

FÍSICA



O calor pode provocar variação da temperatura, mudança de estado físico e dilatação térmica

Termologia - Módulos

- 23 – A primeira lei da termodinâmica e as transformações gasosas
- 24 – A primeira lei da termodinâmica e as transformações gasosas
- 25 – Transformações cíclicas
- 26 – Dilatação térmica dos sólidos
- 27 – Dilatação térmica dos líquidos
- 28 – Evidências termodinâmicas da evolução do Universo

Módulos

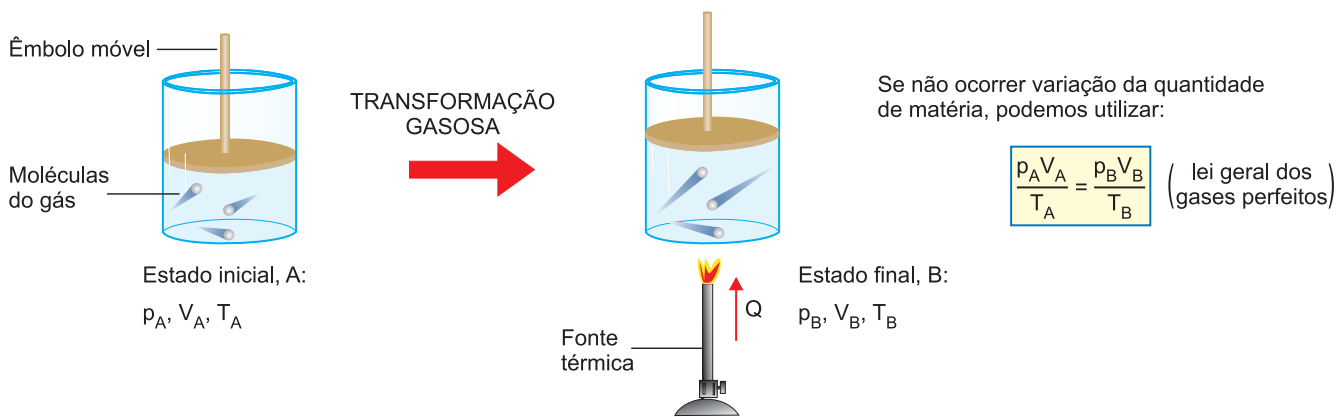
23 e 24

A primeira lei da Termodinâmica e as transformações gasosas

Palavras-chave:

- Duas expressões: • $Q = \tau + \Delta U$
- $\frac{p_A V_A}{T_A} = \frac{p_B V_B}{T_B}$

Os gases perfeitos ou ideais constituem sistemas de muitas partículas e, em suas transformações, estão sujeitos à conservação da energia, expressa e operacionalizada pela primeira lei da Termodinâmica, da seguinte maneira:



Se não ocorrer variação da quantidade de matéria, podemos utilizar:

$$\frac{p_A V_A}{T_A} = \frac{p_B V_B}{T_B} \quad \left(\text{lei geral dos gases perfeitos} \right)$$

1ª lei da Termodinâmica:

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

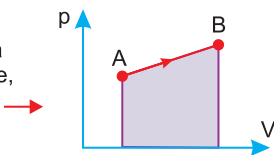
Calor (energia) fornecido ou retirado do sistema

$$Q = nC\Delta T$$

n: número de mols de moléculas do gás
C: calor molar da transformação considerada (J/mol.K)

Trabalho realizado ou recebido

relaciona-se com a variação de volume, de V_A para V_B



$$\tau_{AB} = \int p \, dV \quad \text{área do gráfico } p \times V$$

Variação da energia interna

relaciona-se com a variação de temperatura, de T_A para T_B , ou da agitação das moléculas

Para um gás monoatômico:

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

$$\Delta U = \frac{3}{2} p_B V_B - \frac{3}{2} p_A V_A$$

Expressões e termos importantes da Termodinâmica das transformações gasosas

Processo endotérmico – o sistema recebe calor ($Q > 0$).

Processo exotérmico – o sistema libera calor ($Q < 0$).

Processo adiabático – não troca calor com o meio externo ou ocorre tão rapidamente a ponto de não permitir essa troca ($Q = 0$).

Processo isotérmico – a temperatura é constante em todos os pontos ou a transformação é tão lenta que não altera a agitação das partículas ($\Delta U = 0$).

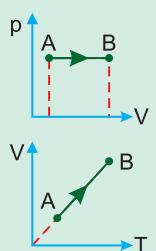
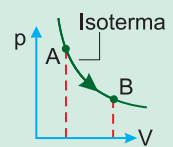
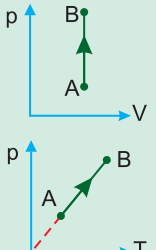
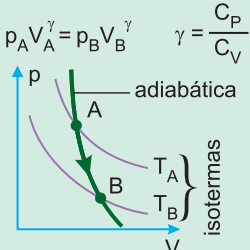
Expansão – aumento de volume ($\Delta V > 0$) e realização de trabalho ($\tau > 0$).

Compressão – diminuição do volume ($\Delta V < 0$) e recebimento de trabalho ($\tau < 0$).

Aquecimento – aumento de temperatura ($\Delta T > 0$) e da energia interna ($\Delta U > 0$).

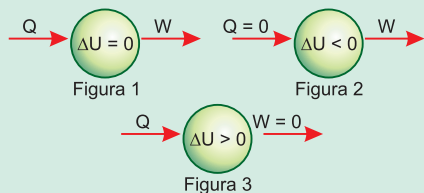
Resfriamento – diminuição de temperatura ($\Delta T < 0$) e da energia interna ($\Delta U < 0$).

Transformações gasosas e a 1ª lei da Termodinâmica

Transformação gasosa	Lei da transformação e gráficos	Calor Q =	Trabalho τ (área do gráfico $p \times V$) +	Varição da energia interna $\Delta U = \frac{3}{2} nR\Delta T$ (gás monoatômico)	Observações e exemplos
Isobárica (p constante)	$\frac{V_A}{T_A} = \frac{V_B}{T_B}$ 	$Q \neq 0$ $Q = nC_p \Delta T$	$\tau \neq 0$ $\tau = p \cdot \Delta V$	$\Delta U \neq 0$ $\Delta U = \frac{3}{2} p \cdot \Delta V$ (gás monoatômico)	Num aquecimento isobárico, o volume e a temperatura sempre aumentam ($\Delta V > 0$ e $\Delta T > 0$)
Isotérmica (T constante ou muito lenta)	$p_A V_A = p_B V_B$ 	$Q \neq 0$	$\tau \neq 0$	$\Delta U = 0$ ($\Delta T = 0$)	$Q = \tau$ O calor absorvido pelo gás é usado na realização de trabalho
Isométrica, isovolumétrica ou isocórica (V constante)	$\frac{p_A}{T_A} = \frac{p_B}{T_B}$ 	$Q \neq 0$ $Q = nC_V \Delta T$	$\tau = 0$ ($\Delta V = 0$)	$\Delta U \neq 0$	$Q = \Delta U$ Não há troca de trabalho com o meio externo e o calor provoca exclusivamente variação da energia interna
Adiabática (isolada do ambiente externo ou muito rápida)	$p_A V_A^\gamma = p_B V_B^\gamma$ $\gamma = \frac{C_p}{C_v}$ 	$Q = 0$	$\tau \neq 0$	$\Delta U \neq 0$	$\tau = -\Delta U$ O trabalho realizado corresponde à diminuição da energia interna

Exercício Resolvido – Módulo 23

1 (UNITAU-SP-MODELO ENEM) – As figuras a seguir representam, esquematicamente, três sistemas constituídos por um gás ideal, trocando calor (Q) e/ou trabalho (W) com o meio exterior, nos sentidos indicados.



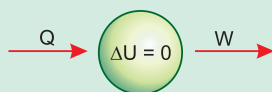
Considerando-se ΔU que representa a variação da energia interna do sistema e que os processos são reversíveis, pode-se afirmar que as figuras 1, 2 e 3 representam, respectivamente,

mente, processos:

- adiabático, isobárico e de volume constante.
- isotérmico, adiabático e de volume constante.
- isotérmico, isobárico e adiabático.
- adiabático, de volume constante e isotérmico.
- isobárico, isotérmico e adiabático.

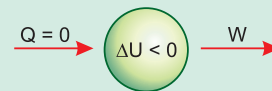
Resolução

Figura 1



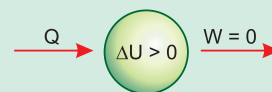
$\Delta U = 0 \Rightarrow T = \text{cte}$
Processo isotérmico

Figura 2



$Q = 0 \Rightarrow$ não troca calor com o meio externo.
Processo adiabático

Figura 3



$W = 0 \Rightarrow$ não troca trabalho com o meio externo, o volume do sistema gasoso é mantido constante.

Resposta: B

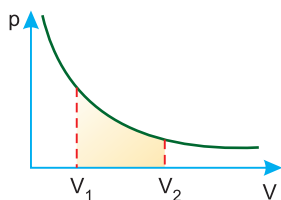
Exercícios Propostos – Módulo 23

1 (FATEC) – Haverá trabalho realizado sempre que uma massa gasosa

- sofrer variação em sua pressão.
- sofrer variação em seu volume.
- sofrer variação em sua temperatura.
- receber calor de fonte externa.
- sofrer variação de energia interna.

Resposta: B

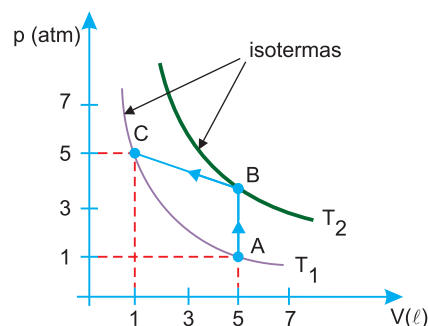
2 (FUVEST-SP) – A figura a seguir é o gráfico da expansão de um gás perfeito à temperatura constante. Qual das afirmações é verdadeira?



- A curva do gráfico é uma isobárica.
- A área sombreada do gráfico representa o trabalho realizado pelo gás ao se expandir.
- A área sombreada do gráfico representa o trabalho realizado por um agente sobre o gás para se expandir.
- A curva do gráfico é uma isocórica.
- A temperatura varia ao longo da curva.

Resposta: B

3 (UFPE) – 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. Calcule a variação da energia interna do gás, em joules, ocorrida quando o gás passa pela transformação completa ABC.



RESOLUÇÃO:

$$\Delta U_{AC} = U_C - U_A$$

$$\Delta U = \frac{3}{2} nR (T_C - T_A)$$

Como: $T_C = T_A$ (mesma isoterma)

Então: $\Delta U = 0$

Resposta: zero

4 (UFSCar-SP-MODELO ENEM) – Mantendo uma estreita abertura em sua boca, assopre com vigor sua mão agora! Viu? Você produziu uma transformação adiabática! Nela, o ar que você expeliu sofreu uma violenta expansão, durante a qual

- o trabalho realizado correspondeu à diminuição da energia interna desse ar, por não ocorrer troca de calor com o meio externo.
- o trabalho realizado correspondeu ao aumento da energia interna desse ar, por não ocorrer troca de calor com o meio externo.
- o trabalho realizado correspondeu ao aumento da quantidade de calor trocado por esse ar com o meio, por não ocorrer variação da sua energia interna.
- não houve realização de trabalho, uma vez que o ar não absorveu calor do meio e não sofreu variação de energia interna.
- não houve realização de trabalho, uma vez que o ar não cedeu calor para o meio e não sofreu variação de energia interna.

RESOLUÇÃO:

Na violenta expansão, o ar expelido realiza trabalho (contra o ar externo) adiabaticamente (sem trocas de calor com o ambiente), às expensas de sua energia interna. Assim, o ar expelido esfria-se.
Resposta: A

Questões de **5** a **8**.

(UFBA) – As expressões abaixo se referem às propriedades das transformações termodinâmicas, relacionando Q (quantidade de calor recebida pelo sistema), τ (trabalho realizado pelo sistema) e ΔU (variação de energia interna):

- $Q = 0$ e $\tau = -\Delta U$
- $Q = \Delta U$ e $\tau = 0$
- $Q = 0$ e $\tau = \Delta U$
- $Q = \tau$ e $\Delta U = 0$
- $Q > 0$, $\Delta U > 0$ e $\tau > 0$

Relacione cada transformação a uma das alternativas:

5 Transformação isométrica.

Resposta: B

6 Transformação adiabática.

Resposta: A

7 Transformação isobárica.

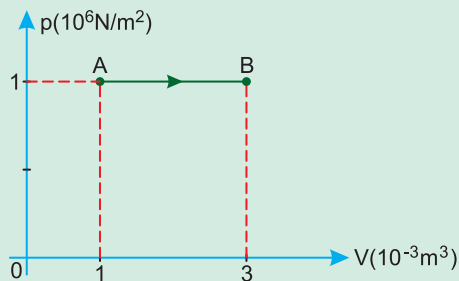
Resposta: E

8 Transformação isotérmica.

Resposta: D

Exercício Resolvido – Módulo 24

1 (UFLA-MG) – O diagrama pV abaixo mostra uma transformação sofrida por 0,4 mol de um gás monoatômico ideal. Considerando $T_A = 312,5K$ e $T_B = 937,5K$, a quantidade de calor envolvida na transformação será: (Considere 1 cal = 4J e $R = 2\text{cal/mol}\cdot K$)



- 220 cal
- 1220 cal
- 2500 cal
- 2500 cal
- 1250 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:

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

$$\Delta U_{AB} = \frac{3}{2} \cdot 0,4 \cdot 8 \cdot (937,5 - 312,5) \text{ (J)} \Rightarrow \Delta U_{AB} = 3000\text{J}$$

1ª lei da termodinâmica:

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

$$Q = 2000 + 3000 \text{ (J)}$$

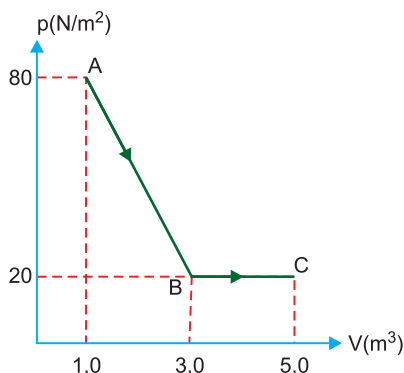
$$Q = 5000\text{J} = \frac{5000}{4} \text{ cal}$$

$Q = +1250 \text{ cal}$

Resposta: E

Exercícios Propostos – Módulo 24

1 (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.

RESOLUÇÃO:

$$a) \frac{p_A V_A}{T_A} = \frac{p_C V_C}{T_C} \Rightarrow \frac{80 \cdot 1,0}{300} = \frac{20 \cdot 5,0}{T_C}$$

$$T_C = 375K \Rightarrow \theta_C = 102^\circ C$$

b) $\tau_{AB} = [\text{área}]$

$$\tau_{AB} = \frac{(80 + 20)(3,0 - 1,0)}{2} \Rightarrow \tau_{AB} = 100J$$

Resposta: a) $102^\circ C$ b) $100J$

2 (FATEC) – Uma fonte térmica cede 100J de calor a um sistema, ao mesmo tempo em que ele realiza um trabalho mecânico de 20J. Durante esse processo, não ocorrem outras trocas de energia com o meio externo. A variação da energia interna do sistema, medida em joules, é igual a:

- a) zero b) 20 c) 80 d) 100 e) 120

RESOLUÇÃO:

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

$$100 = 20 + \Delta U$$

$$\Delta U = 80J$$

Resposta: C

3 (FM-POUSO ALEGRE) – Um gás, mantido a volume constante, recebe 240J de calor do meio ambiente.

O trabalho realizado pelo gás e sua variação da energia interna serão, respectivamente:

- a) 240J e zero b) zero e 240J c) 120J e 120J
d) zero e 120J e) -240J e 240J

RESOLUÇÃO:

Volume constante (isométrica): $\tau = 0$

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

$$240 = 0 + \Delta U$$

$$\Delta U = 240J$$

Resposta: B

4 (UnB-MODELO ENEM) – O corpo humano realiza trabalho em várias de suas atividades. Em geral, a temperatura do corpo é mais alta que a temperatura ambiente e, assim, o corpo libera energia para o meio ambiente em forma de calor. Quando um indivíduo se alimenta, há fornecimento de energia (Q) para seu corpo, o que aumenta a sua energia interna total U. Essa energia eventualmente é usada para realizar trabalho (W) e parte dela é transformada em calor do de acordo com a primeira lei da termodinâmica ($\Delta U = Q - W$). A taxa metabólica expressa a transformação de energia dentro do corpo do indivíduo e é usualmente especificada em kcal/h ou em watt. A tabela abaixo apresenta estimativas de valores de taxas metabólicas para uma variedade de atividades realizadas por um indivíduo de 70kg.

taxa metabólica		
atividade humana	kcal/h	watts
dormindo	60	69
atividades leves	200	230
atividades moderadas	400	460
atividades extremas	1.000	1.150

Com base no texto acima, julgue os itens subsequentes.

- (1) Um indivíduo que executa atividades leves consome 23 J a cada segundo.
(2) A transformação, pelo corpo humano, da energia extraída dos alimentos para manter em funcionamento os seus órgãos, manter sua temperatura em níveis adequados e realizar trabalho externo pode ser explicada pela primeira lei da termodinâmica.

(3) Um indivíduo que realiza todas as atividades mostradas na tabela abaixo gasta 5×10^7 J de energia diariamente.

atividades diárias do indivíduo	tempo (horas)
dormindo	8
atividades leves	14
atividades moderadas	1
atividades extremas	1

Somente está correto o que se afirma em:

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

RESOLUÇÃO:

(1) Atividades leves: 230 W 230 J a cada segundo.

(2) $\Delta U = Q - W$ traduz a 1ª lei da Termodinâmica.

(3) dormindo $P = \frac{E}{\Delta t} \Rightarrow 69 = \frac{E_1}{8 \cdot 3600}$

$E_1 \cong 2,0 \cdot 10^6$ J

Total: $E \cong 20 \cdot 10^6$ J

$E \cong 2 \cdot 10^7$ J"

Atividades leves: $230 = \frac{E_2}{14 \cdot 3600} \Rightarrow E_2 \cong 1,2 \cdot 10^7$ J

Atividades moderadas: $460 = \frac{E_3}{3600} \Rightarrow E_3 \cong 1,7 \cdot 10^6$ J

Atividades extremas: $1150 = \frac{E_3}{3600} \Rightarrow E_3 \cong 4,1 \cdot 10^6$ J

Resposta: B



No Portal Objetivo

Para saber mais sobre o assunto, acesse o **PORTAL OBJETIVO** (www.portal.objetivo.br) e, em "localizar", digite **FIS2M401**

Módulo

25

Transformações cíclicas

Palavras-chave:

- Ciclo termodinâmico:

$\tau_{\text{ciclo}} = A_{\text{sistema}} ; \Delta U_{\text{ciclo}} = 0$

Os motores a combustão (diesel, gasolina e álcool) e os refrigeradores (geladeira e condicionador de ar) são exemplos de máquinas térmicas que operam em ciclos termodinâmicos.

Estudaremos, de maneira geral, as principais características dos ciclos termodinâmicos.

O motor a explosão ao lado, originalmente a gasolina, foi convertido para o uso de biodiesel.

A busca por combustíveis alternativos para propulsores de veículos é um campo amplo de estudo para a Termodinâmica e para a Engenharia Mecânica.



Motor a explosão, originalmente a gasolina, convertido para o uso de biodiesel.



Geladeira.

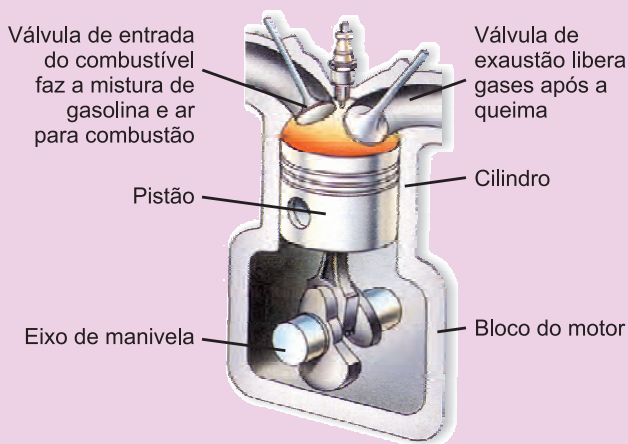


Saiba mais

Automóveis, motocicletas, caminhões e trens têm motor. Os motores transformam a energia dos combustíveis (da gasolina, por exemplo) em potência para mover o veículo.

Combustão interna

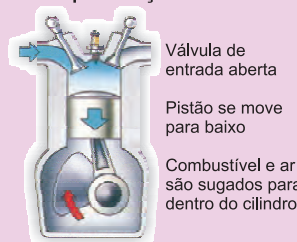
A maioria dos veículos tem motor de combustão interna: o combustível é queimado no interior do motor e impulsiona os pistões e fazem girar o eixo. Motores de automóveis têm quatro ou seis pistões.



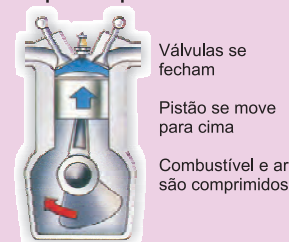
Motor de quatro tempos

Cada pistão de um motor se move para cima e para baixo continuamente, num ciclo. A cada ciclo, o combustível é lançado no cilindro e queimado, e os gases residuais são expelidos. A maioria dos motores é de quatro tempos, o que significa que o pistão se move para cima e para baixo duas vezes em cada ciclo.

1º Tempo: Indução



2º Tempo: Compressão



3º Tempo: Queima

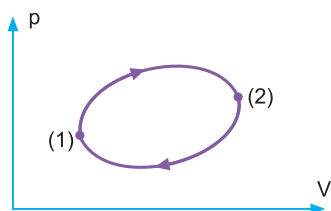


4º Tempo: Exaustão



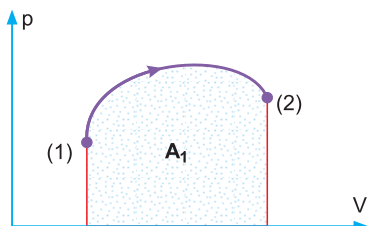
1. Trabalho de um sistema num ciclo (transformação fechada)

Consideremos um sistema percorrendo o ciclo indicado no gráfico a seguir, saindo de (1), indo para (2) e voltando ao estado (1). Analisaremos o trabalho do sistema em cada uma das transformações e, em seguida, no ciclo.



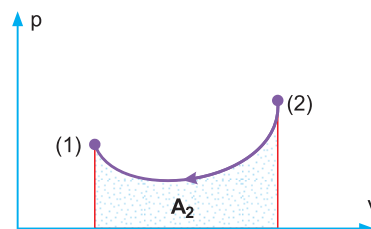
Transformação de (1) para (2)

Nesta transformação, o sistema realiza trabalho (volume aumenta); o trabalho é dado, numericamente, pela área A_1 .



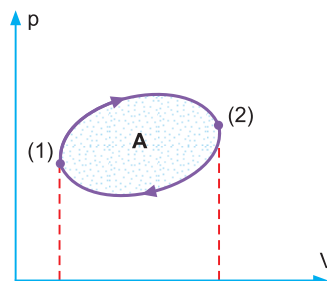
Transformação de (2) para (1)

Nesta transformação, o sistema recebe trabalho (volume diminui); o trabalho é dado, numericamente, pela área A_2 .



Ciclo fechado

Ao percorrer o ciclo, o sistema realiza o trabalho A_1 e recebe de volta o trabalho A_2 . Portanto, o saldo de trabalho trocado pelo sistema com o meio, ao percorrer o ciclo, é dado pela área $A = A_1 - A_2$ interna ao ciclo. Assim:



$$\tau_{\text{ciclo}} = A_{\text{sistema}}$$

(numericamente)

Observemos que

– se o ciclo é percorrido no sentido horário (como o da figura), A_1 é maior que A_2 e o sistema realiza trabalho ao percorrer o ciclo;

– se o ciclo é percorrido no sentido anti-horário (ao contrário do da figura), A_1 é menor que A_2 e o sistema recebe trabalho ao percorrer o ciclo.

Resumindo:

Sentido horário \Leftrightarrow sistema realiza trabalho ($\tau > 0$)
Sentido anti-horário \Leftrightarrow sistema recebe trabalho ($\tau < 0$)

Variação da energia interna do ciclo (ΔU_{ciclo})

Quando o sistema descreve um ciclo, a energia interna U varia, mas o valor final é igual ao inicial. Portanto:

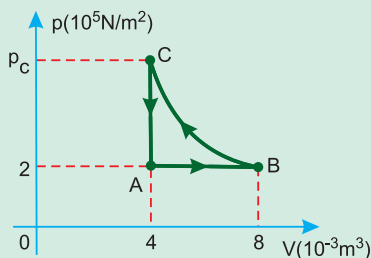
$$\Delta U_{\text{ciclo}} = U_{\text{final}} - U_{\text{inicial}}$$

$$\Delta U_{\text{ciclo}} = 0$$

A variação da energia interna de um ciclo é nula.

Exercício Resolvido

1 (UFLA-MG) – O diagrama pV abaixo mostra o ciclo de refrigeração percorrido por certa quantidade de um gás diatômico ideal. A transformação BC é isotérmica, na qual o trabalho envolvido, em módulo, é $W_{BC} = 1100\text{J}$. O calor, em módulo, envolvido na transformação AB é $Q_{AB} = 2800\text{J}$ e a temperatura no ponto A é $T_A = 300\text{K}$. Calcule os itens a seguir.



- Temperatura T_B e pressão p_C .
- Trabalho líquido envolvido no ciclo ABC.
- Variação da energia interna na transformação AB.

Resolução

- a) $T_B = ?$
 Lei geral dos gases:

$$\frac{p_A V_A}{T_A} = \frac{p_B V_B}{T_B}$$

$$\frac{2 \cdot 10^5 \cdot 4 \cdot 10^{-3}}{300} = \frac{2 \cdot 10^5 \cdot 8 \cdot 10^{-3}}{T_B}$$

$$T_B = 600\text{K}$$

Poderia ter sido usada a Lei de Gay-Lussac.

$$p_C = ?$$

Lei geral dos gases:

$$\frac{p_A V_A}{T_A} = \frac{p_C V_C}{T_C}$$

$$\frac{2 \cdot 10^5}{300} = \frac{p_C}{600}$$

$$p_C = 4 \cdot 10^5 \text{N/m}^2$$

Poderia ter sido usada a Lei de Charles.

- b) $\tau_{ABCA} = ?$

$$\tau_{AB} = [\text{área}]$$

$$\tau_{AB} = 2 \cdot 10^5 \cdot (8 - 4) \cdot 10^{-3} \text{ (J)}$$

$$\tau_{AB} = 8 \cdot 10^2 \text{ J} = 800 \text{ J}$$

$$\tau_{BC} = -1100\text{J} \text{ (volume diminui) (dado no texto)}$$

$$\tau_{CA} = 0 \text{ (volume constante)}$$

Assim:

$$\tau_{ABCA} = \tau_{AB} + \tau_{BC} + \tau_{CA}$$

$$\tau_{ABCA} = 800 - 1100 + 0$$

$$\tau_{ABCA} = -300\text{J}$$

Observe que o ciclo gira no sentido anti-horário.

- c) $U_{AB} = ?$

1ª lei da termodinâmica

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

$$2800 = 800 + \Delta U_{AB}$$

$$\Delta U_{AB} = 2000\text{J}$$

Observação:

O gás é diatômico ideal:

$$\Delta U = \frac{5}{2} n R \Delta T = \frac{5}{2} p \Delta V$$

Assim:

$$\Delta U_{AB} = \frac{5}{2} \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot (8 - 4) \cdot 10^{-3} \text{ (J)}$$

$$\Delta U_{AB} = 2000\text{J}$$

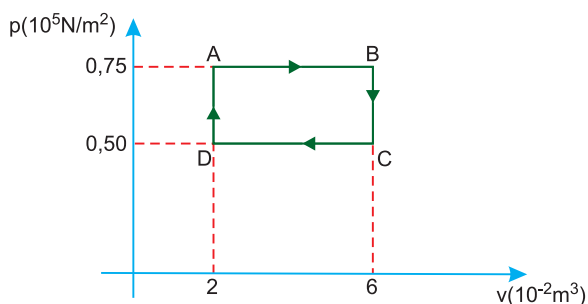
Respostas: a) 600K e $4 \cdot 10^5 \text{N/m}^2$

b) -300J

c) 2000J

Exercícios Propostos

1 (UFRJ) – A figura representa, num gráfico pressão \times volume, um ciclo de um gás ideal.



- a) Calcule o trabalho realizado pelo gás durante este ciclo.

- b) Calcule a razão entre a mais alta e a mais baixa temperatura do gás (em Kelvin) durante este ciclo.

