





INSTITUTO DE FÍSICA  
Universidade Federal Fluminense

Física Geral e Experimental III & XIX  
2ª prova – 30/05/2015  
A

NOME:

TURMA:

MATRÍCULA:

PROF. :

NOTA:

**Importante: Assine a primeira página do cartão de questões e a folha do cartão de respostas.**

Leia os enunciados com atenção.

Analise sua resposta. Ela faz sentido? Isso poderá ajudá-lo a encontrar erros.

A não ser que seja instruído diferentemente, assinale uma das alternativas das questões.

Nas questões com caráter numérico assinale a resposta mais próxima da obtida por você.

Marque as respostas das questões no CARTÃO RESPOSTA.

1- Uma máquina térmica

(A) converte calor de entrada em uma quantidade equivalente de trabalho

(B) converte trabalho em uma quantidade equivalente de calor

(C) recebe calor, realiza trabalho, e perde calor

(D) utiliza trabalho para transferir calor de um reservatório a baixa temperatura para outro reservatório a alta temperatura.

(E) em um ciclo produz trabalho equivalente ao calor rejeitado ao reservatório frio.

**Questões 2 a 4:** Considere 4 pontos no diagrama  $p \times V$  com as seguintes pressões e volumes. Ponto A:  $(2P_0, V_0)$ ; Ponto B:  $(2P_0, 2V_0)$ ; Ponto C:  $(P_0, 2V_0)$ ; Ponto D:  $(P_0, V_0)$ . Considere que  $n$  mols de um gás ideal sejam colocados para realizar os seguintes ciclos:

Ciclo Z1: o gás passa por uma expansão isobárica do ponto A até o ponto B, e depois por um processo isocórico do ponto B para o ponto C. Em seguida, é comprimido isobaricamente do ponto C para o ponto D e finalmente retorna isocoricamente ao ponto A.

Ciclo Z2: o gás passa por uma expansão isobárica do ponto A até o ponto B, e depois por um processo isocórico do ponto B para o ponto C. Finalmente, o gás é comprimido isotermicamente do ponto C para o ponto A.

2- Com relação a estes dois ciclos Z1 e Z2, podemos afirmar que

(A) Ambos podem representar o funcionamento de uma máquina térmica

(B) Ambos podem representar o funcionamento de um refrigerador

(C) O ciclo Z1 pode representar uma máquina térmica e o ciclo Z2 um refrigerador

(D) O ciclo Z1 pode representar um refrigerador e o ciclo Z2 uma máquina térmica

(E) No ciclo Z2 seria possível trocar o processo isotérmico  $C \rightarrow A$  por um processo adiabático.

3- Ainda com relação aos ciclos, assinale a opção CORRETA:

(A) No ciclo Z1, o calor trocado no trecho  $B \rightarrow C$  é positivo

(B) No ciclo Z2, o calor trocado no trecho  $C \rightarrow A$  é negativo

(C) No ciclo Z2, a variação de energia térmica no trecho  $C \rightarrow A$  é negativa

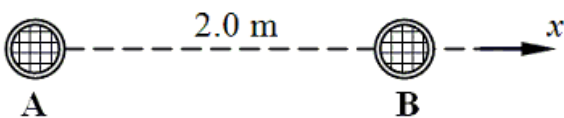
(D) No ciclo Z2, o trabalho realizado pelo sistema no trecho  $A \rightarrow B$  é negativo e no trecho  $C \rightarrow A$  é positivo

(E) No ciclo Z1, a energia térmica diminui no trecho  $D \rightarrow A$

4- Ainda considerando os ciclos Z1 e Z2, assinale a opção CORRETA:

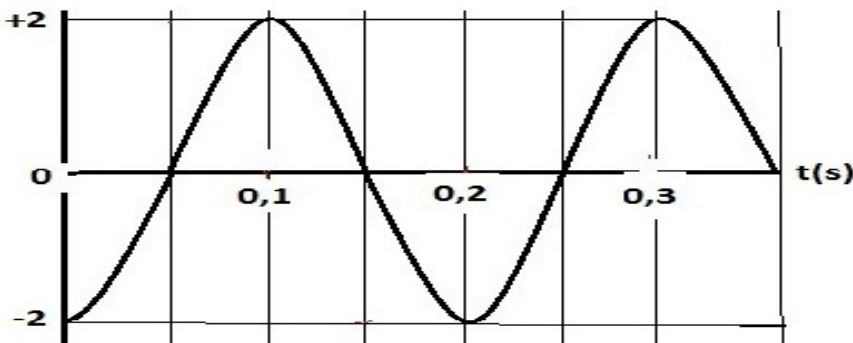
- (A) O rendimento tanto do ciclo Z1 quanto do ciclo Z2 depende do número de mols  $n$  do gás
- (B) O rendimento tanto do ciclo Z1 quanto do ciclo Z2 não dependem do tipo de gás (monoatômico ou diatômico)
- (C) O rendimento tanto do ciclo Z1 quanto do ciclo Z2 dependem dos valores  $P_0$  e  $V_0$
- (D) Independente do tipo de gás (monoatômico ou diatômico), o rendimento de Z1 é maior que a de Z2.**
- (E) Independente do tipo de gás (monoatômico ou diatômico), o rendimento de Z1 é menor que a de Z2.

