FÍSICA

FRENTE 1

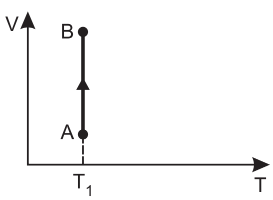
MÓDULO 17
ESTUDO DOS GASES PERFEITOS

1) Nos pontos A e E, os produtos da pressão pelo volume são iguais ($P_A V_A = V_E P_E = 5 \, . \, 2 = 10$) e, por isso, possuem temperaturas de mesmo valor.

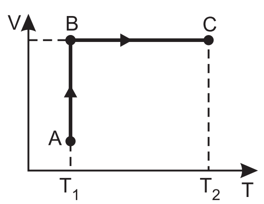
Resposta: D

2) Resposta: A

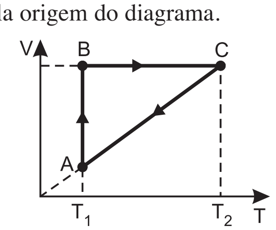
3) Transformação AB (isotérmica):
No diagrama V x T, temos:



Transformação BC (isométrica):



Transformação CA (isobárica):
No diagrama V x T, é uma reta passando pela origem do diagrama.



Resposta: A

MÓDULO 18
EQUAÇÃO DE CLAPEYRON

1) $pV = nRT \Rightarrow n = \dfrac{p \, . \, V}{RT}$

$$n = \frac{6{,}0 \, . \, 20{,}5}{0{,}082 \, . \, 300} \text{ (mol)}$$

$n = 5{,}0$mols

2) $pV = nRT \Rightarrow p = \dfrac{nRT}{V}$

$$p = \frac{3 \, . \, 0{,}082 \, . \, 400}{4{,}1} \text{ (atm)}$$

$p = 24$atm

Resposta: C

3) $T = \dfrac{pV}{nR} \Rightarrow T = \dfrac{3{,}0 \, . \, 10^3 \, . \, 0{,}83}{1 \, . \, 8{,}3}$ K

$T = 300$K

Resposta: E

4) $n = \dfrac{pV}{RT} \Rightarrow n = \dfrac{pV}{R(\theta_c + 273)}$

$$n = \frac{6{,}0 \, . \, 8{,}3}{8{,}3 \, . \, 300} \text{ (mol)}$$

$n = 0{,}020$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:

$1{,}80 \, . \, 5{,}0 = p_2 \, 1{,}5$

$\boxed{p_2 = 6{,}00\text{atm}}$

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:

$$\frac{35}{(27 + 273)} = \frac{38}{T_2}$$

$\boxed{T_2 \cong 325 \text{ K} \cong 52^\circ\text{C}}$

Resposta: C

MÓDULO 19
LEI GERAL DOS GASES PERFEITOS E MISTURAS GASOSAS

1) Do enunciado do problema, temos:

$p_1 = 4{,}0$atm $\qquad p_2 = 10{,}0$atm

$V_1 = 8{,}0\ell \qquad V_2 = 6{,}0\ell$

$\theta_1 = 7{,}0°C \qquad \theta_2 = ?$

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:

$T_1 = \theta_1 + 273 = 7{,}0 + 273$ (K)

$T_1 = 280$K

Substituindo-se, na equação, os valores fornecidos, obtemos:

$$\frac{4{,}0 \, . \, 8{,}0}{280} = \frac{10{,}0 \, . \, 6{,}0}{T_2}$$

$T_2 = 525$K

Voltando para a escala Celsius, temos:
$\theta_2 = T_2 - 273 = 525 - 273$ (°C)

$\boxed{\theta_2 = 252°C}$

2) Utilizando-se a Lei Geral dos Gases Perfeitos:

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

$$\frac{1{,}0 \, . \, 8{,}0}{273} = \frac{4{,}0 \, . \, V_2}{455} \Rightarrow V_2 = 3{,}3\ell$$

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:

$$\frac{p_1 \, . \, V_1}{250} = \frac{1{,}2 \, p_1 \, . \, V_1}{T_2} \text{ (K)}$$

$T_2 = 300$K

Assim: $\Delta T = T_2 - T_1$

$\Delta T = 300 - 250$ (K)

$\Delta T = 50K$

Devemos aquecer o gás de 50K.

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

$$\frac{0{,}60\ .\ V_1}{273} = \frac{p_2\ .\ 0{,}80\ V_1}{364} \ \text{(atm)}$$

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:
$p_1V_1 = n_1\,R\,T_1$
$p_2V_2 = n_2\,R\,T_2$
Dividindo-se membro a membro e cancelando as grandezas que permanceram inalteradas (volume e temperatura), temos:

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{n_1}{n_2}$$

$$\frac{1{,}1\ .\ 10^5}{1{,}3\ .\ 10^5} = \frac{n_1}{n_2}$$

$$\boxed{n_2 = 1{,}18n_1}$$

O número de mols no interior do pneu aumentou em 18%.

Resposta: C

6) 1) Na superfície, a pressão é a atmosférica e vale 1,0atm (p_0 = 1,0 atm). No fundo do lago, a 20m de profundidade, a pressão vale 3,0atm.

2) Se a temperatura permanece constante, temos:
$p_1\,V_1 = p_2\,V_2$ (Lei de Boyle)

Assim:
$3{,}0\ .\ V_1 = 1{,}0\ .\ V_2$

$$\boxed{V_1 = \frac{V_2}{3}}$$

3) A densidade do balão é dada por:
$\rho = \dfrac{m}{V}$

Sendo a massa constante, temos:
$\rho\,V$ = constante.

Assim:

$\rho_1\,V_1 = \rho_2\,V_2$

$\rho_1\,\dfrac{V_2}{3} = \rho_2\,V_2$

$$\boxed{\rho_1 = 3\rho_2}$$

Resposta: C

7) Equação de Clapeyron:
$pV = nRT$
No SI, $80{,}0L = 80{,}0\ .\ 10^{-3}m^3$
Assim:
$8{,}30\ .\ 10^5\ .\ 80{,}0\ .\ 10^{-3} = 8{,}00\ .\ 8{,}30\ .\ T$

$$\boxed{T = 1000K = 727°C}$$

Resposta: E

8) Na expansão isotérmica do ar comprimido, podemos utilizar a Lei de Boyle-Mariotte:
$p_1V_1 = p_2V_2$
$200\ .\ 9 = 1\ .\ V_2 \quad V_2 = 1800\ell$
Como a vazão foi de 40ℓ/min, temos:

$$\phi = \frac{V_2}{\Delta t} \Rightarrow \Delta t = \frac{V_2}{\phi}$$

$$\Delta t = \frac{1800}{40} \ \text{(min)} \quad \boxed{\Delta t = 45\text{min}}$$

