondas mecânicas.
 - II) No vácuo, a velocidade de propagação dos raios X é igual à velocidade de propagação da luz visível.
 - III) Os raios X têm frequências menores do que a da luz visível.
- Está(ão) correta(s)
- a) apenas I.
 - b) apenas II.
 - c) apenas III.
 - d) apenas I e II.
 - e) apenas II e III.

6 (FATEC-SP-MODELO ENEM) – Com a descoberta de que um corpo aquecido podia emitir calor em forma de radiação térmica, Max Planck realizou pesquisas nesta área, e seu trabalho é considerado o marco do surgimento da física quântica. Radiação é uma forma de energia que se propaga, emitida pelos corpos de acordo com sua temperatura. É desta forma que o calor e a luz do Sol chegam à Terra. Alguns tipos de radiação atravessam nosso corpo (comprimentos de onda por volta de 10^{-10} m). Outros não conseguem essa travessia e são retidos na superfície (comprimentos de onda por volta de 10^{-8} m), tornando-se nocivos à nossa saúde.

A figura a seguir mostra uma escala de frequências e comprimentos de onda para as diversas radiações.

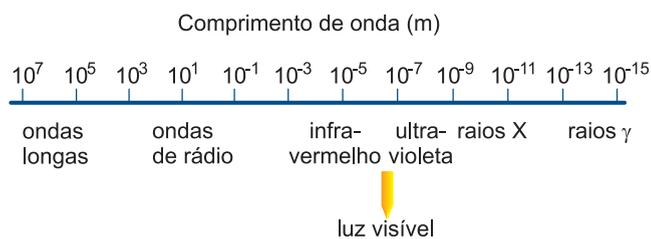


A faixa de frequências que são nocivas à nossa saúde corresponde, no gráfico, a

- a) raios gama.
- b) micro-ondas.
- c) ondas de rádio.
- d) raios ultravioleta.
- e) raios infravermelhos.

Módulo 21 – Ondas eletromagnéticas – relação fundamental e quantização

1 (UFMG-MG-MODELO ENEM) – O diagrama apresenta o espectro eletromagnético com as identificações de diferentes regiões em função dos respectivos intervalos de comprimento de onda no vácuo.



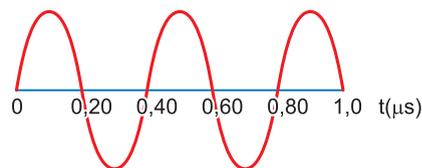
É correto afirmar que, no vácuo,

- a) o ultravioleta tem maior comprimento de onda que o infravermelho.
- b) os raios γ se propagam com maiores velocidades que as ondas de rádio.
- c) os raios X têm menor frequência que as ondas longas.
- d) todas as radiações têm a mesma frequência.
- e) todas as radiações têm a mesma velocidade de propagação.

2 Uma onda eletromagnética de frequência igual a 100MHz propaga-se através do vácuo. Sabendo-se que o módulo da velocidade da luz no vácuo é igual a $3,0 \cdot 10^8$ m/s, pode-se dizer que o comprimento de onda desta onda eletromagnética é igual a:

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

3 A figura abaixo representa a variação do campo elétrico de uma onda eletromagnética no vácuo em certo ponto do espaço. Os instantes em que o campo elétrico se anula estão indicados em microssegundos. O módulo da velocidade de propagação dessa onda é $c = 3,0 \cdot 10^8$ m/s.



A frequência da onda e o seu comprimento de onda valem, respectivamente:

- a) 250kHz e $7,5 \cdot 10^{14}$ m
- b) 5,0MHz e 60m
- c) 2,5MHz e 120m
- d) 0,40Hz e $7,5 \cdot 10^8$ m
- e) 250MHz e 120m

4 (UEL-PR-MODELO ENEM) – A faixa de radiação eletromagnética perceptível pelos seres humanos está compreendida no intervalo de 400nm a 700nm.

Considere as afirmativas a seguir.

- I. A cor é uma característica somente da luz absorvida pelos objetos.
- II. Um corpo negro ideal absorve toda a luz incidente, não refletindo nenhuma onda eletromagnética.
- III. A frequência de uma determinada cor (radiação eletromagnética) é sempre a mesma.
- IV. A luz ultravioleta tem energia maior do que a luz infravermelha.

Assinale a alternativa correta.

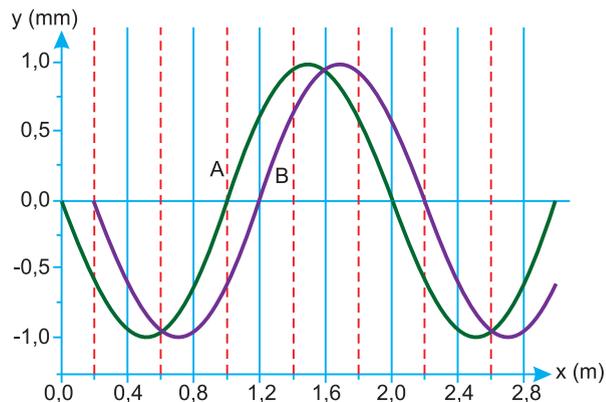
- a) Somente as afirmativas I e II são corretas.
- b) Somente as afirmativas I e III são corretas.
- c) Somente as afirmativas II e IV são corretas.
- d) Somente as afirmativas I, III e IV são corretas.
- e) Somente as afirmativas II, III e IV são corretas.