RESOLUÇÃO:

- a) $\tau_{\text{ciclo}} = [\text{área interna ao ciclo}]$

$$\tau_{\text{ciclo}} = (0,75 - 0,50) \cdot 10^5 \cdot (6 - 2) \cdot 10^{-2}$$

$$\tau_{\text{ciclo}} = 1,0 \cdot 10^3 \text{J}$$

- b) Usando a Equação de Clapeyron:

$$pV = nRT$$

observamos que a temperatura no ciclo é mais alta onde o produto pV é maior (ponto B) e mais baixa quando o produto pV é menor (ponto D):

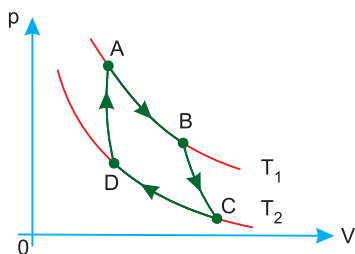
Assim:

$$\frac{T_B}{T_D} = \frac{p_B \cdot V_B}{p_D \cdot V_D} = \frac{0,75 \cdot 10^5 \cdot 6 \cdot 10^{-2}}{0,50 \cdot 10^5 \cdot 2 \cdot 10^{-2}}$$

$$\frac{T_B}{T_D} = \frac{9}{2}$$

Respostas: a) $1,0 \cdot 10^3 \text{ J}$ b) $\frac{9}{2}$

2 (UFBA) – A figura abaixo representa o ciclo de Carnot, para um gás ideal.



Nessas condições, é correto afirmar.

- (01) Na compressão adiabática, a energia interna do gás diminui.
- (02) Na expansão isotérmica, o gás recebe calor de uma das fontes.
- (04) Na expansão adiabática, a temperatura do gás diminui.
- (08) Na compressão isotérmica, a energia interna do gás diminui.

RESOLUÇÃO:

(01) FALSA

compressão → gás recebe trabalho

adiabática → não troca calor

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

Se recebe energia em forma de trabalho, sua energia interna aumenta.

(02) VERDADEIRA

expansão → gás realiza trabalho (perde energia em forma de trabalho)

isotérmica → não varia a energia interna

$$|Q| = |\tau|$$

O gás realiza trabalho usando o calor recebido.

(04) VERDADEIRA

expansão → gás realiza trabalho

adiabática → não troca calor

$$|\tau| = |\Delta U|$$

O trabalho é realizado às expensas da energia interna, assim, a temperatura do gás diminui.

(08) FALSA

compressão → gás recebe trabalho

isotérmica → não varia a energia interna

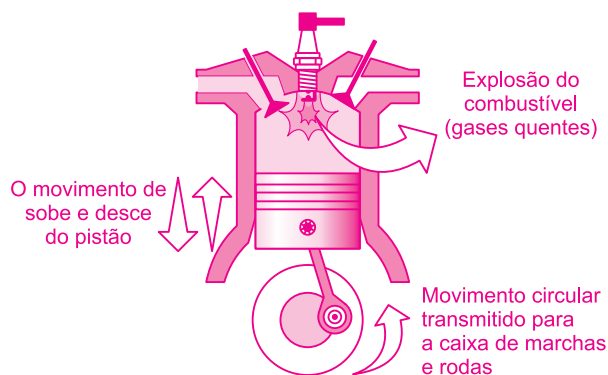
Resposta: 06

3 (ENEM) – No Brasil, o sistema de transporte depende do uso de combustíveis fósseis e de biomassa, cuja energia é convertida em movimento de veículos. Para esses combustíveis, a transformação de energia química em energia mecânica acontece

- a) na combustão, que gera gases quentes para mover os pistões no motor.
- b) nos eixos, que transferem torque às rodas e impulsionam o veículo.
- c) na ignição, quando a energia elétrica é convertida em trabalho.
- d) na exaustão, quando gases quentes são expelidos para trás.
- e) na carburação, com a difusão do combustível no ar.

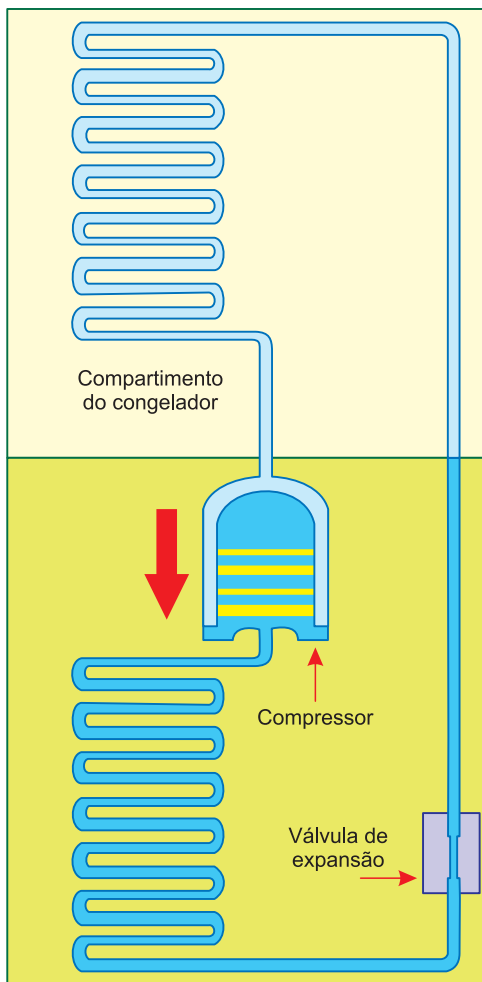
RESOLUÇÃO:

Os combustíveis armazenam energia potencial química. Na combustão, a energia química é liberada e os gases formados aplicam forças nos pistões do motor, as quais realizam trabalho, usado para movimentar o veículo (produção de energia mecânica).



Resposta: A

4 (ENEM) – A invenção da geladeira proporcionou uma revolução no aproveitamento dos alimentos, ao permitir que fossem armazenados e transportados por longos períodos. A figura apresentada ilustra o processo, cíclico de funcionamento de uma geladeira, em que um gás no interior de uma tubulação é forçado a circular entre o congelador e a parte externa da geladeira. É por meio dos processos de compressão, que ocorre na parte externa, e de expansão, que ocorre na parte interna, que o gás proporciona a troca de calor entre o interior e o exterior da geladeira.



Disponível em: <http://home.howstuffworks.com>.
Acesso em: 19 out. 2008 (adaptado).

Nos processos de transformação de energia envolvidos no funcionamento da geladeira,

- a expansão do gás é um processo que cede a energia necessária ao resfriamento da parte interna da geladeira.
- o calor flui de forma não espontânea da parte mais fria, no interior, para a mais quente, no exterior da geladeira.
- a quantidade de calor cedida ao meio externo é igual ao calor retirado da geladeira.
- a eficiência é tanto maior quanto menos isolado termicamente do ambiente externo for o seu compartimento interno.
- a energia retirada do interior pode ser devolvida à geladeira abrindo-se a sua porta, o que reduz seu consumo de energia.

RESOLUÇÃO:

A retirada do calor da fonte fria para a fonte quente por meio da realização de trabalho pelo compressor (processo não espontâneo) explica o funcionamento da geladeira.

Resposta: B

Módulo

26

Dilatação térmica dos sólidos

Palavras-chave:

- Dilatação volumétrica:
- $\Delta V = V_0 \gamma \Delta \theta$ • $\gamma = 3\alpha = \frac{3\beta}{2}$

Quando aquecemos um sólido, geralmente suas dimensões aumentam. Quando esfriamos, geralmente suas dimensões diminuem. A esse aumento e a essa diminuição de dimensões de um sólido, devido ao aquecimento ou ao resfriamento, chamamos de **dilatação térmica**.

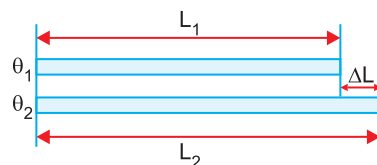
Para os sólidos, temos três tipos de dilatação:

- **dilatação linear** (ou unidimensional)
- **dilatação superficial** (ou bidimensional)
- **dilatação volumétrica** (ou tridimensional)

1. Dilatação linear

Para observarmos a dilatação linear de um sólido, imaginemos uma barra de comprimento L_1 na temperatura θ_1 , que passa a ter o comprimento L_2 quando aquecida a temperatura θ_2 , sofrendo um aumento de comprimento:

$$\Delta L = L_2 - L_1$$



Verifica-se experimentalmente que ΔL é proporcional ao comprimento inicial L_1 e à variação de temperatura $\Delta \theta$, podendo-se expressar essa relação por:

$$\Delta L = L_1 \alpha \Delta \theta$$

em que α é um coeficiente de proporcionalidade característico do material que constitui a barra, chamado **coeficiente de dilatação linear**.

Substituindo $\Delta L = L_2 - L_1$ na expressão anterior:

$$L_2 - L_1 = L_1 \alpha \Delta\theta$$

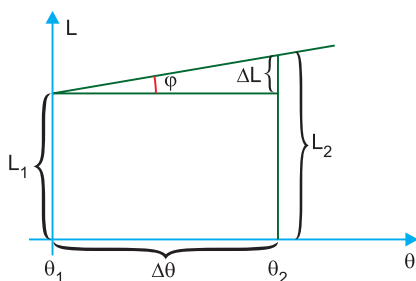
Temos:

$$L_2 = L_1 (1 + \alpha \Delta\theta)$$

Essa expressão permite calcular o comprimento na temperatura θ_2 , tendo-se o comprimento na temperatura θ_1 e o coeficiente de dilatação linear do material. Observemos que ela pode ser aplicada para θ_2 maior ou menor que θ_1 , bastando fazer $\Delta\theta$ sempre igual a $\theta_2 - \theta_1$.

2. Representação gráfica

Usando a expressão $L_2 = L_1 + L_1 \alpha \Delta\theta$, notamos que o comprimento da barra varia segundo uma função do 1º grau em θ . Dessa forma, o gráfico $L = f(\theta)$ será uma reta oblíqua.



É importante observar no gráfico que

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{\Delta L}{\Delta \theta} = \frac{L_1 \alpha \Delta \theta}{\Delta \theta} = L_1 \alpha$$

3. Dilatação superficial e dilatação volumétrica

Para essas dilatações, valem considerações análogas às vistas na dilatação linear. Temos as relações:

$$\Delta S = S_1 \beta \Delta \theta$$

$$\text{ou } S_2 = S_1 (1 + \beta \Delta \theta)$$

e

$$\Delta V = V_1 \gamma \Delta \theta$$

$$\text{ou } V_2 = V_1 (1 + \gamma \Delta \theta)$$

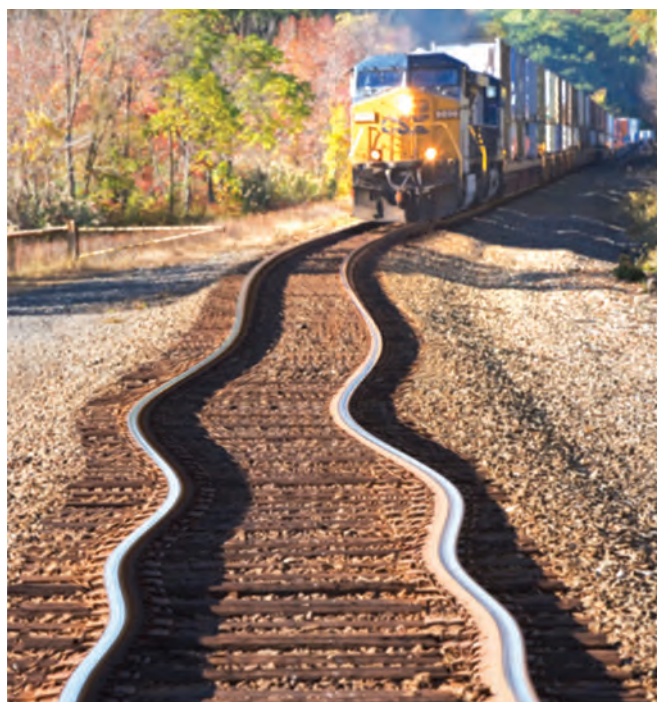
em que β é o coeficiente de dilatação superficial e γ é o coeficiente de dilatação cúbica (ou volumétrica).

4. Relação entre α , β e γ

Pode-se demonstrar que

$$\beta = 2\alpha \quad \text{e} \quad \gamma = 3\alpha$$

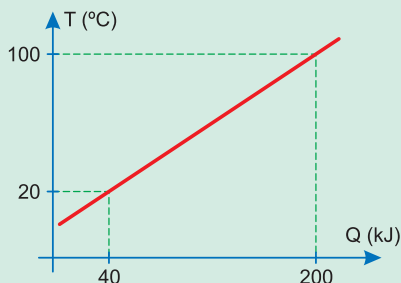
$$\frac{\alpha}{1} = \frac{\beta}{2} = \frac{\gamma}{3}$$



Devido ao elevado aquecimento, os trilhos sofreram uma expansão térmica, tomando a forma observada na foto.

Exercícios Resolvidos

- 1 (OLIMPÍADA BRASILEIRA DE FÍSICA)** – Um cubo de vidro é aquecido de modo que sua temperatura aumenta com a quantidade de calor fornecida de acordo com o gráfico abaixo.



Se a densidade do vidro à 20°C é 2500 kg/m³, qual será seu volume (em cm³) a 120°C? Considere que para o vidro o calor específico

sensível é $c = 1000 \text{ J/kg } ^\circ\text{C}$ e o coeficiente de dilatação linear é $\alpha = 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$.

Resolução

- 1) Utilizando-se o gráfico, temos:

$$Q = m c \Delta \theta$$

$$(200 - 40) \cdot 10^3 = m \cdot 1000 \cdot (100 - 20)$$

$$m = 2 \text{ kg}$$

- 2) Da densidade do vidro, vem:

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

$$2500 = \frac{2}{V}$$

$$V = 0,0008 \text{ m}^3 = 0,8 \text{ dm}^3 = 800 \text{ cm}^3$$

- 3) Calculando a dilatação, temos:

$$\Delta V = V_0 \gamma \Delta \theta$$

$$\Delta V = V_0 3 \alpha \Delta \theta$$

$$\Delta V = 800 \cdot 3 \cdot 10^{-5} \cdot (120 - 20) \text{ (cm}^3\text{)}$$

$$\Delta V = 2,4 \text{ cm}^3$$

- 4) Portanto, o volume final do cubo de vidro é dado por:

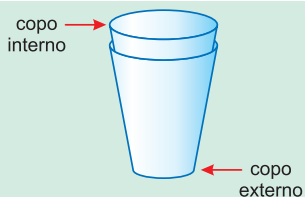
$$V = V_0 + \Delta V$$

$$V = (800 + 2,4) \text{ cm}^3$$

$$\boxed{V = 802,4 \text{ cm}^3}$$

Resposta: 802,4 cm³

- 2 (FMTM-MG-MODELO ENEM)** – Uma dona-de-casa, ao guardar dois copos de vidro iguais no armário de sua cozinha, colocou um dentro do outro e depois não conseguiu mais separá-los, uma vez que ficaram fortemente encaixados.



Dentre as opções mostradas a seguir, a que indica o melhor procedimento para ajudar a dona-de-casa a separar os copos é

- a) colocar água quente no copo interno e mergulhar o externo em água gelada.
- b) colocar água gelada no copo interno e mergulhar o externo em água quente.
- c) colocar água quente no copo interno e mergulhar o externo também em água quente.
- d) colocar água gelada no copo interno e mergulhar o externo também em água gelada.
- e) apenas colocar água quente no copo interno.

Resolução

Para soltar os copos, devemos resfriar o copo interno, para que ele diminua de volume, e aquecer o copo externo, para que ele aumente de volume. Devemos realizar uma das operações ou as duas simultaneamente.

Resposta: B

Exercícios Propostos

1 (FGV-SP-MODELO ENEM) – Suponha que você encontrasse nesta prova o seguinte teste:

Com relação ao fenômeno da dilatação térmica nos sólidos, é correto afirmar que

- (a) toda dilatação, em verdade, ocorre nas três dimensões: largura, comprimento e altura.
- (b) quando um corpo que contém um orifício se dilata, as dimensões do orifício dilatam-se também.
- (c) os coeficientes de dilatação linear, superficial e volumétrica, em corpos homogêneos e isotrópicos, guardam, nesta ordem, a proporção de 1 para 2 para 3.
- (d) a variação das dimensões de um corpo depende de suas dimensões iniciais, do coeficiente de dilatação e da variação de temperatura sofrida.
- (e) coeficientes de dilatação são grandezas adimensionais e dependem do tipo de material que constitui o corpo.

Naturalmente, a questão deveria ser anulada, por apresentar, ao todo,

- a) nenhuma alternativa correta.
- b) duas alternativas corretas.
- c) três alternativas corretas.
- d) quatro alternativas corretas.
- e) todas as alternativas corretas.

RESOLUÇÃO

- a) **VERDADEIRA.** A dilatação térmica de um sólido ocorre nas três dimensões: comprimento, largura e altura.
- b) **VERDADEIRA.** A dilatação de um sólido ocorre sempre “para fora”. Havendo um orifício nesse sólido, o orifício terá suas dimensões aumentadas.
- c) **VERDADEIRA.** Em sólidos homogêneos e isotrópicos, os coeficientes de dilatação linear (α), superficial (β) e volumétrica (γ) guardam a proporção:

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

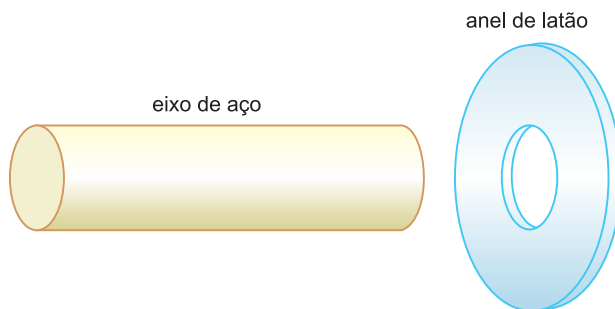
- d) **VERDADEIRA.** A variação de cada dimensão linear sofrida por um corpo sólido, quando aquecido, pode ser expressa por $\Delta L = L_0 \alpha \Delta \theta$ em que ΔL é a variação de dimensão linear, L_0 a dimensão linear inicial, α o coeficiente de dilatação linear (que é uma característica do material e da temperatura) e $\Delta \theta$ a variação da temperatura.
- e) **FALSA.**

$$\alpha = \frac{\Delta L}{L_0 \Delta \theta}$$

Como ΔL e L_0 são medidos na mesma unidade, notamos que a dimensão de α resume-se ao inverso da unidade da temperatura: $[\alpha] \Rightarrow ^\circ\text{C}^{-1}$ ou $^\circ\text{F}^{-1}$ ou K^{-1}

Resposta: D

2 (UFMG-MODELO ENEM) – João, chefe de uma oficina mecânica, precisa encaixar um eixo de aço em um anel de latão, como mostrado na figura.



À temperatura ambiente, o diâmetro do eixo é maior que o do orifício do anel. Sabe-se que o coeficiente de dilatação térmica do latão é maior que o do aço. Diante disso, são sugeridos a João alguns procedimentos, descritos nas alternativas abaixo, para encaixar o eixo no anel.

Assinale a alternativa que apresenta um procedimento que **não** permite esse encaixe.

- a) Resfriar apenas o eixo.
- b) Aquecer apenas o anel.
- c) Resfriar o eixo e o anel.
- d) Aquecer o eixo e o anel.
- e) Aquecer o anel e resfriar o eixo.

RESOLUÇÃO:

O latão dilata-se (quando aquecido) e se contrai (quando resfriado) mais do que o aço.

Assim, para encaixarmos o eixo no anel, devemos

- 1) resfriar apenas o eixo;
- 2) aquecer apenas o anel;
- 3) aquecer o anel e o eixo;
- 4) aquecer o anel e resfriar o eixo.

O que não pode ser feito é resfriar o eixo e o anel.

Dessa forma, o eixo continuará maior do que o anel.

Resposta: C

- 3 (MACKENZIE-SP) – Uma barra metálica apresenta, à temperatura de 15°C, comprimento de 100cm. O coeficiente de dilatação linear da barra é $5 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$. A temperatura na qual o comprimento dessa barra será de 100,2cm é
 a) 40°C b) 42°C c) 45°C d) 52°C e) 55°C

RESOLUÇÃO

A variação de comprimento da barra é dada por

$$\Delta L = L_0 \alpha \Delta \theta$$

$$(100,2 - 100) = 100 \cdot 5 \cdot 10^{-5} \Delta \theta$$

$$\Delta \theta = 40^\circ\text{C}$$

$$\Delta \theta = \theta_f - \theta_i$$

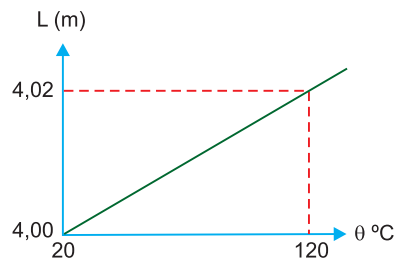
$$40 = \theta_f - 15$$

$$\theta_f = 55^\circ\text{C}$$

Resposta: E

- 4 (MACKENZIE-SP) – O gráfico adiante nos permite acompanhar o comprimento de uma haste metálica em função de sua temperatura. O coeficiente de dilatação linear do material que constitui essa haste vale:

- a) $2 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ b) $4 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ c) $5 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$
 d) $6 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ e) $7 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$



RESOLUÇÃO:

O comprimento L da haste é dado por:

$$L_2 = L_1 (1 + \alpha \Delta \theta)$$

$$L_2 = L_1 + L_0 \alpha \Delta \theta$$

$$\Delta L = L_1 \alpha \Delta \theta$$

$$\alpha = \frac{\Delta L}{L_1 \Delta \theta} = \frac{0,02}{4,00 \cdot 100} \text{ } (^\circ\text{C})^{-1} \Rightarrow \alpha = 5 \cdot 10^{-5} \text{ } (^\circ\text{C})^{-1}$$

Resposta: C

Módulo

27

Dilatação térmica dos líquidos

Palavras-chave:

- A dilatação do recipiente não pode ser desprezada

1. Dilatação térmica dos líquidos

A dilatação térmica de um líquido corresponde ao aumento ou à diminuição de volume desse líquido quando este é aquecido ou resfriado.

Ao estudar a dilatação dos líquidos, devemos observar dois detalhes:

– Como os líquidos não têm forma própria, não se definem comprimento e área do líquido, tendo significado, pois, somente a **dilatação cúbica**. Para tanto, usamos a mesma relação definida para os sólidos, já que a lei é praticamente a mesma para ambos:

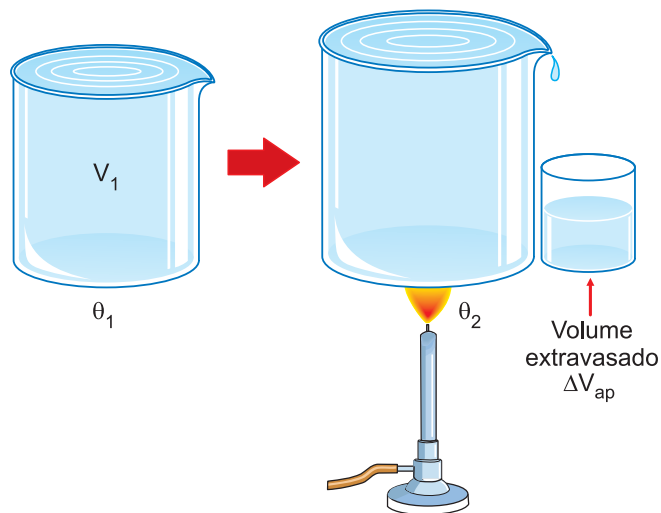
$$V_2 = V_1 (1 + \gamma \Delta \theta)$$

– Os líquidos só podem ser estudados dentro de recipientes sólidos. É, pois, impossível estudar a dilatação dos líquidos sem considerar a dilatação dos recipientes que os contêm. Isso implica dois tipos de dilatação para um líquido: uma dilatação **real**, que depende apenas do líquido, e a outra **aparente**, que leva em conta a dilatação do frasco que o contém.

Assim, consideremos um recipiente totalmente cheio de um líquido, numa temperatura inicial θ_1 . Ao levamos o conjunto (líquido + frasco) para uma tempe-

ratura θ_2 ($\theta_2 > \theta_1$), notamos que ocorre um extravasamento parcial desse líquido.

O volume extravasado fornece a dilatação aparente (ΔV_{ap}) do líquido, que é a diferença entre a dilatação real do líquido e a do frasco.



Portanto, a dilatação real do líquido é a soma da sua dilatação aparente com a do frasco:

$$\Delta V_r = \Delta V_a + \Delta V_f$$

Como: $\Delta V = V_1 \gamma \Delta \theta$

então: $V_1 \gamma_r \Delta \theta = V_1 \gamma_a \Delta \theta + V_1 \gamma_f \Delta \theta$

$$\gamma_r = \gamma_a + \gamma_f$$

Devemos observar que a dilatação do líquido compen-sou a dilatação do frasco e ainda nos forneceu a dilata-ção aparente.

Observemos também que o coeficiente de dilatação aparente **não depende** só do líquido, mas também do frasco considerado.

Da expressão obtida, temos:

$$\gamma_a = \gamma_r - \gamma_f$$

Assim, a variação de volume, na contração ou na dila-ção, e o volume extravasado representados pela dilata-ção aparente (ΔV_{ap}) podem ser calculados pela expressão:

$$\Delta V_{ap} = V_0 \cdot \gamma_a \cdot \Delta \theta$$

2. Variação da densidade com a temperatura

A **densidade absoluta** ou a **massa específica** de um corpo é a razão entre a massa do corpo e o seu volume.

$$\mu = \frac{m}{V}$$

O aquecimento do corpo não altera a sua massa, mas provoca mudança em seu volume:

$$V_2 = V_1 (1 + \gamma \Delta \theta)$$

Assim, se a densidade de um corpo na temperatura θ_1 é μ_1 e na temperatura θ_2 é μ_2 , temos:

$$\begin{cases} \mu_1 = \frac{m}{V_1} \Rightarrow m = \mu_1 V_1 \\ \mu_2 = \frac{m}{V_2} \Rightarrow m = \mu_2 V_2 \end{cases}$$

$$\mu_2 V_2 = \mu_1 V_1$$

$$\mu_2 V_1 (1 + \gamma \Delta \theta) = \mu_1 V_1$$

$$\mu_2 = \frac{\mu_1}{(1 + \gamma \Delta \theta)}$$

3. Dilatação anômala da água e a preservação da vida nos lagos congelados

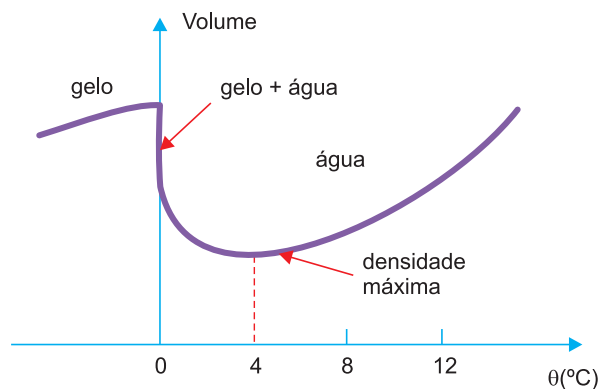
A água apresenta um tipo de ligação especial denomi-nado ponte de hidrogênio. No gelo, cada molécula de água pode formar quatro ligações de hidrogênio de ma-neira tetraédrica.

O conjunto se dispõe no espaço, formando uma estrutura na qual cada átomo de oxigênio aparece rodea-do por quatro átomos de hidrogênio, que por sua vez se

ligam as novas moléculas e assim por diante, esta-belecendo, também, um número imenso de espaços intermoleculares.

Entre 0°C e 4°C, essas pontes vão se rompendo, produzindo assim, uma aproximação entre as moléculas e um aumento da densidade da água, apesar da elevação da agitação térmica. A partir de 4°C, a agitação predomi-na e a água adquire o comportamento normal.

O gráfico abaixo descreve esse comportamento in-comum da água.

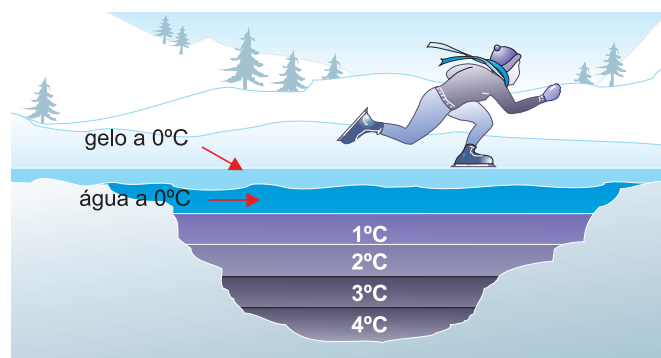


Há regiões da Terra em que a temperatura ambiente atinge valores inferiores a 0°C, o que faz com que os lagos se congelem na superfície, enquanto, no fundo, a água permanece no estado líquido. Isso acontece, devi-do ao comportamento anômalo da água, e é importante para a sobrevivência da fauna e da flora.

Podemos explicar este fato da seguinte maneira:

Num ambiente lacustre, a uma temperatura superior a 4°C, inicia-se um processo de resfriamento do ar at-mosférico. Assim que a temperatura atinge 4°C, a cama-da superficial torna-se mais densa e desce para o fundo do lago, cessando a movimentação por diferença de den-sidade (convecção).

A redução contínua da temperatura pode provocar o congelamento da superfície e o gelo, por ser bom iso-lante térmico, impede a solidificação da água do fundo do lago mais densa e mais quente (4°C).