Resposta: C

MÓDULO 20
GASES PERFEITOS – EXERCÍCIOS

1) a) Do enunciado, temos:

$V_1 = 1{,}0\ell \qquad V_2 = V_1 = \text{cte}$

$p_1 = 2{,}0\text{atm} \qquad p_2 = 2p_1 = 4{,}0\text{atm}$

$T_1 = 200K \qquad T_2 = ?$

Usando-se a Lei Geral dos Gases, obtemos:

$$\frac{p_1V_1}{T_1} = \frac{p_2V_2}{T_2}$$

$$\frac{2{,}0}{200} = \frac{4{,}0}{T_2}$$

$$\boxed{T_2 = 400K}$$

b) Na transformação isotérmica, temos:

$V_2 = 1{,}0\ell \qquad V_3 = ?$

$p_2 = 4{,}0\text{atm} \qquad p_3 = \dfrac{p_2}{4} = 1{,}0\text{atm}$

$T_2 = 400K \qquad T_3 = T_2 = \text{cte.}$

Usando-se a Lei Geral dos Gases, temos:

$$\frac{p_2V_2}{T_2} = \frac{p_3V_3}{T_3}$$

$4{,}0\ .\ 1{,}0 = 1{,}0\ .\ V_3$

$$\boxed{V_3 = 4{,}0\ell}$$

c) Na transformação isobárica, temos:

$V_3 = 4{,}0\ell$

$V_4 = V_3 - 60\% \qquad V_3 = 1{,}6\ell$

$p_3 = 1{,}0\text{atm} \qquad p_4 = p_3 = \text{cte.}$

$T_3 = 400K \qquad T_4 = ?$

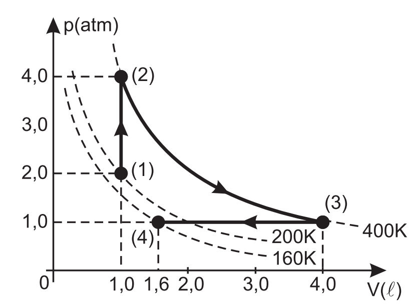
Usando-se a Lei Geral dos Gases, obtemos:

$$\frac{p_3V_3}{T_3} = \frac{p_4V_4}{T_4}$$

$$\frac{4{,}0}{400} = \frac{1{,}6}{T_4}$$

$$\boxed{T_4 = 160K}$$

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:

$$pV = n\,R\,T \Rightarrow pV = \frac{m}{M}\,R\,T$$

Portanto: $m = \dfrac{pVM}{RT}$

Com $p = 15{,}0\text{atm}$, $V = 32{,}8\ell$,

$M = 32\text{g/mol}$,

$R = 0{,}082\ \dfrac{\text{atm}\ .\ \ell}{\text{mol}\ .\ K}$ e $T = 227°C = 500K$,

temos:

$$m = \frac{15{,}0\ .\ 32{,}8\ .\ 32}{0{,}082\ .\ 500} \ \text{(g)}$$

Assim: $\boxed{m = 3{,}84 \cdot 10^2\ g}$

Resposta: A

3) Lei Geral dos Gases:

$$\frac{p_1V_1}{T_1} = \frac{p_2V_2}{T_2} \Rightarrow \frac{1 \cdot 50}{100} = \frac{2 \cdot V_2}{400}$$

$\boxed{V_2 = 100\ell}$

Resposta: B

4) Do gráfico, temos: T = 0ºC = 273K

p = 4atm

$V = 0{,}5\ \ell = 0{,}5 \cdot 10^{-3}\ m^3$

Assim: $\mu = \dfrac{m}{V}$

$\mu\ V = 2 \cdot 0{,}5 \cdot 10^{-3}$ (kg)

$\boxed{m = 1 \cdot 10^{-3}\ kg = 1g}$

Resposta: A

5) (I) Para a situação inicial, aplicando-se a Equação de Clapeyron, tem-se:

$pV_0 = nRT_0$

Sendo $T_0 = 47°C = 320K$, vem:

$pV_0 = nR320$ (1)

(II) Considerando-se a transformação isobárica, com variação de volume (ΔV) e variação de temperatura ($\Delta T = 80°C = 80K$) e aplicando-se a Equação de Clapeyron, tem-se:

$p\Delta V = nR\Delta T$

$p\Delta V = nR80$ (2)

(III) Dividindo-se (2) por (1), segue-se que:

$$\frac{p\ \Delta V}{p\ V_0} = \frac{nR80}{nR320}$$

$$\frac{\Delta V}{V_0} = 0{,}25$$

Logo: $\boxed{\left(\dfrac{\Delta V}{V_0}\right)_{\%} = 25\%}$

Resposta: C

MÓDULO 21
RELAÇÕES ENTRE ENERGIA TÉRMICA E ENERGIA MECÂNICA

1) $\tau_{AC} = \tau_{AB} + \tau_{BC}$

Assim: τ_{AB} = [área]

$\tau_{AB} = 5{,}0 \cdot 10^5 \cdot (5{,}0 - 2{,}0)$ (J)

$\tau_{AB} = 1{,}5 \cdot 10^6 J$

$\tau_{BC} = 0$ (BC → volume constante)

Portanto:

$\boxed{\tau_{AC} = 1{,}5 \cdot 10^6 J}$

Resposta: C

2) Como $T_A = T_C$ (mesma isoterma), temos:

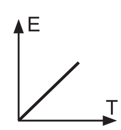
$\boxed{\Delta U_{AC} = 0}$

Resposta: $\Delta U_{AC} = 0$

3) Num gás ideal, a energia interna (U) é a energia cinética de translação de suas partículas.

Assim, $U = E_C = \dfrac{3}{2}\ nRT.$

O diagrama solicitado é:



Resposta: A

4) Aplicando-se a 1.ª Lei da Termodinâmica, temos:

$Q = \tau + \Delta U$

em que

Q → calor trocado

τ → trabalho trocado

ΔU → 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: $\boxed{T_i = T_f}$

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) τ_{ciclo} = [área interna ao ciclo]

$\tau_{ciclo} = (2{,}0 - 1{,}0) \cdot 10^5 \cdot (3{,}0 - 1{,}0)$ (J)

$\boxed{\tau_{ciclo} = 2{,}0 \cdot 10^5\ J}$

Ciclo no sentido horário: $\tau > 0$.