5- Dois alto-falantes A e B estão localizados no eixo  $x$  como mostra a figura abaixo. Eles estão separados por uma distância de 2,0 m. Cada alto-falante emite ondas sonoras em sentidos opostos, A no sentido  $+x$  e B no sentido  $-x$ , com frequências iguais a 680 Hz, e as fontes estão fora de fase em  $\pi$  rad. A velocidade do som é 340 m/s. A que distância do alto-falante A ocorrerá o primeiro ponto de interferência construtiva?



- (A) 0,25 m
- (B) 0,30 m
- (C) 0,46 m
- (D) 0,88 m**
- (E) 0,98 m

6- O gráfico-história de uma onda senoidal que se desloca na direção positiva do eixo  $x$  a 4m/s, é mostrado na figura abaixo. A equação de deslocamento  $D(x,t)$  dessa onda é:



- (A)  $D(x,t) = 2\text{sen}(2,5\pi x - 10\pi t - \pi/2)$**
- (B)  $D(x,t) = 2\text{sen}(2,0\pi x + 10\pi t - \pi)$
- (C)  $D(x,t) = 2\text{sen}(1,5\pi x - 10\pi t - \pi/2)$
- (D)  $D(x,t) = 2\text{sen}(0,5\pi x + 10\pi t - 3\pi/2)$
- (E)  $D(x,t) = 2\text{sen}(2,5\pi x - 10\pi t - \pi)$

7- Um tubo aberto-fechado produz um som que tem frequência fundamental de 350 Hz. Se você abrir a parte fechada do tubo, qual será o novo valor da frequência fundamental?

- (A) 87.5 Hz
- (B) 175 Hz
- (C) 350 Hz
- (D) 700 Hz
- (E) 1400 Hz

8- Uma corda de guitarra é fixada nas duas extremidades. Se você apertar a corda para aumentar a sua tensão,

- (A) as frequências dos modos normais irão aumentar e os comprimentos de onda associados não serão afetados
- (B) o comprimento de onda aumenta e a frequência dos modos normais não é alterada
- (C) as frequências dos modos normais irão aumentar e os comprimentos de onda associados irão diminuir
- (D) ambos, comprimento de onda e frequência, irão aumentar
- (E) ambos, comprimento de onda e frequência, não serão alterados

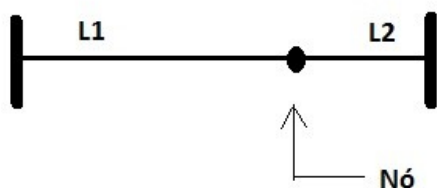
9- Em um tubo de ressonância que é aberto numa extremidade e fechado na outra extremidade, há

- (A) nodos de deslocamento em cada extremidade
- (B) antinodos de deslocamento em cada extremidade
- (C) um nodo de deslocamento na extremidade aberta e um antinodo de pressão na extremidade fechada
- (D) um antinodo de deslocamento na extremidade aberta e um nodo de pressão na extremidade fechada
- (E) um nodo de deslocamento na extremidade fechada e um nodo de pressão na extremidade aberta

10- Assinale a opção CORRETA:

- (A) um refrigerador é um dispositivo que transfere calor espontaneamente de um reservatório frio para um quente
- (B) um refrigerador pode operar em um ciclo aberto
- (C) um refrigerador opera em ciclo fechado, admite calor de um reservatório frio através da realização de trabalho e transfere parte deste calor ao reservatório quente
- (D) um refrigerador opera em ciclo fechado, admite calor de um reservatório frio e o transfere integralmente ao reservatório quente
- (E) um refrigerador trabalha retirando calor de um reservatório frio, fornecendo trabalho útil e rejeitando calor no reservatório quente

11- Duas cordas foram amarradas uma na outra com um nó e depois esticadas entre 2 suportes rígidos, conforme a figura abaixo. As cordas têm densidades lineares  $\mu_1 = \mu$  e  $\mu_2 = 4\mu$ . Seus comprimentos são  $L_1 = L$  e  $L_2 = L/2$ . A tensão é a mesma em ambas as cordas e vale  $T$ . Simultaneamente, um pulso é enviado a partir da extremidade rígida de cada corda em direção ao nó. O tempo para cada pulso chegar ao nó será:



(A)  $t_1 = t_2 = L(\mu/T)^{1/2}$

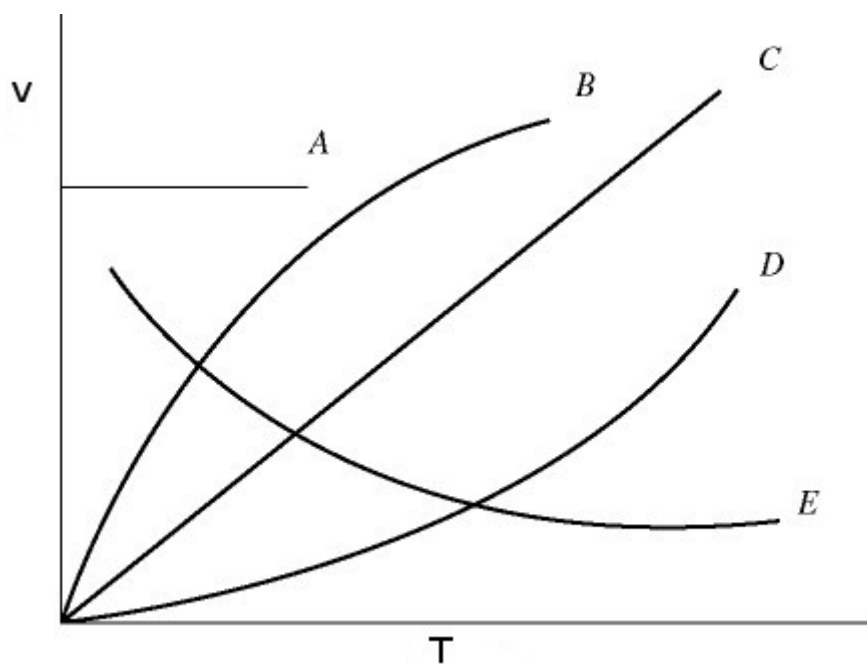
(B)  $t_1 = L(\mu/T)^{1/2}$  e  $t_2 = 2L(\mu/T)^{1/2}$

(C)  $t_1 = 2L(\mu/T)^{1/2}$  e  $t_2 = L(\mu/T)^{1/2}$

(D)  $t_1 = 2L(\mu/T)^{1/2}$  e  $t_2 = 2L(\mu/T)^{1/2}$

(E) não é possível determinar os tempos sem conhecer a frequência das ondas nas cordas

12- Na figura abaixo, qual é a curva que melhor representa o comportamento da velocidade  $v$  da onda em uma corda com a tensão  $T$  na corda?



(A) A

(B) B

(C) C

(D) D

(E) E

13- A intensidade de uma onda sonora A é 100 vezes a intensidade de outra onda sonora B. Com relação ao nível de intensidade, o da onda B em comparação com o da onda A é

- (A) 2 dB maior
- (B) 10 dB maior
- (C) 20 dB maior
- (D) 100 dB maior
- (E) 1000 dB maior

14- Ondas estacionárias são produzidas pela interferência de duas ondas progressivas senoidais, cada uma com frequência 100 Hz. A distância do segundo nodo para o quinto nodo é de 60 cm. O comprimento de onda e a velocidade das duas ondas originais são, respectivamente,

- (A) 40 cm e 20 m/s
- (B) 40 cm e 40 m/s
- (C) 20 cm e 40 m/s
- (D) 20 cm e 20 m/s
- (E) 60 cm e 60 m/s

15- Um dado ponto em uma corda por onde passa uma onda senoidal apresenta maior velocidade quando

- (A) o módulo da aceleração é máximo
- (B) o módulo do deslocamento é máximo
- (C) o módulo do deslocamento é mínimo
- (D) o módulo do deslocamento é metade da amplitude
- (E) o módulo do deslocamento é um quarto da amplitude

# Cartão Resposta

|           |  |
|-----------|--|
| Nome      |  |
| Matrícula |  |

|    |                                                                                                               |    |                                                                                                               |
|----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    | A B C D E                                                                                                     |    | A B C D E                                                                                                     |
| 1  | <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> | 11 | <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> |
| 2  | <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> | 12 | <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> |
| 3  | <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> | 13 | <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> |
| 4  | <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> | 14 | <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> |
| 5  | <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> | 15 | <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> |
| 6  | <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> | 16 | <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> |
| 7  | <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> | 17 | <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> |
| 8  | <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> | 18 | <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> |
| 9  | <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> | 19 | <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> |
| 10 | <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> | 20 | <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> |

Get this form and more at: **ZipGrade.com**  **Form 23**

Copyright 2013 ZipGrade LLC. This work is available under Creative Commons Attribution ShareAlike 3.0 license.