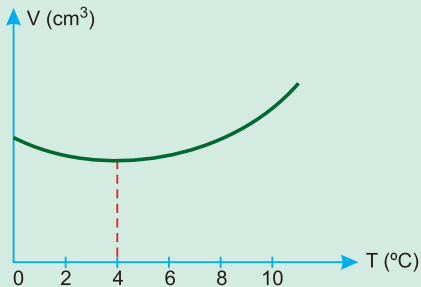


No Portal Objetivo

Para saber mais sobre o assunto, acesse o **PORTAL OBJETIVO** (www.portal.objetivo.br) e, em "localizar", digite **FIS2M402**

Exercícios Resolvidos

1 (UEM-PR) – Aquecendo-se, à pressão constante, uma certa massa de água a partir de 0°C , observa-se que o volume ocupado por ela, em função da temperatura, é dado pelo gráfico abaixo.



Considerando que, durante esse processo, não houve perda de massa, assinale o que for correto.

- (01) Para $T > 4^{\circ}\text{C}$, o coeficiente de dilatação térmica da água é variável.
 (02) O peso dessa massa de água é máximo em $T = 4^{\circ}\text{C}$.
 (04) A densidade da água é máxima em $T = 4^{\circ}\text{C}$.
 (08) A densidade da água em 0°C é menor que em 2°C .
 (16) Ao colocarmos um recipiente aberto com água, à temperatura ambiente, em um freezer, esta começa a resfriar-se uniformemente por convecção, ou seja, a água da superfície, mais fria, desce, pois tem maior densidade que a água do fundo, que sobe à superfície. No entanto, ao atingir 4°C , a movimentação deixa de ocorrer e a água da superfície continua a

esfriar-se, de modo que a solidificação ocorre primeiramente na superfície.

Dê como resposta a soma dos valores correspondentes às afirmativas corretas.

Resolução

(01) CORRETA. A variação não é linear.

(02) FALSA.

$$P = mg$$

A massa da água não sofre alteração com a variação de volume.

(04) CORRETA.

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

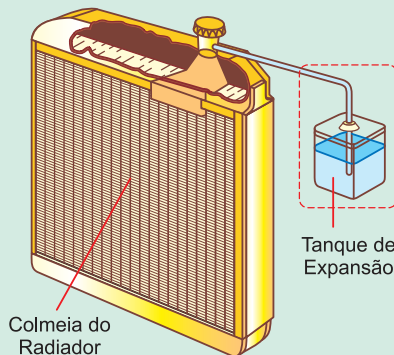
Para o volume (V) mínimo, a densidade (d) é máxima.

(08) CORRETA. A 0°C , o volume da água é maior do que a 2°C . Assim, a sua densidade é menor a 0°C .

(16) CORRETA.

Resposta: 29

2 (OLIMPIÁDA BRASILEIRA DE FÍSICA-MODELO ENEM) – Conectado ao radiador por uma mangueira, existe o tanque de expansão (veja figura abaixo).



Este tanque tem, também, o papel de acumular o excesso de água, que está inicialmente a 10°C e que vazará quando subir a temperatura da água colocada no radiador, devido às explosões do combustível nos cilindros do motor. Suponha que nesta ocasião a água esteja a 90°C e tenha o coeficiente de expansão volumétrico $\gamma = 4,0 \cdot 10^{-4} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ e que o radiador seja feito de cobre com coeficiente linear de expansão $\alpha = 2,0 \cdot 10^{-5} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ preenchido totalmente com 20 litros de água. A quantidade de água que vazará será de

a) 629cm^3 b) 544cm^3 c) 822cm^3
 d) 472cm^3 e) 252cm^3

Resolução

A porção extravasada corresponde à dilatação aparente da água. Assim, vale a relação:

$$\Delta V_{\text{ap}} = V_0 \gamma_{\text{ap}} \Delta \theta$$

mas:

$$\gamma_{\text{ap}} = \gamma_{\text{ág}} - 3 \alpha_{\text{f}}$$

Portanto:

$$\Delta V_{\text{ap}} = V_0 (\gamma_{\text{ág}} - 3 \alpha_{\text{f}}) \Delta \theta$$

Sendo:

$$V_0 = 20\text{ l} = 20\text{ dm}^3 = 20 \cdot 10^3 \text{ cm}^3$$

Temos:

$$\Delta V_{\text{ap}} = 20 \cdot 10^3 (4,0 \cdot 10^{-4} - 3 \cdot 2,0 \cdot 10^{-5})$$

$$(90 - 10) \text{ (cm}^3\text{)}$$

$$\Delta V_{\text{ap}} = 20 \cdot 10^3 (4,0 \cdot 10^{-4} - 0,6 \cdot 10^{-4}) \cdot 80 \text{ (cm}^3\text{)}$$

$$\Delta V_{\text{ap}} = 20 \cdot 10^3 \cdot 3,4 \cdot 10^{-4} \cdot 80 \text{ (cm}^3\text{)}$$

$$\Delta V_{\text{ap}} = 544\text{cm}^3$$

Resposta: B

Exercícios Propostos

1 (UNICENTRO-PR) – Um posto de combustíveis recebeu 1800 litros de gasolina a 25°C . Quando vendeu, a temperatura média da gasolina havia baixado para 20°C . Sendo $1,1 \cdot 10^{-3} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ o coeficiente de dilatação volumétrica média da gasolina, o prejuízo do posto foi de:

- a) $1,98\text{dm}^3$ b) $0,99\text{dm}^3$ c) 990dm^3
 d) 99dm^3 e) $9,9\text{dm}^3$

Nota: supor que o tanque não sofra dilatação.

RESOLUÇÃO:

$$\Delta V = V_0 \gamma \Delta \theta$$

$$\Delta V = 1800 \cdot 1,1 \cdot 10^{-3} (20 - 25) \text{ (l)} \Rightarrow \Delta V = -9900 \cdot 10^{-3} \text{ l}$$

$$\Delta V = -9,9\text{ l} = -9,9 \text{ dm}^3$$

Resposta: E

2 (MACKENZIE-SP) – Em uma experiência para determinar o coeficiente de dilatação linear do vidro, tomamos um frasco de vidro de volume 1000cm^3 e o preenchemos totalmente com mercúrio (coeficiente de dilatação volumétrica = $1,8 \cdot 10^{-4} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$). Após elevarmos a temperatura do conjunto de 100°C , observamos que $3,0\text{cm}^3$ de mercúrio transbordam. Dessa forma, podemos afirmar que o coeficiente de dilatação linear do vidro que constitui esse frasco vale

- a) $5,0 \cdot 10^{-5} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ b) $4,0 \cdot 10^{-5} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ c) $3,0 \cdot 10^{-5} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$
 d) $2,0 \cdot 10^{-5} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ e) $1,0 \cdot 10^{-5} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$

RESOLUÇÃO:

O volume transbordado corresponde à dilatação aparente do mercúrio.

$$\text{Assim: } \Delta V = V_0 \gamma_{\text{ap}} \Delta \theta$$

$$3,0 = 1000 \cdot \gamma_{\text{ap}} \cdot 100$$

$$\gamma_{ap} = 3,0 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

$$\text{Como: } \gamma_{ap} = \gamma_{Hg} - \gamma_{vi}$$

$$\text{então: } 3,0 \cdot 10^{-5} = 1,8 \cdot 10^{-4} - 3\alpha_{vi}$$

$$1,0 \cdot 10^{-5} = 6,0 \cdot 10^{-5} - \alpha_{vi} \Rightarrow \alpha_{vi} = 5,0 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

Resposta: A

3 (UEG-GO-MODELO ENEM) – A dilatação dos líquidos obedece – quando o intervalo da temperatura não é muito grande – às mesmas leis de dilatação dos sólidos. Qualquer líquido assume a forma do recipiente que o contém e ambos se dilatam conforme as mesmas leis. Sendo assim, a dilatação do líquido é medida indiretamente. Em um automóvel, o coeficiente de dilatação do tanque é $63 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ e o coeficiente de dilatação real da gasolina é $9,6 \cdot 10^{-4} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$.

Com base nessas informações, assinale a alternativa correta.

- Se uma pessoa enche o tanque de combustível do seu carro em um dia quente, à noite haverá derramamento de combustível devido à redução no volume do tanque.
- Enchendo o tanque em um dia extremamente quente, essa pessoa terá um lucro considerável porque o combustível estará dilatado.
- O coeficiente de dilatação aparente da gasolina é $7,26 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$.
- Para uma variação de 10°C na temperatura de 100 litros de gasolina, há um aumento de volume igual a 0,063 litro.
- O volume extravasado de um tanque de gasolina totalmente cheio com 200 litros é aproximadamente 4,48 litros, quando há um aumento de temperatura de 25°C .

RESOLUÇÃO:

- FALSA.** Comparando-se os coeficientes de dilatação, observamos que a gasolina se dilata (e se contrai) mais do que o tanque. Assim, à noite, quando a temperatura diminui, a gasolina não derrama.
- FALSA.** Como a compra da gasolina é feita por volume e não por massa, em dias quentes a gasolina encontra-se dilatada. Assim, compramos menos massa por unidade de volume.
- FALSA.**

$$\gamma_{ap} = \gamma_r - \gamma_f \Rightarrow \gamma_{ap} = 9,6 \cdot 10^{-4} - 63 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

$$\gamma_{ap} = 8,97 \cdot 10^{-4} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

d) **FALSA.**

$$\Delta V = V_0 \gamma \Delta \theta$$

$$\Delta V = 100 \cdot 9,6 \cdot 10^{-4} \cdot 10 \text{ (}\ell\text{)}$$

$$\Delta V = 0,96\ell$$

e) **VERDADEIRA.**

$$\Delta V_{ap} = V_0 \gamma_{ap} \cdot \Delta \theta$$

$$\Delta V_{ap} = 200 \cdot 8,97 \cdot 10^{-4} \cdot 25$$

$$\Delta V_{ap} \cong 4,48\ell$$

Resposta: E

4 (UEM-PR-MODELO ENEM) – A dilatação irregular da água torna possível a vida aquática em regiões muito frias. Assinale a alternativa **incorreta** sobre esse processo.

- No inverno, a água pode congelar na superfície do lago. Porém, a água permanece a 4°C no fundo do lago por ser mais densa a essa temperatura.
- O gelo, à temperatura de 0°C ou inferior a isso, permanece na superfície do lago porque é menos denso que a água.
- A água pode permanecer à temperatura de 4°C sob a camada superficial de gelo, entre outros motivos, porque o gelo é bom isolante térmico.
- Qualquer massa de água, ao alcançar a temperatura de 4°C , terá alcançado um valor de densidade quase nulo, o que faz o gelo flutuar.
- Se a maior densidade da água ocorresse a 0°C , os lagos congelar-se-iam totalmente, provocando a extinção da fauna e da flora aquáticas ali existentes.

RESOLUÇÃO:

Na temperatura de 0°C , a densidade da água é máxima (o volume é mínimo).

Resposta: D

Obs.: Atenção que a questão está pedindo a alternativa **INCORRETA**.

5 (ENEM) – Por que o nível dos mares não sobe, mesmo recebendo continuamente as águas dos rios?

Essa questão já foi formulada por sábios da Grécia antiga. Hoje responderíamos que

- a evaporação da água dos oceanos e o deslocamento do vapor e das nuvens compensam as águas dos rios que deságuam no mar.
- a formação de geleiras com água dos oceanos, nos polos, contrabalança as águas dos rios que deságuam no mar.
- as águas dos rios provocam as marés, que as transferem para outras regiões mais rasas, durante a vazante.
- o volume de água dos rios é insignificante para os oceanos e a água doce diminui de volume ao receber sal marinho.
- as águas dos rios afundam no mar devido a sua maior densidade, onde são comprimidas pela enorme pressão resultante da coluna de água.

RESOLUÇÃO:

A água dos mares está em permanente processo de evaporação e a massa de água que passa para o estado gasoso é compensada pela massa de água que os mares recebem dos rios.

Há, entretanto, outros fatores, como infiltração de água, que também contribuem para a manutenção do nível dos mares.

Resposta: A

Os conceitos básicos da Termodinâmica e, principalmente, da Termodinâmica são necessários para a montagem de um modelo completo do Universo e, inclusive, despertar nossa sensibilidade para sua contínua evolução.

A ficha técnica do Universo, apresentada abaixo, caracteriza-o como um sistema de muitas partículas isolado em rápida expansão (termodinâmico e adiabático) que evoluiu de um estado muito condensado e quentíssimo para o atual, pouco denso e frio.

Ficha termodinâmica do Universo atual

Nome: Universo. Representa toda a matéria, espaço, tempo e energia que conhecemos e podemos medir.

Idade: 13,7 bilhões de anos com precisão de 0,2 bilhão de anos para mais ou para menos.

Dimensão: Raio da ordem de 10^{26} m, considerando-o esférico.

Massa: 10^{54} kg, incluídas a matéria escura (22%) responsável pela atração gravitacional e a energia escura (74%) que impulsiona a expansão acelerada do Universo.

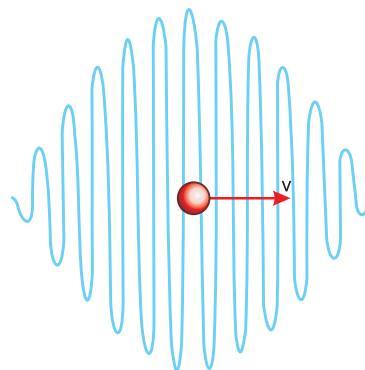
Constituição básica: 75% de hidrogênio, 23% de hélio e 2% dos outros elementos como constituintes básicos das galáxias e estrelas. O restante do espaço é preenchido por radiação eletromagnética de várias frequências, havendo um fundo de micro-ondas ($\lambda = 1,0$ mm) presente em todos os pontos: a radiação cósmica de fundo (RCF). A matéria é formada por partículas fundamentais (quarks e elétrons), assim como a radiação é constituída por pacotes discretos de energia chamados fótons. Essa fragmentação faz supor a existência de um processo explosivo na formação do Universo, chamado de *big bang*.

A matéria (m) e a energia radiante (E) são equivalentes de acordo com a expressão de Einstein ($E = mc^2$) e tanto as partículas elementares como a radiação podem apresentar comportamento corpuscular ou ondulatório. Essa complementaridade e equivalência entre massa e energia sugere-lhes uma origem comum, a partir de um

estado inicial concentrado.

Nas experiências de alta energia, ocorre o aparecimento de antimatéria, que em contato com a matéria produz um aniquilamento das duas, o qual gera fótons de altíssima energia.

Todos esses corpúsculos e grãos de energia caracterizam o Universo como um sistema de muitas partículas que, sendo tratado por uma estatística adequada, transforma-se num objeto da Termodinâmica Quântica.



Os fótons e as partículas elementares podem apresentar caráter corpuscular ou ondulatório. Louis de Broglie associou a quantidade de movimento Q , típica da matéria, à onda de comprimento λ pela expressão $Q = \frac{h}{\lambda}$. Essa dualidade impõe uma incerteza intrínseca nas medidas

simultâneas da posição (x) e do momento Q das partículas elementares, criando flutuações quânticas em todo o Universo.

Comportamento da energia térmica: O calor transfere-se espontaneamente dos corpos quentes para os frios e a desorganização das partículas aumenta (entropia crescente), representando o sentido da evolução do cosmo.

Temperatura: 2,7K com flutuações de 0,03 milionésimos de Kelvin. Essa temperatura relaciona-se com a RCF. As suas flutuações remetem à existência das galáxias.

Densidade: 1 próton, 1 nêutron e 1 elétron por m^3 , além de 300 fótons e 100 neutrinos por cm^3 .



Saiba mais



Mapa em micro-ondas produzido pelo COBE

Satélite COBE (sigla do inglês *Cosmic Background Explorer* – Explorador de Fundo Cósmico)

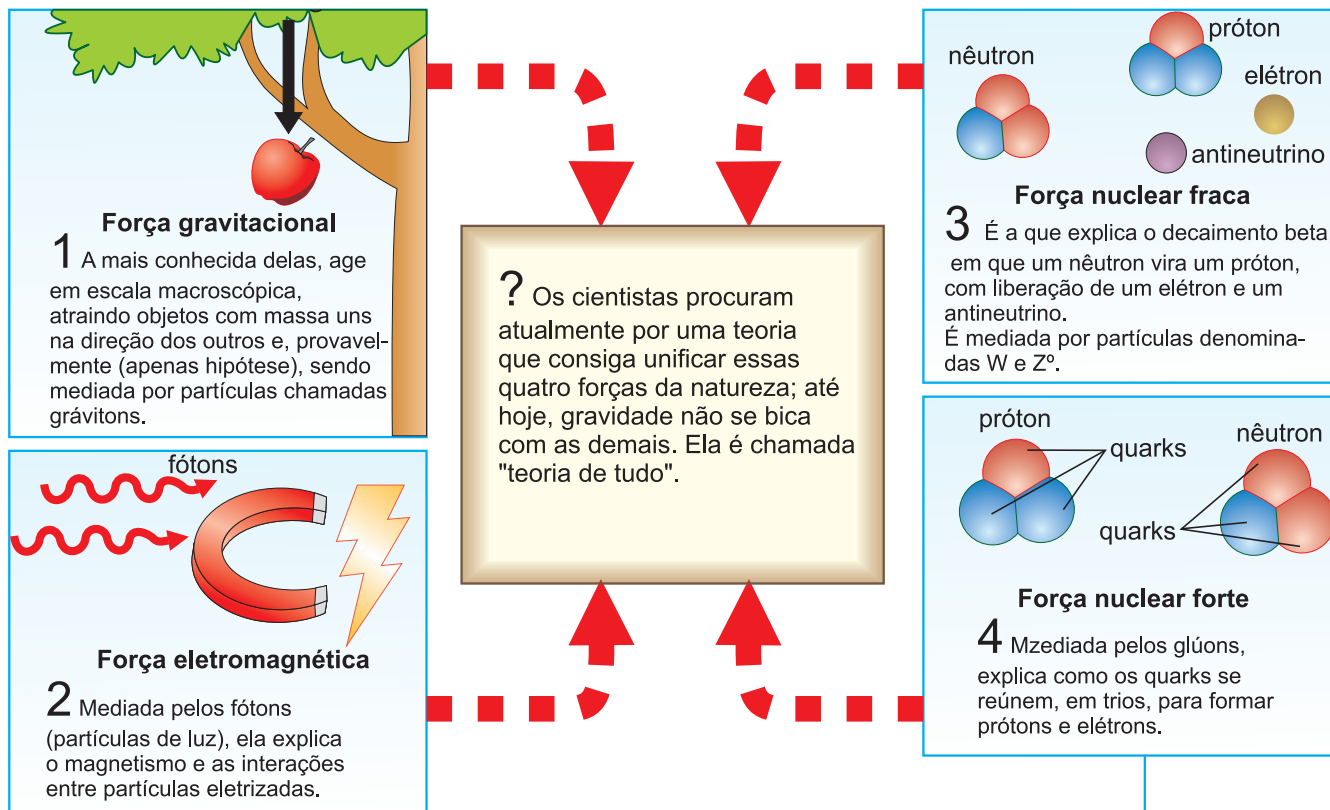
MAPA DO UNIVERSO

Em 1992, o satélite COBE elaborou um mapa em micro-ondas do céu onde aparecia um brilho fraco. Esse brilho é a radiação cósmica de fundo, que passou a se propagar quando o Universo tinha a idade de 380 000 anos. Representa 3% do “chuvisco” visto na tela de uma TV não sintonizada. As zonas mais quentes mostram os lugares onde começaram a se formar primeiro os gases e, depois, as galáxias.

Forças que estruturam nosso Universo

As forças que se manifestam em nosso Universo também aparecem de forma fragmentada como a matéria e a energia, reforçando a ideia do processo explosivo do *big bang*. Quatro interações asseguram a arquitetura atual do cosmo:

UM UNIVERSO, QUATRO FORÇAS



A força gravitacional assegura a coesão das galáxias e em casos extremos produz buracos negros, entretanto, não é suficiente para promover a atração de toda a matéria do Universo. Este fato pode ser explicado pela expansão acelerada que afasta uma galáxia da outra, produzida pelo *big bang*.

Buraco Negro é um corpo celeste ou uma região do espaço onde a concentração de massa é tão grande, o campo gravitacional é tão intenso, que **nada**, nem mesmo a luz, consegue escapar de seu campo gravitacional.



Como o **buraco negro** não emite luz, ele não pode ser visto e sua presença só pode ser detectada pelo efeito gravitacional que ele provoca em suas redondezas, capaz mesmo de desviar a trajetória da luz.

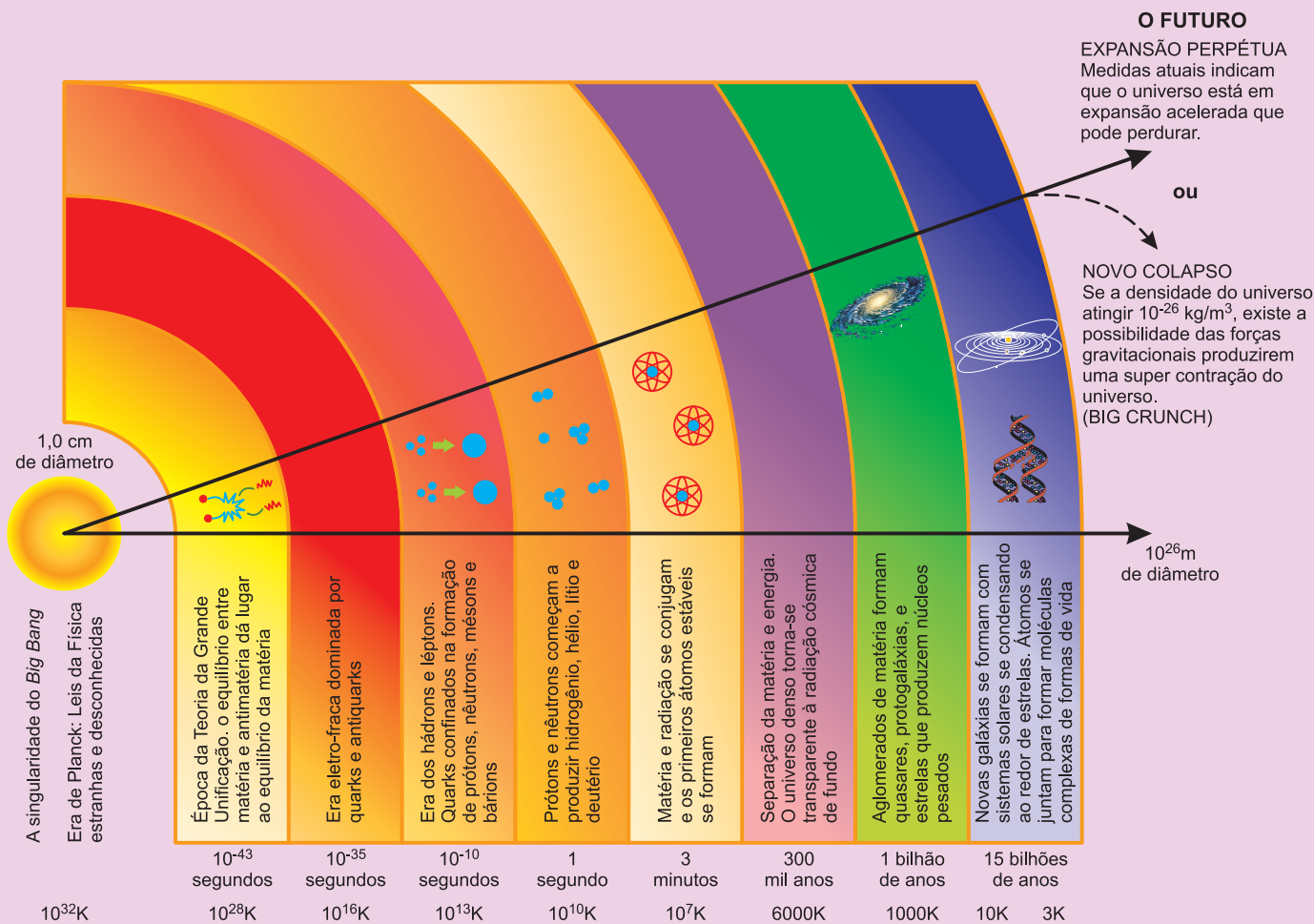
A imagem do *big bang*

A história do Universo inicia-se com temperaturas impressionantemente elevadas que se vão reduzindo com a expansão. Galáxias e outras estruturas complexas desenvolvem-se a partir de sementes microscópicas, flutuações quânticas que alcançaram dimensões cósmicas após um breve período de inflação.





Saiba mais



O big bang quente

Se a relatividade geral estiver certa, o Universo começou com temperatura e densidade infinitas na singularidade do *big bang*. À medida que o Universo se expandiu, a temperatura da radiação diminuiu. Em cerca de um centésimo de segundo após o *big bang*, a temperatura teria sido de 100 bilhões de graus, e o Universo teria contido, na maior parte, fótons, elétrons e neutrinos (partículas extremamente leves), e suas antipartículas, além de alguns prótons e nêutrons. Nos três minutos seguintes, enquanto o Universo esfriava para cerca de um bilhão de graus, prótons e nêutrons, não tendo mais energia para escapar da atração da força nuclear forte, teriam começado a se combinar para produzir os núcleos de hélio e outros elementos leves.

Milhares de anos depois, quando a temperatura caiu alguns milhares de graus, os elétrons diminuíram de velocidade até os núcleos leves poderem capturá-los para formarem átomos. No entanto, os elementos mais pesados dos quais somos constituídos, como carbono e oxigênio, só se formariam bilhões de anos mais tarde, pela queima de hélio no núcleo de estrelas.

Esse quadro de um estágio inicial denso e quente do Universo foi primeiramente formulado pelo cientista Georg Gamov em 1948, num artigo que escreveu com Ralph Alpher, no qual fizeram a notável previsão de que a radiação dos estágios iniciais muito quentes subsistiria até hoje. Essa previsão foi confirmada em 1965, quando os físicos Arno Penzias e Robert Wilson observaram a radiação cósmica de fundo na frequência de micro-ondas, presente em todas as partes.

Exercícios Resolvidos

1 A respeito da radiação cósmica de fundo, assinale a proposição **falsa**:

- Passou a se propagar quando o Universo tinha a idade de 380 000 anos e tornou-se transparente com a formação dos primeiros átomos.
- Sua temperatura atual é da ordem de 2,7K e corresponde à temperatura média atual do Universo.
- Seu comprimento de onda atual é da ordem de 1mm.
- Pode ser visualizada por uma pequena parte do “chuvisco” que aparece nas telas de televisão quando a emissora não está corretamente sintonizada.
- É absolutamente uniforme, não apresentando nenhuma flutuação de temperatura e/ou de comprimento de onda.

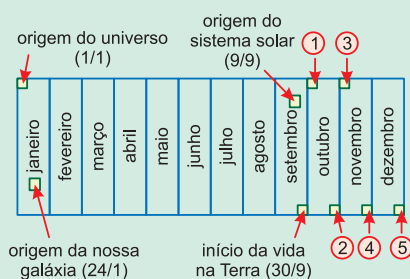
Resolução

Se a radiação cósmica de fundo fosse absolutamente uniforme, toda a teoria do *big bang* estaria destruída, pois inviabilizaria a existência de galáxias que certamente interagem com a radiação cósmica de fundo, provocando flutuações em seu comprimento de onda e em sua temperatura, conforme a direção em que é recebida.

Resposta: E

2 (MODELO ENEM) – Suponha que o universo tenha 15 bilhões de anos de idade e que toda a sua história seja distribuída ao longo de 1 ano – o calendário cósmico –, de modo que cada segundo corresponda a 475 anos reais e, assim, 24 dias do calendário cósmico equivaleriam a cerca de 1 bilhão de anos reais. Suponha, ainda, que o universo comece em 1.º de janeiro a zero hora no calendário cósmico e o tempo presente esteja em 31 de dezembro às 23h59min59,99s.

A escala abaixo traz o período em que ocorreram alguns eventos importantes nesse calendário.



Se a arte rupestre representada acima fosse inserida na escala, de acordo com o período em que foi produzida, ela deveria ser colocada na posição indicada pela seta de número

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

Resolução

A arte rupestre (desenhos ou pinturas encontradas na rocha), executada na Pré-História pelos homens do Paleolítico, data de aproximadamente 30.000/40.000 anos. Assim, de acordo com a escala adotada para o cálculo do ano cósmico, a marca correspondente só pode estar bem próxima do final de dezembro.