Resposta: D

7) 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 $p_CV_C = p_AV_A$, então as temperaturas também são iguais:

$\boxed{T_C = T_A}$

A energia cinética média das partículas é a mesma em C e em A.

b) FALSA

Lei Geral dos Gases:

$$\frac{p_AV_A}{T_A} = \frac{p_BV_B}{T_B}$$

$$\frac{2{,}0 \cdot 10^5 \cdot 1{,}0}{(27 + 273)} = \frac{2{,}0 \cdot 10^5 \cdot 2{,}0}{T_B}$$

$\boxed{T_B = 600\ K = 6{,}0 \cdot 10^2\ K}$

c) FALSA

O volume diminuiu e o gás recebeu energia em forma de trabalho, perdendo o equivalente em forma de calor.

d) FALSA

1) $\tau_{BC} = ?$

$\tau_{BC} = 0$ (volume constante)

2) $\tau_{AB} = ?$

τ_{AB} = [área]

$\tau_{AB} = 2{,}0 \cdot 10^5 \cdot (2{,}0 - 1{,}0)$ (J)

$\boxed{\tau_{AB} = 2{,}0 \cdot 10^5\ J}$

Assim: $\tau_{BC} < \tau_{AB}$

e) VERDADEIRA

$\boxed{\tau_{AB} = [\text{área}] = 2{,}0 \cdot 10^5\ J}$

Resposta: E

8) 1ª Lei da Termodinâmica:

$Q = \tau + \Delta U \Rightarrow \boxed{\Delta U = Q - \tau}$

Resposta: A

MÓDULO 22
1º PRINCÍPIO DA TERMODINÂMICA – EXERCÍCIOS

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

$500 = 400 + \Delta U$

$\boxed{\Delta U = 100J}$

2) a) $\Delta U = 0$ (transformação isotérmica)

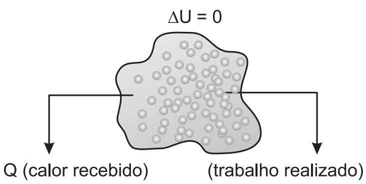
b) $Q = \tau + \Delta U$

$Q = 750 + 0$ (J)

$\boxed{Q = -750J}$ $\tau < 0$ realizado **sobre** o gás

3) Expansão → aumenta de volume e trabalho realizado.
Isotérmica → temperatura constante e $\Delta U = 0$.

Assim, utilizando a 1ª Lei de Termodinâmica, temos:



$\boxed{Q = \tau}$

Resposta: B

4) $Q = \tau + \Delta U$ e o trabalho na compressão é negativo.

$Q = -200 + 300$ (J)

$\boxed{Q = +100J}$ $Q > 0$ (recebido)

Resposta: D

5) O calor fornecido pelo sistema é negativo.

$Q = \tau + \Delta U$

$-(4,0 \,.\, 1000) = -3000 + \Delta U$

$\boxed{\Delta U = -1000J}$

Resposta: A

6) a) $\dfrac{P_A V_A}{T_A} = \dfrac{P_C V_C}{T_C}$

$\dfrac{80 \,.\, 1,0}{300} = \dfrac{20 \,.\, 5,0}{T_C}$

$T_C = 375K \Rightarrow \boxed{\theta_C = 102°C}$

b) $\tau_{AB} = [\text{área}]$

$\tau_{AB} = \dfrac{(80 + 20)\,(3,0 - 1,0)}{2}$ (J)

$\boxed{\tau_{AB} = 100J}$

Respostas: a) 102°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.

$1\ell = 10^{-3} m^3$
$1 atm = 10^5$ Pa

Assim:

$$\tau_{AB} = \frac{(1,8 \,.\, 10^5 + 1,0 \,.\, 10^5) \,.\, (1,2 - 0,5) \,.\, 10^{-3}}{2} \text{ (J)}$$

$$\tau_{AB} = \frac{2,8 \,.\, 0,7 \,.\, 10^2}{2} \text{ (J)}$$

$\tau_{AB} = 98J$

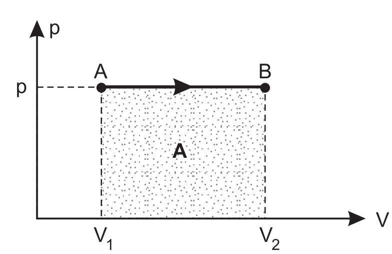
2) Aumento de energia interna:
$\Delta U_{AB} = 12,5$ cal $= 12,5 \times 4$ (J)
$\Delta U_{AB} = 50J$

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:
$Q_{AB} = \dfrac{148}{4}$ cal
$\boxed{Q_{AB} = 37 \text{ cal}}$

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:

$$\tau_{AB} = p(V_2 - V_1) = p \,.\, \Delta V$$

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:

$p(V_2 - V_1) = n\,R\,(T_2 - T_1)$

$p\Delta V = n\,R\,\Delta T$

$\boxed{\tau_{AB} = p\Delta V = n\,R\,\Delta T}$

(trabalho numa transformação isobárica)

$\tau_{AB} = 2 \,.\, 8,3 \,.\, 10$ (J) $\boxed{\tau_{AB} = 166J}$

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, $\tau < 0$.
Assim: $Q = \tau_1 + \Delta U_1$

$\boxed{\Delta U_1 = Q - \tau_1}$

mas $\tau_1 < 0$;
então $\Delta U_1 = Q + \tau_1$.

Na figura, 2 $\tau_2 = 0$ (volume constante).

$\boxed{\Delta U_2 = Q}$

Na figura 3, $\tau_2 = [\text{área}]$.
$\tau_2 > 0$ (volume aumenta)

Assim: $\boxed{\Delta U_3 = Q - \tau_3}$

Portanto: $\Delta U_1 > \Delta U_2 > \Delta U_3$ e

$\boxed{T_1 > T_2 > T_3}$ ou $\boxed{T_3 < T_2 < T_1}$

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 $Q = 0$.
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
$\tau_{BC} = [\text{área}] = 700 \,.\, (0,40 - 0,10)$ (J)
$\boxed{\tau_{BC} = 210J}$

De B para C, o volume aumente e o gás realiza trabalho.

III. VERDADEIRA
$\tau_{CD} = [\text{área do trapézio}]$

$$\tau_{CD} = \frac{(700 + 300) \,.\, (0,40 - 0,30)}{2} \text{ (J)}$$

$\boxed{\tau_{CD} = 50J}$

De C para D, o volume do gás diminui e o trabalho é recebido.