Módulo 22 – Ondas – Exercícios gerais

1 (UFPE-PE-MODELO ENEM) – O intervalo de frequências do som audível estende-se de 20Hz a 20kHz. Considerando que a velocidade do som no ar é de aproximadamente 340m/s, determine o intervalo correspondente de comprimentos de onda sonora no ar, em m.

- a) $2,5 \cdot 10^{-3}$ a $2,5$
- b) $5,8 \cdot 10^{-3}$ a $5,8$
- c) $8,5 \cdot 10^{-3}$ a $8,5$
- d) $17 \cdot 10^{-3}$ a 17
- e) $34 \cdot 10^{-3}$ a 34

2 (UFPE-PE) – As curvas A e B representam duas fotografias sucessivas de uma onda transversal que se propaga numa corda. O intervalo de tempo entre as fotografias é de 0,008s e é menor do que o período da onda.



Pede-se determinar:

- a) a amplitude (A), o comprimento de onda (λ) e a frequência (f) da onda que se propaga ao longo da corda.
- b) a intensidade (V) da velocidade de propagação.

3 (UNICAMP-SP) – Uma das formas de se controlar misturas de gases de maneira rápida, sem precisar retirar amostras, é medir a variação da velocidade do som no interior desses gases. Uma onda sonora com frequência de 800kHz é enviada de um emissor a um receptor (vide esquema), sendo então medida eletronicamente sua velocidade de propagação em uma mistura gasosa. O gráfico a seguir apresenta a velocidade do som para uma mistura de argônio e nitrogênio em função da fração molar de Ar em N_2 .

- a) Qual o comprimento de onda da onda sonora no N_2 puro?
- b) Qual o tempo para a onda sonora atravessar um tubo de 10cm de comprimento contendo uma mistura com uma fração molar de Ar de 60%?

RESOLUÇÃO DOS EXERCÍCIOS-TAREFAS

FRENTE 1

Módulo 17 – Estudo dos gases perfeitos

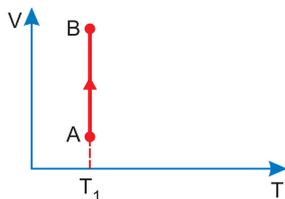
1 Nos pontos A e E, os produtos da pressão pelo volume são iguais ($P_A V_A = P_E V_E = 5 \cdot 2 = 10$) e, por isso, possuem temperaturas de mesmo valor.

Resposta: D

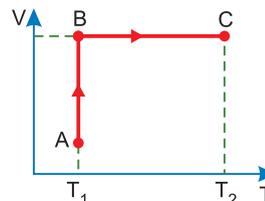
2 Resposta: A

3 Transformação AB (isotérmica):

No diagrama $V \times T$, temos:

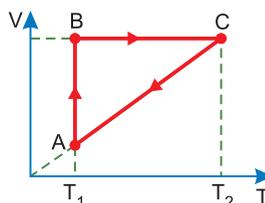


Transformação BC (isométrica):



Transformação CA (isobárica):

No diagrama $V \times T$, é uma reta passando pela origem do diagrama.



Resposta: A

Módulo 18 - Equação de Clapeyron

$$1 \quad pV = nRT \Rightarrow n = \frac{p \cdot V}{RT}$$

$$n = \frac{6,0 \cdot 20,5}{0,082 \cdot 300} \text{ (mol)}$$

$$n = 5,0 \text{ mols}$$

$$2 \quad pV = nRT \Rightarrow p = \frac{nRT}{V}$$

$$p = \frac{3 \cdot 0,082 \cdot 400}{4,1} \text{ (atm)}$$

$$p = 24 \text{ atm}$$

Resposta: C

$$3 \quad T = \frac{pV}{nR} \Rightarrow T = \frac{3,0 \cdot 10^3 \cdot 0,83}{1 \cdot 8,3} \text{ K}$$

$$T = 300 \text{ K}$$

Resposta: E

$$4 \quad n = \frac{pV}{RT} \Rightarrow n = \frac{pV}{R(\theta_c + 273)}$$

$$n = \frac{6,0 \cdot 8,3}{8,3 \cdot 300} \text{ (mol)}$$

$$n = 0,020 \text{ mol}$$

Resposta: A

- 5 Observando a tabela fornecida, notamos que o produto pressão x volume se mantém constante. Assim, podemos afirmar que a transformação sofrida pelo gás é a isotérmica (temperatura constante). Aplicando-se a Lei de Boyle-Mariotte, tem-se:

$$p_1 V_1 = p_2 V_2$$

Considerando o primeiro par de valores da tabela, tem-se:
 $1,80 \cdot 5,0 = p_2 \cdot 1,5$

$$p_2 = 6,00 \text{ atm}$$

Resposta: D

- 6 Se o volume permaneceu constante, a transformação é isocórica e então podemos utilizar a Lei de Charles:

$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$$

Assim:

$$\frac{35}{(27 + 273)} = \frac{38}{T_2}$$

$$T_2 \approx 325 \text{ K} \approx 52^\circ\text{C}$$

Resposta: C

Módulo 19 - Lei geral dos gases perfeitos e misturas gasosas

- 1 Do enunciado do problema, temos:

$$p_1 = 4,0 \text{ atm} \quad p_2 = 10,0 \text{ atm}$$

$$V_1 = 8,0 \text{ l} \quad V_2 = 6,0 \text{ l}$$

$$\theta_1 = 7,0^\circ\text{C} \quad \theta_2 = ?$$

Como a massa de gás se mantém constante, podemos aplicar a Lei Geral dos Gases Perfeitos. Assim:

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}$$

Assim:

$$T_1 = \theta_1 + 273 = 7,0 + 273 \text{ (K)}$$

$$T_1 = 280 \text{ K}$$

Substituindo-se, na equação, os valores fornecidos, obtemos:

$$\frac{4,0 \cdot 8,0}{280} = \frac{10,0 \cdot 6,0}{T_2}$$

$$T_2 = 525 \text{ K}$$

Voltando para a escala Celsius, temos:

$$\theta_2 = T_2 - 273 = 525 - 273 \text{ (}^\circ\text{C)}$$

$$\theta_2 = 252^\circ\text{C}$$

- 2 Utilizando-se a Lei Geral dos Gases Perfeitos:

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}$$

$$\frac{1,0 \cdot 8,0}{273} = \frac{4,0 \cdot V_2}{455} \Rightarrow V_2 = 3,3 \text{ l}$$

- 3 Da Lei Geral dos Gases Perfeitos, sabemos que:

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}$$

Utilizando os dados fornecidos:

$$\frac{p_1 \cdot V_1}{250} = \frac{1,2 p_1 \cdot V_1}{T_2} \text{ (K)}$$

$$T_2 = 300 \text{ K}$$

$$\text{Assim: } \Delta T = T_2 - T_1$$

$$\Delta T = 300 - 250 \text{ (K)}$$

$$\Delta T = 50 \text{ K}$$

Devemos aquecer o gás de 50K.

$$4 \quad \frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}$$

$$\frac{0,60 \cdot V_1}{273} = \frac{p_2 \cdot 0,80 V_1}{364} \text{ (atm)}$$

Assim: $p_2 = 1,0 \text{ atm}$

- 5 O aumento de pressão no pneu do trator é explicado pelo aumento do número de mols de ar no seu interior. Considerando o ar como gás perfeito, podemos utilizar a equação de Clapeyron para a situação descrita.

Assim:

$$p_1 V_1 = n_1 R T_1$$

$$p_2 V_2 = n_2 R T_2$$

Dividindo-se membro a membro e cancelando as grandezas que permaneceram inalteradas (volume e temperatura), temos:

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{n_1}{n_2}$$

$$\frac{1,1 \cdot 10^5}{1,3 \cdot 10^5} = \frac{n_1}{n_2}$$

$$n_2 = 1,18 n_1$$

O número de mols no interior do pneu aumentou em 18%.

Resposta: C

- 6 1) Na superfície, a pressão é a atmosférica e vale 1,0 atm ($p_0 = 1,0 \text{ atm}$). No fundo do lago, a 20m de profundidade, a pressão vale 3,0 atm.

- 2) Se a temperatura permanece constante, temos:

$$p_1 V_1 = p_2 V_2 \text{ (Lei de Boyle)}$$

Assim:

$$3,0 \cdot V_1 = 1,0 \cdot V_2$$

$$V_1 = \frac{V_2}{3}$$

- 3) A densidade do balão é dada por:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Sendo a massa constante, temos:

$$\rho V = \text{constante.}$$

Assim:

$$\rho_1 V_1 = \rho_2 V_2$$

$$\rho_1 \frac{V_2}{3} = \rho_2 V_2$$

$$\rho_1 = 3\rho_2$$

Resposta: C

- 7 Equação de Clapeyron:

$$pV = nRT$$

No SI, $80,0 \text{ L} = 80,0 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$

Assim:

$$8,30 \cdot 105 \cdot 80,0 \cdot 10^{-3} = 8,00 \cdot 8,30 \cdot T$$

$$T = 1000 \text{ K} = 727^\circ \text{ C}$$

Resposta: E

- 8 Na expansão isotérmica do ar comprimido, podemos utilizar a Lei de Boyle-Mariotte: $p_1 V_1 = p_2 V_2$

$$200 \cdot 9 = 1 \cdot V_2 \quad V_2 = 1800 \ell$$

Como a vazão foi de 40ℓ/min, temos:

$$\phi = \frac{V_2}{\Delta t} \Rightarrow \Delta t = \frac{V_2}{\phi}$$

$$\Delta t = \frac{1800}{40} \text{ (min)} \quad \Delta t = 45 \text{ min}$$

Resposta: C

Módulo 20 - Gases perfeitos - Exercícios

- 1 a) Do enunciado, temos:

$$V_1 = 1,0 \ell \quad V_2 = V_1 = \text{cte}$$

$$p_1 = 2,0 \text{ atm} \quad p_2 = 2p_1 = 4,0 \text{ atm}$$

$$T_1 = 200 \text{ K} \quad T_2 = ?$$

Usando-se a Lei Geral dos Gases, obtemos:

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}$$

$$\frac{2,0}{200} = \frac{4,0}{T_2}$$

$$T_2 = 400 \text{ K}$$

- b) Na transformação isotérmica, temos:

$$V_2 = 1,0 \ell \quad V_3 = ?$$

$$p_2 = 4,0 \text{ atm} \quad p_3 = \frac{p_2}{4} = 1,0 \text{ atm}$$

$$T_2 = 400 \text{ K} \quad T_3 = T_2 = \text{cte.}$$

Usando-se a Lei Geral dos Gases, temos:

$$\frac{p_2 V_2}{T_2} = \frac{p_3 V_3}{T_3}$$

$$4,0 \cdot 1,0 = 1,0 \cdot V_3$$

$$V_3 = 4,0 \ell$$

- c) Na transformação isobárica, temos:

$$V_3 = 4,0 \ell$$

$$V_4 = V_3 - 60\% \quad V_4 = 1,6 \ell$$

$$p_3 = 1,0 \text{ atm} \quad p_4 = p_3 = \text{cte.}$$

$$T_3 = 400 \text{ K} \quad T_4 = ?$$

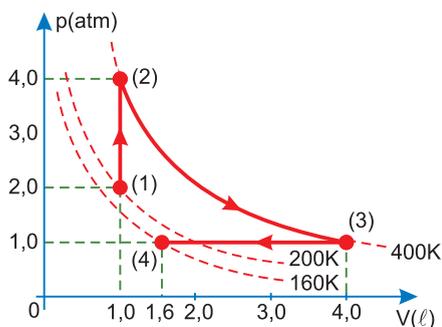
Usando-se a Lei Geral dos Gases, obtemos:

$$\frac{p_3 V_3}{T_3} = \frac{p_4 V_4}{T_4}$$

$$\frac{4,0}{400} = \frac{1,6}{T_4}$$

$$T_4 = 160K$$

d) Colocando-se, num diagrama pressão x volume, os dados obtidos nos itens a, b e c, resulta:



2 Trata-se de uma aplicação da equação de Clapeyron:

$$pV = nRT \Rightarrow pV = \frac{m}{M} RT$$

$$\text{Portanto: } m = \frac{pVM}{RT}$$

Com $p = 15,0 \text{ atm}$, $V = 32,8 \ell$,

$M = 32 \text{ g/mol}$,

$$R = 0,082 \frac{\text{atm} \cdot \ell}{\text{mol} \cdot \text{K}} \text{ e } T = 227^\circ\text{C} = 500\text{K},$$

temos:

$$m = \frac{15,0 \cdot 32,8 \cdot 32}{0,082 \cdot 500} \text{ (g)}$$

$$\text{Assim: } m = 3,84 \cdot 10^2 \text{ g}$$

Resposta: A

3 Lei Geral dos Gases:

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2} \Rightarrow \frac{1 \cdot 50}{100} = \frac{2 \cdot V_2}{400}$$

$$V_2 = 100\ell$$

Resposta: B

4 Do gráfico, temos: $T = 0^\circ\text{C} = 273\text{K}$

$p = 4 \text{ atm}$

$V = 0,5 \ell = 0,5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$

$$\text{Assim: } \mu = \frac{m}{V}$$

$$\mu V = 2 \cdot 0,5 \cdot 10^{-3} \text{ (kg)}$$

$$m = 1 \cdot 10^{-3} \text{ kg} = 1 \text{ g}$$

Resposta: A

5 (I) Para a situação inicial, aplicando-se a Equação de Clapeyron, tem-se:

$$pV_0 = nRT_0$$

Sendo $T_0 = 47^\circ\text{C} = 320\text{K}$, vem:

$$pV_0 = nR320 \text{ (1)}$$

(II) Considerando-se a transformação isobárica, com variação de volume (ΔV) e variação de temperatura ($\Delta T = 80^\circ\text{C} = 80\text{K}$) e aplicando-se a Equação de Clapeyron, tem-se: $p\Delta V = nR\Delta T$

$$p\Delta V = nR80 \text{ (2)}$$

(III) Dividindo-se (2) por (1), segue-se que:

$$\frac{p \Delta V}{p V_0} = \frac{nR80}{nR320}$$

$$\frac{\Delta V}{V_0} = 0,25$$

$$\text{Logo: } \left(\frac{\Delta V}{V_0} \right) \% = 25\%$$

Resposta: C

Módulo 21 - Relações entre energia térmica e energia mecânica

$$1 \tau_{AC} = \tau_{AB} + \tau_{BC}$$

Assim: $\tau_{AB} = [\text{área}]$

$$\tau_{AB} = 5,0 \cdot 10^5 \cdot (5,0 - 2,0) \text{ (J)}$$

$$\tau_{AB} = 1,5 \cdot 10^6 \text{ J}$$

$$\tau_{BC} = 0 \text{ (BC} \rightarrow \text{volume constante)}$$

Portanto:

$$\tau_{AC} = 1,5 \cdot 10^6 \text{ J}$$

Resposta: C

2 Como $T_A = T_C$ (mesma isoterma), temos:

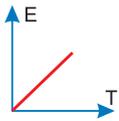
$$\Delta U_{AC} = 0$$

Resposta: $\Delta U_{AC} = 0$

3 Num gás ideal, a energia interna (U) é a energia cinética de translação de suas partículas.

$$\text{Assim, } U = E_C = \frac{3}{2} nRT.$$

O diagrama solicitado é:



Resposta: A

4) Aplicando-se a 1ª Lei da Termodinâmica, temos:

$$Q = \tau + \Delta U$$

em que

$Q \rightarrow$ calor trocado

$\tau \rightarrow$ trabalho trocado

$\Delta U \rightarrow$ variação da energia interna do sistema.