Resposta: E

Exercícios Propostos

1 (UEL-PR-MODELO ENEM) – O Universo está imerso em radiações eletromagnéticas, chamadas de radiação de fundo que, supõe-se, tenham sido geradas no *big bang*, nome dado ao evento que resultou na formação do Universo, há cerca de 13,7 bilhões de anos. Por volta de cem mil anos depois do *big bang*, a temperatura do Universo era de, aproximadamente, 10^5K , com a radiação de fundo mais intensa tendo comprimento de onda igual a 29 nm. Medidas atuais mostram que o comprimento de onda da radiação de fundo mais intensa tem o valor de 1,1 mm. Por outro lado, é sabido que, devido à sua temperatura, todo corpo emite radiações eletromagnéticas numa faixa contínua de comprimentos de onda. Em 1893, Wilhelm Jan Wien mostrou que o comprimento de onda λ , da radiação mais intensa dentre as emitidas por um corpo à temperatura T , em kelvin (K), pode ser expresso como: $\lambda \cdot T = 2898 \mu\text{m}\cdot\text{K}$. Com base no texto, é correto afirmar:

- O Universo principiou-se pelo *big bang* na temperatura de cem mil kelvin e com a radiação de fundo mais intensa com um comprimento de onda igual a 29 nm. Atualmente, a radiação de fundo fornece uma temperatura para o Universo de 2898K.
- O *big bang* deu origem ao Universo, cuja temperatura, cem mil anos depois, era de cem mil kelvin. O Universo foi esfriando e hoje sua temperatura é de 2634,5K.
- O Universo principiou-se pelo *big bang*, quando altíssimas temperaturas e radiações eletromagnéticas foram geradas, e foi-se esfriando ao longo do tempo. Atualmente, a radiação de fundo mais intensa corresponde a uma temperatura de 2,6K.

- O Universo principiou-se pelo *big bang*, quando altíssimas temperaturas e radiações eletromagnéticas foram geradas, e foi-se esfriando ao longo do tempo. Atualmente a temperatura correspondente à radiação de fundo é de 2,6 μK .
- O *big bang* deu origem ao Universo há cerca de cem mil anos, gerando uma temperatura de cem mil kelvin e uma radiação de fundo de 1,1mm.

RESOLUÇÃO:

O valor atual de λ é $1,1\text{mm} = 1,1 \cdot 10^{-3}\text{m}$

Calculamos a temperatura da radiação cósmica de fundo (temperatura média do Universo) atual: $\lambda \cdot T = 2898 \cdot 10^{-6} (\text{m} \cdot \text{K})$

$$1,1 \cdot 10^{-3} \cdot T = 2898 \cdot 10^{-6} \Rightarrow T = \frac{2,898}{1,1} \text{K} \cong 2,6\text{K}$$

Resposta: C

Nota: Em realidade, o valor mais aceito para a temperatura atual da radiação cósmica de fundo é 2,8K.

2 (UFC-CE-MODELO ENEM) – No modelo do Universo em expansão, há um instante de tempo no passado em que toda a matéria e toda a radiação, que hoje constituem o Universo, estiveram espetacularmente concentradas, formando um estado termodinâmico de altíssima temperatura ($T \rightarrow \infty$), conhecido como *big bang*. De acordo com o físico russo G. Gamov, nesse estado inicial, a densidade de energia eletromagnética (radiação) teria sido muito superior à densidade de matéria. Em consequência disso, a temperatura média do Universo, T , em um instante de tempo t após o *big bang*, satisfaria a relação

$$T = \frac{2,1 \cdot 10^9}{\sqrt{t}}$$

sendo o tempo t medido em segundos (s) e a temperatura T , em kelvins (K). Um ano equivale a $3,2 \times 10^7$ segundos e atualmente a temperatura média do Universo é $T = 3,0$ K. Assim, de acordo com Gamov, podemos afirmar corretamente que a idade aproximada do Universo é:

- a) 700 bilhões de anos. b) 210 bilhões de anos.
c) 15 bilhões de anos. d) 1 bilhão de anos.
e) 350 milhões de anos.

RESOLUÇÃO:

Para resolver a presente questão, basta reescrever a relação fornecida no enunciado.

$$\sqrt{t} = \frac{2,1 \cdot 10^9}{T} \Rightarrow t = \left(\frac{2,1 \cdot 10^9}{T} \right)^2, \text{ ou } t = 49 \cdot 10^{16} \text{ segundos}$$

Dividindo-se por $3,2 \cdot 10^7$ o valor de t , acima encontrado, obtemos a idade do Universo, em anos.

Essa idade é $15 \cdot 10^9$ anos ou 15 bilhões de anos.

Resposta: C

3 (MODELO ENEM) – O Sol emite energia à razão de 10^{26} J/s. A energia irradiada pelo Sol provém da conversão de massa em energia, de acordo com a equação de Einstein. Em cada segundo, a massa transformada em energia, no Sol, é um valor mais próximo de

- a) zero b) $1,1 \cdot 10^9$ kg c) $1,1 \cdot 10^{10}$ kg
d) $4,0 \cdot 10^{26}$ kg e) $3,5 \cdot 10^{43}$ kg

Note e adote

Equação de Einstein: $E = mc^2$

m : massa a ser transformada em energia

c : módulo da velocidade da luz no vácuo ($3,0 \cdot 10^8$ m/s)

RESOLUÇÃO:

Equação de Einstein: $E = mc^2$

Em 1s, temos $E = 10^{26}$ J

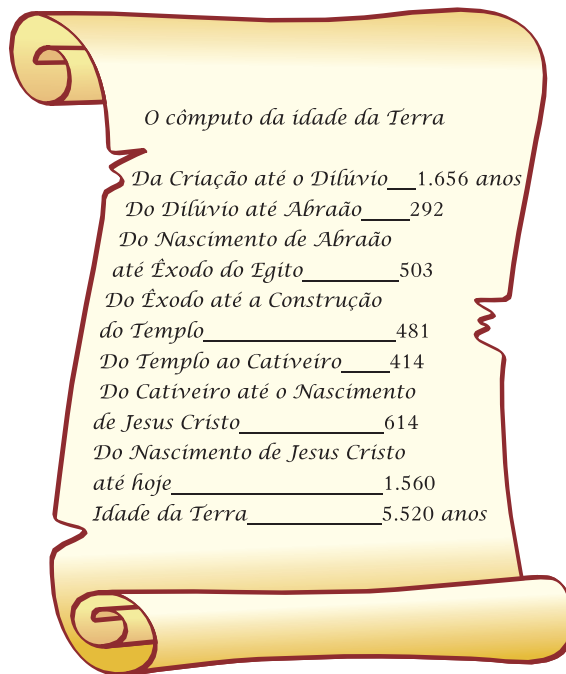
Sendo $c = 3 \cdot 10^8$ m/s, resulta: $10^{26} = m \cdot 9 \cdot 10^{16}$

$$m = \frac{1}{9} \cdot 10^{10} \text{ kg} = \frac{10}{9} \cdot 10^9 \text{ kg} \Rightarrow m \cong 1,1 \cdot 10^9 \text{ kg}$$

Resposta: B

4 (MODELO ENEM)

DOCUMENTO 1



DOCUMENTO 2

Avalia-se em cerca de quatro e meio bilhões de anos a idade da Terra, pela comparação entre a abundância relativa de diferentes isótopos de urânio com suas diferentes meias-vidas radiativas.

Considerando os dois documentos, podemos afirmar que a natureza do pensamento que permite a datação da Terra é de natureza

- a) científica no primeiro e mágica no segundo.
b) social no primeiro e política no segundo.
c) religiosa no primeiro e científica no segundo.
d) religiosa no primeiro e econômica no segundo.
e) matemática no primeiro e algébrica no segundo.

RESOLUÇÃO:

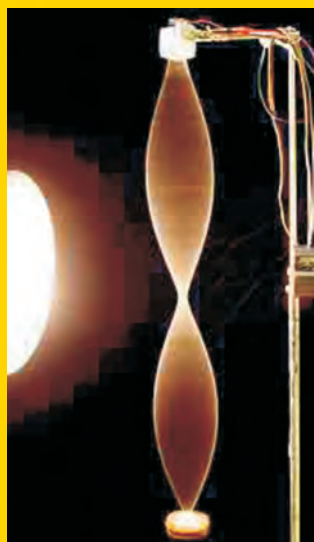
As referências bíblicas, no primeiro documento, e as alusões a "isótopos de urânio" e "meias-vidas radioativas", no segundo, indiciam claramente o caráter religioso de um e a natureza científica do outro. Note-se a redação tautológica do enunciado: "...a natureza do pensamento... é de natureza..."

Resposta: C

FÍSICA

Ondulatória - Módulos

- 23 – Interferência de ondas – tipos
- 24 – Interferência de ondas: diferença de percursos
- 25 – Batimento, ressonância, polarização e difração
- 26 – Batimento, ressonância, polarização e difração
- 27 – Ondas estacionárias
- 28 – Cordas sonoras



As ondas estacionárias, em situações controladas, podem demonstrar fenômenos ondulatórios.

Módulo

23

Interferência de ondas – tipos

Palavras-chave:

- Reforço e enfraquecimento da intensidade da onda (IC e ID)

1. O fenômeno

Ocorre interferência quando há superposição de ondas de mesma natureza se propagando num mesmo meio.

2. Independência da propagação ondulatória

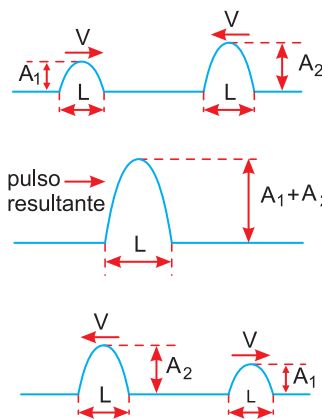
Pode ser verificado experimentalmente que, após a interferência (superposição), cada onda segue sua propagação como se nada tivesse ocorrido; as ondas propagam-se independentemente, apresentando as mesmas características depois de eventuais superposições.

3. Tipos particulares de interferência

Interferência construtiva (IC) ou reforço

Consideremos uma corda elástica e não dispersiva, na qual se propagam dois pulsos de mesma largura L , porém de amplitudes A_1 e A_2 , respectivamente.

Supondo que os pulsos estejam em **concordâncias de fase**, poderemos observar as três situações ilustradas a seguir



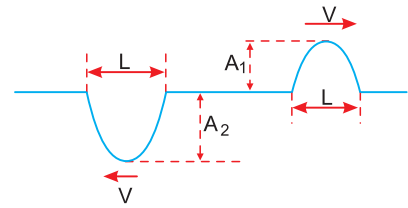
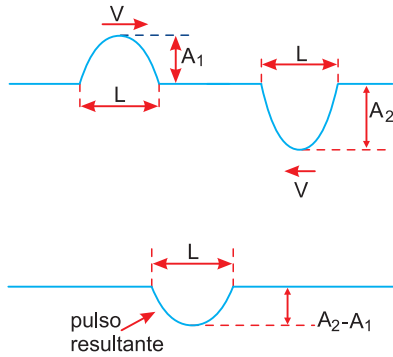
Observemos que no instante da superposição (interferência), os pulsos se reforçam, gerando um pulso resultante de amplitude $A = A_1 + A_2$.

Depois da superposição, entretanto, cada pulso segue sua propagação, mantendo suas características iniciais.

Interferência destrutiva (ID) ou anulamento

Retomemos a corda e os pulsos referidos anteriormente.

Supondo, agora, que os pulsos estejam em **oposição de fase**, poderemos observar as três situações ilustradas a seguir.

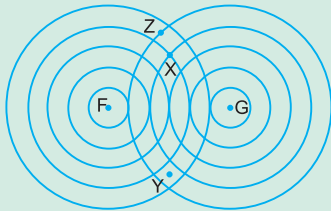


Observemos que, no instante da superposição (interferência), os pulsos se subtraem ("anulamento"), gerando um pulso resultante de amplitude $A = A_2 - A_1$ ($A_2 > A_1$).

Como no caso anterior, depois da superposição, cada pulso segue sua propagação, mantendo suas características iniciais.

Exercício Resolvido

1 (MODELO ENEM) – A figura abaixo representa as ondas produzidas por duas fontes, **F** e **G**, que vibram na superfície de um líquido. X, Y e Z são pontos da superfície do líquido. As circunferências indicam cristas. Considere que na região indicada não há amortecimento das ondas.



Se x , y e z são as amplitudes de vibração da água nos pontos X, Y e Z, qual das seguintes relações está correta?

- a) $x = y = z$ b) $x > y > z$ c) $x = y > z$
 d) $x < z$ e $x < y$ e) $x < y < z$

Resolução

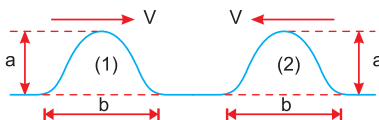
Posição	Superposição de	Tipo de interferência
X	crista com crista	I C
Y	vale com vale	I C
Z	crista com vale	I D

Desprezando-se a diminuição da amplitude, conclui-se que: $x = y$ e $z = 0$

Resposta: C

Exercícios Propostos

1 Numa mesma corda homogênea, flexível e não absorvedora de energia, são gerados os pulsos (1) e (2) que se propagam conforme representa o esquema.



Analisar as proposições a seguir:

- (01) Quando os pulsos se superpõem, ocorre interferência destrutiva.
 (02) Quando os pulsos se superpõem, forma-se um pulso único de amplitude $2a$ e largura b .
 (04) Logo após a superposição dos pulsos, a corda apresenta-se retilínea.
 (08) Logo após a superposição dos pulsos, há retorno destes, isto é, cada qual inverte o sentido do seu movimento.
 (16) Logo após a superposição dos pulsos, estes continuam sua propagação, mantendo o sentido, a largura e a amplitude originais.

Dê como resposta a soma dos números associados às proposições corretas.

RESOLUÇÃO:

- (01) **INCORRETA.** Ocorre interferência construtiva (superposição de cristas).
 (02) **CORRETA.**
 (04) **INCORRETA.** Após a superposição, os pulsos mantêm suas características originais.
 (08) **INCORRETA.**
 (16) **CORRETA.**

Soma das corretas: 18

2 Por uma corda elástica e não absorvedora de energia, propagam-se dois pulsos triangulares, (1) e (2), em oposição de fase, conforme indica a figura.

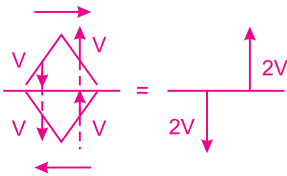


Analise as proposições a seguir:

- (01) Ao se propagarem, os pulsos interferem construtivamente.
- (02) No instante em que os pulsos se superpõem perfeitamente, a corda apresenta-se retilínea.
- (04) No instante em que os pulsos se superpõem perfeitamente, a velocidade dos pontos da corda na região da superposição é nula.
- (08) Logo após a superposição, notam-se os pulsos (1) e (2) com suas características originais, movendo-se para a direita e para a esquerda, respectivamente.
- (16) Logo após a superposição, a corda apresenta-se retilínea. Dê como resposta a soma dos números associados às proposições corretas.

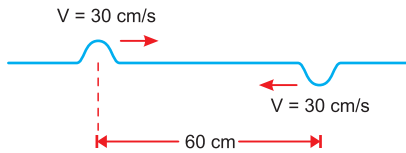
RESOLUÇÃO:

- (01) **INCORRETA. A interferência é destrutiva.**
- (02) **CORRETA.**
- (04) **INCORRETA. Não ocorre inversão de sentido no instante da superposição.**



- (08) **CORRETA.**
 - (16) **INCORRETA.**
- Soma das corretas: 10**

3 (UNICAMP) – A figura representa dois pulsos transversais de mesma forma, que se propagam em sentidos opostos, ao longo de uma corda ideal, longa e esticada. No instante $t = 0$, os pulsos encontram-se nas posições indicadas.



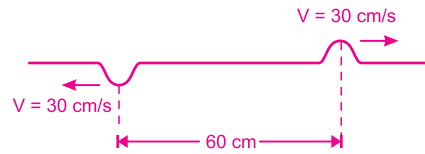
Esboçar a forma da corda:

- a) no instante $t = 1s$;
- b) no instante $t = 2s$.

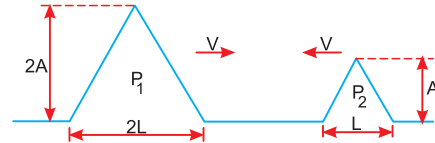
RESOLUÇÃO:

- a) **No intervalo de tempo entre 0 e 1s, cada pulso percorre 30cm e ocorre a superposição de uma crista e um vale (ID). A corda apresenta-se retilínea.**
Em $t = 1,0s$ _____

b) Entre 1 e 2s, cada pulso percorre mais 30cm e a corda assume o seguinte aspecto em $t = 2s$:



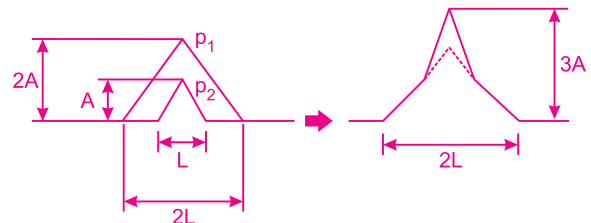
4 (MODELO ENEM) – Dois pulsos triangulares, P_1 e P_2 , propagam-se ao longo de uma corda horizontal, elástica e não absorvedora da energia dos pulsos, conforme ilustra o esquema.



No instante em que os picos de P_1 e de P_2 estiverem alinhados segundo a mesma vertical, o perfil da corda fica representado por:

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

RESOLUÇÃO:



Resposta: D

$$\Delta x = N \frac{\lambda}{2}$$

1. Condições particulares e simplificadas de IC e ID num ponto P

Consideremos duas fontes de ondas coerentes (em concordância de fase) enviando ondas de mesma natureza e mesma frequência f a um ponto **P** situado no mesmo meio das fontes.

Admitamos que essas ondas se propaguem até **P** sem sofrer reflexões com inversão de fase.

Se λ o comprimento de onda e Δx a diferença de percursos entre as ondas até o ponto **P**, são válidas as seguintes condições:

- Interferência Construtiva (**IC**) em **P**:

Δx deve ser um múltiplo par de meio comprimento de onda.

$$\Delta x = p \lambda / 2 \quad (p = 0, 2, 4, \dots)$$

- Interferência Destrutiva (**ID**) em **P**:

Δx deve ser um múltiplo ímpar de meio comprimento de onda.

$$\Delta x = i \lambda / 2 \quad (i = 1, 3, 5, \dots)$$

Notas

(I) No caso de uma das ondas sofrer uma reflexão com inversão de fase, as condições citadas acima invertem-se.

(II) Podemos dizer genericamente que a condição de **IC** ou **ID** para duas ondas emitidas de fontes coerentes é:

$$\Delta x = N \frac{\lambda}{2} \quad (N = 0, 1, 2, 3 \dots)$$

2. Principais diferenças de percursos

Δx encontradas em questões de interferência

I)

Alto-falante 1 P Alto-falante 2

$\Delta x = x_2 - x_1$

II)

Alto-falante 2 Alto-falante 1 P

$\Delta x = x_2 - x_1$

III)

Antena 1 P Telefone celular Antena 2

$\Delta x = x_2 - x_1$

$$\frac{2\Delta x}{\lambda} = N$$

Par	IC (concordância de fase)
	ID (oposição de fase)
Ímpar	ID (concordância de fase)
	IC (oposição de fase)

Considere $x_2 > x_1$

IV)

Feixe Incidente Ar

Raios refletidos que se interferem

$n_{AR} = 1,0$

Líquido

n_{Liq}

$\lambda_{Liq} = \frac{\lambda_{AR}}{n_{Liq}}$

$\Delta x = 2h$

h: Altura da película do líquido

Raio de luz monocromática que se reflete parcialmente na superfície de um líquido transparente e depois no fundo espelhado do recipiente.

Considerar o comprimento de onda no líquido λ_{Liq} para calcular a diferença de percurso Δx

Exercícios Resolvidos

(MODELO ENEM) – Enunciado para as questões 1 e 2.

SOL E SAÚDE

Saiba mais sobre a radiação e o índice UV.

A radiação eletromagnética

É a energia que vem do sol. Ela é distribuída em vários comprimentos de onda: desde o infravermelho até o ultravioleta (UV).

A energia radiante transportada pelas ondas eletromagnéticas é inversamente proporcional ao comprimento de onda da radiação. A energia de um fóton de luz vermelha é menor do que a de um fóton de luz violeta.



A FAIXA ULTRAVIOLETA É SUBDIVIDIDA EM:

Raios ultravioleta C

São os de maior energia e os mais perigosos para a saúde, porém são absorvidos pela camada de ozônio e praticamente não alcançam a superfície terrestre.

Raios ultravioleta B

São de energia intermediária e os principais causadores de câncer cutâneo.

Raios ultravioleta A

São os de menor energia e chegam a níveis profundos da pele. Produzem o bronzeado e geram o envelhecimento precoce.

O ÍNDICE UV

O que é

Mede o nível de radiação solar na superfície da terra. Quanto mais alto, maior o risco de danos à pele e aos olhos.

Para que serve

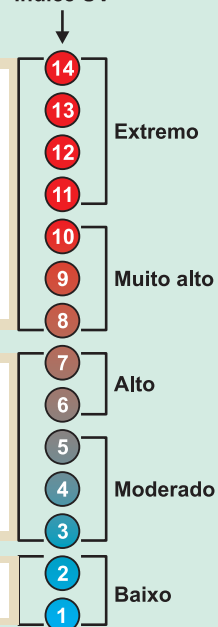
Ajuda as pessoas a planejarem suas atividades ao ar livre e a se prevenirem contra o câncer da pele.

Onde consultá-lo

www.folha.com.br/iuv

QUANDO TOMAR CUIDADO

Índice UV

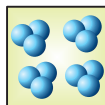


Há necessidade de proteção intensa. Evite se expor ao sol nas horas próximas ao meio-dia. Camiseta, filtro solar, óculos escuros e chapéu são extremamente necessários.

Há necessidade de proteção. Vista uma camiseta, aplique o filtro solar e coloque um chapéu.

Não há necessidade de proteção.

O cálculo do IUV leva em conta os seguintes fatores:



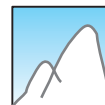
Concentração de ozônio

Maior responsável pela absorção de radiação UV.



Posição geográfica

Quanto mais distante do Equador, menor o fluxo da radiação.



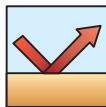
Altitude

Quanto mais alta a localidade, maior a quantidade de energia ultravioleta.



Hora do dia

Quanto mais próximo do meio-dia, maior a quantidade de energia UV.



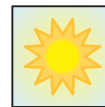
Superfície

Areia, neve e água refletem a radiação.



Condições atmosféricas

Nuvens absorvem a radiação.



Estação do ano

Radiação aumenta no verão.

(Folha de S. Paulo, 11/2/2007)

1 Com os dados apresentados no texto e com seus conhecimentos, julgue as proposições a seguir, classificando-as como verdadeiras (V) ou falsas (F).

- I. Uma radiação infravermelha tem comprimento de onda maior do que uma radiação ultravioleta.
- II. O buraco na camada de ozônio intensifica a chegada da radiação ultravioleta C na superfície terrestre.
- III. O IUV (Índice de Radiação Ultravioleta) é maior em São Paulo do que em Fortaleza.
- IV. O IUV é maior em São Paulo do que em Santos.

Assinale a opção que traduz corretamente a sequência de proposições verdadeiras e falsas:

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

Resolução

- I. VERDADEIRA. A radiação infravermelha tem energia menor do que a radiação ultravioleta, e a energia é inversamente proporcional ao comprimento de onda.
- II. VERDADEIRA. De acordo com o texto, a camada de ozônio absorve a radiação ultravioleta C.
- III. FALSA. Quanto mais afastado do Equador, menor é o IUV.
- IV. VERDADEIRA. Quanto maior a altitude do lugar, maior é o IUV.

Resposta: E

2 Ainda em relação ao texto, assinale a alternativa correta.

- a) A presença de nuvens não interfere no IUV.
- b) O valor do IUV é maior no inverno do que no verão.
- c) O valor do IUV é máximo num dado local e num dado dia, às 10h da manhã.
- d) A camada de ozônio não interfere no IUV.
- e) Para valores do IUV entre 11 e 14, há necessidade de se evitar exposição prolongada à radiação solar em torno do meio-dia.

Resolução

- a) FALSA. As nuvens absorvem a radiação solar, reduzindo o valor do IUV.

- b) FALSA. O valor do IUV, numa dada localidade, aumenta no verão.
- c) FALSA. O valor do IUV é máximo ao meio-dia.
- d) FALSA. A camada de ozônio é fundamental para absorver os raios ultravioleta C e, com isto, reduzir o valor do IUV. O buraco na camada de ozônio é um grave problema porque aumenta o valor do IUV.
- e) VERDADEIRA. Quando o valor do IUV está entre 11 e 14, há necessidade de proteger-se bem e de evitar exposição ao sol nos horários em que o IUV é maior.

Resposta: E

Exercícios Propostos

1 (MODELO ENEM) – Duas fontes sonoras, A e B, emitem, em fase, um sinal senoidal de mesma amplitude A e com o mesmo comprimento de onda $\lambda = 10\text{m}$.



Um observador em P, depois de certo tempo, suficiente para que ambos os sinais alcancem P, observará um sinal cuja amplitude vale:

- a) $2A$ b) $A\sqrt{2}$ c) A d) $\frac{A}{2}$ e) 0

RESOLUÇÃO:

$$\Delta x = 5\text{m} \Rightarrow \Delta x = 1 \frac{\lambda}{2} \text{ (I D)}$$

Resposta: E

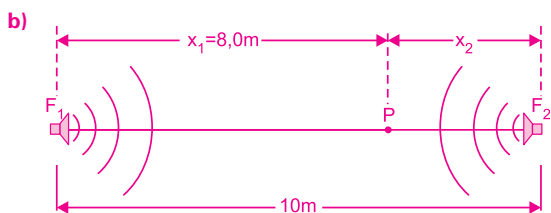
2 Duas fontes, F_1 e F_2 , emitem ondas sonoras de mesma frequência $f = 170$ hertz, que se propagam no ar com uma velocidade $V = 340\text{m/s}$. As fontes estão permanentemente defasadas de 180° (isto é, quando uma delas emite uma crista, a outra emite um vale) e a distância entre elas é $d = 10\text{m}$.

- a) Determine o comprimento de onda, λ , do som emitido pelas fontes.
- b) Considere um ponto P situado entre as fontes (sobre a linha $F_1 F_2$) e a uma distância $x_1 = 8,0\text{m}$ de F_1 . Nesse ponto, há uma interferência **construtiva** ou **destrutiva** das duas ondas sonoras? Justifique sua resposta.

RESOLUÇÃO:

a) $V = \lambda f \Rightarrow 340 = \lambda 170$

$\lambda = 2,0\text{m}$



$$\Delta x = x_1 - x_2 \Rightarrow \Delta x = 8,0 - 2,0 \text{ (m)}$$

$$\Delta x = 6,0\text{m}$$

Como $\Delta x = 6,0\text{m}$ é múltiplo par de $\frac{\lambda}{2} = 1,0\text{m}$ e F_1 e F_2 operam em oposição de fase, em P ocorre **interferência destrutiva**.

Respostas: a) $2,0\text{m}$ b) **Interferência destrutiva**

3 (UFMG) – Em uma loja de instrumentos musicais, dois alto-falantes estão ligados a um mesmo amplificador e este, a um microfone. Inicialmente, esses alto-falantes estão um ao lado do outro, como representado, esquematicamente, nesta figura, vistos de cima:

alto-falantes

José Guilherme



Ana produz, ao microfone, um som com frequência de 680Hz e José Guilherme escuta o som produzido pelos alto-falantes. Em seguida, um dos alto-falantes é deslocado, lentamente, de uma distância d , em direção a José Guilherme. Este percebe, então, que a intensidade do som diminui à medida que esse alto-falante é deslocado.

- a) Explique por que, na situação descrita, a intensidade do som diminui.
- b) Determine o menor deslocamento d necessário para que José Guilherme ouça o som produzido pelos alto-falantes com intensidade mínima. Adote para a velocidade do som no ar o valor 340m/s .

RESOLUÇÃO:

a) Os dois sons que atingem José Guilherme, provenientes, respectivamente, dos dois alto-falantes, deixam de sofrer **Interferência Construtiva**, como ocorria inicialmente quando era nula a diferença de percurso entre eles.

b) **Interferência Destrutiva:** $d = \Delta x = i \frac{\lambda}{2}$

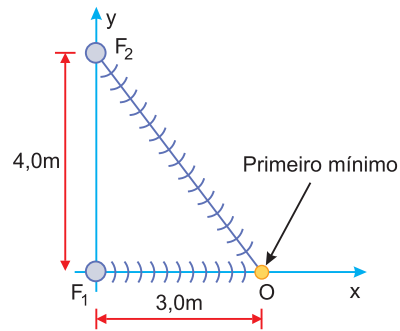
$$(i = 1; 3; 5 \dots)$$

$$d_{\min} = 1 \cdot \frac{\lambda}{2} = 1 \cdot \frac{V}{2f}$$

$$d_{\min} = 1 \cdot \frac{340}{2 \cdot 680} \text{ (m)} \Rightarrow \boxed{d_{\min} = 0,25 \text{ m}}$$

Resposta: a) Os sons deixam de sofrer interferência construtiva.
b) 0,25 m

4 (UFPE) – Duas fontes sonoras pontuais, F_1 e F_2 , separadas entre si de 4,0m, emitem em fase e na mesma frequência. Um observador O, afastando-se lentamente da fonte F_1 , ao longo do eixo x, detecta o primeiro mínimo de intensidade sonora, devido à interferência das ondas geradas por F_1 e F_2 , na posição $x = 3,0\text{m}$.



Sabendo-se que a velocidade do som é 340m/s, qual a frequência das ondas sonoras emitidas, em Hz?