$$P + \frac{1}{2} \rho v^2 + \rho g y = cte \quad \frac{dV}{dt} = vA = cte \quad \frac{F}{A} = Y \frac{\Delta L}{L} \quad \frac{F}{A} = P = -B \frac{\Delta V}{V} \quad C_p C_v + R$$

$$\gamma = \frac{C_p}{C_v} \quad Q = mc\Delta T = nC\Delta T \quad n = \frac{N}{N_A} = \frac{m}{m_{molar}} \quad P_{ad} V_{ad}^\gamma = cte$$

$$PV = nRT = Nk_B T = \frac{N}{3} m v_{rms}^2 \quad W_{isoterm}^{peio} = nRT \ln \left( \frac{V_f}{V_i} \right) \quad \Delta E_{term} = Q - W^{peio} = Q - \int P dV$$

$$\frac{Q}{\Delta t} = e\sigma AT^4$$

$$\eta = \frac{W_{saída}}{Q_Q} = 1 - \frac{Q_F}{Q_Q} \quad K_{refrig} = \frac{Q_F}{W_{entra}} \quad \varepsilon_{med-trans} = \frac{3}{2} k_B T \quad \varepsilon_{med-total} = \frac{g}{2} k_B T \quad \eta_{Carnot} = 1 - \frac{T_F}{T_Q}$$

$$1 atm = 101,3 kPa \quad \sigma = 5,67 \times 10^{-8} W/m^2 K^4 \quad k_B = 1,38 \times 10^{-23} J/K \quad N_A = 6,02 \times 10^{23} mol^{-1}$$

$$T_0 = 0 K = -273,0^\circ C \quad R = 8,31 J/mol \cdot K \quad D(x, t) = A sen(kx \pm wt + \phi_0) \quad v_{som} \approx 340 m/s$$

$$v = \lambda f \quad n = \frac{c}{v} \quad c = 3,0 \times 10^8 m/s \quad \beta = (10 dB) \log_{10} \left( \frac{I}{I_0} \right) \quad \beta_{relativo} = (10 dB) \log_{10} \left( \frac{I_2}{I_1} \right)$$

$$I_0 = 1,0 \times 10^{-12} \frac{W}{m^2} \quad f = \frac{v \pm v_{obs}}{v \mp v_{fon}} f_0 \quad \text{Tubo}_{abert-abert}: L = n \cdot \frac{\lambda}{2}; n = 1, 2, 3, 4, \dots \quad \Delta\varphi = \frac{2\pi\Delta r}{\lambda}$$

$$A sen(kx - wt + \phi_1) + A sen(kx - wt + \phi_2) = 2 A cos\left(\frac{\phi_2 - \phi_1}{2}\right) \times sen\left(kx - wt + \frac{\phi_1 + \phi_2}{2}\right)$$

$$A sen(kx - wt + \phi_1) + A sen(kx + wt + \phi_2) = 2 A cos\left(wt + \frac{\phi_2 - \phi_1}{2}\right) \times sen\left(kx + \frac{\phi_1 + \phi_2}{2}\right)$$

$$A sen(k_1 x - w_1 t) + A sen(k_2 x - w_2 t) = 2 A cos\left(\frac{k_1 - k_2}{2} x - \frac{w_1 - w_2}{2} t\right) \times sen\left(\frac{k_1 + k_2}{2} x - \frac{w_1 + w_2}{2} t\right)$$

$$\text{Máx. de interferência: } d sen(\theta_n) = n\lambda, m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots \quad \text{Mín. de difração: } a sen(\theta_n) = n\lambda, m = \pm 1, \pm 2, \dots$$

$$\text{Mín. difração circular: } \theta_1 = \frac{1,22 \lambda}{D} \quad n_1 sen(\theta_1) = n_2 sen(\theta_2)$$

$$v = \lambda f = \frac{c}{n} = \frac{\lambda_0 f}{n} \quad v = \omega r \quad I = \frac{P}{4\pi r^2}$$

---



INSTITUTO DE FÍSICA  
Universidade Federal Fluminense

Física Geral e Experimental III & XIX  
2ª prova – 30/05/2015  
B

NOME:

TURMA:

MATRÍCULA:

PROF. :

NOTA:

**Importante: Assine a primeira página do cartão de questões e a folha do cartão de respostas.**

Leia os enunciados com atenção.

Analise sua resposta. Ela faz sentido? Isso poderá ajudá-lo a encontrar erros.

A não ser que seja instruído diferentemente, assinale uma das alternativas das questões;

Nas questões com caráter numérico assinale a resposta mais próxima da obtida por você.

Marque as respostas das questões no CARTÃO RESPOSTA.

1- Uma máquina térmica

(A) utiliza trabalho para transferir calor de um reservatório a baixa temperatura para outro reservatório a alta temperatura.

(B) converte calor de entrada em um quantidade equivalente de trabalho

(C) em um ciclo produz trabalho equivalente ao calor rejeitado ao reservatório frio.