IV. FALSA

Resposta: D

FRENTE 2

MÓDULO 33
NOÇÕES GERAIS DE ONDAS

1) Ondas sonoras no ar:
$V_{som} \cong 340m/s$
Ondas de rádio no ar:
$V \cong c = 3{,}0 \cdot 10^5 km/s$
Resposta: C

2) O fato ocorre porque a informação luminosa viaja com velocidade de módulo muito maior que a informação sonora.
$V_{luz} \cong 3{,}0 \cdot 10^8 m/s$; $V_{som} \cong 340m/s$.

3) $d = \dfrac{V_{som} \cdot \Delta t}{2}$

$d = \dfrac{1500 \cdot 4{,}0}{2} = 3000m$

$\boxed{d = 3{,}0km}$

4) $d = \dfrac{V_{som} \cdot \Delta t}{2}$

$d = \dfrac{340 \cdot 6{,}0}{2}\ (m) \Rightarrow \boxed{d = 1020m}$

Resposta: B

MÓDULO 34
ONDAS
MECÂNICAS – CLASSIFICAÇÃO

1)

	Natureza	Direção de propagação e vibração	Frente de onda	Dimensão
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:

$\omega = \pi\ rad/s$

$2\pi f_p = \pi \Rightarrow f_p = \dfrac{1}{2}\ Hz$

Como para cada volta da peça a haste realiza 3 oscilações completas (MHS), temos:

$f_{MHS} = 3 \cdot f_p = 3 \cdot \dfrac{1}{2}\ Hz$

$\boxed{f_{MHS} = 1{,}5Hz}$

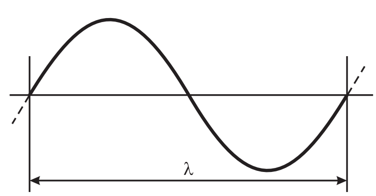
Resposta: B

MÓDULO 35
ONDAS MECÂNICAS –
RELAÇÃO FUNDAMENTAL

1) (I) A amplitude é a distância máxima atingida por um ponto vibrante em relação ao nível de equilíbrio.

$\boxed{A = 2cm}$

(II) O comprimento de onda λ deve abranger um ciclo completo da onda presente na corda. Da figura:



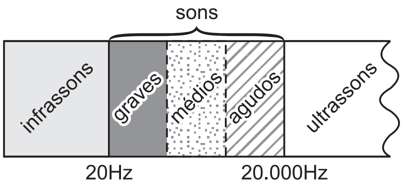
$\boxed{\lambda = 6cm}$

(III) $V = \lambda f \Rightarrow 120 = 6f$

$\boxed{f = 20Hz}$

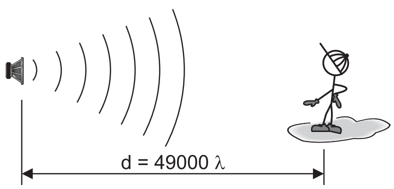
Resposta: D

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

3)



$V = \dfrac{d}{\Delta t}$ e $V = \lambda f$

Assim: $\lambda f = \dfrac{d}{\Delta t} \Rightarrow \lambda f = \dfrac{49000\ \lambda}{7}$

$\boxed{f = 7000Hz = 7kHz}$

Resposta: B

4) Para as três cordas:

$V_A = V_B = V_C = \dfrac{\Delta s}{\Delta t} = \dfrac{12m}{2{,}0s}$

$\boxed{V_A = V_B = V_C = 6{,}0m/s}$

Na corda A: $4\lambda_A = 12m \Rightarrow \boxed{\lambda_A = 3{,}0m}$

$V_A = \lambda_A f_A \Rightarrow 6{,}0 = 3{,}0 f_A \Rightarrow \boxed{f_A = 2{,}0Hz}$

Na corda B: $\boxed{\lambda_B = 12m}$

$V_B = \lambda_B f_B \Rightarrow 6{,}0 = 12 f_B \Rightarrow \boxed{f_B = 0{,}50Hz}$

Na corda C: $2\lambda_C = 12m \Rightarrow \boxed{\lambda_C = 6{,}0m}$

$V_C = \lambda_C f_C \Rightarrow 6{,}0 = 6{,}0 f_C \Rightarrow \boxed{f_C = 1{,}0Hz}$

Logo:
$\boxed{f_A = 2f_C = 4f_B}$

ou em termos de períodos:

$\dfrac{1}{T_A} = 2\dfrac{1}{T_C} = 4\dfrac{1}{T_B}$

Logo: $\boxed{T_A = \dfrac{T_C}{2} = \dfrac{T_B}{4}}$

Resposta: A

MÓDULO 36
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:
$c = 3{,}0 \,.\, 10^8$ m/s
(III) FALSA
A frequência dos raios X é maior que a da luz visível.
$(f_{RX} \cong 10^{18}\text{Hz};\ f_{Luz} \cong 10^{14}\text{Hz})$
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 37
ONDAS ELETROMAGNÉTICAS – RELAÇÃO FUNDAMENTAL E QUANTIZAÇÃO

1) Resposta: E

2) $V = \lambda\, f$

$3 \,.\, 10^8 = \lambda \,.\, 10^8$

$\boxed{\lambda = 3{,}0\text{m}}$

Resposta: C

3) $T = 0{,}40\mu s = 0{,}40 \ \ 10^{-6}s$

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0{,}4 \,.\, 10^{-6}} = 2{,}5 \,.\, 10^6\text{Hz}$$

$\boxed{f = 2{,}5\text{MHz}}$

$$\lambda = \frac{V}{f} = \frac{3{,}0 \,.\, 10^8}{2{,}5 \,.\, 10^6} = 1{,}2 \,.\, 10^2\text{m}$$

$\boxed{\lambda = 120\text{m}}$

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**).

$\boxed{E = hf}$ (Equação de Planck; h = constante de Planck.)