RESOLUÇÃO:

No local onde o observador O detecta o primeiro mínimo de intensidade sonora, a diferença de percursos $\Delta x = F_2O - F_1O$ entre os sons provenientes de F_2 e F_1 corresponde a meio comprimento de onda desses sons.

$$\Delta x = \frac{\lambda}{2} \Rightarrow F_2O - F_1O = \frac{V}{2f}$$

$$\sqrt{(F_1F_2)^2 + (F_1O)^2} - F_1O = \frac{V}{2f} \Rightarrow \sqrt{(4,0)^2 + (3,0)^2} - 3,0 = \frac{340}{2f}$$

$$5,0 - 3,0 = \frac{170}{f} \Rightarrow f = \frac{170}{2,0} \text{ (Hz)} \Rightarrow \boxed{f = 85\text{Hz}}$$

Resposta: 85Hz

Módulos 25 e 26

Batimento, ressonância, polarização e difração

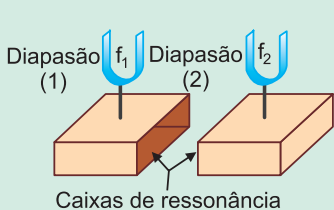
Palavras-chave:

- Intensidade variável, transferência de energia, escolha e espalhamento de ondas

1. Batimento

É o fenômeno resultante da superposição de duas ondas de mesma direção, mesma amplitude e frequências próximas.

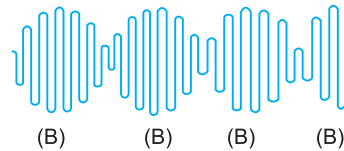
Consideremos os dois diapasões esquematizados abaixo; suas frequências naturais de vibração valem, respectivamente, f_1 e f_2 , com f_1 bem próxima de f_2 .



Os diapasões são aparelhos metálicos em forma de U, que, quando percutidos, emitem sons com frequências constantes e servem para afinar instrumentos musicais e acertar o tom das vozes de um coral.

Percutindo-se os dois diapasões simultaneamente e com a mesma intensidade, as ondas sonoras emitidas por ambos interferirão, gerando um som resultante de **frequência constante**, porém de **intensidade oscilante** entre máximos e mínimos bem determinados.

Cada vez que a intensidade do som resultante passa por um máximo, dizemos que ocorreu um **batimento**.



Na figura acima, está esquematizada a onda resultante da superposição dos sons dos diapasões (1) e (2). Os batimentos estão indicados por (B).

Cálculo da frequência dos batimentos (f_b)

$$f_b = |f_2 - f_1|$$

Para que os batimentos sejam percebidos distintamente pela orelha humana, f_b não deve exceder 10Hz.

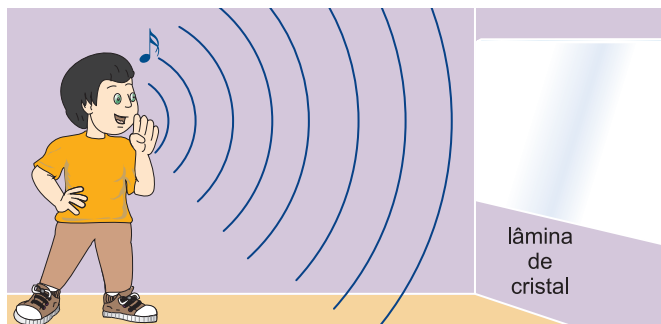
Cálculo da frequência da onda resultante (f_r)

$$f_r = \frac{f_1 + f_2}{2}$$

2. Ressonância

É o fenômeno que ocorre quando um sistema recebe energia periodicamente numa frequência igual a uma de suas frequências próprias de vibração.

Na ilustração abaixo, o garoto está emitindo uma nota musical de frequência igual a uma das frequências próprias de vibração da lâmina de cristal.



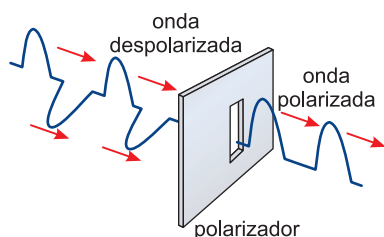
Neste caso, a lâmina entra em **ressonância** com o agente excitador (onda sonora), passando a vibrar com amplitude crescente.

Dependendo da duração da ressonância e da intensidade do som emitido pelo garoto, a lâmina de cristal, cuja espessura é relativamente pequena, poderá quebrar-se.

3. Polarização

É o fenômeno que consiste em todos os pontos atingidos por uma onda vibrarem numa **mesma direção** e em um **mesmo plano**.

Apenas as ondas transversais podem ser polarizadas.



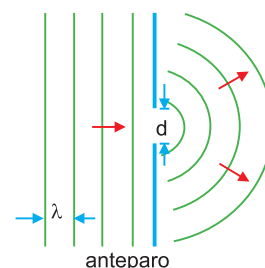
Ondas eletromagnéticas, como a luz, podem sofrer polarização. O som no ar, entretanto, por ser uma onda longitudinal, não pode ser polarizado.

4. Difração

É o fenômeno que consiste em uma onda “contornar” obstáculos.

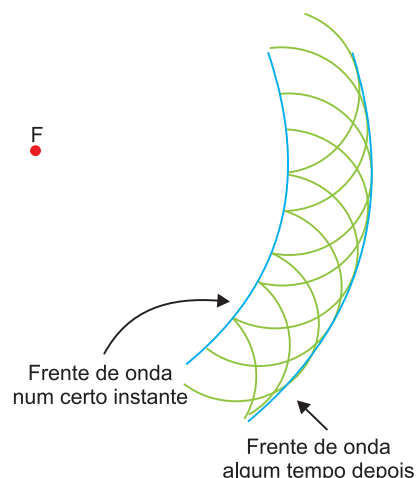
Isso ocorre quando a dimensão dos obstáculos ou fendas é menor ou da ordem do comprimento de onda.

Na ilustração a seguir, a largura da fenda (d) é menor que o comprimento de onda (λ). Nesse caso, a onda difrata-se intensamente, transpondo a fenda e atingindo a região à direita do anteparo.



5. Explicação da difração: Princípio de Huygens

Cada ponto de uma frente de onda comporta-se como uma nova fonte de ondas elementares, que se propagam para além da região já atingida pela onda com a mesma frequência da onda original.



Exercícios Resolvidos – Módulo 25

1 (AMAN-MODELO ENEM) – Em um forno de micro-ondas, o processo de aquecimento é feito por ondas eletromagnéticas que atingem o alimento ali colocado, incidindo assim nas moléculas de água nele presentes. Tais ondas, de frequência 2,45GHz, atingem aquelas moléculas, que, por possuírem esta mesma frequência natural, passam a vibrar cada vez mais intensamente. Desse modo, podemos afirmar que o aquecimento descrito é decorrente do seguinte fenômeno ondulatório:

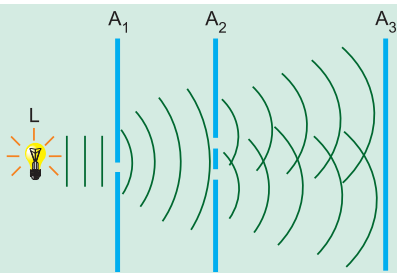
- a) Batimento
- b) Refração
- c) Interferência
- d) Ressonância
- e) Difração

Resolução

As moléculas de água e de gordura contidas nos alimentos entram em ressonância com as ondas de 2,45GHz, havendo conversão da energia transmitida pelas ondas em energia térmica.

Resposta: D

2 (UFRN-Modificado-MODELO ENEM) – A figura mostra a montagem da experiência de Thomas Young, em que L é uma lâmpada que emite luz monocromática e A_1 , A_2 e A_3 são anteparos opacos. A_1 é dotado de uma fenda estreita e A_2 é dotado de duas fendas também estreitas.



Os fenômenos ondulatórios presentes nesse experimento são

- difração e interferência.
- refração e interferência.
- difração e polarização.
- interferência e polarização.
- refração e reflexão.

Resolução

A luz sofre *difração* ao transpor as fendas existentes nos anteparos A_1 e A_2 e sofre *inter-*

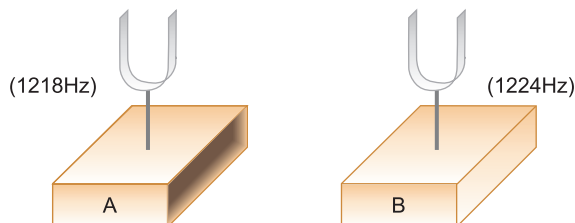
ferência na região situada entre os anteparos A_2 e A_3 .

No anteparo A_3 , é projetada uma figura de interferência formada por faixas (franjas) claras (locais de interferência construtiva) intercaladas por faixas (franjas) escuras (locais de interferência destrutiva).

Resposta: A

Exercícios Propostos – Módulo 25

1 (MODELO ENEM) – A figura ilustra dois diapasões, **A** e **B**, com frequências naturais de vibração $f_A = 1218\text{Hz}$ e $f_B = 1224\text{Hz}$, acoplados em caixas de ressonância de madeira e colocados próximos sobre a mesa do laboratório.



Percutindo-se os dois diapasões simultaneamente com a mesma intensidade, podemos afirmar que

- o som resultante terá intensidade nula.
- o som resultante terá frequência oscilante.
- o som resultante terá frequência de 1220Hz.
- haverá formação de batimentos com frequência de 6Hz.
- se os diapasões não estivessem acoplados às respectivas caixas de ressonância, o som resultante teria intensidade muito maior.

RESOLUÇÃO:

Haverá formação de batimentos com frequência f_b , dada por:

$$f_b = f_B - f_A \Rightarrow f_b = 1224 - 1218 \Rightarrow f_b = 6\text{Hz}$$

O som resultante terá intensidade oscilante, porém frequência constante f_r , dada por:

$$f_r = \frac{f_A + f_B}{2} \Rightarrow f_r = \frac{1218 + 1224}{2} (\text{Hz}) \Rightarrow f_r = 1221\text{Hz}$$

Resposta: D

2 (UEL-MODELO ENEM) – Cantores e cantoras líricas chegam a ter tal controle sobre sua qualidade musical que não é incomum encontrar entre eles quem consiga quebrar taças de cristal usando a voz. Esse fenômeno é ocasionado por um efeito conhecido como ressonância. Assinale a alternativa que apresenta uma característica física essencial da ressonância.

- Som muito intenso.
- Som de frequência muito baixa.
- Som de frequência específica.
- Som de timbre agudo.
- Som de frequência muito alta.

RESOLUÇÃO:

O cantor emite um som de frequência igual a uma das frequências naturais de vibração da taça, o que faz este objeto vibrar (ressonância) até sua fragmentação.

Resposta: C

3 (UFMG-MODELO ENEM) – O muro de uma casa separa Laila de sua gatinha. Laila ouve o miado da gata, embora não consiga enxergá-la.

Nessa situação, Laila pode ouvir, mas não pode ver sua gata, **porque**

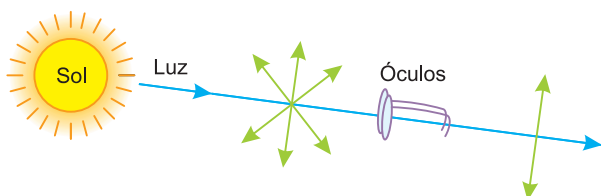
- a onda sonora é uma onda longitudinal e a luz é uma onda transversal.
- a velocidade da onda sonora é menor que a velocidade da luz.
- a frequência da onda sonora é maior que a frequência da luz visível.
- o comprimento de onda do som é maior que o comprimento de onda da luz visível.

RESOLUÇÃO:

O comprimento de onda do som é da ordem das dimensões lineares do muro, o que favorece sua difração. Por isso, o som do miado da gatinha “contorna” o muro, atingindo Laila. O mesmo não ocorre com a luz, que tem comprimento de onda muito pequeno para difratar-se nessas condições.

Resposta: D

4 (UFABC-MODELO ENEM) – Os óculos de sol são usados para diminuir a intensidade da luz solar que chega aos olhos. Para tanto, as lentes de alguns óculos possuem filtros que impedem a propagação de parte da luz incidente, permitindo apenas que os raios que vibram em determinada direção os atravessem.



O fenômeno citado no texto e mostrado na figura, exclusivo de ondas transversais, é denominado

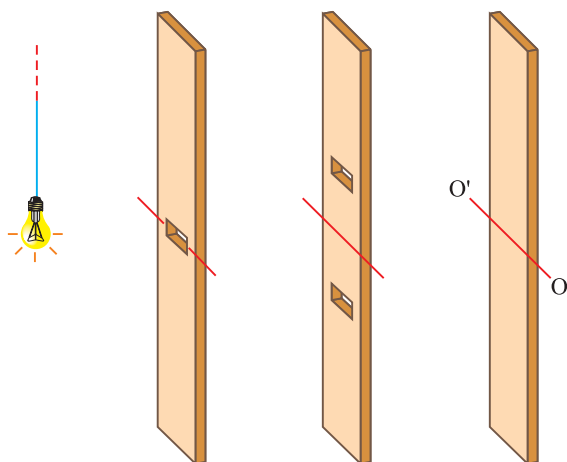
- a) dispersão. b) difração. c) refração.
d) reflexão. e) polarização.

RESOLUÇÃO:

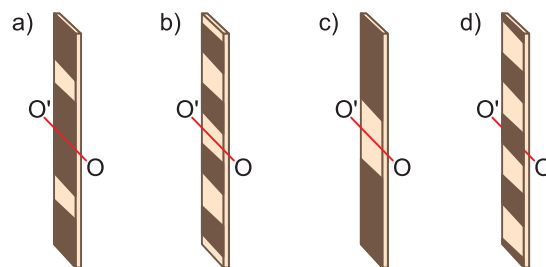
A luz é uma onda eletromagnética transversal, que pode sofrer o fenômeno da polarização, apresentando vibração em planos preestabelecidos.

Resposta: E

5 (UFOP-MODELO ENEM) – Nesta figura, está representado o esquema de uma experiência de interferência de Young.



A configuração das regiões de luz (brancas) e de sombra (pretas) no anteparo de observação desse experimento está mais bem representada em:



RESOLUÇÃO:

A luz difratada nas duas fendas do anteparo central sofre interferência na região situada entre este anteparo e o anteparo da direita. Isso determina no anteparo da direita uma figura de interferência composta de faixas (franjas) claras intercaladas por faixas (franjas) escuras. A faixa (franja) central, coincidente com o eixo OO' , é iluminada (clara), já que se trata de uma região onde ocorre *interferência construtiva*.

Resposta: B

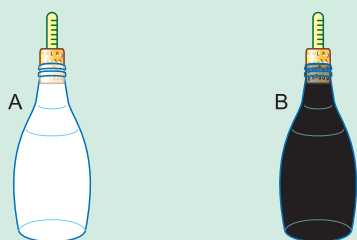


No Portal Objetivo

Para saber mais sobre o assunto, acesse o **PORTAL OBJETIVO** (www.portal.objetivo.br) e, em "localizar", digite **FIS2M403**

Exercício Resolvido – Módulo 26

1 (MODELO ENEM) – A figura representa duas garrafas de vidro, iguais, pintadas com o mesmo tipo de tinta, mas de cor diferente: a garrafa A foi pintada com tinta branca, enquanto a garrafa B foi pintada com tinta preta. As garrafas foram fechadas com uma rolha atravessada por um termômetro e colocadas ao Sol, numa posição semelhante, durante um mesmo intervalo de tempo.



Analisar as proposições a seguir:

- (I) Após um certo intervalo de tempo a temperatura da garrafa B será maior.
- (II) As superfícies pretas absorvem mais a radiação solar que as superfícies brancas.
- (III) Em qualquer instante as três garrafas estarão na mesma temperatura.

Apenas está correto o que se afirma em:

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

Resolução

Os corpos escuros refletem menos e absorvem mais as radiações eletromagnéticas e por isso a temperatura da garrafa B será maior.

Resposta: D

Exercícios Propostos – Módulo 26

- 1 (UFC)** – Um fenômeno bastante interessante ocorre quando duas ondas periódicas de frequências muito próximas, por exemplo, $f_1 = 100\text{Hz}$ e $f_2 = 102\text{Hz}$, interferem entre si. A onda resultante tem uma frequência diferente daquelas que interferem entre si. Além disso, ocorre também uma modulação na amplitude da onda resultante, modulação esta que apresenta uma frequência característica f_0 . Essa oscilação na amplitude da onda resultante é denominada **batimento**. Pelos dados fornecidos, pode-se afirmar que a frequência de batimento produzida na interferência entre as ondas de frequências f_1 e f_2 é:
- a) 202Hz b) 101Hz c) 2,02Hz
d) 2,00Hz e) 1,01Hz

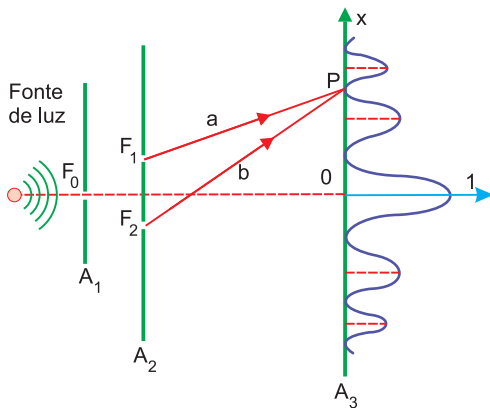
RESOLUÇÃO:

A frequência dos batimentos (f_0) é calculada por:

$$f_0 = f_2 - f_1 \Rightarrow f_0 = 102 - 100 \text{ (Hz)} \Rightarrow f_0 = 2,00\text{Hz}$$

Resposta: D

- 2 (UFBA)** – Na experiência de Thomas Young, a luz monocromática difratada pelas fendas F_1 e F_2 superpõe-se na região limitada pelos anteparos A_2 e A_3 , produzindo o padrão de interferência mostrado na figura.



Sabendo que a luz utilizada tem frequência igual a $6,0 \cdot 10^{14}\text{Hz}$ e propaga-se com velocidade de módulo $3,0 \cdot 10^8\text{m/s}$, determine, em unidades do Sistema Internacional, a diferença entre os percursos ópticos, b e a , dos raios que partem, respectivamente, de F_2 e F_1 e atingem o ponto P .

RESOLUÇÃO:

No ponto P indicado, ocorre **interferência destrutiva** entre os sinais provenientes de F_2 e F_1 (a intensidade de onda é nula em P). Isso significa que a diferença entre os percursos ópticos b e a ($\Delta x = b - a$) é um múltiplo ímpar de $\lambda/2$.

$$\Delta x = i \frac{\lambda}{2} \Rightarrow \Delta x = i \frac{v}{2f}$$

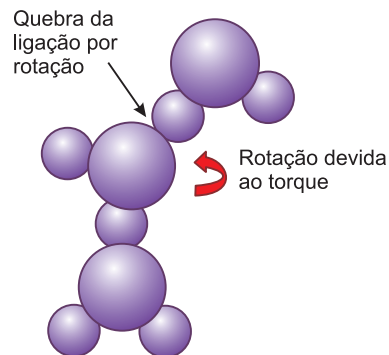
2º nulo: $i = 3$

$$\text{Logo: } \Delta x = 3 \cdot \frac{3,0 \cdot 10^8}{2 \cdot 6,0 \cdot 10^{14}} \text{ (m)} \Rightarrow \Delta x = 7,5 \cdot 10^{-7}\text{m} = 7500 \text{ \AA}$$

Resposta: $7,5 \cdot 10^{-7}\text{m}$

- 3 (UNIMONTES-MODELO ENEM)** – Quando um forno de micro-ondas está em funcionamento, as micro-ondas produzem (no interior do forno) um campo elétrico que oscila rapidamente, invertendo seu sentido. Se há água no forno, o campo oscilante exerce torques oscilantes nas moléculas, girando-as continuamente nos sentidos horário e anti-horário, para alinhar seus momentos de dipolo elétrico com a direção do campo. É comum que porções de água contenham moléculas ligadas aos pares e em grupos de três. No último caso, os giros provocados pelo campo oscilante levam à ruptura de pelo menos uma das ligações (ver figura). A energia para a quebra da ligação vem do campo elétrico, ou seja, das micro-ondas. As moléculas que foram separadas de um determinado grupo podem formar novos grupos, transferindo a energia que ganharam para a energia térmica do sistema. Nesse processo, a temperatura da água aumenta. Alimentos que contêm água podem ser cozidos no forno de micro-ondas por causa do aquecimento da água.

(Adaptado de HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. *Fundamentals of Physics*, fourth edition, p. 670-671. John Wiley & Sons, Inc., New York)



Com base no texto, pode-se afirmar corretamente que, para o processo de aquecimento da água dentro do forno de micro-ondas, é importante o fenômeno de

- a) difração. b) refração. c) interferência.
d) ressonância. e) polarização.

RESOLUÇÃO:

Os grupos constituídos por três moléculas de água entram em ressonância com as micro-ondas, o que, no cômputo global, produz o aquecimento do alimento no interior do forno.

Resposta: D

- 4 (UFSM) – Selecione a alternativa que apresenta as palavras que completam corretamente as lacunas a seguir:
Ao contrário de uma onda luminosa, uma onda sonora propagando-se no ar não pode ser, já que é uma onda
- a) polarizada – longitudinal. b) polarizada – transversal.
 c) refratada – longitudinal. d) refratada – transversal.
 e) difratada – longitudinal.

RESOLUÇÃO:

Apenas as ondas transversais podem ser polarizadas.
 A luz pode ser polarizada, já que é uma onda transversal.
 Por outro lado, o som propagando-se no ar é uma onda longitudinal que pode sofrer refração e difração, mas não polarização.
 Resposta: A

- 5 (UFSCar) – A diferença entre ondas mecânicas, como o som, e eletromagnéticas, como a luz, consiste no fato de que
- a) a velocidade de propagação, calculada pelo produto do comprimento de onda pela frequência, só é assim obtida para ondas eletromagnéticas.

- b) as ondas eletromagnéticas podem assumir uma configuração mista de propagação, transversal e longitudinal.
 c) apenas as ondas eletromagnéticas, em especial a luz, sofrem o fenômeno denominado difração.
 d) somente as ondas eletromagnéticas podem propagar-se em meios materiais ou não materiais.
 e) a interferência é um fenômeno que ocorre apenas com as ondas eletromagnéticas.

RESOLUÇÃO:

Ondas mecânicas precisam de um suporte material para se propagarem. Assim, essas ondas não se propagam no vácuo (meio não material).
 Ondas eletromagnéticas podem propagar-se no vácuo (meio não material) e em certos meios materiais, transparentes a essas ondas.
 Resposta: D

Módulo

27

Ondas estacionárias

Palavras-chave:

- Interferência e reflexão geram ventres e nós

1. Apresentação

Admitamos que um homem provoque numa das extremidades de uma corda tensa uma sucessão de ondas harmônicas de amplitude **a**.

Essas ondas sofrerão **reflexão** na extremidade fixa da corda e, ao retornarem, irão superpor-se às ondas incidentes, que continuam sendo produzidas pelo homem.

Isso determinará **interferência** entre as ondas incidentes e as ondas refletidas, dando como produto final **ondas estacionárias**.

Ondas estacionárias são resultantes da superposição de ondas iguais que se propagam em sentidos opostos em um mesmo meio.

As ondas estacionárias, embora sejam portadoras de energia, não transmitem essa energia, pois têm velocidade de propagação nula, daí o seu nome.

Ao longo da corda, poderão ser observados **ventres** e **nós** (ou **nodos**), conforme ilustra a figura.

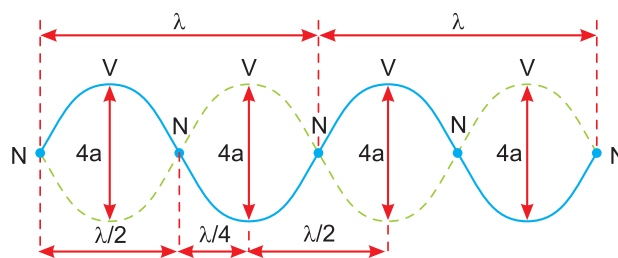
Ventres: são pontos onde ocorre sempre **interferência construtiva**. Esses pontos vibram com amplitude máxima A_v , dada por:

$$A_v = a + a \Rightarrow A_v = 2a$$

Nós (ou **nodos**): são pontos onde ocorre sempre **interferência destrutiva**. Esses pontos vibram com amplitude A_n nula.

$$A_n = a - a \Rightarrow A_n = 0$$

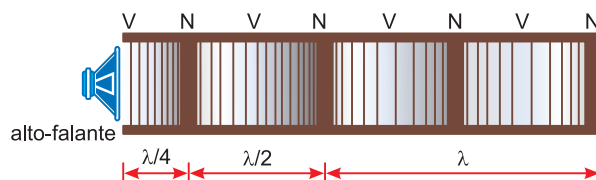
É importante frisar que tanto os ventres como os nós não se propagam, apresentando-se durante todo o tempo nas mesmas posições.



2. Uma situação importante

Colocando-se uma fonte sonora diante da boca de um tubo fechado, pode-se observar a formação de ondas estacionárias.

O som incidente interfere com o som refletido pelo tubo, determinando ventres e nós, conforme ilustra o esquema abaixo.



3. Propriedades das ondas estacionárias

- P.1. Ventres vibram com amplitude $2a$.
- P.2. Nós não vibram (amplitude de vibração nula).
- P.3. Pontos intermediários entre nós e ventres vibram com amplitudes entre 0 e $2a$.
- P.4. Todos os pontos de um mesmo "gomo" ou lóbulo vibram em concordância de fase.
- P.5. A velocidade de propagação de uma onda estacionária é nula. Por isso, embora tenham energia, as ondas estacionárias não propagam essa energia.
- P.6. Distância entre:
- nós consecutivos: $\lambda/2$.
 - ventres consecutivos: $\lambda/2$.
 - ventres e nós consecutivos: $\lambda/4$.



No Portal Objetivo

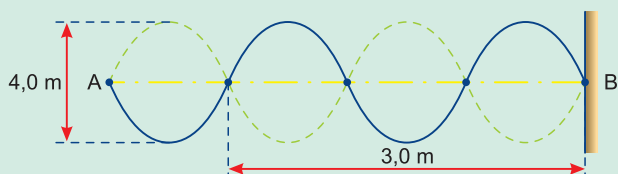
Para saber mais sobre o assunto, acesse o **PORTAL OBJETIVO** (www.portal.objetivo.br) e, em "localizar", digite **FIS2M404**

Exercício Resolvido

1 Faz-se vibrar periodicamente a extremidade A de uma corda AB leve e flexível e observa-se a configuração estacionária esquematizada ao lado.

Sabendo-se que as perturbações se deslocam ao longo da corda com velocidade de módulo igual a $4,0\text{m/s}$, pede-se obter

- a amplitude das ondas parciais que originaram a configuração estacionária;
- o comprimento das ondas citadas no item anterior;
- a frequência de vibração do ponto A.



Resolução

As ondas produzidas em A propagam-se ao longo da corda, indo sofrer reflexão na extremidade fixa B. Com a continuidade da produção de ondas em A, ocorre superposição das ondas incidentes com as ondas refletidas, o que determina interferência. Em certos pontos da corda (ventres), a interferência é permanentemente construtiva e em outros (nós), é permanentemente destrutiva. Instala-se na corda uma "onda parada" que não se desloca, sendo, por isso, chamada onda estacionária.

- A amplitude das ondas parciais que originaram a onda estacionária é a metade da amplitude desta última.

$$a = \frac{A}{2}$$

Com $A = \frac{4,0\text{m}}{2} = 2,0\text{m}$, obtém-se:

$$a = 1,0\text{m}$$

- O comprimento das ondas parciais que originam a onda estacionária é igual ao comprimento desta última. Na onda estacionária, a distância entre dois nós consecutivos equivale a $\lambda/2$.

Assim, da figura, tem-se: $3 \frac{\lambda}{2} = 3,0\text{m}$

Da qual: $\lambda = 2,0\text{m}$

- A frequência de vibração do ponto A é a mesma da vibração de qualquer ponto da corda. Tal frequência pode ser calculada por:

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

$$f = \frac{4,0}{2,0} \text{ (Hz)} \Rightarrow f = 2,0\text{Hz}$$

- Respostas:** a) **1,0m**
b) **2,0m**
c) **2,0Hz**

Exercícios Propostos

1 (UNICEB) – As ondas estacionárias em uma corda vibrante resultam dos fenômenos:

- a) dispersão e reflexão. b) reflexão e interferência.
c) reflexão e difração. d) reflexão e refração.
e) difração e interferência.

Resposta: B

2 (VUNESP) – A figura representa um padrão de ondas estacionárias geradas numa corda fixa nas extremidades A e B.



Sendo a distância **AB** = 1,20m, o comprimento de onda das ondas que dão origem às ondas estacionárias, em metros, é de
a) 1,20 b) 1,00 c) 0,80 d) 0,60 e) 0,40

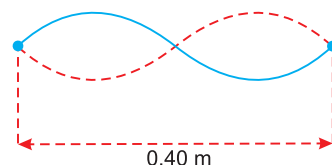
RESOLUÇÃO:

$$\frac{3\lambda}{2} = 1,20$$

$$\lambda = \frac{2,40}{3} \text{ (m)} \Rightarrow \lambda = 0,80\text{m}$$

Resposta: C

3 (UNIP) – Na figura, representamos uma onda estacionária formada em uma corda sonora, fixa nos pontos A e B. As ondas que deram origem à onda estacionária se propagam na corda com velocidade de módulo 80m/s.