Resposta: D

5) 1.ª Lei da Termodinâmica:

$$Q = \tau + \Delta U$$

Sendo $Q = \tau$, então:

$$\Delta U = 0$$

Assim: $T_i = T_f$

Observação:

Se, à medida que recebe calor, o gás realiza trabalho de mesmo valor, a temperatura absoluta se mantém constante.

A questão não está muito clara, no entanto, o examinador deve querer como resposta a alternativa B.

Resposta: B

6) $\tau_{\text{ciclo}} = [\text{área interna ao ciclo}]$

$$\tau_{\text{ciclo}} = (2,0 - 1,0) \cdot 10^5 \cdot (3,0 - 1,0) \text{ (J)}$$

$$\tau_{\text{ciclo}} = 2,0 \cdot 10^5 \text{ J}$$

Ciclo no sentido horário: $\tau > 0$.

Resposta: D

7) 1ª Lei da Termodinâmica:

$$Q = \tau + \Delta U \Rightarrow \Delta U = Q - \tau$$

Resposta: A

8) a) FALSA

Observemos que o produto pressão x volume é o mesmo nos estados C e A.

Assim, se aplicarmos a Equação de Clapeyron, temos que:

$$pV = nRT$$

Se $p_C V_C = p_A V_A$, então as temperaturas também são iguais:

$$T_C = T_A$$

A energia cinética média das partículas é a mesma em C e em A.

b) FALSA

Lei Geral dos Gases:

$$\frac{p_A V_A}{T_A} = \frac{p_B V_B}{T_B}$$

$$\frac{2,0 \cdot 10^5 \cdot 1,0}{(27 + 273)} = \frac{2,0 \cdot 10^5 \cdot 2,0}{T_B}$$

$$T_B = 600 \text{ K} = 6,0 \cdot 10^2 \text{ K}$$

c) FALSA

O volume diminuiu e o gás recebeu energia em forma de trabalho, perdendo o equivalente em forma de calor.

d) FALSA

1) $\tau_{BC} = ?$

$$\tau_{BC} = 0 \text{ (volume constante)}$$

2) $\tau_{AB} = ?$

$$\tau_{AB} = [\text{área}]$$

$$\tau_{AB} = 2,0 \cdot 10^5 \cdot (2,0 - 1,0) \text{ (J)}$$

$$\tau_{AB} = 2,0 \cdot 10^5 \text{ J}$$

Assim: $\tau_{BC} < \tau_{AB}$

e) VERDADEIRA

$$\tau_{AB} = [\text{área}] = 2,0 \cdot 10^5 \text{ J}$$

Resposta: E

Módulo 22 - 1º Princípio da Termodinâmica - Exercícios

1) $Q = \tau + \Delta U$

$$500 = 400 + \Delta U$$

$$\Delta U = 100 \text{ J}$$

2) a) $\Delta U = 0$ (transformação isotérmica)

b) $Q = \tau + \Delta U$

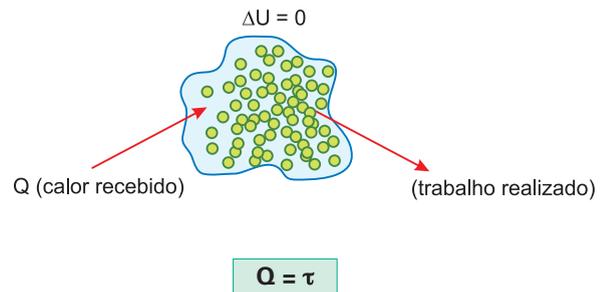
$$Q = 750 + 0 \text{ (J)}$$

$$Q = -750 \text{ J} \quad \tau < 0 \text{ realizado sobre o gás}$$

3) Expansão \rightarrow aumenta de volume e trabalho realizado.

Isotérmica \rightarrow temperatura constante e $\Delta U = 0$.

Assim, utilizando a 1ª Lei de Termodinâmica, temos:



Resposta: B

4) $Q = \tau + \Delta U$ e o trabalho na compressão é negativo.

$$Q = -200 + 300 \text{ (J)}$$

$$Q = +100 \text{ J} \quad Q > 0 \text{ (recebido)}$$

Resposta: D

- 5 O calor fornecido pelo sistema é negativo.

$$Q = \tau + \Delta U$$

$$-(4,0 \cdot 1000) = -3000 + \Delta U$$

$$\Delta U = -1000J$$

Resposta: A

6 a) $\frac{P_A V_A}{T_A} = \frac{P_C V_C}{T_C}$

$$\frac{80 \cdot 1,0}{300} = \frac{20 \cdot 5,0}{T_C}$$

$$T_C = 375K \Rightarrow \theta_C = 102^\circ C$$

b) $\tau_{AB} = [\text{área}]$

$$\tau_{AB} = \frac{(80 + 20)(3,0 - 1,0)}{2} \text{ (J)}$$

$$\tau_{AB} = 100J$$

Respostas: a) $102^\circ C$

b) 100J

- 7 1) Trabalho realizado:

$$\tau_{AB} = [\text{área}]$$

Atenção. Antes de calcular a área, transformar o volume de litros para metros cúbicos e atmosfera para pascal.