Resposta: E

MÓDULO 38
ONDAS – EXERCÍCIOS GERAIS

1) Equação Fundamental da Ondulatória:

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

- Cálculo de $\lambda_{mín}$:

$$\lambda_{mín} = \frac{V}{f_{máx}} = \frac{340}{20 \,.\, 10^3}\ (m)$$

$\boxed{\lambda_{mín} = 17 \,.\, 10^{-3}\text{m}}$

- Cálculo de $\lambda_{máx}$:

$$\lambda_{máx} = \frac{V}{f_{mín}} = \frac{340}{20}\ (m)$$

$\boxed{\lambda_{máx} = 17\text{m}}$

Resposta: D

2) Da figura, pode-se observar que:
a) A = 1,0mm; λ = 2,0m

$$\left.\begin{array}{l} V = \dfrac{\Delta x}{\Delta t} \\ \\ V = \lambda\, f \end{array}\right\} \begin{array}{l} \therefore \lambda f = \dfrac{\Delta x}{\Delta t} \\ \\ 2{,}0f = \dfrac{0{,}2}{0{,}008} \end{array} \Rightarrow \boxed{f = 12{,}5\text{Hz}}$$

b) $V = \lambda\, f \ \Rightarrow\ V = 2{,}0 \,.\, 12{,}5$ (m/s)

$\boxed{V = 25\text{m/s}}$

Respostas: a) A = 1,0mm; λ = 2,0m; f = 12,5m
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:
$V = \lambda\, f \Rightarrow 347 = \lambda\ 800 \,.\, 10^3$

$\boxed{\lambda \cong 4{,}3 \,.\, 10^{-4}\text{m}}$

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:
$$V = \frac{\Delta s}{\Delta t} \Rightarrow 325 = \frac{0{,}10}{\Delta t}$$

$\boxed{\Delta t \cong 3{,}1 \,.\, 10^{-4}\text{s}}$

Respostas: a) $4{,}3 \,.\, 10^{-4}$m
b) $3{,}1 \,.\, 10^{-4}$s

MÓDULO 39
POTÊNCIA E INTENSIDADE DE ONDAS

1) Para ondas esféricas, temos:

$$I = \frac{P}{4\pi\, x^2} \ \Rightarrow\ I = \frac{1{,}0\ (W)}{4\pi\, (1{,}0)^2\ (m^2)}$$

$$I = \frac{1{,}0}{4\pi}\ W/m^2 \ \Rightarrow\ I = 0{,}080W/m^2$$

2) I. No caso de ondas esféricas:

$$I = \frac{P}{4\pi\, x^2} \qquad (I)$$

II. Consideraremos como origem dos espaços a posição em que se encontra a fonte. Assim, a função horária dos espaços do móvel é:
$s = s_0 + vt \Rightarrow s = vt$ (II)

III. O raio da frente de onda, ao atingir o móvel, coincide com o espaço do móvel (x = s).

IV. Substituindo a expressão obtida em (II) na expressão em (I):

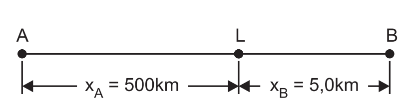
$$I = \frac{P}{4\pi\, (v\, t)^2} \Rightarrow I = \frac{P}{4\pi\, v^2 t^2}$$

Sendo P e v constantes:

$$I = \frac{\text{constante}}{t^2}, \text{ cujo diagrama}$$

I por t é o apresentado na alternativa D.

3)



No ponto L, as ondas serão recebidas com intensidades I_A e I_B, dadas por:

$$I_A = \frac{P_A}{4\pi\, x_A^2} \quad e \quad I_B = \frac{P_B}{4\pi\, x_B^2}$$

(ondas esféricas)

Então:

$$\frac{I_A}{I_B} = \frac{\dfrac{P_A}{4\pi\, x_A^2}}{\dfrac{P_B}{4\pi\, x_B^2}}$$

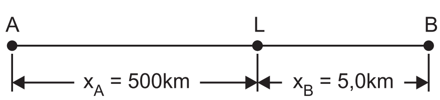
$$\frac{I_A}{I_B} = \frac{P_A}{P_B} \cdot \frac{x_B^2}{x_A^2}$$

$$\frac{I_A}{I_B} = \frac{50}{0{,}50} \cdot \left(\frac{5{,}0}{500}\right)^2$$

$$\frac{I_A}{I_B} = \frac{1}{100}$$

ou $\dfrac{I_B}{I_A} = 100$

4) Para ondas circulares: $I = \dfrac{P}{2\pi\, x}$



No ponto X:

$I_1 = I_2$

$$\frac{P}{2\pi\, x} = \frac{4P}{2\pi\,(2{,}0 - x)}$$

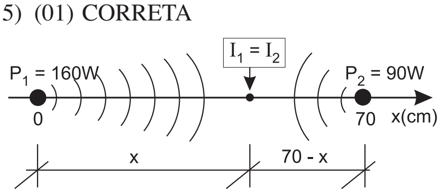
$$\frac{1}{x} = \frac{4}{2{,}0 - x}$$

$2{,}0 - x = 4x$

$2{,}0 = 5x$

$x = 0{,}40\text{m}$

5) (01) CORRETA



$$I_1 = I_2 \Rightarrow \frac{P_1}{4\pi\, x^2} = \frac{P_2}{4\pi\,(70 - x)^2}$$

$$\frac{160}{x^2} = \frac{90}{(70 - x)^2}$$

$(4900 - 140x + x^2)\, 16 = 9x^2$

$78400 - 2240x + 16x^2 = 9x^2$

$7x^2 - 2240x + 78400 = 0$

$x^2 - 320x + 11200 = 0$

$$x = \frac{320 \pm \sqrt{102400 - 44800}}{2} = \frac{320 \pm 240}{2}$$

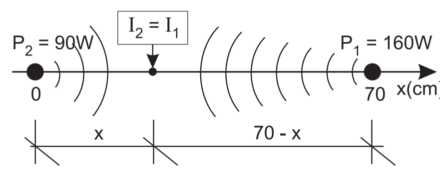
Assim: $\boxed{x_1 = 40\text{cm}}$ e $\boxed{x_2 = 280\text{cm}}$

(02) ERRADA

(04) ERRADA
As frentes de onda são *esféricas*.

(08) ERRADA
Isso só ocorrerá em certas regiões do entorno do sistema.

(16) CORRETA



$$I_1 = I_2 \Rightarrow \frac{P_1}{4\pi\,(70 - x)^2} = \frac{P_2}{4\pi\, x^2}$$

$$\frac{160}{(70 - x)^2} = \frac{90}{x^2}$$

$16x^2 = (4900 - 140x + x^2)9$

$16x^2 = 44100 - 1260x + 9x^2$

$7x^2 + 1260x - 44100 = 0$

$x^2 + 180x - 6300 = 0$

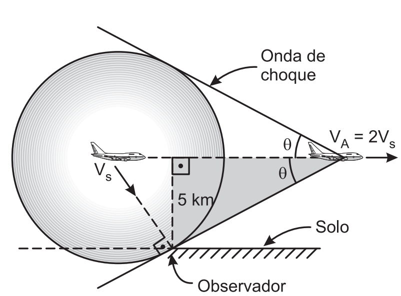
$$x = \frac{-180 \pm \sqrt{32400 + 25200}}{2} \ \text{(cm)}$$

$$x = \frac{-180 \pm 240}{2} \ \text{(cm)}$$

Da qual: $\boxed{x_1 = 30\text{cm}}$ e $\boxed{x_2 = -210\text{cm}}$

Resposta: 17

6)