Nas condições esquematizadas na figura, o som emitido pela corda sonora tem frequência de

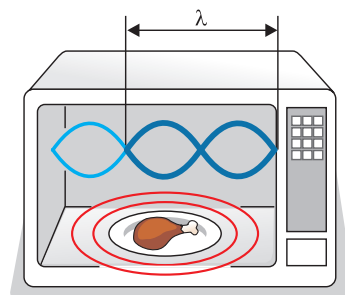
- a) $1,0 \cdot 10^2\text{Hz}$ b) $2,0 \cdot 10^2\text{Hz}$ c) $3,0 \cdot 10^2\text{Hz}$
d) $4,0 \cdot 10^2\text{Hz}$ e) $5,0 \cdot 10^2\text{Hz}$

RESOLUÇÃO:

$$f = \frac{V}{\lambda} = \frac{80}{0,40} \text{ (Hz)} \Rightarrow f = 200\text{Hz} \Rightarrow f = 2,0 \cdot 10^2\text{Hz}$$

Resposta: B

4 (FATEC-Modificada-MODELO ENEM) – O forno de micro-ondas é uma cavidade ressonante, onde as ondas assumem um padrão estacionário.



Um forno de micro-ondas tem em sua porta uma grade junto ao vidro, com espaços vazios menores que o comprimento de onda das micro-ondas, a fim de não permitir que essas ondas atravessem a porta. Supondo a frequência dessas micro-ondas de 2,45 GHz ($G = \text{Giga} = 10^9$) e a velocidade de propagação de uma onda eletromagnética de $3 \cdot 10^8$ m/s, o comprimento das micro-ondas será, aproximadamente, em cm, de
a) 2. b) 5. c) 8. d) 10. e) 12.

RESOLUÇÃO:

Aplicando-se a equação fundamental da ondulatória, vem:
 $V = \lambda f \Rightarrow 3 \cdot 10^8 = \lambda \cdot 2,45 \cdot 10^9$

Da qual: $\lambda \cong 0,12\text{m} = 12\text{cm}$

Resposta: E

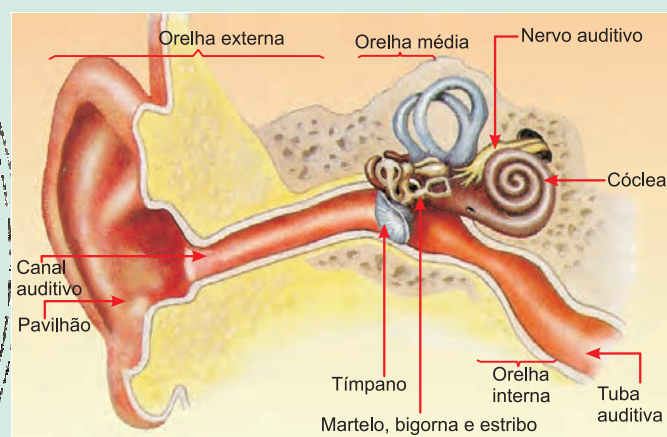
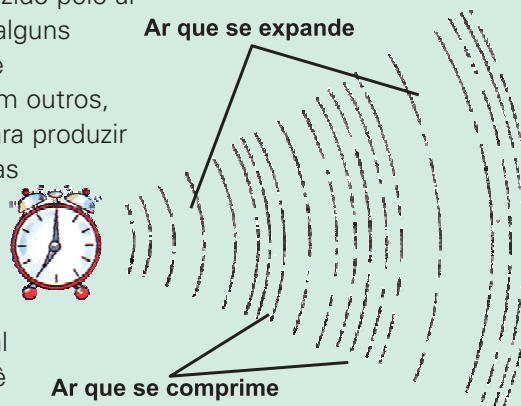
Palavras-chave:

- Cordas curtas, finas e leves produzem sons mais agudos

Todos os instrumentos musicais produzem som por meio de vibrações do ar. Diferentes tipos de instrumentos fazem isso de diferentes maneiras, e essa é a razão por que cada um deles tem um som característico.

Sobre o som

O som é produzido pelo ar que vibra. Em alguns lugares, o ar se comprime e, em outros, se expande, para produzir vibrações. Essas vibrações viajam pelo ar. Sua orelha detecta as vibrações de tal modo que você consegue ouvir os sons.



A orelha humana é um incrível detector de ondas sonoras, que se divide em três partes fundamentais: a **orelha externa**, constituída pelo pavilhão (orelha), pelo canal auditivo e pelo tímpano (membrana elástica que vibra ao ser atingida pelas ondas sonoras), a **orelha média**, na qual se localizam um sistema de pequenos ossos (martelo, bigorna e estribo) e a trompa de Eustáquio (que faz a comunicação entre a orelha e a faringe) e a **orelha interna**, que é preenchida por um líquido aquoso que faz a comunicação com a cóclea (ou caracol), elemento vital da audição, local em que se situam os terminais fibrosos do nervo auditivo que transmitem as informações para o cérebro, onde se processa finalmente a interpretação dos sinais.

**Dedilhando as cordas**

Para tocar violão, dedilham-se as cordas. Isso faz as cordas vibrarem, o que por sua vez faz vibrar o ar em torno delas. Ao pressionar o dedo num ponto da corda sobre o braço do violão, diminui-se o comprimento da parte vibrante da corda e se produz uma nota mais alta.

1. Cordas Sonoras

Consideremos uma corda de náilon presa nas duas extremidades e tensa, como, por exemplo, uma das cordas de um violão.

Tangendo-se essa corda, ela vibrará e fará com que o ar dos arredores vibre também com a mesma frequência. Isso dará origem a ondas sonoras e, por isso, a corda é denominada **corda sonora**.

2. Ondas estacionárias numa corda sonora

Representamos a seguir os quatro primeiros modos de vibração de uma corda sonora de comprimento **L**.

Cálculo da frequência

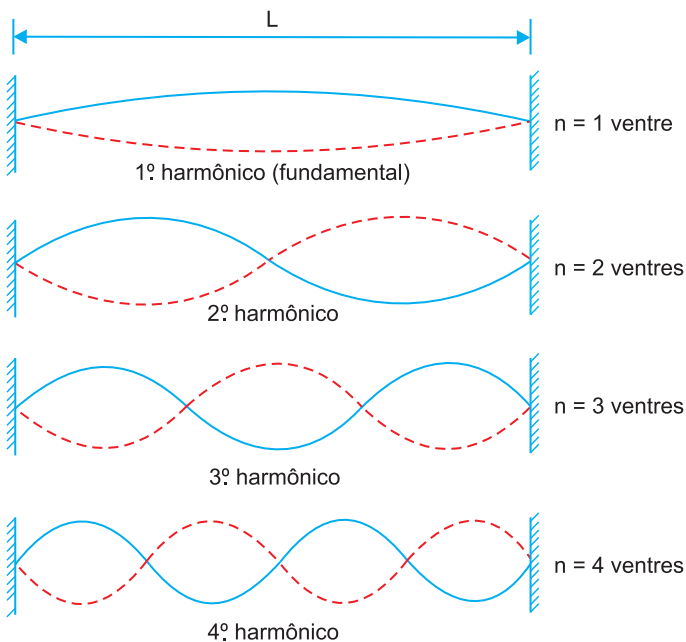
$$1^{\circ} \text{ HARMÔNICO: } L = 1 \frac{\lambda}{2}$$

$$2^{\circ} \text{ HARMÔNICO: } L = 2 \frac{\lambda}{2}$$

$$3^{\circ} \text{ HARMÔNICO: } L = 3 \frac{\lambda}{2}$$

⋮

$$n^{\circ} \text{ HARMÔNICO: } L = n \frac{\lambda}{2}$$



$$\therefore \lambda = \frac{2L}{n} \quad (I)$$

$$\text{Mas } v = \lambda f \Rightarrow f = \frac{v}{\lambda} \quad (II)$$

Substituindo (I) em (II), vem:

$$f = n \frac{v}{2L}$$

em que **n** é a ordem do harmônico ou o número de ventres.

3. Equação de Lagrange-Helmholtz

Seja **F** a intensidade da força de tração na corda e ρ sua densidade linear ($\rho = \frac{\text{massa}}{\text{comprimento}}$), podemos expressar **v** em termos da **Fórmula de Taylor**.

$$v = \sqrt{\frac{F}{\rho}}$$

Assim, sendo $f = n \frac{v}{2L}$, obtemos a chamada **Equação de Lagrange-Helmholtz**.

$$f = \frac{n}{2L} \sqrt{\frac{F}{\rho}}$$

Para um determinado harmônico, podemos dizer que

- (I) f é inversamente proporcional à L ;
- (II) f é diretamente proporcional à raiz quadrada de F ;
- (III) f é inversamente proporcional à raiz quadrada de ρ .



No Portal Objetivo

Para saber mais sobre o assunto, acesse o **PORTAL OBJETIVO** (www.portal.objetivo.br) e, em "localizar", digite **FIS2M405**

Exercício Resolvido

1 (UFABC-MODELO ENEM)

Auditório Tom Jobim
apresenta
Show Arpejos
com o grupo
QUATRO CORDAS



O conjunto Quatro Cordas utiliza quatro importantes instrumentos de corda: o violão, o violino, o violoncelo e a harpa. No instante em que eles tocam a mesma nota de determinada oitava, com igual intensidade sonora, é possível identificar o som de cada instrumento porque apresenta diferente

- a) volume b) frequência.
c) timbre. d) amplitude.
e) altura.

Resolução

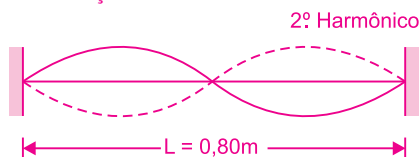
Os sons dos citados instrumentos musicais podem ser distinguidos pelo timbre. Essa qualidade sonora está relacionada com os harmônicos que acompanham o som fundamental, isto é, de um som para o outro, os harmônicos se diferenciam pela ordem e pela intensidade com que aparecem em cada som. Isso determina para os sons dos quatro instrumentos musicais formas de onda diferentes.

Resposta: C

Exercícios Propostos

- 1 (UNIUBE) – Um fio de náilon de 80cm de comprimento e com os extremos fixos é traçado por uma força. Ao ser excitado por uma fonte de frequência igual a 100Hz, origina uma onda estacionária de três nós. A velocidade de propagação das perturbações no fio é, em m/s, igual a:
- a) 20 b) 40 c) 80 d) 140 e) 180

RESOLUÇÃO:



$$f = n \frac{v}{2L} \Rightarrow 100 = 2 \frac{v}{2 \cdot 0,80}$$

$$v = 80m/s$$

Resposta: C

- 2 (UnB-Adaptado) – As ondas, perturbações em um meio, que implicam a transmissão de energia e de momento linear, sem que haja transporte de matéria, são um dos assuntos fascinantes da Física. Instrumentos de corda, transmissão de TV e radares são algumas das muitas aplicações desse tipo de conhecimento. Com relação a esse assunto, julgue as seguintes proposições:

- (01) A velocidade de propagação de uma onda em uma corda depende da tração a que está sujeita essa corda.
(02) Se a velocidade de uma onda em uma corda esticada é de 170m/s, quando a tração é de 120N, aumentando-se a tração para 180N, a velocidade da onda passará a ser de 208m/s, aproximadamente.
(04) Numa corda de comprimento L, o comprimento de onda do 4º harmônico é L/2.
(08) Diminuindo-se o comprimento vibratório de uma corda sonora sujeita a uma tração constante, o som fundamental emitido por ela tem a frequência aumentada.
(16) As ondas de TV e as ondas de radar são eletromagnéticas e longitudinais.

Dê como resposta a soma dos números associados às proposições corretas.

RESOLUÇÃO:

- (01) **Correta.**

Fórmula de Taylor:

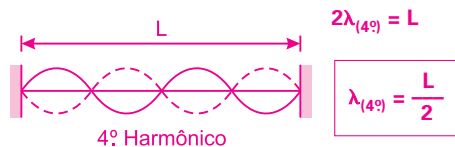
$$v = \sqrt{\frac{F}{\rho}}$$

- (02) **Correta.**

$$\frac{v_2}{170} = \frac{\sqrt{\frac{180}{\rho}}}{\sqrt{\frac{120}{\rho}}} \Rightarrow \frac{v_2}{170} = \sqrt{\frac{180}{120}}$$

$$v \cong 208m/s$$

(04) Correta.



(08) Correta.

$$f = \frac{1}{2L} \sqrt{\frac{F}{\rho}}$$

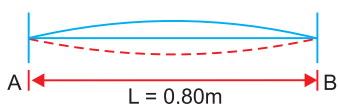
Para F e ρ constantes, f é inversamente proporcional a L . Por isso, diminuindo-se L , f aumenta.

(16) Errada.

Todas as ondas eletromagnéticas são *transversais*.

Resposta: 15

3 (UFLA) – A figura abaixo representa uma corda de violão presa sob tensão entre as duas extremidades, **A** e **B**. Posta para vibrar, a corda apresenta a configuração mostrada que corresponde ao modo fundamental de vibração.



Sobre essa situação, um estudante afirmou:

- I. O comprimento de onda das ondas mecânicas propagando-se nesse sistema é igual a 1,6m.
- II. O segundo modo de vibração desse sistema corresponde a uma frequência que é o dobro dessa primeira.
- III. O comprimento de onda do segundo modo de vibração desse sistema é igual a 0,80m.

Dessas afirmações, estão corretas:

- a) somente I e II.
- b) somente I e III.
- c) somente II e III.
- d) I, II e III.
- e) Todas as afirmações estão incorretas.

RESOLUÇÃO:

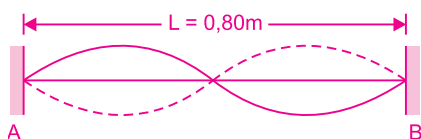
$$(I) L = \frac{\lambda_1}{2} \Rightarrow 0,80 = \frac{\lambda_1}{2}$$

$$\lambda_1 = 1,6\text{m}$$

$$(III) f_2 = 2f_1$$

(III)

2º Modo de Vibração



$$\lambda_2 = L = 0,80\text{m}$$

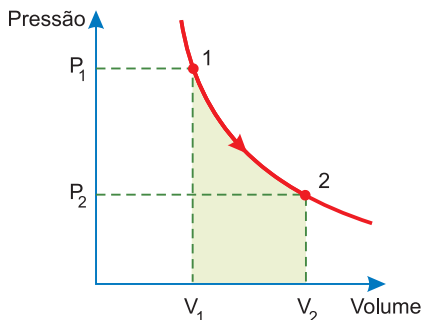
Resposta: D

Física

FRENTE 1

Módulo 23 – A primeira lei da Termodinâmica e as transformações gasosas

1 (UFLA-MG-MODELO ENEM) – 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.

2 (UFV-MG-MODELO ENEM) – 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

- a) necessariamente aumentou.
- b) necessariamente permaneceu constante.
- c) necessariamente diminuiu.
- d) aumentou ou permaneceu constante.
- e) diminuiu ou permaneceu constante.

3 (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.

- 4 (MODELO ENEM) – O aquecimento de um gás perfeito:
- a) em volume constante, produz variação da temperatura e realização de trabalho.
 - b) sob pressão constante, não altera a agitação molecular.
 - c) em volume constante, aumenta a energia cinética média das moléculas.
 - d) sob pressão constante, aumenta a frequência dos choques das moléculas contra as paredes do recipiente.
 - e) provoca diminuição da energia interna do sistema.

Módulo 24 – A primeira lei da Termodinâmica e as transformações gasosas

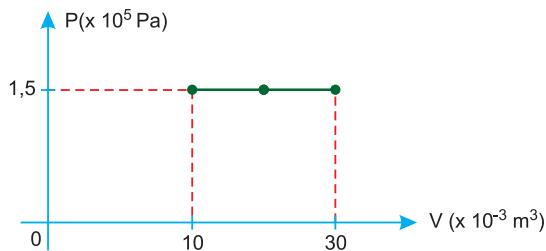
1 (UNESP) – Um pistão com êmbolo móvel contém 2 mols de O_2 e recebe 581J de calor. O gás sofre uma expansão isobárica na qual seu volume aumentou de 1,66ℓ, a uma pressão constante de 10^5 N/m^2 . Considerando que nessas condições o gás se comporta como gás ideal, utilize $R = 8,3 \text{ J/mol.K}$ e calcule

- a) a variação de energia interna do gás.
- b) a variação de temperatura do gás.

2 (VUNESP-UFTM-MG) – Uma amostra constituída por 1 mol de gás ideal, monoatômico, é levada do estado A para o estado B, conforme apresentado no gráfico $P \times V$, sofrendo um acréscimo de temperatura igual a 700K.

Dados:

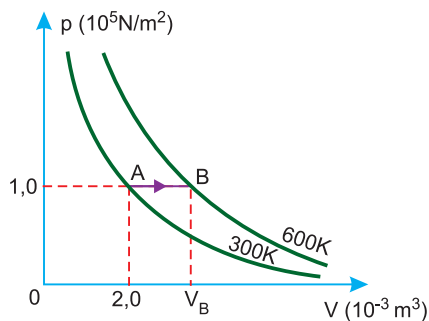
calor molar sob pressão constante do gás $C_p = 21 \text{ J/mol.K}$
 calor molar sob volume constante do gás $C_v = 12,5 \text{ J/mol.K}$



Determine:

- a) o trabalho realizado pelo gás durante o processo AB.
- b) a variação de energia interna do gás.

3 (FATEC-SP) – Um gás ideal, inicialmente no estado A ($p_A = 1,0 \times 10^5 \text{ N/m}^2$; $V_A = 2,0 \times 10^{-3} \text{ m}^3$; $T_A = 300 \text{ K}$), sofre uma transformação isobárica até o estado B (p_B ; V_B ; $T_B = 600 \text{ K}$). Essa transformação está representada no gráfico pressão x volume abaixo.



O trabalho realizado pelo gás na expansão de A para B vale

- a) 150 joules b) 250 joules c) 200 joules
d) 60 joules e) 130 joules

4 (MODELO ENEM) – A transformação do calor em energia cinética e o uso do movimento para retirar energia térmica de um sistema fazem parte da nossa vida cotidiana. O funcionamento dos motores dos automóveis movidos por combustíveis diversos e das geladeiras são explicados, respectivamente, por essas transformações de energia.

Análise as proposições que se seguem.

- I) O motor dos veículos transforma parte do calor proveniente da queima dos combustíveis em trabalho.
II) A geladeira produz a diminuição da energia interna do ar no interior da geladeira, transferindo-a para o meio externo.
III) Tanto a geladeira como o motor do automóvel igualam o calor com o trabalho recebido ou realizado, com 100% de rendimento.

Estão corretas:

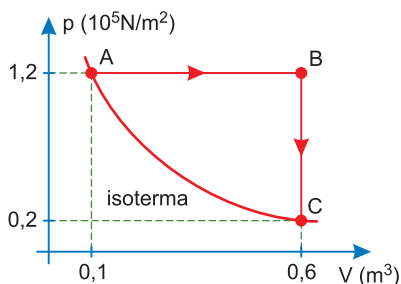
- a) I e II, apenas b) II e III, apenas
c) I e III, apenas d) I, II e III
e) nenhuma delas

5 No aquecimento isobárico de uma amostra de um gás perfeito, o trabalho trocado com o meio e a variação da energia interna são, respectivamente:

- a) nulo e positiva. b) realizado e nula.
c) nulo e negativa. d) realizado e positiva.
e) recebido e nula.

Módulo 25 – Transformações cíclicas

1 (UDESC) – Um gás ideal passa do estado inicial A para o estado B e, após, para o estado final C, como mostra o gráfico da pressão, p , do gás, em função de seu volume, V .



Análise o gráfico e as afirmações a seguir.

- I. O calor recebido pelo gás para ir do estado A até o estado B é de $6 \cdot 10^4 \text{ J}$.
II. O trabalho total realizado pelo gás para ir do estado A até o estado C é de $6 \cdot 10^4 \text{ J}$.
III. A energia interna do gás no estado A é igual a sua energia interna no estado C.
IV. O calor que teria que ser fornecido ao gás, se ele fosse do estado A ao estado C ao longo da isoterma, seria maior do que o do trajeto ABC.

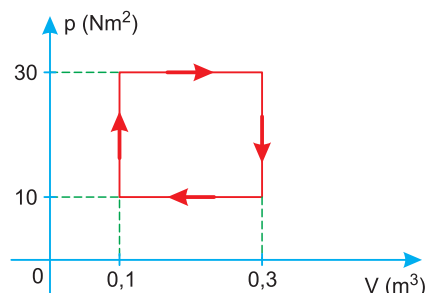
A alternativa que contém todas as afirmações corretas é:

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

2 (OSEC) – Quando um gás perfeito descreve um ciclo, sua energia interna

- a) aumenta
b) diminui
c) varia, mas o valor final é igual ao inicial
d) não pode ser determinada
e) permanece constante

3 (PUC-SP) – Uma amostra de gás ideal sofre o processo termodinâmico cíclico representado no gráfico abaixo.



Ao completar um ciclo, o trabalho, em joules, realizado pela força que o gás exerce nas paredes do recipiente é

- a) + 6 b) + 4 c) + 2 d) - 4 e) - 6

4 (PUCC-MODELO ENEM) – Considere o texto abaixo.

O diesel verde pode ser produzido através da gaseificação de biomassa — que ocorre quando se esquentam matéria orgânica até o ponto de ocorrer a liberação de hidrogênio e monóxido de carbono — seguida da conversão dos compostos em hidrocarbonetos de cadeia longa. O resultado é um combustível automotivo líquido competitivo, que não acrescenta virtualmente nenhum gás de efeito estufa à atmosfera.

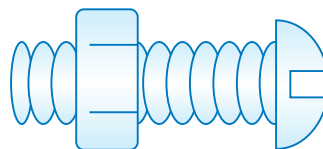
(Adaptado de Scientific American. Outubro 2006. p. 58)

O diesel verde, combustível automotivo líquido, tem calor de combustão $4,0 \cdot 10^7 \text{ J/kg}$. O motor de um caminhão desenvolve potência de $1,5 \cdot 10^5 \text{ W}$ ao se usar esse combustível. Se o rendimento total do funcionamento do caminhão é de 25%, a massa de diesel verde consumida por minuto é, em kg,

- a) 0,30 b) 0,45 c) 0,60 d) 0,90 e) 1,5

Módulo 26 – Dilatação térmica dos sólidos

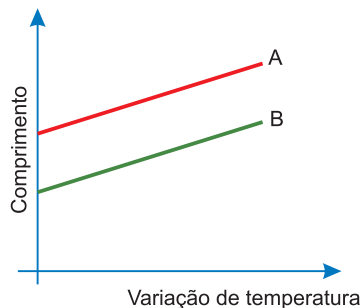
1 (MODELO ENEM) – Uma porca está muito apertada no parafuso.



O que você deve fazer para afrouxá-la?

- a) É indiferente esfriar ou esquentar a porca.
b) Esfriar a porca.
c) Esquentar a porca.
d) É indiferente esfriar ou esquentar o parafuso.
e) Esquentar o parafuso.

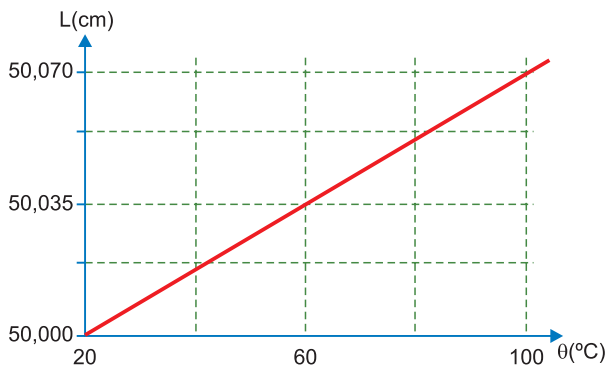
2 (UFV-MG) – A figura abaixo ilustra a variação dos comprimentos de duas barras, A e B, que são aquecidas a partir de uma mesma temperatura.



Sabendo-se que as duas linhas são paralelas, com respeito aos comprimentos iniciais, L_A e L_B , das barras e a seus coeficientes de dilatação linear, α_A e α_B , é correto afirmar que:

- a) $L_A > L_B$ e $\alpha_A > \alpha_B$ b) $L_A = L_B$ e $\alpha_A < \alpha_B$
 c) $L_A = L_B$ e $\alpha_A = \alpha_B$ d) $L_A > L_B$ e $\alpha_A < \alpha_B$
 e) $L_A = L_B$ e $\alpha_A > \alpha_B$

3 (UNILASALLE-SC-MODELO ENEM) – Em uma experiência para medir o coeficiente de dilatação linear médio de um certo pedaço de metal desconhecido, obteve-se o seguinte gráfico do comprimento em função da temperatura:



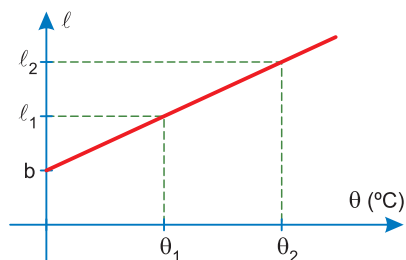
Abaixo, segue-se uma tabela com os coeficientes de dilatação linear média, α , para alguns metais.

Metal	α ($^{\circ}\text{C}^{-1}$)
Aço	$11,0 \times 10^{-6}$
Ouro	$14,3 \times 10^{-6}$
Cobre	$17,5 \times 10^{-6}$
Alumínio	$23,0 \times 10^{-6}$
Chumbo	$29,0 \times 10^{-6}$

Calculando-se α a partir dos dados experimentais (gráfico), inferimos que o metal em questão é provavelmente o

- a) chumbo. b) alumínio. c) cobre.
 d) ouro. e) aço.

4 (MACKENZIE) – Uma haste metálica, constituída de material cujo coeficiente de dilatação linear é α , possui comprimento ℓ_0 a uma temperatura inicial θ_0 , medida na escala Celsius, bem abaixo de seu ponto de fusão. Experimentalmente, a dilatação linear dessa haste é dada por $\Delta\ell = \alpha \cdot \ell_0 \cdot \Delta\theta$.



Observando o gráfico do comprimento da haste em função da temperatura, obtido a partir desta equação, podemos afirmar que:

- a) $b = \ell_0$, qualquer que seja θ_0 .
 b) $b = \alpha \cdot \ell_0 \cdot \theta_0$, qualquer que seja θ_0 .
 c) $b = \alpha \cdot \ell_0 \cdot \theta_0$, somente se $\theta_0 = 0$.
 d) $b = \ell_0 - \alpha \cdot \ell_0 \cdot \theta_0$, qualquer que seja θ_0 .
 e) $b = \ell_0 - \alpha \cdot \ell_0 \cdot \theta_0$, somente se $\theta_0 = 0$.

Módulo 27 - Dilatação térmica dos líquidos

1 (UESB-BA) – Um tanque cheio de gasolina de um automóvel, quando exposto ao sol por algum tempo, derrama uma certa quantidade desse combustível.

Desse fato, conclui-se que

- 01) só a gasolina se dilatou.
 02) a quantidade de gasolina derramada representa sua dilatação real.
 03) a quantidade de gasolina derramada representa sua dilatação aparente.
 04) o tanque dilatou mais que a gasolina.
 05) a dilatação aparente da gasolina é igual à dilatação do tanque.

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

Se os tanques **não** fossem subterrâneos:

- I. Você levaria vantagem ao abastecer o carro na hora mais quente do dia, pois estaria comprando mais massa por litro de combustível.
 II. Abastecendo com a temperatura mais baixa, você estaria comprando mais massa de combustível para cada litro.
 III. Se a gasolina fosse vendida por kg em vez de por litro, o problema comercial decorrente da dilatação da gasolina estaria resolvido.

Destas considerações, somente

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

3 (AFA-RJ) – Um recipiente, ocupado completamente por um líquido, é aquecido. Sendo os coeficientes de dilatação volumétrica do líquido e do recipiente, respectivamente, iguais a γ_L e γ_R , então pode-se afirmar que, quando

- a) $\gamma_L = \gamma_R$, a dilatação aparente é menor que a real e não-nula.
 b) $\gamma_L > \gamma_R$, a dilatação aparente é igual à real.
 c) $\gamma_L > \gamma_R$, a dilatação aparente é menor que a real.
 d) $\gamma_L = \gamma_R$, a dilatação aparente é igual à real.

- 4 (UEL-PR)** – Um copo de vidro de capacidade 100cm^3 , a $20,0^\circ\text{C}$, contém $98,0\text{ cm}^3$ de mercúrio a essa temperatura. O mercúrio começará a extravasar quando a temperatura do conjunto, em $^\circ\text{C}$, atingir o valor de
- a) 300 b) 240 c) 200 d) 160 e) 140

Dados: Coeficientes de dilatação cúbica:

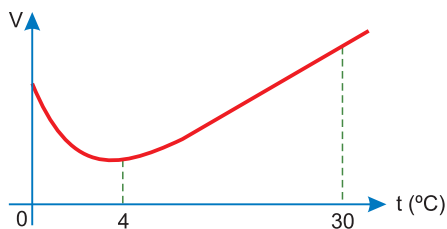
$$\text{mercúrio} = 180 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

$$\text{vidro} = 9,00 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

- 5 (UFLA-MG)** – O tanque de combustível de um carro de fórmula I tem capacidade de 120 litros e são colocados 100 litros de combustível a 5°C . Considerando o coeficiente de dilatação volumétrica do combustível $1,2 \times 10^{-3} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ e a variação de volume do tanque desprezível, então a 45°C o volume colocado terá um acréscimo, em litros, de
- a) 4,8 litros b) 3,6 litros
c) 2,4 litros d) 1,2 litros
e) 20,0 litros

Nota: Despreze a dilatação do tanque.