$$1\ell = 10^{-3}m^3$$

$$1\text{atm} = 10^5 \text{ Pa}$$

Assim:

$$\tau_{AB} = \frac{(1,8 \cdot 10^5 + 1,0 \cdot 10^5) \cdot (1,2 - 0,5) \cdot 10^{-3}}{2} \text{ (J)}$$

$$\tau_{AB} = \frac{2,8 \cdot 0,7 \cdot 10^2}{2} \text{ (J)}$$

$$\tau_{AB} = 98J$$

- 2) Aumento de energia interna:

$$\Delta U_{AB} = 12,5 \text{ cal} = 12,5 \times 4 \text{ (J)}$$

$$\Delta U_{AB} = 50J$$

- 3) Assim, aplicando-se a 1ª Lei da Termodinâmica, tem-se:

$$Q_{AB} = \tau + \Delta U$$

$$Q_{AB} = (98 + 50)J$$

$$Q_{AB} = 148J$$

Portanto:

$$Q_{AB} = \frac{148}{4} \text{ cal}$$

$$Q_{AB} = 37 \text{ cal}$$

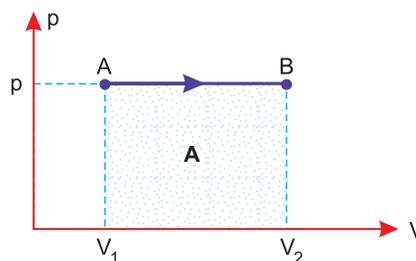
Resposta: C

8 a) $\tau_{AB} = p_2(V_2 - V_1)$

b) $\tau_{BC} = 0$ (isométrica)

c) $p_A V_A = p_2 V_1 = p_1 V_2$ (isotérmica)

- 9 Representemos a transformação isobárica referida no enunciado num diagrama pressão x volume.



Para calcular o trabalho, basta calcular a área hachurada no diagrama:

$$\tau_{AB} = p(V_2 - V_1) = p \cdot \Delta V$$

Como se trata de gás perfeito, podemos aplicar a Equação de Clapeyron.

Assim:

$$\begin{cases} p V_2 = n R T_2 \\ p V_1 = n R T_1 \end{cases}$$

Subtraindo membro a membro, temos:

$$p(V_2 - V_1) = n R (T_2 - T_1)$$

$$p\Delta V = n R \Delta T$$

$$\tau_{AB} = p\Delta V = n R \Delta T$$

(trabalho numa transformação isobárica)

$$\tau_{AB} = 2 \cdot 8,3 \cdot 10 \text{ (J)}$$

$$\tau_{AB} = 166J$$

- 10 Observação: Deve-se comentar que o correto é "número de mols", porém não está errado dizer "número de moles".

Aplicando-se a 1ª Lei da Termodinâmica, tem-se:

$$Q = \tau + \Delta U$$

Na figura 1, $\tau = [\text{área}]$.

Como o volume diminui, $\tau < 0$.

$$\text{Assim: } Q = \tau_1 + \Delta U_1$$

$$\Delta U_1 = Q - \tau_1$$

mas $\tau_1 < 0$;

então $\Delta U_1 = Q + \tau_1$.

Na figura, 2 $\tau_2 = 0$ (volume constante).

$$\Delta U_2 = Q$$

Na figura 3, $\tau_3 = [\text{área}]$.

$\tau_3 > 0$ (volume aumenta)

$$\text{Assim: } \Delta U_3 = Q - \tau_3$$

Portanto: $\Delta U_1 > \Delta U_2 > \Delta U_3$ e

$$T_1 > T_2 > T_3 \text{ ou } T_3 < T_2 < T_1$$

Resposta: E

- 11 Como a compressão do gás é feita rapidamente, não dá tempo para que ele troque calor com o meio externo. Assim, a transformação sofrida pelo gás pode ser considerada adiabática.

Aplicando-se a 1ª Lei da Termodinâmica, temos:

$$Q = \tau + \Delta U$$

Sendo adiabática a transformação, temos $Q = 0$.

$$\text{Assim: } |\tau| = |\Delta U|$$

Ao diminuir o volume, o gás recebe trabalho. Essa energia transforma-se em energia interna, que se traduz por um aumento na temperatura do gás.

Resposta: C

- 12 I. VERDADEIRA

De A para B, o volume do gás permanece constante.

- II. VERDADEIRA

$$\tau_{BC} = [\text{área}] = 700 \cdot (0,40 - 0,10) \text{ (J)}$$

$$\tau_{BC} = 210\text{J}$$

De B para C, o volume aumenta e o gás realiza trabalho.

- III. VERDADEIRA

$$\tau_{CD} = [\text{área do trapézio}]$$

$$\tau_{CD} = \frac{(700 + 300) \cdot (0,40 - 0,30)}{2} \text{ (J)}$$

$$\tau_{CD} = 50\text{J}$$

De C para D, o volume do gás diminui e o trabalho é recebido.