(I) $\Delta s_A = 2V_S\, \Delta t$ (avião)

$\Delta s_S = V_S\, \Delta t$ (som)

$\therefore \boxed{\Delta s_A = 2\, \Delta s_S}$

(II) $\text{sen}\, \theta = \dfrac{\Delta s_S}{\Delta s_A} = \dfrac{\Delta s_S}{2\Delta s_S}$

$\text{sen}\, \theta = \dfrac{1}{2} \Rightarrow \boxed{\theta = 30°}$

(III) No triângulo retângulo hachurado:

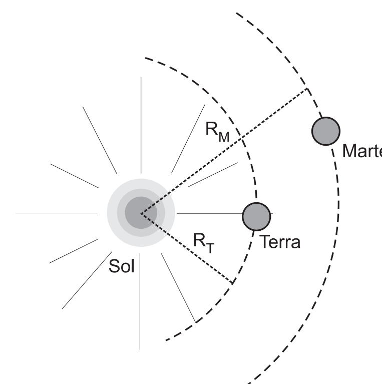
$$\text{sen}\, \theta = \frac{H}{D} \Rightarrow \text{sen}\, 30° = \frac{5}{D}$$

$$\frac{1}{2} = \frac{5}{D} \Rightarrow \boxed{D = 10\text{ km}}$$

Resposta: A

MÓDULO 40
POTÊNCIA E INTENSIDADE DE ONDAS

1)



A intensidade de irradiação solar na superfície de um planeta pode ser expressa por:

$$\boxed{U = \frac{P}{A}}$$

em que P é a potência com que o Sol emana energia e A é a área da superfície esférica da onda tridimensional emitida pela estrela. Sendo $A = 4\pi x^2$ (x é o raio da onda esférica), temos:

$$\boxed{U = \frac{P}{4\pi x^2}}$$

Para Marte: $\boxed{U_M = \dfrac{P}{4\pi R_M^2}}$

Para a Terra: $\boxed{U_T = \dfrac{P}{4\pi R_T^2}}$

$$\therefore \frac{U_M}{U_T} = \frac{P}{4\pi R_M^2} \cdot \frac{4\pi R_T^2}{P}$$

$$\frac{U_M}{U_T} = \left(\frac{R_T}{R_M}\right)^2$$

Lembrando que “a distância de Marte ao Sol é aproximadamente 50% maior do que aquela entre a Terra e o Sol”, podemos escrever:
$R_M = 1{,}5R_T$. Logo:

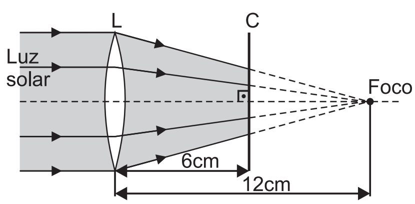
$$\frac{U_M}{U_T} = \left(\frac{R_T}{1{,}5R_T}\right)^2$$

$$\frac{U_M}{U_T} = \left(\frac{2}{3}\right)^2$$

$$\boxed{\frac{U_M}{U_T} = \frac{4}{9}}$$

Resposta: A

2) a) A luz refratada pela lente atinge o coletor, conforme representa a figura abaixo.



Sendo I_L a intensidade de radiação transmitida pela lente, temos:
$I_L = 80\%\ I_{total} = 0{,}80 \ .\ 0{,}10\ (W/cm^2)$

$$\boxed{I_L = 8{,}0 \ .\ 10^{-2} W/cm^2}$$

A potência P_L transmitida pela lente é dada por:

$$I_L = \frac{P_L}{A_L} \Rightarrow 8{,}0 \ .\ 10^{-2} = \frac{P_L}{20}$$

$$\boxed{P_L = 1{,}6W}$$

Essa potência é totalmente absorvida pelo coletor e transformada em potência térmica que será utilizada para aquecer a água.

$$Q = m\ c\ \Delta\theta \ \Rightarrow\ P_L\ \Delta t = \mu V\ c\ \Delta\theta$$

$$\frac{1{,}6 \ .\ 2 \ .\ 60}{4} = 1 \ .\ 1 \ .\ 1\ (\theta - 20°)$$

Logo: $\boxed{\theta = 68°C}$

b) No coletor, projeta-se uma área iluminada circular A_C de diâmetro d_C, o qual pode ser relacionado com o diâmetro d_L da lente por semelhança de triângulos.

$$\frac{d_C}{6} = \frac{d_L}{12} \Rightarrow \boxed{d_C = \frac{d_L}{2}}$$

Como a área do círculo é proporcional ao quadrado do diâmetro (ou do raio), determina-se o valor da área A_C iluminada no coletor.

Se $d_C = \dfrac{d_L}{2}$, então:

$$A_C = \frac{A_L}{4} = \frac{20}{4} \quad (cm^2)$$

$$\boxed{A_C = 5cm^2}$$

A intensidade de radiação solar incidente no coletor é obtida por:

$$I_C = \frac{P_L}{A_C} \quad \Rightarrow I_C = \frac{1{,}6}{5} \quad (W/cm^2)$$

$$\boxed{I_C = 0{,}32W/cm^2}$$

Respostas: a) 68°C
b) $0{,}32W/cm^2$

3) a) **No ar:** $V_{ar} = \lambda_{ar}\ f_{ar}$
$340 = 0{,}85 \ .\ 10^{-2}\ f_{ar}$

$\boxed{f_{ar} = 40\ 000Hz}$ (ultrassom)

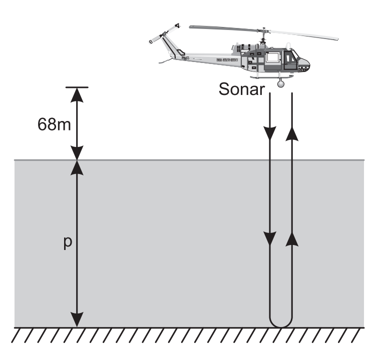
Na água: A frequência da onda também vale 40 000Hz. (A frequência de uma onda não se altera na refração.)