- 6 (FATEC-SP)** – O diagrama mostra o volume V de uma amostra de água, em função da temperatura t .



Com base no diagrama, considere as asserções:

- I. A água apresenta dilatação aproximadamente regular no intervalo de temperatura de 10°C a 30°C .
II. A densidade da água aumenta quando a temperatura passa de 1°C para 4°C .
III. A densidade da água diminui quando a temperatura passa de 20°C para 10°C .

Dessas asserções, somente

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

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

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

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

- 8 (MODELO ENEM)** – Ao aquecer um litro de leite, pela manhã, um estudante distraído permite a fervura e ao não apagar a chama, o líquido transborda e suja o fogão.

É correto afirmar que:

- a) a dilatação da panela é maior que a do líquido.
b) o volume do líquido transbordado depende apenas do coeficiente de dilatação volumétrica da panela.
c) o coeficiente de dilatação volumétrica do leite é maior que o do material que constitui a panela.
d) a dilatação aparente é a variação do volume do líquido sem considerar a dilatação do recipiente.
e) a dilatação do volume do leite não depende do volume inicial e da variação de temperatura.

- 9 (MODELO ENEM)** – Levando-se em conta, apenas, a dilatação térmica, o horário mais apropriado do dia para abastecer o carro é o:

- a) de menor temperatura ambiente.
b) de maior temperatura ambiente.
c) de maior pressão atmosférica.
d) de maior umidade relativa do ar.
e) de menor pressão atmosférica.

Módulo 28 – Evidências termodinâmicas da evolução do Universo

- 1 (Olimpíada Brasileira de Astronomia-MODELO ENEM) A Radiação Cósmica de Fundo**

Chama-se de corpo negro a um corpo ao mesmo tempo emissor ideal e absorvedor ideal de radiação. Isto porque, segundo sua definição, um corpo negro absorve toda a radiação que cai em sua superfície e emite num espectro contínuo, cuja intensidade depende exclusivamente de sua temperatura. A temperatura de corpo negro de um corpo é, assim, a temperatura na qual a emissão energética atinge seu valor máximo. Estrelas podem ser, ironicamente, estudadas como corpos negros. A radiação cósmica de fundo é uma emissão observada em qualquer lugar do céu que se olhe, e é bem representada pela radiação de um corpo negro à temperatura de $2,735\text{ K}$. Esta radiação é remanescente do estado quente do Universo quando sua temperatura, diminuindo à medida que o Universo se expandia (e ainda se expande, e sua temperatura continua a cair cada vez mais lentamente), tornou-se, embora ainda bastante elevada, pequena o suficiente para que a matéria deixasse de ser afetada pela radiação. Assim, os núcleos atômicos primordiais puderam capturar elétrons e a matéria eletricamente neutra foi formada. O Universo passou de opaco para transparente, na chamada época de recombinação, aproximadamente uns 380 mil anos após o *Big Bang*. A identificação da radiação de fundo representa uma das provas mais convincentes que temos de que a teoria do *Big Bang* está correta. Sabemos que o espectro de corpo negro obedece à chamada lei de Wien:

$$\lambda_{\text{máx}} T = \text{constante},$$

onde $\lambda_{\text{máx}}$ é o comprimento de onda do máximo do espectro e T é a temperatura do corpo negro. No caso do Sol, que também emite radiação eletromagnética como um corpo negro, temos $\lambda_{\text{máx}} = 5.000 \text{ \AA}$ ($1 \text{ \AA} = 10^{-10} \text{ m}$) e $T = 6000 \text{ K}$.

Calcule $\lambda_{\text{máx}}$ do espectro da radiação de fundo.

2 (MODELO ENEM) – Dentre os fatos citados a seguir, assinale aquele que **não** é explicado pela teoria do *Big Bang*:

- as galáxias afastam-se uma das outras, com grandes velocidades, evidenciando um Universo em expansão.
- o hidrogênio e o hélio são os elementos mais abundantes no Universo e existem numa proporção quase constante de três átomos de hidrogênio para um átomo de hélio.
- a existência da radiação cósmica de fundo.
- a pequena densidade do Universo.
- a existência de galáxias que não obedecem à Lei de Hubble.

3 (UFMG) – Em alguns laboratórios de pesquisa, são produzidas antipartículas de partículas fundamentais da natureza.

Cite-se, como exemplo, a antipartícula do elétron – o pósitron –, que tem a mesma massa que o elétron e carga de mesmo módulo, porém positiva.

Quando um pósitron e um elétron interagem, ambos podem desaparecer, produzindo dois fótons de mesma energia. Esse fenômeno é chamado de aniquilação.

Com base nessas informações,

1. **explique** o que acontece com a massa do elétron e com a do pósitron no processo de aniquilação.

Considere que tanto o elétron quanto o pósitron estão em repouso.

2. **calcule** a frequência dos fótons produzidos no processo de aniquilação.

Dados: 1) massa do elétron: $9 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$

2) constante de Planck: $7 \cdot 10^{-34} \text{ J.s}$

4 Um próton tem massa de $1,7 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$. Quando um próton e um antipróton sofrem um processo de aniquilamento, qual é a quantidade de energia associada à radiação eletromagnética produzida?

Dado: módulo da velocidade da luz no vácuo: $c = 3,0 \cdot 10^8 \text{ m/s}$

5 (MODELO ENEM) – De acordo com as teorias modernas da Cosmologia, o Universo é um sistema fechado em rápida expansão que sofre um resfriamento contínuo.

A transformação termodinâmica que descreve a evolução do cosmo é uma:

- expansão isobárica
- compressão adiabática
- expansão isotérmica
- expansão adiabática
- compressão isobárica

6 (MODELO ENEM) – A radiação cósmica de fundo (RCF) é encontrada em todo o Universo observável e o caracteriza como um corpo negro que emite ondas eletromagnéticas na faixa de comprimentos de onda próxima de $1,0 \cdot 10^{-3} \text{ m}$. A velocidade da luz no vácuo tem módulo igual a $3,0 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ e a frequência da RCF vale, em Hz:

- $3,0 \cdot 10^{11}$
- $3,0 \cdot 10^8$
- $3,0 \cdot 10^5$
- $3,0 \cdot 10^3$
- $3,0 \cdot 10^2$

7 (MODELO ENEM) – No ambiente aconchegante de uma sala de estar, você poderia encontrar uma das provas do Big Bang, que sugere uma origem explosiva do Universo, ocorrida há 13,7 bilhões de anos:

- na eletrização dos pelos do seu braço, nas proximidades da tela de um televisor.
- na transmissão, por ressonância, das ondas de infravermelho do controle remoto para o televisor.
- na interferência de uma imagem móvel, que ocorre, por batimento, em relação à imagem principal ao televisor.
- numa parte do chuvisco do televisor não sintonizado que representa um fundo de micro-ondas encontrado no espaço.
- na tela azul do televisor não sintonizado que representa o desvio do espectro, por efeito Doppler-Fizeau, da radiação das galáxias, captado pelas antenas e satélites de transmissão.

8 (MODELO ENEM) – O Universo conhecido apresenta-se como um sistema fechado, em expansão acelerada, a partir de um estado muito concentrado a altíssima temperatura, ocorrido há 13,7 bilhões de anos. Atualmente, ele apresenta as seguintes características:

- Massa: 10^{54} kg , incluindo a matéria escura, responsável pela expansão acelerada do cosmo.
- Raio: 10^{26} m (Universo esférico)
- Temperatura: 2,7k, relacionada com uma radiação cósmica de fundo (RCF) de comprimento de onda $1,0 \cdot 10^{-3} \text{ m}$ com fótons de energia E e proporcional à frequência f de acordo com a expressão $E = hf$ ($h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ J.s}$).
- A radiação eletromagnética atravessa o espaço com velocidade de módulo máximo igual a $c = 3,0 \cdot 10^8 \text{ m/s}$

É correto afirmar que o Universo atual apresenta:

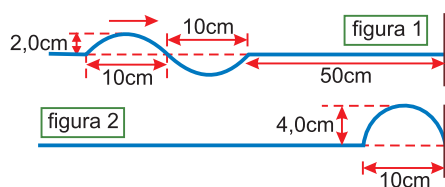
- densidade com ordem de grandeza 10^{-28} kg/m^3
- temperatura média $270,3^\circ \text{C}$.
- volume com ordem de grandeza de 10^{81} m^3 .
- período da RCF igual a $3,3 \cdot 10^{-10} \text{ s}$.
- fótons com energia quantizada no valor máximo de $1,98 \cdot 10^{-22} \text{ J}$ para a RCF.

Física

FRENTE 2

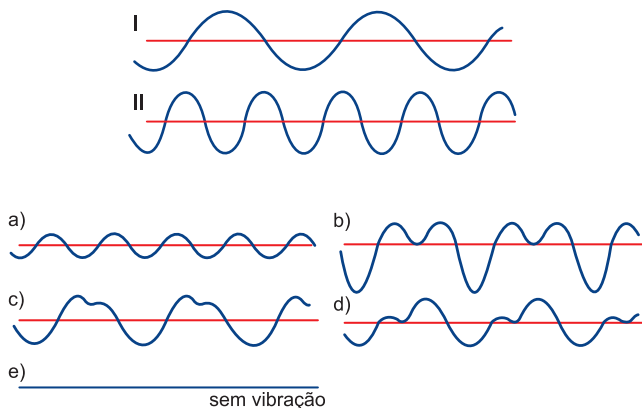
Módulo 23 – Interferência de ondas – tipos

1 (UFRJ) – Uma onda na forma de um pulso senoidal tem altura máxima de 2,0cm e propaga-se para a direita com velocidade de $1,0 \cdot 10^4 \text{ cm/s}$, num fio esticado e preso a uma parede fixa (figura 1). No instante considerado inicial, a frente de onda está a 50cm da parede.



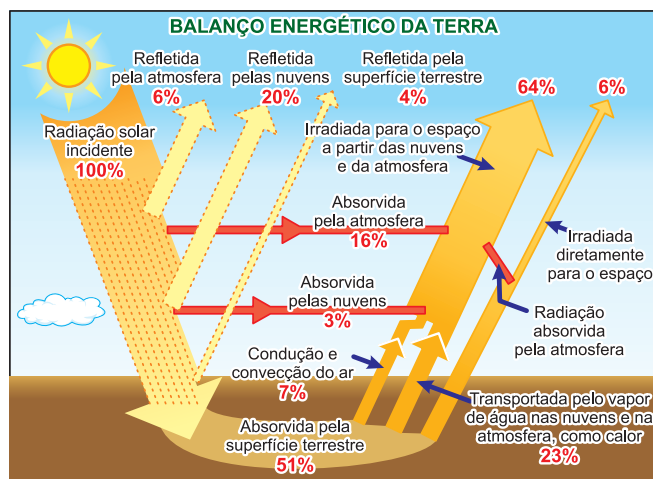
Determine o instante em que a superposição da onda incidente com a refletida tem a forma mostrada na figura 2, com altura máxima de 4,0cm.

2 (FATES-MODELO ENEM) – As ondas I e II, representadas abaixo, têm frequências diferentes. Fazendo a superposição da onda I com a onda II, teremos uma onda resultante com a forma aproximada daquela mostrada em:



(GAVE-PORTUGAL-MODELO ENEM) – Enunciado para as questões **3** e **4**.

A importância do papel do Sol na evolução da vida terrestre é desde há muito reconhecida. Na figura está esquematizado um balanço energético da Terra.



(adaptado de www.nasa.gov/.../2007/polar climate prt.htm)

3 Classifique como verdadeira ou falsa, cada uma das afirmações seguintes.

- (I) A percentagem da radiação solar incidente que é refletida é maior do que a que é absorvida pela atmosfera e pelas nuvens.
- (II) A radiação solar que atinge a superfície da Terra situa-se apenas na zona visível do espectro eletromagnético.
- (III) A percentagem da radiação solar absorvida pela atmosfera é superior à refletida por ela.
- (IV) A intensidade máxima da radiação emitida pela Terra ocorre na zona do visível do espectro eletromagnético.

Estão corretas apenas:

- a) (1) e (2)
- b) (2) e (4)
- c) (1) e (3)
- d) (1), (2) e (3)
- e) (2), (3) e (4)

4 Classifique como verdadeira ou falsa cada uma das afirmações seguintes:

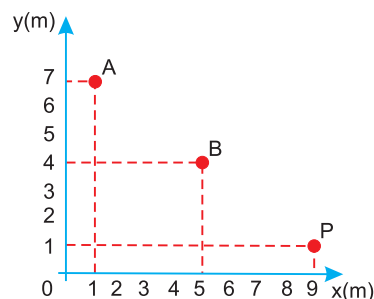
- (1) A intensidade máxima da radiação emitida pelo Sol ocorre na zona do infravermelho do espectro eletromagnético
- (2) Aproximadamente metade da radiação solar incidente é absorvida pela superfície terrestre.
- (3) Uma parte da radiação solar incidente é absorvida pela atmosfera, sendo a restante radiação totalmente absorvida pela superfície terrestre.
- (4) Da radiação solar que atinge o planeta, 30% é refletida para o espaço.

Estão corretas apenas:

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

Módulo 24 – Interferência de ondas: diferença de percursos

1 (UFC) – Duas fontes sonoras, **A** e **B**, mostradas na figura abaixo, emitem ondas senoidais em fase e com a mesma frequência.



Considerando a velocidade do som igual a 340m/s, determine a menor frequência capaz de produzir

- a) interferência construtiva no ponto P.
- b) interferência destrutiva no ponto P.

2 Um tanque de fundo plano e horizontal contém benzeno transparente de índice absoluto de refração igual a 1,5. Uma onda de telecomunicações com frequência igual a 100MHz, emitida de um satélite, incide verticalmente sobre a superfície tranquila do benzeno, sendo em parte refletida na superfície líquida e em parte refletida no fundo do tanque. Sabendo que a intensidade da velocidade da luz no vácuo é igual a 3,0. 10⁸m/s, determine:

- a) A intensidade da velocidade da onda no interior do benzeno, bem como seu respectivo comprimento de onda.
- b) As três menores alturas do benzeno dentro do tanque para que a parcela da onda refletida na superfície líquida seja cancelada pela parcela da onda refletida no fundo do tanque.

Módulo 25 – Batimento, ressonância, polarização e difração

1 (ITA) – Considere duas ondas que se propagam com frequências f_1 e f_2 , ligeiramente diferentes entre si, e mesma amplitude A , cujas equações são respectivamente $y_1(t) = A \cos(2\pi f_1 t)$ e $y_2(t) = A \cos(2\pi f_2 t)$. Assinale a opção que indica corretamente:

	Amplitude máxima da onda resultante	Frequência da onda resultante	Frequência do batimento
a)	$A\sqrt{2}$	$f_1 + f_2$	$(f_1 - f_2)/2$
b)	$2A$	$(f_1 + f_2)/2$	$(f_1 - f_2)/2$
c)	$2A$	$(f_1 + f_2)/2$	$f_1 - f_2$
d)	$A\sqrt{2}$	$f_1 + f_2$	$f_1 - f_2$
e)	A	$(f_1 + f_2)/2$	$f_1 - f_2$

2 (UFRN) – Afinar a corda de um instrumento musical é ajustar a tração dessa corda até que a frequência de seu modo fundamental de vibração coincida com uma frequência predeterminada.

Uma forma usual de se afinar um violão consiste em afinar uma das últimas cordas (valendo-se de memória musical ou da comparação com algum som padrão, obtido por meio de um diapasão, piano, flauta etc.) e usar tal corda para afinar as outras que ficam abaixo dela. (A figura seguinte ilustra em detalhe o braço de um violão.)



Flavita, acostumada a afinar seu violão, afina inicialmente a corda número 5. Assim, para afinar a corda número 4, ela pressiona a corda 5 entre o quarto e o quinto trastes, percute-a, observa se a corda 4 vibra e o quão intensamente vibra em consequência desse procedimento. Flavita vai ajustando a tensão na corda 4 e repetindo tal procedimento até que ela vibre com a maior amplitude possível. Quando isso ocorre, essa corda está afinada.

Com base no acima exposto, atenda às solicitações seguintes.

- Dê o nome do fenômeno físico que fundamenta esse processo de afinação do violão.
- Com base em seus conhecimentos de acústica, explique como esse fenômeno ocorre no processo de afinação do violão.

(GAVE-PORTUGAL-MODELO ENEM) – Enunciado para as questões **3** e **4**

As ondas eletromagnéticas são um dos veículos de transferência de energia. Para comparar o poder de absorção da radiação eletromagnética de duas superfícies, utilizaram-se duas latas de alumínio, cilíndricas, pintadas com tinta, uma de preto e a outra de branco.

Colocou-se uma das latas a uma certa distância de uma lâmpada de 100 W, como apresenta a figura 1, e registrou-se, regularmente, a temperatura no interior dessa lata, repetindo-se o mesmo procedimento para a outra lata.

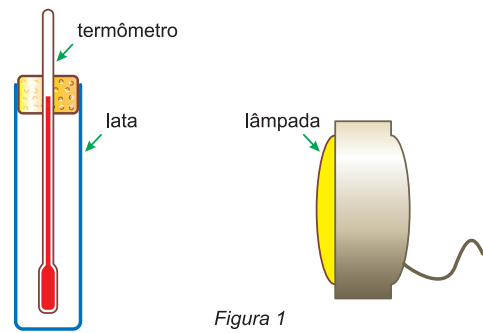


Figura 1

O gráfico da figura 2 traduz a evolução da temperatura de cada uma das latas, em equilíbrio com o seu interior.

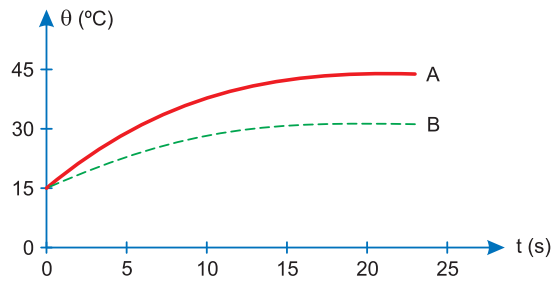


Figura 2

3 Podemos afirmar que:

- A lata pintada de branco corresponde ao gráfico A.
- A lata pintada de preto corresponde ao gráfico A.
- As duas latas correspondem ao gráfico A.
- As duas latas correspondem ao gráfico B.
- Não há como concluir qual das latas é associada a cada gráfico.

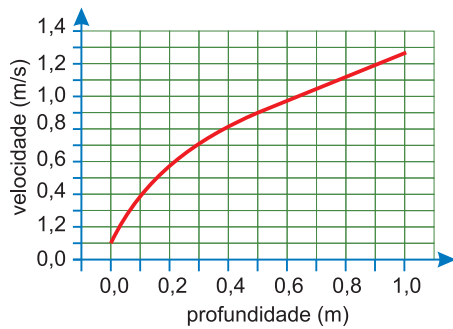
4 Selecione a alternativa que contém os termos que devem substituir as letras (x) e (y), respectivamente, de modo a tornar verdadeira a afirmação seguinte. A temperatura de qualquer das latas aumenta inicialmente, porque parte da radiação é (x) pela sua superfície e fica estável a partir de um determinado instante porque (y).

- ... refletida ... deixa de haver trocas de energia.
- ... refletida ... as taxas de emissão e absorção de energia tornam-se iguais.
- ... absorvida ... deixa de haver trocas de energia.
- ... absorvida ... as taxas de emissão e absorção de energia tornam-se iguais.
- ... absorvida ... a taxa de emissão de energia torna-se maior que a de absorção.

Módulo 26 – Batimento, ressonância, polarização e difração

1 (UnB) – ...Havia um tronco de árvore caído, preso a um barranco que se estendia sobre o lago. Um dos rapazes subiu no tronco e começou a balançá-lo. Notou que o tronco apresentava oscilação com amplitude máxima se impulsionado uma vez a cada 2s, única situação em que tocava a água em um único ponto e produzia nela uma frente de onda que percorria os 5m do ponto de origem das ondas até a margem do lago em 5s. Então o professor entrou em cena e discutiu com os alunos a propagação de ondas em líquidos.

Abaixo está um dos gráficos utilizados por ele, que representa a velocidade da onda em relação à profundidade do lago.



Com base nessas informações, julgue os itens a seguir.

- (1) O tronco de árvore caído possui uma frequência de ressonância de 2Hz.
- (2) Na região do lago em que a profundidade é igual a 0,4m, as ondas produzidas têm comprimento de onda igual a 1,6m.
- (3) Se a profundidade do lago diminuir com a proximidade da margem, então a distância entre duas cristas consecutivas da onda aumentará à medida que as frentes de onda se aproximarem da margem.
- (4) A frente de onda produzida pelo tronco ao tocar a água seria circular se o fundo do lago fosse plano e horizontal.
- (5) Se o lago tivesse fundo plano e horizontal, então sua profundidade seria maior que 0,6m.

2 (CEFET-PR-MODELO ENEM) – Com relação ao estudo dos fenômenos ondulatórios, são feitas as afirmativas a seguir:

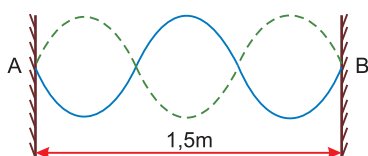
- I) A luz refletida numa superfície vítrea é totalmente polarizada quando o raio incidente é perpendicular ao raio refletido.
- II) Na experiência de Young sobre a interferência da luz, a distância entre franjas sucessivas é maior para as ondas luminosas correspondentes à luz vermelha que às correspondentes à luz azul.
- III) Um disco de "CD" apresenta, quando iluminado por luz branca, colorações semelhantes às do arco-íris causadas pelo fenômeno da interferência das ondas luminosas.

Podemos afirmar que

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

Módulo 27 – Ondas estacionárias

1 (FEI) – Numa corda de extremos A e B fixos e comprimento $AB = 1,5\text{m}$, forma-se uma onda estacionária de três ventres. As ondas incidente e refletida, que geram a referida onda estacionária, propagam-se com velocidade de $3,0\text{m/s}$.

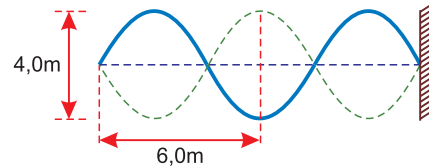


Qual a frequência, em hertz, de vibração dos pontos da corda (excluídos os nós)?

2 (EFEI-SP) – A velocidade de uma onda numa corda vibrante, fixa em ambas as extremidades, é de $2,0\text{m/s}$. A corda contém ondas estacionárias com nós situados a $4,0\text{cm}$ de distância um do outro.

- a) Qual é a frequência de vibração dos pontos da corda?
- b) Quantas vezes por segundo a corda se torna retilínea, sem apresentar nenhuma onda visível?

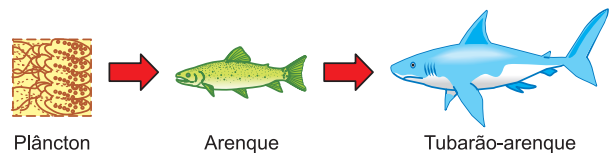
3 A figura seguinte representa uma onda estacionária formada numa corda vibrante.



A respeito da situação proposta, assinale a alternativa correta:

- a) Nas regiões ventrais da onda estacionária, ocorre interferência destrutiva.
- b) Na onda estacionária, formada na corda, há propagação de energia.
- c) A distância entre dois nós consecutivos da onda em questão é $3,0\text{m}$.
- d) A amplitude da onda em questão é $4,0\text{m}$.
- e) O comprimento de onda, das ondas que originaram a onda estacionária, é de $8,0\text{m}$.

4 (MODELO ENEM) – Considere uma cadeia alimentar formada pelo plâncton (que existe no mar), o arenque e o tubarão-arenque.



Os tubarões e os arenques não são atingidos pela destruição da camada de ozônio de um modo direto. Entretanto, suas vidas também podem estar ameaçadas pela destruição da camada de ozônio. Considere as proposições a seguir, a respeito deste assunto:

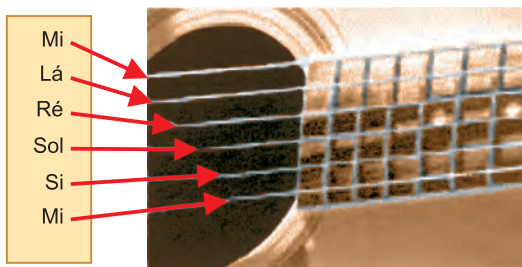
- I) A destruição da camada de ozônio, de acordo com o texto, possibilitará que os raios ultravioleta B danifiquem o plâncton.
- II) A quantidade de arenques diminuirá por causa da falta de alimentos (destruição do plâncton pelos raios ultravioleta B).
- III) A quantidade de tubarões-arenque diminuirá em virtude da falta de alimentos (redução da população de arenques).

Está correto o que se afirma:

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

Módulo 28 – Cordas sonoras

1 (UFPA – MODELO ENEM) – O violão tem uma afinação padrão, como mostrado na figura a seguir, em que normalmente a corda prima, a Mi mais aguda, vibra uma oitava acima da corda bordão, a Mi mais grave.



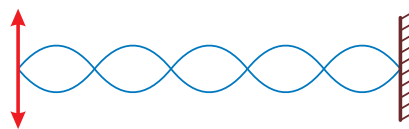
Com base nas informações dadas acima, e confirmadas na figura que se apresenta, é correto afirmar:

- A velocidade com que a onda se propagará no bordão percutido será a mesma com que se propagará na corda prima, se as tensões com que elas forem esticadas forem iguais.
- Quando o bordão for percutido, vibrará com uma frequência maior do que a do som que será ouvido.
- O comprimento de onda do som que será ouvido, ao tocar a corda prima, será diferente do comprimento de onda da onda que se propagará nesta corda.
- O comprimento de onda natural na corda prima é bem menor do que o comprimento de onda natural do bordão, pelo fato de este produzir som mais grave.
- Como os comprimentos das duas cordas Mi são praticamente iguais, mas o bordão é mais grosso, este deve ficar quatro vezes mais tenso do que a prima, quando o violão estiver afinado.

2 (UNICENTRO-RJ) – A quinta corda solta do violão corresponde à nota si (frequência fundamental igual a 981Hz). Se esta corda for presa no quinto trasto, diminuindo assim o comprimento da corda vibrante, obtém-se a nota mi aguda (frequência fundamental igual a 1308Hz). Sobre o comprimento da parte vibrante da corda si (ℓ), que vibra na frequência da nota mi aguda, expresso em função do comprimento da corda solta (L), é correto afirmar:

- $\ell = \frac{1}{2} L$
- $\ell = \frac{2}{3} L$
- $\ell = \frac{3}{4} L$
- $\ell = \frac{4}{5} L$
- $\ell = \frac{5}{6} L$

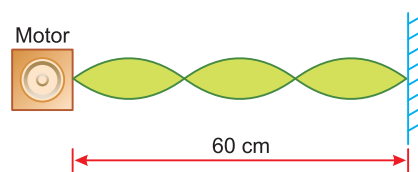
3 (VUNESP) – Uma corda tem uma extremidade amarrada a um gancho fixo numa parede e a outra é posta a vibrar transversalmente ao seu comprimento. Para determinado valor da frequência de vibração, observa-se a formação de ondas estacionárias, como se vê na figura.



Nessas condições, a relação entre o comprimento da corda e o comprimento das ondas formadas na corda vale

- $\frac{5}{2}$
- $\frac{5}{4}$
- $\frac{5}{8}$
- $\frac{1}{5}$
- $\frac{4}{5}$

4 (VUNESP-MODELO ENEM) – Um fio elástico é esticado e tem suas extremidades presas a um gancho fixo em uma parede e a um motor que lhe transmite vibrações transversais. A distância entre a parede e o motor é de 60cm. Observa-se a formação de ondas estacionárias, reproduzidas na figura, quando o motor vibra com frequência de 100 Hz.