- IV. FALSA

Resposta: D

FRENTE 2

Módulo 17 – Noções gerais de ondas

- 1 Ondas sonoras no ar:

$$V_{\text{som}} \cong 340\text{m/s}$$

Ondas de rádio no ar:

$$V \cong c = 3,0 \cdot 10^8\text{km/s}$$

Resposta: C

- 2 O fato ocorre porque a informação luminosa viaja com velocidade de módulo muito maior que a informação sonora.

$$V_{\text{luz}} \cong 3,0 \cdot 10^8\text{m/s}; V_{\text{som}} \cong 340\text{m/s}.$$

$$3 \quad d = \frac{V_{\text{som}} \cdot \Delta t}{2}$$

$$d = \frac{1500 \cdot 4,0}{2} = 3000\text{m}$$

$$d = 3,0\text{km}$$

$$4 \quad d = \frac{V_{\text{som}} \cdot \Delta t}{2}$$

$$d = \frac{340 \cdot 6,0}{2} \text{ (m)}$$

$$d = 1020\text{m}$$

Resposta: B

Módulo 18 – Ondas mecânicas – classificação

	Natureza	Direção de propagação e vibração	Frente de onda	Dimensão	
1	Figura I	mecânicas	mistas	circulares	bidimensionais
	Figura II	mecânicas	mistas	retas	bidimensionais

- 2 **Resposta: D**

- 3 **Resposta: B**

- 4 O som é uma onda de natureza mecânica, que requer um meio material para se propagar. O som, portanto, não se propaga no vácuo (meio “vazio” – imaterial). O som no ar é uma onda longitudinal que se propaga com velocidade próxima de 340m/s. O som pode propagar-se na água (velocidade em torno de 1500m/s) e também nos sólidos (velocidade de 5000m/s em alguns cristais).

Resposta: E

- 5 A peça gira com velocidade angular igual a π rad/s.

Assim:

$$\omega = \pi \text{ rad/s}$$

$$2\pi f_p = \omega \Rightarrow f_p = \frac{1}{2} \text{ Hz}$$

Como para cada volta da peça a haste realiza 3 oscilações completas (MHS), temos:

$$f_{MHS} = 3 \cdot f_p = 3 \cdot \frac{1}{2} \text{ Hz}$$

$$f_{MHS} = 1,5 \text{ Hz}$$

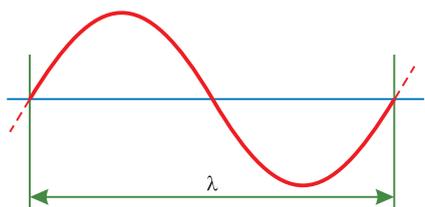
Resposta: B

Módulo 19 - Ondas mecânicas - relação fundamental

- 1 (I) A amplitude é a distância máxima atingida por um ponto vibrante em relação ao nível de equilíbrio.

$$A = 2 \text{ cm}$$

- (II) O comprimento de onda λ deve abranger um ciclo completo da onda presente na corda. Da figura:



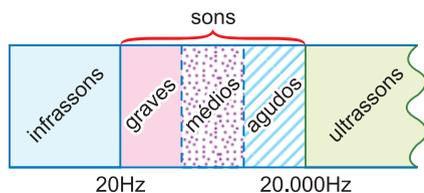
$$\lambda = 6 \text{ cm}$$

- (III) $v = \lambda f \Rightarrow 120 = 6f$

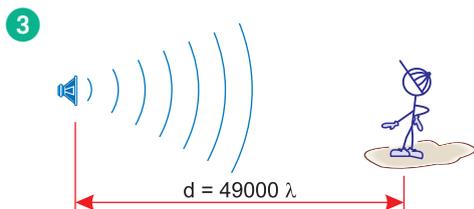
$$f = 20 \text{ Hz}$$

Resposta: D

- 2 O som no ar se constitui de ondas longitudinais de frequências compreendidas entre 20Hz e 20.000Hz, aproximadamente. Essas ondas propagam-se no citado meio com velocidade em torno de 340m/s.



Resposta: A



$$v = \frac{d}{\Delta t} \quad \text{e} \quad v = \lambda f$$

$$\text{Assim: } \lambda f = \frac{d}{\Delta t} \Rightarrow \lambda f = \frac{49000 \lambda}{7}$$

$$f = 7000 \text{ Hz} = 7 \text{ kHz}$$

Resposta: B

- 4 Para as três cordas:

$$v_A = v_B = v_C = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{12 \text{ m}}{2,0 \text{ s}}$$

$$v_A = v_B = v_C = 6,0 \text{ m/s}$$

$$\text{Na corda A: } 4\lambda_A = 12 \text{ m} \Rightarrow \lambda_A = 3,0 \text{ m}$$

$$v_A = \lambda_A f_A \Rightarrow 6,0 = 3,0 f_A \Rightarrow f_A = 2,0 \text{ Hz}$$

$$\text{Na corda B: } \lambda_B = 12 \text{ m}$$

$$v_B = \lambda_B f_B \Rightarrow 6,0 = 12 f_B \Rightarrow f_B = 0,50 \text{ Hz}$$

$$\text{Na corda C: } 2\lambda_C = 12 \text{ m} \Rightarrow \lambda_C = 6,0 \text{ m}$$

$$v_C = \lambda_C f_C \Rightarrow 6,0 = 6,0 f_C \Rightarrow f_C = 1,0 \text{ Hz}$$