(D) recebe calor, realiza trabalho, e perde calor

(E) converte trabalho em uma quantidade equivalente de calor

**Questões 2 a 4:** Considere 4 pontos no diagrama  $p \times V$  com as seguintes pressões e volumes. Ponto A:  $(2P_0, V_0)$ ; Ponto B:  $(2P_0, 2V_0)$ ; Ponto C:  $(P_0, 2V_0)$ ; Ponto D:  $(P_0, V_0)$ . Considere que  $n$  mols de um gás ideal sejam colocados para realizar os seguintes ciclos:

Ciclo Z1: o gás passa por uma expansão isobárica do ponto A até o ponto B, e depois por um processo isocórico do ponto B para o ponto C. Em seguida, é comprimido isobaricamente do ponto C para o ponto D e finalmente retorna isocoricamente ao ponto A.

Ciclo Z2: o gás passa por uma expansão isobárica do ponto A até o ponto B, e depois por um processo isocórico do ponto B para o ponto C. Finalmente, o gás é comprimido isotermicamente do ponto C para o ponto A.

2- Com relação a estes dois ciclos Z1 e Z2, podemos afirmar que

(A) O ciclo Z1 pode representar uma máquina térmica e o ciclo Z2 um refrigerador

(B) Ambos podem representar o funcionamento de uma máquina térmica

(C) Ambos podem representar o funcionamento de um refrigerador

(D) No ciclo Z2 seria possível trocar o processo isotérmico  $C \rightarrow A$  por um processo adiabático.

(E) O ciclo Z1 pode representar um refrigerador e o ciclo Z2 uma máquina térmica

3- Ainda com relação aos ciclos, assinale a opção CORRETA:

(A) No ciclo Z2, a variação de energia térmica no trecho  $C \rightarrow A$  é negativa

(B) No ciclo Z2, o trabalho realizado pelo sistema no trecho  $A \rightarrow B$  é negativo e no trecho  $C \rightarrow A$  é positivo

(C) No ciclo Z2, o calor trocado no trecho  $C \rightarrow A$  é negativo

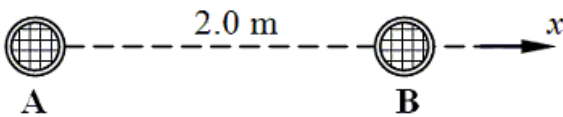
(D) No ciclo Z1, a energia térmica diminui no trecho  $D \rightarrow A$

(E) No ciclo Z1, o calor trocado no trecho  $B \rightarrow C$  é positivo

4- Ainda considerando os ciclos Z1 e Z2, assinale a opção CORRETA:

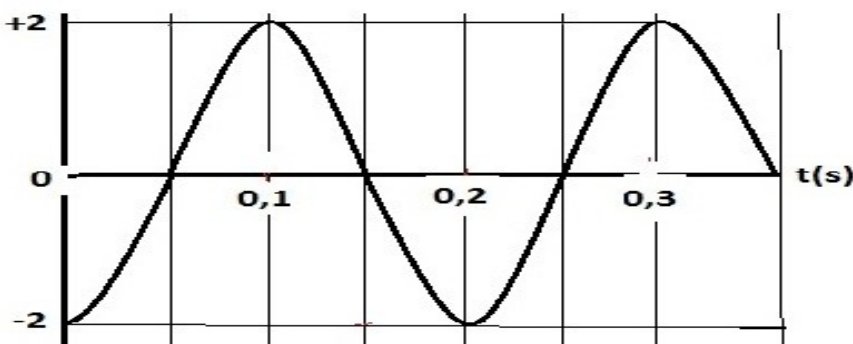
- (A) O rendimento tanto do ciclo Z1 quanto do ciclo Z2 não dependem do tipo de gás (monoatômico ou diatômico)
- (B) O rendimento tanto do ciclo Z1 quanto do ciclo Z2 dependem dos valores  $P_0$  e  $V_0$
- (C) O rendimento tanto do ciclo Z1 quanto do ciclo Z2 depende do número de mols  $n$  do gás
- (D) Independente do tipo de gás (monoatômico ou diatômico), o rendimento de Z1 é menor que o de Z2.
- (E) Independente do tipo de gás (monoatômico ou diatômico), o rendimento de Z1 é maior que o de Z2.

5- Dois alto-falantes A e B estão localizados no eixo  $x$  como mostra a figura abaixo. Eles estão separados por uma distância de 2,0 m. Cada alto-falante emite ondas sonoras em sentidos opostos, A no sentido  $+x$  e B no sentido  $-x$ , com frequências iguais a 680 Hz, e as fontes estão fora de fase em  $\pi$  rad. A velocidade do som é 340 m/s. A que distância do alto-falante A ocorrerá o primeiro ponto de interferência construtiva?