A velocidade de propagação das ondas que se deslocam ao longo do fio para formar as ondas estacionárias tem intensidade igual a:

- zero
- 20 m/s
- 30 m/s
- 40 m/s
- 60 m/s

RESOLUÇÃO DOS EXERCÍCIOS-TAREFAS

FRENTE 1

Módulo 23 – A primeira lei da termodinâmica e as transformações gasosas

1 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

2 1ª 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

3 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

4 Resposta: C

Módulo 24 – A primeira lei da termodinâmica e as transformações gasosas

- 1 a) Usando-se a 1ª Lei da Termodinâmica, temos
 $Q = \tau + \Delta U$
 Numa expansão isobárica (pressão constante), o trabalho (τ) realizado pelo gás é determinado por
 $\tau_p = p \cdot \Delta V$
 Assim,
 $Q = p \cdot \Delta V + \Delta U$
 $581 = 10^5 \cdot 1,66 \cdot 10^{-3} + \Delta U$
 $\Delta U = 581 - 166 \text{ (J)}$

$$\Delta U = 415 \text{ J}$$

- b) Usando-se a Equação de Clapeyron, nessa expansão isobárica, vem,
 $p \cdot \Delta V = n R \Delta T$
 $10^5 \cdot 1,66 \cdot 10^{-3} = 2 \cdot 8,3 \cdot \Delta T$

$$\Delta T = 10\text{K} \quad \text{ou} \quad \Delta T = 10^\circ\text{C}$$

Respostas: a) 415J b) 10K ou 10°C

- 2 a) $\tau_{AB} = [\text{área}]$
 $\tau_{AB} = 1,5 \cdot 10^5 \cdot (30 - 10) \cdot 10^{-3} \text{ (J)}$

$$\tau_{AB} = 3,0 \cdot 10^3 \text{ J}$$

- b) 1ª Lei da Termodinâmica
 $Q = \tau + \Delta U$
 mas:
 $Q = n C_p \Delta T$
 $Q = 1 \cdot 21 \cdot 700 \text{ (J)}$
 Observe que a transformação AB é isobárica (pressão constante)
 $Q = 14700 \text{ J}$
 Assim:
 $14700 = 3000 + \Delta U$

$$\Delta U = 11700 \text{ J}$$

Respostas: a) 3,0 10³ J b) 1,17 . 10⁴ J

- 3 $\tau_{AB} = [\text{área}]$
 $\tau_{AB} = p \cdot (V_B - V_A)$

Cálculo de V_B :

Lei geral dos gases

$$\frac{p_A V_A}{T_A} = \frac{p_B V_B}{T_B}$$

$$\frac{2,0 \cdot 10^{-3}}{300} = \frac{V_B}{600}$$

$$V_B = 4,0 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

Assim:

$$\tau_{AB} = 1,0 \cdot 10^5 (4,0 \cdot 10^{-3} - 2,0 \cdot 10^{-3}) \text{ (J)}$$

$$\tau_{AB} = 200\text{J}$$

Resposta: C

- 4 A geladeira e o motor a combustão provocam variação da energia interna, além da troca de trabalho com o ambiente.

Resposta: A

- 5 No aquecimento isobárico, o volume e a temperatura aumentam. Assim, o sistema realiza trabalho sobre o meio e a energia interna aumenta ($\Delta U > 0$).

Resposta: D

Módulo 25 – Transformações cíclicas

- 1 I) VERDADEIRA.

Os pontos A e C pertencem a uma mesma isoterma. Assim, a energia interna inicial (A) é igual a final (C). Portanto, utilizando a 1ª Lei da Termodinâmica, temos

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

$$Q = (\tau_{AB} + \tau_{BC}) + 0$$

Mas, $\tau_{BC} = 0$ (Volume constante), então:

$$Q = \tau_{AB} = [\text{área}]_{AB}$$

$$Q = 1,2 \cdot 10^5 (0,6 - 0,1) \text{ (J)}$$

$$Q = 6,0 \cdot 10^4 \text{ J}$$

- II) VERDADEIRA.

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

$$\tau_{AC} = 6,0 \cdot 10^4 + 0$$

$$\tau_{AC} = 6,0 \cdot 10^4 \text{ J}$$

- III) VERDADEIRA.

$$U_A = U_C$$

Os pontos A e C pertencem à mesma isoterma.

- IV) FALSA.

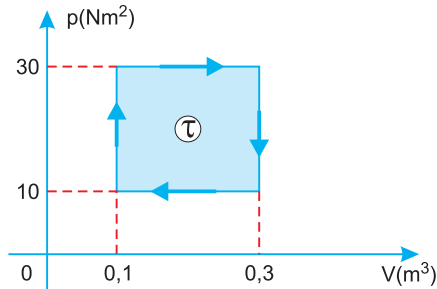
A área abaixo do gráfico, no percurso AC (via isoterma), é menor do que pelo percurso ABC.

$$\tau_{AC} < \tau_{ABC}$$

Resposta: E

2 Resposta: C

3 O trabalho realizado pela força que o gás exerce nas paredes do recipiente é determinado pela área interna do ciclo representado no diagrama $p \times V$ fornecido.



Como o ciclo é percorrido no sentido horário, o trabalho é realizado pelo gás, assumindo o sinal positivo.

Assim,

$$\tau = + \text{área} (p \times V) \Rightarrow \tau = + [(0,3 - 0,1) (30 - 10)] \text{ (J)}$$

$$\tau = + 4 \text{ J}$$

Resposta: B

4 1) $\text{Pot} = \frac{E_u}{\Delta t} \Rightarrow 1,5 \cdot 10^5 = \frac{E_u}{60}$

$$E_u = 9,0 \cdot 10^6 \text{ J}$$

2) $\eta = \frac{E_{\text{útil}}}{E_{\text{total}}} \Rightarrow 0,25 = \frac{9,0 \cdot 10^6}{E_t}$

$$E_t = 3,6 \cdot 10^7 \text{ J}$$

3) 1 kg $4,0 \cdot 10^7 \text{ J}$

m $3,6 \cdot 10^7 \text{ J}$

$$m = \frac{3,6 \cdot 10^7}{4,0 \cdot 10^7} \text{ (kg)}$$

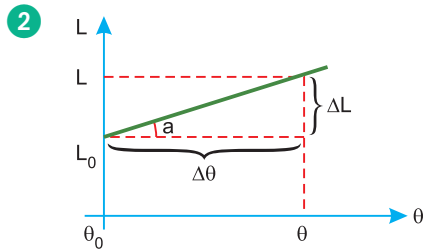
$$m = 0,90 \text{ kg}$$

Resposta: D

Módulo 26 - Dilatação térmica dos sólidos

1 A porca sendo aquecida dilata-se "para fora", soltando-se do parafuso.

Resposta: C



$$\text{tg } \alpha = \frac{\Delta L}{\Delta \theta} = L_0 \alpha$$

Assim: $L_{0A} \alpha_A = L_{0B} \alpha_B$

já que as retas são paralelas.

como $L_{0A} > L_{0B}$ (do gráfico)

então: $\alpha_A < \alpha_B$

Resposta: D

3 A dilatação linear obedece à expressão:

$$\Delta L = L_0 \alpha \Delta \theta$$

Considerando-se os dois pontos extremos representados no gráfico, temos:

$$(50,070 - 50,000) = 50,000 \cdot \alpha (100 - 20)$$

$$0,070 = 50,000 \cdot \alpha \cdot 80$$

$$7,0 \cdot 10^{-2} = 4,0 \cdot 10^3 \cdot \alpha$$

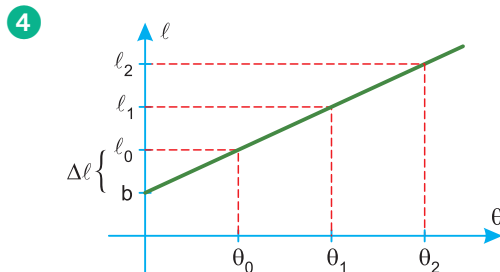
$$\alpha = \frac{7,0 \cdot 10^{-2}}{4,0 \cdot 10^3} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

$$\alpha = 1,75 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1} \text{ ou}$$

$$\alpha = 17,5 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

Procurando-se na tabela fornecida, vamos observar que o material correspondente a esse coeficiente de dilatação linear é o COBRE.

Resposta: C



Admitindo-se que os eixos ℓ e θ estão cruzando-se na origem $(0; 0)$, temos:

$$\Delta \ell = \ell_0 - b = \alpha \cdot \ell_0 \cdot \Delta \theta, \text{ em que:}$$

$$\Delta \theta = \theta_0 - 0 = \theta_0$$

$$\ell_0 - b = \alpha \cdot \ell_0 \cdot \theta_0$$

$$-b = \alpha \cdot \ell_0 \cdot \theta_0 - \ell_0$$

$$b = \ell_0 - \alpha \cdot \ell_0 \cdot \theta_0$$

Resposta: D

Módulo 27 - Dilatação térmica dos líquidos

- 1) Tanto a gasolina como o tanque expandem quando aquecidos. Se houve extravasamento de combustível, o líquido dilatou mais do que o tanque. Assim, a quantidade derramada representa a dilatação aparente sofrida pela gasolina (o tanto a mais de dilatação, em relação à dilatação do tanque, que a gasolina expandiu).

Resposta: 03

- 2) I) FALSA.
Quando aquecemos a gasolina, seu volume aumenta e sua massa permanece constante. Assim, na hora mais quente do dia, encontramos menos massa por litro de gasolina.
- II) VERDADEIRA.
Quando esfriamos a gasolina, seu volume diminui, sem alterar a massa. Assim, na hora de temperatura mais baixa do dia, encontramos mais massa por litro de gasolina.
- III) VERDADEIRA.
Se a gasolina fosse vendida por massa (unidade quilograma) em vez de volume (unidade litro), a temperatura não iria influenciar no resultado da sua compra.

Resposta: E

- 3) O coeficiente de dilatação aparente é dado por:

$$\gamma_{\text{aparente}} = \gamma_{\text{líquido}} - \gamma_{\text{recipiente}}$$

Assim, se

$$\gamma_L = \gamma_R, \text{ temos } \gamma_{\text{ap}} = 0$$

$$\gamma_L > \gamma_R, \text{ temos } \gamma_{\text{ap}} < \gamma_L$$

Resposta: C

- 4) A 20°C faltam 2,0cm³ para que o copo fique totalmente cheio. Assim, a dilatação aparente do líquido deve ser igual a 2,0cm³ para que no final tenhamos o líquido começando a extravasar.

$$\Delta V_{\text{ap}} = V_0 \gamma_{\text{ap}} \Delta \theta$$

$$2,0 = 98,0 \cdot (\gamma_r - \gamma_f) \cdot (\theta - 20,0)$$

$$2,0 = 98,0 (180 \cdot 10^{-6} - 9,00 \cdot 10^{-6}) \cdot (\theta - 20,0)$$

$$2,0 = 98,0 \cdot 171 \cdot 10^{-6} \cdot (\theta - 20,0)$$

$$119,3 = \theta - 20,0$$

$$\theta = 139,3^\circ\text{C} \cong 140^\circ\text{C}$$

Resposta: E

- 5) Se a variação de volume do tanque for desprezível, consideraremos apenas a dilatação volumétrica do líquido.

$$\Delta V = V_0 \gamma \Delta \theta$$

$$\Delta V = 100 \cdot 1,2 \cdot 10^{-3} \cdot (45 - 5) (\ell)$$

$$\Delta V = 4,8\ell$$

Resposta: A

- 6) I) CORRETA.
No intervalo de 10°C a 30°C, o gráfico corresponde, aproximadamente, a um segmento de reta oblíquo. Isso indica que a variação de volume da água, nesse intervalo, é aproximadamente uniforme.

II) CORRETA.

A densidade é calculada pela relação:

$$d = \frac{\text{massa}}{\text{Volume}}$$

No intervalo de 1°C a 4°C o volume da água diminui e a massa permanece constante. Assim, a densidade aumenta.

III) FALSA.

De 20°C para 10°C, o volume da água diminui e a massa permanece constante. Assim, a densidade aumenta nesse intervalo de temperaturas.

Resposta: D

- 7) 1) O posto compra e revende 20 000ℓ de álcool por dia, em uma semana:
 $V_0 = 7 \cdot 20\,000 (\ell)$
 $V_0 = 140\,000 \ell$

2) Aquecendo-se esse álcool, haverá uma dilatação volumétrica dada por:

$$\Delta V = V_0 \gamma \Delta \theta$$

$$\Delta V = 140\,000 \cdot 1 \cdot 10^{-3} \cdot (35 - 5) (\ell)$$

$$\Delta V = 4200 \ell$$

Atenção para o fato de que esse volume de 4200 ℓ não foi comprado. Assim, esse volume "adicional" corresponde ao lucro do posto de gasolina em razão da dilatação térmica.

Portanto: $x = 4200 \cdot 1,60$

$$x = \text{R\$ } 6720,00$$

Resposta: D

8 Resposta: C

9 No horário mais frio do dia, o combustível fica mais denso, com mais massa por unidade de volume e o rendimento aumenta.

Resposta: A

Módulo 28 – Evidências termodinâmicas da evolução do Universo

1 Usando a lei de Wien para a radiação emitida pelo Sol e para a radiação cósmica de fundo, vem:

$$(\lambda_{\text{máx.}} T)_{\text{Sol}} = (\lambda_{\text{máx.}} T)_{\text{RCF}}$$

$$5000 \cdot 6000 = \lambda_{\text{máx.}} \cdot 3$$

$$\lambda_{\text{máx.}} = 1,0 \cdot 10^7 \text{Å} = 1,0 \cdot 10^7 \cdot 10^{-10} \text{m}$$

$$\lambda_{\text{máx.}} = 1,0 \cdot 10^{-3} \text{m} = 1,0 \text{mm}$$

2 Resposta: E

3 (1) As massas do elétron e do pósitron são transformadas em energia na forma de radiação eletromagnética de acordo com a Equação de Einstein:

$$E = m_{\text{total}} c^2$$

(2) Dados:

$$m_{\text{elétron}} = 9 \cdot 10^{-31} \text{kg}$$

$$h = 7 \cdot 10^{-34} \text{J} \cdot \text{s}$$

$$E = m c^2$$

$$2hf = 2m_e c^2$$

$$f = \frac{m_e c^2}{h} = \frac{9 \cdot 10^{-31} \cdot 9 \cdot 10^{16}}{7 \cdot 10^{-34}} \text{Hz}$$

$$f = 12 \cdot 10^{19} \text{Hz}$$

$$f = 1,2 \cdot 10^{20} \text{Hz}$$

(4) $E = m c^2$

$$m = 2 \cdot 1,7 \cdot 10^{-17} \text{kg} = 3,4 \cdot 10^{-17} \text{kg}$$

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

$$E = 3,4 \cdot 10^{-17} \cdot 9,0 \cdot 10^{16} \text{(J)}$$

$$E = 30,6 \cdot 10^{-11} \text{J}$$

$$E \cong 3,1 \cdot 10^{-10} \text{J}$$

Resposta: $3,1 \cdot 10^{-10} \text{J}$

4 $E = m c^2$

$$E = 1,7 \cdot 10^{-27} (3,0 \cdot 10^8)^2$$

$$E = 1,7 \cdot 10^{-27} \cdot 9,0 \cdot 10^{16}$$

$$E = 15,3 \cdot 10^{-11} \text{J}$$

$$E = 1,53 \cdot 10^{-10} \text{J} \text{ (energia do próton)}$$

$$E_{\text{TOTAL}} = 2E \text{ (próton e antipróton)}$$

$$E_{\text{TOTAL}} = 2,56 \cdot 10^{-10} \text{J}$$

5 Resposta: D

$$6 \quad f = \frac{v}{\lambda} = \frac{3,0 \cdot 10^8}{1,0 \cdot 10^{-3}}$$

$$f = 3,0 \cdot 10^{11} \text{Hz}$$

Resposta: A

7 Resposta: A

8 • Volume do Universo:

$$\frac{4}{3} \pi R^3 = \frac{4}{3} \cdot 3 \cdot (10^{26})^3 = 4,0 \cdot 10^{78} \text{m}^3$$

$$\text{OG} = 10^{79} \text{m}^3$$

• Densidade do Universo:

$$\frac{10^{54} \text{kg}}{10^{79} \text{m}^3} = 10^{-25} \text{kg/m}^3$$

• Temperatura: $2,7 - 273 = -270,3^\circ \text{C}$

• Período da radiação cósmica de fundo:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{\frac{v}{\lambda}} = \frac{\lambda}{v} = \frac{1,0 \cdot 10^{-3}}{3,0 \cdot 10^8} = 0,33 \cdot 10^{-11} \text{s} = 3,3 \cdot 10^{-12} \text{s}$$

• Energia do Fóton

$$hf = h \cdot \frac{v}{\lambda} = (6,6 \cdot 10^{-34} \text{J} \cdot \text{s}) \cdot \left(\frac{3,0 \cdot 10^8 \text{m/s}}{1,0 \cdot 10^{-3} \text{m}} \right)$$

$$hf = 19,8 \cdot 10^{-23} \text{J} = 1,98 \cdot 10^{-22} \text{J}$$

Resposta: E

FRENTE 2

Módulo 23 - Interferência de ondas - Tipos

- 1 No instante retratado na figura 2, está ocorrendo interferência construtiva entre a parte anterior do pulso, já refletida na parede com inversão de fase, e a parte posterior, ainda em processo de incidência, propagando-se para a direita.

(I) A distância percorrida pela frente de onda até o instante da superposição é d , dada por:

$$d = 50 + 10 \text{ (cm)} \Rightarrow d = 60 \text{ cm}$$

$$(II) V = \frac{d}{\Delta t} \Rightarrow 1,0 \cdot 10^4 = \frac{60}{\Delta t}$$

$$\Delta t = 6,0 \cdot 10^{-3} \text{ s}$$

Resposta: $6,0 \cdot 10^{-3} \text{ s}$

- 2 Resposta: B

Módulo 24 - Interferência de ondas: diferença de percursos

- 1 As fontes sonoras A e B e o ponto P estão alinhados (contidos na mesma reta). Como as fontes operam em fase e não há reflexões com inversão de fase, as características da interferência em P dependerão apenas da diferença de percursos (Δx) entre as ondas provenientes de A e de B .

$$\Delta x = \Delta P - BP$$

$$\Delta x = \sqrt{6^2 + 8^2} - \sqrt{3^2 + 4^2} \text{ (m)}$$

$$\Delta x = 10 - 5 \text{ (m)} \Rightarrow \Delta x = 5 \text{ m}$$

a) Condição de *Interferência Construtiva*:

$$\Delta x = p \frac{\lambda}{2} \quad (p = 2, 4, 6 \dots)$$

$$\Delta x = p \frac{V}{2f} \Rightarrow f = \frac{pV}{2\Delta x}$$

$$f_{\min} = \frac{2 \cdot 340}{2 \cdot 5} \text{ (Hz)} \Rightarrow f_{\min} = 68 \text{ Hz}$$

b) Condição de *Interferência Destrutiva*:

$$\Delta x = i \frac{\lambda}{2} \quad (i = 1, 3, 5 \dots)$$

$$\Delta x = i \frac{V}{2f} \Rightarrow f = \frac{iV}{2\Delta x}$$

$$f_{\min} = \frac{1 \cdot 340}{2 \cdot 5} \text{ (Hz)} \Rightarrow f_{\min} = 34 \text{ Hz}$$

Respostas: a) 68Hz b) 34Hz

- 2 a) A intensidade da velocidade da onda no interior do benzeno é calculada por:

$$n = \frac{c}{V} \Rightarrow 1,5 = \frac{3,0 \cdot 10^8}{V}$$

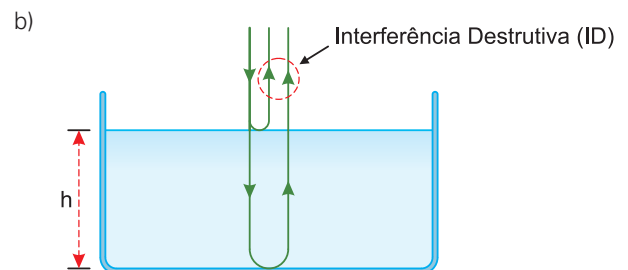
$$V = 2,0 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

Aplicando a Equação Fundamental da Ondulatória, determinamos o comprimento de onda da onda do satélite no interior do benzeno.

$$V = \lambda f \Rightarrow 2,0 \cdot 10^8 = \lambda \cdot 100 \cdot 10^6$$

$$\lambda = 2,0 \text{ m}$$

É importante notar que, mesmo sofrendo sucessivas refrações, a onda mantém inalterada sua frequência de 100MHz.



Condição de ID:

$$\Delta y = i \frac{\lambda}{2} \quad (i = 1, 3, 5 \dots)$$

Mas, $\Delta y = 2h$, logo:

$$2h = i \frac{\lambda}{2} \Rightarrow h = \frac{2,0}{4} i \text{ (m)}$$

Assim: $h = i \cdot 0,50 \text{ (m)}$ ($i = 1, 3, 5 \dots$)

Os três menores valores de h correspondem aos três menores valores de i ($i = 1, i = 3$ e $i = 5$).

Logo:

Para $i = 1$: $h = 1 \cdot 0,50 \text{ m} \Rightarrow h = 0,50 \text{ m}$

Para $i = 3$: $h = 3 \cdot 0,50 \text{ m} \Rightarrow h = 1,5 \text{ m}$

Para $i = 5$: $h = 5,0,50\text{m} \Rightarrow \boxed{h = 2,5\text{m}}$

Respostas: a) $2,0 \cdot 10^8\text{m/s}$ e $2,0\text{m}$
b) $0,50\text{m}$; $1,5\text{m}$ e $2,5\text{m}$

Módulo 25 – Batimento, ressonância, polarização e difração

- 1 As ondas (1) e (2), ao se propagarem no mesmo meio, sofrem interferência, que, em determinados instantes, é construtiva e em outros, é destrutiva.

Nas figuras a) e b) abaixo, representamos a superposição das ondas (1) e (2), bem como a onda resultante dessa superposição.

Deve-se notar que f_1 é ligeiramente maior que f_2 .

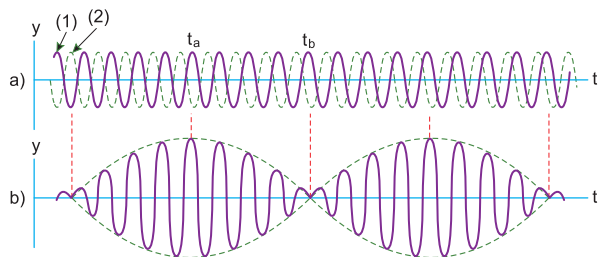


figura a): superposição das ondas (1) e (2).

No instante t_a , ocorre um batimento (instante de interferência construtiva) e no instante t_b , um anulamento (instante de interferência destrutiva).

figura b): onda resultante.

- (I) Amplitude máxima da onda resultante:

Nos instantes em que a interferência é construtiva (superposição de dois ventres ou de dois vales), tem-se:

$$A_{\text{máx}} = A + A \Rightarrow \boxed{A_{\text{máx}} = 2A}$$

- (II) Frequência da onda resultante:

É dada pela média aritmética das frequências f_1 e f_2 .

$$\boxed{f_R = \frac{f_1 + f_2}{2}}$$

- (III) Frequência do batimento:

É dada pela diferença entre as frequências f_1 e f_2 .

$$\boxed{f_B = f_1 - f_2}$$

Resposta: C

- 2 a) O fenômeno físico que fundamenta o citado processo de afinação do violão é a *ressonância*.

- b) O som fundamental emitido pela corda 5, pressionada entre o quarto e o quinto trastes, tem frequência igual à frequência natural de vibração da corda 4. Esta corda recebe pelo ar impulsos provenientes da corda 5 e, no momento em que a afinação está completada, vibra com amplitude máxima.

- 3 A lata pintada de preto absorve mais a energia da radiação eletromagnética e esquenta mais.

Resposta: B

- 4 A energia radiante associada às ondas eletromagnéticas é absorvida pelas latas provocando seu aquecimento. Com o aumento de temperatura a taxa de emissão de energia radiante aumenta; quando a taxa de emissão igualar a de absorção, a temperatura passará a ser constante.

Resposta: D

Módulo 26 – Batimento, ressonância, polarização e difração

- 1 (1) ERRADO.

$$f = \frac{n}{\Delta t} = \frac{1 \text{ oscilação}}{2\text{s}}$$

$$\boxed{f = 0,5\text{Hz}}$$

- (2) CORRETO.

Para $p = 0,4\text{m}$, do gráfico, obtém-se:

$$V = 0,8\text{m/s.}$$

$$V = \lambda f \Rightarrow 0,8 = \lambda \cdot 0,5$$

$$\boxed{\lambda = 1,6\text{m}}$$

- (3) ERRADO. A redução de profundidade da água acarreta redução na velocidade de propagação da onda (vide gráfico) com conseqüente redução no comprimento de onda.

$$V = \lambda f, \text{ com } f = \text{constante}$$

Logo, à medida que as ondas se aproximam da margem do lago, a distância entre duas cristas consecutivas diminui.

- (4) CORRETO. Isto ocorre porque a onda se propaga em todas as direções no caso citado, com velocidades de igual intensidade.

- (5) CORRETO.

$$V = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{5\text{m}}{5\text{s}} \Rightarrow V = 1\text{m/s}$$

Do gráfico, para $V = 1\text{m/s}$, obtém-se $p > 0,6\text{m}$.

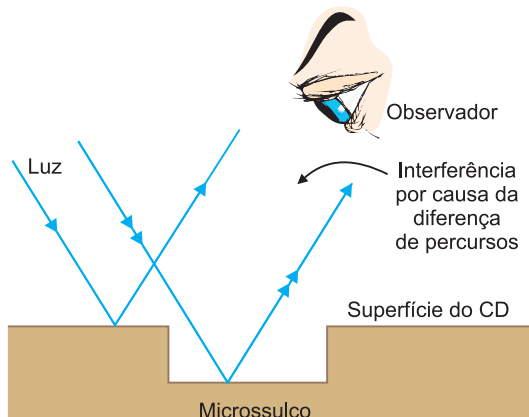
- 2 (I) ERRADA.
Luz polarizada implica vibração num único plano, nunca em planos perpendiculares.

(II) CORRETA.
Pode-se demonstrar que a distância (Δy) entre franjas consecutivas verificadas na Experiência de Young é *diretamente proporcional* ao comprimento de onda λ da luz utilizada.

Como $\lambda_{\text{vermelha}} > \lambda_{\text{azul}}$

$$\Delta y_{\text{vermelho}} > \Delta y_{\text{azul}}$$

(III) CORRETA.
Algumas cores do espectro são vistas reforçadas devido ao fato de ocorrer *interferência construtiva* por diferença de percursos entre a luz refletida na superfície do CD e a luz refletida nos microsulcos existentes no mesmo.



Resposta: C

Módulo 27 - Ondas estacionárias

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

$$f = \frac{V}{\lambda} = \frac{3,0}{1,0} \Rightarrow \mathbf{f = 3,0\text{Hz}}$$

2 a) $f = \frac{V}{\lambda} = \frac{2,0}{2 \cdot 0,04} = \frac{2,0}{0,08} \text{ (Hz)}$

$$\mathbf{f = 25\text{Hz}}$$

b) Em cada oscilação, a corda torna-se retilínea duas vezes. Assim para $f = 25\text{Hz}$, ela fica 50 vezes retilínea por segundo.

3 Da figura: $\frac{3\lambda}{4} = 6,0\text{(m)}$

$$\therefore \lambda = 8,0\text{m}$$

Resposta: E

4 Resposta: E

Módulo 28 - Cordas sonoras

1 a) ERRADA.

$$V = \sqrt{\frac{F}{\rho}}$$

$\rho_{\text{bordão}} > \rho_{\text{prima}}$ logo:

$$\mathbf{V_{\text{bordão}} < V_{\text{prima}}}$$

b) ERRADA.

$$f_{\text{corda}} = f_{\text{som}}$$

c) CORRETA.

$$\begin{cases} V_{\text{som}} = \lambda_{\text{som}} f_{\text{som}} \\ V_{\text{corda}} = \lambda_{\text{corda}} f_{\text{corda}} \end{cases}$$

Como $V_{\text{som}} \neq V_{\text{corda}}$ e $f_{\text{som}} = f_{\text{corda}}$, então:

$$\mathbf{\lambda_{\text{som}} \neq \lambda_{\text{corda}}}$$

d) ERRADA.

$$\mathbf{\lambda_{\text{prisma}} = \lambda_{\text{bordão}} = 2L}$$

$L =$ comprimento das cordas do violão.

e) ERRADA.

Resposta: C

2 A frequência fundamental (f) associada a uma corda vibrante é dada por:

$$f = \frac{V}{2L} \quad (V = \text{velocidade dos pulsos ao longo da corda e } L = \text{comprimento vibratório}).$$

(I) Corda *si* presa no 5º trasto emitindo a nota *mi*:

$$1308 = \frac{V}{2\ell} \Rightarrow \frac{V}{2} = 1308 \ell \quad (1)$$

(II) Corda si solta emitindo a nota si:

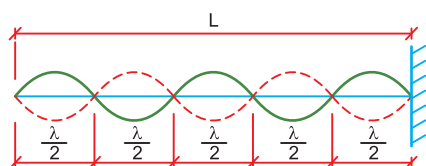
$$981 = \frac{V}{2L} \Rightarrow \frac{V}{2} = 981 L \quad (2)$$

(III) Comparando-se (1) e (2), vem:

$$1308\ell = 981 L \Rightarrow \ell = \frac{3}{4} L$$

Resposta: C

3



Da figura: $L = 5 \frac{\lambda}{2}$

Logo: $\frac{L}{\lambda} = \frac{5}{2}$

Resposta: A

4

(I) $3 \frac{\lambda}{2} = 60 \text{ cm} \Rightarrow \lambda = 40 \text{ cm} = 0,40 \text{ m}$

(II) $V = \lambda f \Rightarrow V = 0,40 \cdot 100 \text{ (m/s)}$

$$V = 40 \text{ m/s}$$

Resposta: D