Logo:

$$f_A = 2f_C = 4f_B$$

ou em termos de períodos:

$$\frac{1}{T_A} = 2 \frac{1}{T_C} = 4 \frac{1}{T_B}$$

Logo: $T_A = \frac{T_C}{2} = \frac{T_B}{4}$

Resposta: A

Módulo 20 - Ondas eletromagnéticas - produção e espectro

- 1 Resposta: E

2 Resposta: C

3 Resposta: E

4 Resposta: B

- 5 (I) FALSA
Os raios X são ondas eletromagnéticas.
- (II) VERDADEIRA
Todas as ondas eletromagnéticas propagam-se no vácuo com velocidade:
 $c = 3,0 \cdot 10^8 \text{ m/s}$
- (III) FALSA
A frequência dos raios X é maior que a da luz visível.
 $(f_{\text{RX}} \cong 10^{18}\text{Hz}; f_{\text{Luz}} \cong 10^{14}\text{Hz})$

Resposta: B

- 6 Radiações consideradas nocivas à saúde humana conforme o texto: comprimentos de onda da ordem de 10^{-8}m . Consultando-se o gráfico fornecido, conclui-se que os citados comprimentos de onda correspondem aos raios ultravioleta.

Resposta: D

Módulo 21 - Ondas eletromagnéticas - relação fundamental e quantização

1 Resposta: E

2 $V = \lambda f$
 $3 \cdot 10^8 = \lambda \cdot 10^8$

$\lambda = 3,0\text{m}$

Resposta: C

3 $T = 0,40\mu\text{s} = 0,40 \cdot 10^{-6}\text{s}$

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0,4 \cdot 10^{-6}} = 2,5 \cdot 10^6\text{Hz}$$

$f = 2,5\text{MHz}$

$$\lambda = \frac{V}{f} = \frac{3,0 \cdot 10^8}{2,5 \cdot 10^6} = 1,2 \cdot 10^2\text{m}$$

$\lambda = 120\text{m}$

Resposta: C

- 4 (I) ERRADA
A cor é uma característica da luz refletida (difundida) pelos objetos.

(II) CORRETA

(III) CORRETA

A cada cor corresponde uma frequência específica.

(IV) CORRETA

A cor violeta é a de maior frequência entre as cores visíveis e, por isso, é a mais energética dentre todas (**E** é diretamente proporcional a **f**).

$E = hf$ (Equação de Planck;

h = constante de Planck.)

Resposta: E

Módulo 22 - Ondas - Exercícios gerais

1 Equação Fundamental da Ondulatória:

$$V = \lambda f \Rightarrow \lambda = \frac{V}{f}$$

- Cálculo de $\lambda_{\text{mín}}$:

$$\lambda_{\text{mín}} = \frac{V}{f_{\text{máx}}} = \frac{340}{20 \cdot 10^3} \text{ (m)}$$

$\lambda_{\text{mín}} = 17 \cdot 10^{-3}\text{m}$

- Cálculo de $\lambda_{\text{máx}}$:

$$\lambda_{\text{máx}} = \frac{V}{f_{\text{mín}}} = \frac{340}{20} \text{ (m)}$$

$\lambda_{\text{máx}} = 17\text{m}$

Resposta: D

2 Da figura, pode-se observar que:

a) $A = 1,0\text{mm}; \lambda = 2,0\text{m}$

$$\left. \begin{array}{l} V = \frac{\Delta x}{\Delta t} \\ V = \lambda f \end{array} \right\} \therefore \lambda f = \frac{\Delta x}{\Delta t} \Rightarrow f = 12,5\text{Hz}$$
$$2,0f = \frac{0,2}{0,008}$$

b) $V = \lambda f \Rightarrow V = 2,0 \cdot 12,5 \text{ (m/s)}$

$V = 25\text{m/s}$

Respostas: a) **A = 1,0mm; $\lambda = 2,0\text{m}$;
 $f = 12,5\text{m}$
b) **V = 25m/s****

- 3 a) Em N_2 puro (fração molar de Ar em N_2 igual a 0%), o módulo da velocidade de propagação do som é de 347m/s, aproximadamente.

Como a frequência do som (800kHz) independe da constituição do meio gasoso em que ele se propaga, temos:

$$V = \lambda f \Rightarrow 347 = \lambda \cdot 800 \cdot 10^3$$

$$\lambda \cong 4,3 \cdot 10^{-4} \text{m}$$

- b) Para uma fração molar de Ar igual a 60%, obtemos do gráfico o módulo da velocidade de propagação do som igual a 325m/s, aproximadamente.

Logo:

$$V = \frac{\Delta s}{\Delta t} \Rightarrow 325 = \frac{0,10}{\Delta t}$$

$$\Delta t \cong 3,1 \cdot 10^{-4} \text{s}$$

Respostas: a) $4,3 \cdot 10^{-4} \text{m}$
b) $3,1 \cdot 10^{-4} \text{s}$