- (A) 0,30 m
- (B) 0,88 m
- (C) 0,25 m
- (D) 0,98 m
- (E) 0,46 m

6- O gráfico-história de uma onda senoidal que se desloca na direção positiva do eixo  $x$  a 4 m/s, é mostrado na figura abaixo. A equação de deslocamento  $D(x,t)$  dessa onda é:



- (A)  $D(x,t) = 2\text{sen}(2,0\pi x + 10\pi t - \pi)$
- (B)  $D(x,t) = 2\text{sen}(1,5\pi x - 10\pi t - \pi/2)$
- (C)  $D(x,t) = 2\text{sen}(2,5\pi x - 10\pi t - \pi/2)$
- (D)  $D(x,t) = 2\text{sen}(2,5\pi x - 10\pi t - \pi)$
- (E)  $D(x,t) = 2\text{sen}(0,5\pi x + 10\pi t - 3\pi/2)$

7- Um tubo aberto-fechado produz um som que tem frequência fundamental de 150 Hz. Se você abrir a parte fechada do tubo, qual será o novo valor da frequência fundamental?

- (A) 300 Hz
- (B) 75 Hz
- (C) 450 Hz
- (D) 150 Hz
- (E) 250 Hz

8- Uma corda de guitarra é fixada nas duas extremidades. Se você apertar a corda para aumentar a sua tensão,

- (A) ambos, comprimento de onda e frequência, irão aumentar
- (B) o comprimento de onda aumenta e a frequência dos modos normais não é alterada
- (C) ambos, comprimento de onda e frequência, não serão alterados
- (D) as frequências dos modos normais irão aumentar e os comprimentos de onda associados não serão afetados
- (E) as frequências dos modos normais irão aumentar e os comprimentos de onda associados irão diminuir

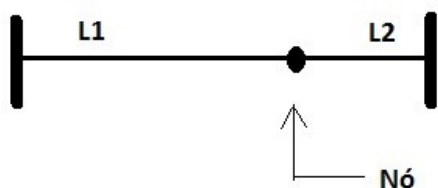
9- Em um tubo de ressonância que é aberto numa extremidade e fechado na outra extremidade, há

- (A) um nodo de deslocamento na extremidade fechada e um nodo de pressão na extremidade aberta
- (B) nodos de deslocamento em cada extremidade
- (C) um antinodo de deslocamento na extremidade aberta e um nodo de pressão na extremidade fechada
- (D) antinodos de deslocamento em cada extremidade
- (E) um nodo de deslocamento na extremidade aberta e um antinodo de pressão na extremidade fechada

10- Assinale a opção CORRETA:

- (A) um refrigerador opera em ciclo fechado, admite calor de um reservatório frio através da realização de trabalho e transfere parte deste calor ao reservatório quente
- (B) um refrigerador trabalha retirando calor de um reservatório frio, fornecendo trabalho útil e rejeitando calor no reservatório quente
- (C) um refrigerador pode operar em um ciclo aberto
- (D) um refrigerador é um dispositivo que transfere calor espontaneamente de um reservatório frio para um quente
- (E) um refrigerador opera em ciclo fechado, admite calor de um reservatório frio e o transfere integralmente ao reservatório quente

11- Duas cordas foram amarradas uma na outra com um nó e depois esticadas entre 2 suportes rígidos, conforme a figura abaixo. As cordas têm densidades lineares  $\mu_1 = \mu$  e  $\mu_2 = 4\mu$ . Seus comprimentos são  $L_1 = L$  e  $L_2 = L/2$ . A tensão é a mesma em ambas as cordas e vale  $T$ . Simultaneamente, um pulso é enviado a partir da extremidade rígida de cada corda em direção ao nó. O tempo para cada pulso chegar ao nó será:



(A)  $t_1 = L(\mu/T)^{1/2}$  e  $t_2 = 2L(\mu/T)^{1/2}$

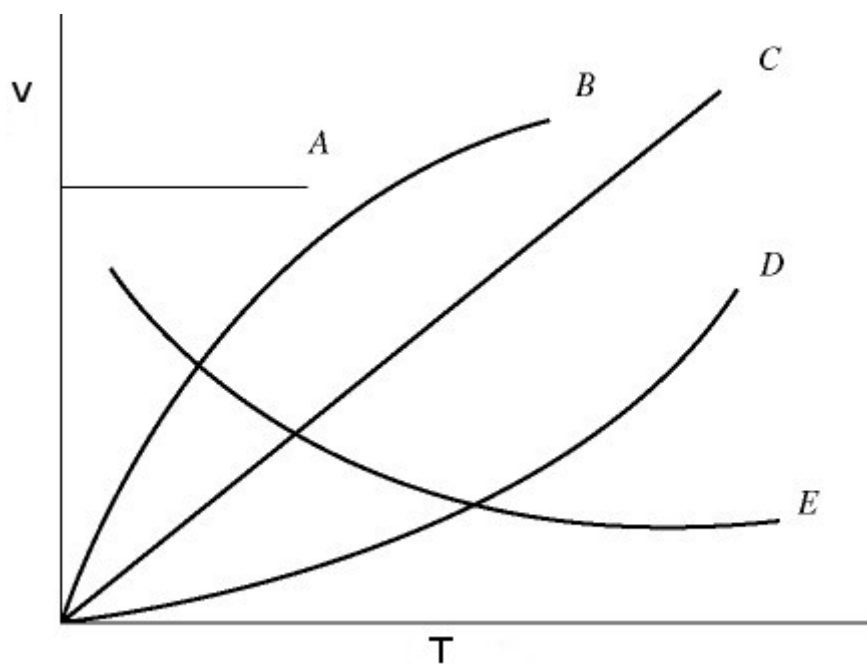
(B) não é possível determinar os tempos sem conhecer a frequência das ondas nas cordas