$V_{água} = \lambda_{água}\ f_{água}$

$1400 = \lambda_{água}\ 40\ 000$

$\boxed{\lambda_{água} = 0{,}035m = 3{,}5cm}$

b)



$$\Delta t_{ar} + \Delta t_{água} = 1{,}0s$$

$$\frac{2D_{ar}}{V_{ar}} + \frac{2D_{água}}{V_{água}} = 1{,}0s$$

$$\frac{2 \ .\ 68}{340} + \frac{2p}{1400} = 1{,}0$$

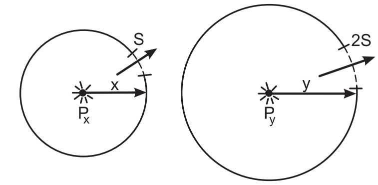
$$0{,}40 + \frac{p}{700} = 1{,}0$$

$$\frac{p}{700} = 0{,}60 \Rightarrow \boxed{p = 420m}$$

c) A onda sonora emitida pelo sonar é uma onda mecânica que precisa de meios materiais para se propagar.

Respostas: a) 40 000Hz; 3,5cm
b) 420m
c) É onda mecânica

4)



Chamemos de P_x e P_y as potências das lâmpadas.
Sabemos que $P_x = P$ e que $P_y = 2P$.
A quantidade de energia radiante que atravessa S na unidade de tempo é uma potência que chamaremos de P_1 e a quantidade de energia radiante que atravessa 2S na unidade de tempo é outra potência que chamaremos de P_2. O que queremos calcular é P_1/P_2.
Sendo I_1 e I_2 as intensidades das ondas, quando estas atingem as superfícies das esferas ocas, temos:

$$P_1 = S \ .\ I_1 = S\ \frac{P_x}{4\pi\ x^2}$$

$$P_2 = 2S \ .\ I_2 = 2S\ \frac{P_y}{4\pi\ y^2}$$

Dividindo-se estas expressões, membro a membro, temos:

$$\frac{P_1}{P_2} = S \ .\ \frac{P_x}{4\pi\ x^2} \cdot \frac{4\pi\ y^2}{2S \ .\ P_y}$$

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{1}{2} \cdot \frac{P_x}{P_y} \cdot \left(\frac{y}{x}\right)^2$$

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{1}{2} \cdot \frac{P}{2P} \cdot \left(\frac{1{,}5x}{x}\right)^2$$

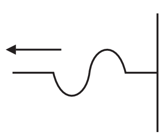
Então obtemos: $\boxed{\dfrac{P_1}{P_2} = \dfrac{9}{16}}$

MÓDULO 41
REFLEXÃO DE ONDAS

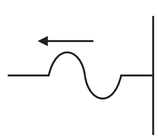
1)

Característica da onda	Na reflexão
Frequência	não varia
Período	não varia
Módulo da velocidade de propagação	não varia
Sentido de propagação das ondas	varia
Direção de propagação	pode ou não variar
Fase da onda	pode ou não variar
Comprimento de onda	não varia

2)



3)



4) A velocidade de propagação de um pulso que se propaga num meio homogêneo pode ser calculada pela relação:

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

em que d é a distância percorrida.

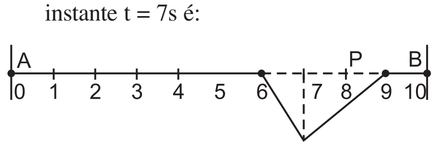
Como, no caso, d = 8m e Δt = 4s, temos:

$$V = \frac{8m}{4s} \Rightarrow \boxed{V = 2m/s}$$

Assim, até o instante t = 7s, o pulso terá percorrido:

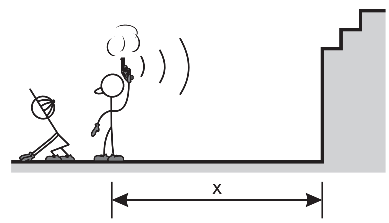
$$d = V\ \Delta t \Rightarrow d = 2\ .\ 7 \Rightarrow d = 14m$$

Como a corda tem apenas 10m, conclui-se que o pulso refletiu em B, com inversão de fase (já que essa extremidade está fixa), e percorre mais 4m de volta, propagando-se de B para A. Portanto, o perfil da corda no instante t = 7s é:



MÓDULO 42
REFLEXÃO DE ONDAS

1)

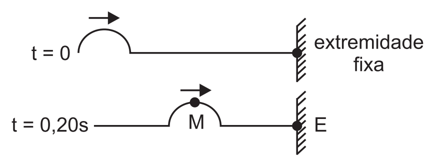


$$V_{som} = \frac{D}{\Delta t} = \frac{2x}{\Delta t}$$

$$340 = \frac{2x}{0,5} \Rightarrow \boxed{x = 85m}$$

Resposta: A

2) a) De acordo com o enunciado:



Supondo que no instante t = 0,20 s o pulso alcançou o ponto médio pela primeira vez, obtemos:

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} \Rightarrow v = \frac{4,0\ (m)}{0,20\ (s)}$$

v = 20 m/s

b) O pulso alcançaria E no instante t = 0,40s. Como o módulo da velocidade não se altera na reflexão, até atingir M o pulso levaria mais 0,20s. Assim, ao passar por M na segunda vez: t = 0,60 s.

Observação: Para atingir M, o pulso deverá percorrer uma distância de 12m. Logo:

$$\Delta t = \frac{d}{|v|} = \frac{12(m)}{20(m/s)}$$

Δt = 0,60s

3) $$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{3,0\ .\ 10^8}{10\ 000\ .\ 10^6} = \frac{3,0\ .\ 10^8}{1,0\ .\ 10^{10}}\ (m)$$

$$\boxed{\lambda = 3,0\ .\ 10^{-2}m}$$

4) $$v = \frac{2d}{\Delta t}$$

$$\Delta t = \frac{2d}{v} = \frac{2\ .\ 30\ 000}{3,0\ .\ 10^8} = \frac{2\ .\ 3,0\ .\ 10^4}{3,0\ .\ 10^8}\ (s)$$

$$\boxed{\Delta t = 2,0\ .\ 10^{-4}s}$$

5) a) O período das ondas produzidas na superfície da água (T) corresponde ao intervalo de tempo entre duas perturbações consecutivas. Logo:

T = 2,0s

O comprimento de onda (λ) é a distância percorrida pela perturbação durante um período. Das duas figuras fornecidas, depreende-se que, durante 2,0s, a frente da onda avança 0,6m. (É importante observar a escala das figuras em que 5 unidades = 3m.) Logo:

λ = 0,60m

A velocidade de propagação da onda (V) fica determinada por:

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

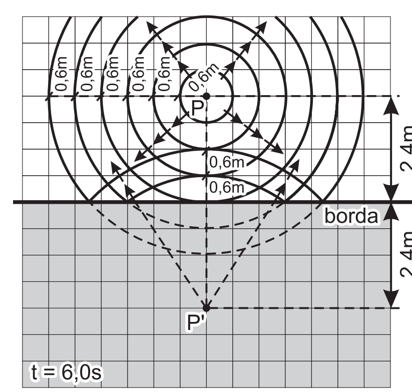
$$V = \frac{0,60}{2,0}\ (m/s) \Rightarrow \boxed{V = 0,30\ m/s}$$

b) A frequência é o inverso do período.

$$f = \frac{1}{T} \Rightarrow f = \frac{1}{2,0}\ (s^{-1}\ ou\ Hz)$$

$$\boxed{f = 0,50\ Hz}$$

c) As frentes de onda refletidas serão circulares, tudo se passando como se existisse outra fonte de ondas, P', simétrica de P em relação à barreira refletora.
A situação da superfície da água em t = 6,0s está representada a seguir.