(C)  $t_1 = t_2 = L(\mu/T)^{1/2}$

(D)  $t_1 = 2L(\mu/T)^{1/2}$  e  $t_2 = L(\mu/T)^{1/2}$

(E)  $t_1 = 2L(\mu/T)^{1/2}$  e  $t_2 = 2L(\mu/T)^{1/2}$

12- Na figura abaixo, qual é a curva que melhor representa o comportamento da velocidade  $v$  da onda em uma corda com a tensão  $T$  na corda?



(A) A

(B) B

(C) C

(D) D

(E) E

13- A intensidade de uma onda sonora A é 100 vezes a intensidade de outra onda sonora B. Com relação ao nível de intensidade, o da onda B em comparação com o da onda A é

- (A) 1000 dB maior
- (B) 2 dB maior
- (C) 100 dB maior
- (D) 10 dB maior
- (E) 20 dB maior

14- Ondas estacionárias são produzidas pela interferência de duas ondas progressivas senoidais, cada uma com frequência 100 Hz. A distância do segundo nodo para o quinto nodo é de 60 cm. O comprimento de onda e a velocidade das duas ondas originais são, respectivamente,

- (A) 60 cm e 60 m/s
- (B) 20 cm e 40 m/s
- (C) 40 cm e 40 m/s
- (D) 40 cm e 20 m/s
- (E) 20 cm e 20 m/s

15- Um dado ponto em uma corda por onde passa uma onda senoidal apresenta maior velocidade quando

- (A) o módulo do deslocamento é um quarto da amplitude
- (B) o módulo da aceleração é máximo
- (C) o módulo do deslocamento é metade da amplitude
- (D) o módulo do deslocamento é máximo
- (E) o módulo do deslocamento é mínimo

Cartão Resposta

|           |  |
|-----------|--|
| Nome      |  |
| Matrícula |  |

|    | A                     | B                     | C                     | D                     | E                     |    | A                     | B                     | C                     | D                     | E                     |
|----|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|----|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 1  | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | 11 | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 2  | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | 12 | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 3  | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | 13 | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 4  | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | 14 | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 5  | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | 15 | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 6  | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | 16 | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 7  | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | 17 | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 8  | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | 18 | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 9  | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | 19 | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 10 | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | 20 | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

Get this form and more at: **ZipGrade.com**  **Form 23**

Copyright 2013 ZipGrade LLC  
This work is available under Creative Commons Attribution ShareAlike 3.0 license.

$$P + \frac{1}{2} \rho v^2 + \rho g y = cte \quad \frac{dV}{dt} = vA = cte \quad \frac{F}{A} = Y \frac{\Delta L}{L} \quad \frac{F}{A} = P = -B \frac{\Delta V}{V} \quad C_p C_v + R$$

$$\gamma = \frac{C_p}{C_v} \quad Q = mc\Delta T = nC\Delta T \quad n = \frac{N}{N_A} = \frac{m}{m_{molar}} \quad P_{ad} V_{ad}^\gamma = cte$$

$$PV = nRT = Nk_B T = \frac{N}{3} m v_{rms}^2 \quad W_{isoterm}^{pele} = nRT \ln \left( \frac{V_f}{V_i} \right) \quad \Delta E_{term} = Q - W^{pele} = Q - \int P dV$$

$$\frac{Q}{\Delta t} = e\sigma AT^4$$

$$\eta = \frac{W_{saída}}{Q_Q} = 1 - \frac{Q_F}{Q_Q} \quad K_{refrig} = \frac{Q_F}{W_{entra}} \quad \epsilon_{med-trans} = \frac{3}{2} k_B T \quad \epsilon_{med-total} = \frac{g}{2} k_B T \quad \eta_{Carnot} = 1 - \frac{T_F}{T_Q}$$

$$1 atm = 101,3 kPa \quad \sigma = 5,67 \times 10^{-8} W/m^2 K^4 \quad k_B = 1,38 \times 10^{-23} J/K \quad N_A = 6,02 \times 10^{23} mol^{-1}$$