Respostas: a) V = 0,30m/s
b) f = 0,50Hz
c) Ver figura

MÓDULO 43
REFRAÇÃO DE ONDAS

1) Na refração, o módulo da velocidade e o ângulo que o raio forma com a normal variam no mesmo sentido, enquanto o índice de refração varia no sentido inverso. A frequência não se altera.
Assim, temos:

v aum. ⇔ λ aum. ⇔ n dim.

v dim. ⇔ λ dim. ⇔ n aum.

$n_{ar} < n_{água} \Rightarrow v_{ar} > v_{água} \Rightarrow \lambda_{ar} > \lambda_{água}$

$n_{ar} < n_{água} \Rightarrow i > r$

Resposta: C

2) A frequência de uma onda não se altera numa refração.
Resposta: B

3) Ao passar do meio (1) para o meio (2), v diminui ($v_1 > v_2$) ⇒ λ diminui ($\lambda_1 > \lambda_2$) (v e λ variam na mesma proporção, numa refração).
A frequência não se altera numa refração, logo:

$$T = \frac{1}{f} \Rightarrow T = \text{constante}$$

Assim, o período não se altera numa refração.
Resposta: E

4) Lembrando que a velocidade do som na água é maior do que a velocidade do som no ar:

I. Na reflexão, v e λ não se alteram:
$v_2 = v_3$ e $\lambda_2 = \lambda_3$
Na reflexão, f não se altera: $f_2 = f_3$.
Na reflexão, i = r' (2.ª lei da reflexão).

II. $v_{água} > v_{ar} \Rightarrow \lambda_2 > \lambda_1$ e $i > r$
Resumindo:
$i = r' > r$; $f_1 = f_2 = f_3$; $v_2 = v_3 > v_1$

Resposta: C

5) Na região mais rasa do tanque, a frequência da onda fica determinada por:
$V_1 = \lambda_1 f_1 \Rightarrow 2{,}0 = 0{,}50\ f_1$

$\boxed{f_1 = 4{,}0\text{Hz}}$

Na região mais profunda do tanque, a frequência da onda não se altera ($f_2 = f_1 =$ $= 4{,}0$Hz; na refração, a frequência da onda permanente constante) e o comprimento de onda $\lambda_2 = D$ pode ser obtido por:
$V_2 = \lambda_2 f_2 \Rightarrow V_2 = Df_2 \Rightarrow 4{,}0 = D\ 4{,}0$

$\boxed{D = 1{,}0\text{m}}$

(I) Correta; (II) Correta
Resposta: D

MÓDULO 44
REFRAÇÃO DE ONDAS

1) $$\frac{\lambda_{ar}}{v_{ar}} = \frac{\lambda_x}{v_x} \Rightarrow \frac{0{,}10}{340} = \frac{\lambda_x}{1360}$$

$\lambda_x = 0{,}40$ m

Resposta: A

2) a) $v_{ar} = \lambda_{ar} \cdot f_{ar} \Rightarrow \lambda_{ar} = \dfrac{v_{ar}}{f_{ar}}$

$$\lambda_{ar} = \frac{3{,}0 \cdot 10^8}{6{,}0 \cdot 10^{14}} \text{ (m)}$$

$\lambda_{ar} = 0{,}50 \cdot 10^{-6}$ m

$\lambda_{ar} = 5{,}0 \cdot 10^{-7}$ m

b) $$\frac{n_x}{n_{ar}} = \frac{\lambda_{ar}}{\lambda_x}$$

$$\frac{n_x}{1} = \frac{5{,}0 \cdot 10^{-7}\text{(m)}}{4{,}0 \cdot 10^{-7}\text{(m)}}$$

$n_x = 1{,}25$

3) a) Na refração, a frequência e o período não se alteram.

b) $f_2 = f_1 = 10$ Hz
$v_2 = \lambda_2 f_2 \Rightarrow v_2 = 2{,}0 \cdot 10$ (cm)
$v_2 = 20$ cm/s

4) a) $f_1 = \dfrac{v_1}{\lambda_1} \Rightarrow f_1 = \dfrac{40}{20}$

$f_1 = 2{,}0$ Hz

$f_2 = f_1 = 2{,}0$ Hz

b) $$\frac{v_1}{v_2} = \frac{\text{sen } i}{\text{sen } r} \Rightarrow \frac{40}{v_2} = \frac{0{,}80}{0{,}60}$$

$v_2 = 30$ cm

$$\lambda_2 = \frac{v_2}{f_2}$$

$$\lambda_2 = \frac{30}{2{,}0} \text{ (cm)} \Rightarrow \lambda_2 = 15 \text{ cm}$$

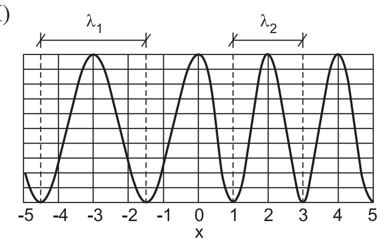
5) I) Sabemos que $n = \dfrac{c}{V} \Rightarrow V = \dfrac{c}{n}$ (1)

e que $V = \lambda f$ (2).

De (1) e (2): $\lambda f = \dfrac{c}{n}$

$$\boxed{f = \frac{c}{n\lambda}}$$

II)



Da figura, $\lambda_1 = 3$ unid. e $\lambda_2 = 2$ unid.

III) Na refração do meio (1) para o meio (2), a frequência da onda não se altera; logo:

$$f_2 = f_1 \Rightarrow \frac{c}{n_1\lambda_1} = \frac{c}{n_2\lambda_2}$$

$n_2\lambda_2 = n_1\lambda_1$

$n_2\, 2 = 1{,}0 \cdot 3 \Rightarrow \boxed{n_2 = 1{,}5}$

Resposta: C