$$T_0 = 0 K = -273,0 C \quad R = 8,31 J/mol \cdot K \quad D(x, t) = A sen(kx \pm wt + \phi_0) \quad v_{som} \approx 340 m/s$$

$$v = \lambda f \quad n = \frac{c}{v} \quad c = 3,0 \times 10^8 m/s \quad \beta = (10 dB) \log_{10} \left( \frac{I}{I_0} \right) \quad \beta_{relativo} = (10 dB) \log_{10} \left( \frac{I_2}{I_1} \right)$$

$$I_0 = 1,0 \times 10^{-12} \frac{W}{m^2} \quad f = \frac{v \pm v_{obs}}{v \mp v_{fon}} f_0 \quad \text{Tubo}_{abert-abert}: L = n \cdot \frac{\lambda}{2}; n = 1, 2, 3, 4 \dots \quad \Delta \varphi = \frac{2\pi \Delta r}{\lambda}$$

$$A sen(kx - wt + \phi_1) + A sen(kx - wt + \phi_2) = 2 A cos \left( \frac{\phi_2 - \phi_1}{2} \right) \times sen \left( kx - wt + \frac{\phi_1 + \phi_2}{2} \right)$$

$$A sen(kx - wt + \phi_1) + A sen(kx + wt + \phi_2) = 2 A cos \left( wt + \frac{\phi_2 - \phi_1}{2} \right) \times sen \left( kx + \frac{\phi_1 + \phi_2}{2} \right)$$

$$A sen(k_1 x - w_1 t) + A sen(k_2 x - w_2 t) = 2 A cos \left( \frac{k_1 - k_2}{2} x - \frac{w_1 - w_2}{2} t \right) \times sen \left( \frac{k_1 + k_2}{2} x - \frac{w_1 + w_2}{2} t \right)$$

$$\text{Máx. de interferência: } d sen(\theta_n) = n\lambda, m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots \quad \text{Mín. de difração: } a sen(\theta_n) = n\lambda, m = \pm 1, \pm 2, \dots$$

$$\text{Mín. difração circular: } \theta_1 = \frac{1,22 \lambda}{D} \quad n_1 sen(\theta_1) n_2 sen(\theta_2)$$

$$v = \lambda f = \frac{c}{n} = \frac{\lambda_0 f}{n} \quad v = \omega r \quad I = \frac{P}{4\pi r^2}$$



INSTITUTO DE FÍSICA  
Universidade Federal Fluminense

Física Geral e Experimental III & XIX  
2ª prova – 30/05/2015  
C

NOME:

TURMA:

MATRÍCULA:

PROF. :

NOTA:

**Importante: Assine a primeira página do cartão de questões e a folha do cartão de respostas.**

Leia os enunciados com atenção.

Analise sua resposta. Ela faz sentido? Isso poderá ajudá-lo a encontrar erros.

A não ser que seja instruído diferentemente, assinale uma das alternativas das questões;

Nas questões com caráter numérico assinale a resposta mais próxima da obtida por você.

Marque as respostas das questões no CARTÃO RESPOSTA.

1- Uma máquina térmica

(A) recebe calor, realiza trabalho, e perde calor

(B) utiliza trabalho para transferir calor de um reservatório a baixa temperatura para outro reservatório a alta temperatura.

(C) converte calor de entrada em um quantidade equivalente de trabalho

(D) converte trabalho em uma quantidade equivalente de calor

(E) em um ciclo produz trabalho equivalente ao calor rejeitado ao reservatório frio.

**Questões 2 a 4:** Considere 4 pontos no diagrama  $p \times V$  com as seguintes pressões e volumes. Ponto A:  $(2P_0, V_0)$ ; Ponto B:  $(2P_0, 2V_0)$ ; Ponto C:  $(P_0, 2V_0)$ ; Ponto D:  $(P_0, V_0)$ . Considere que  $n$  mols de um gás ideal sejam colocados para realizar os seguintes ciclos:

Ciclo Z1: o gás passa por uma expansão isobárica do ponto A até o ponto B, e depois por um processo isocórico do ponto B para o ponto C. Em seguida, é comprimido isobaricamente do ponto C para o ponto D e finalmente retorna isocoricamente ao ponto A.

Ciclo Z2: o gás passa por uma expansão isobárica do ponto A até o ponto B, e depois por um processo isocórico do ponto B para o ponto C. Finalmente, o gás é comprimido isotermicamente do ponto C para o ponto A.

2- Com relação a estes dois ciclos Z1 e Z2, podemos afirmar que

(A) O ciclo Z1 pode representar uma refrigerador e o ciclo Z2 uma máquina térmica

(B) Ambos podem representar o funcionamento de um refrigerador

(C) O ciclo Z1 pode representar uma máquina térmica e o ciclo Z2 um refrigerador

(D) Ambos podem representar o funcionamento de uma máquina térmica

(E) No ciclo Z2 seria possível trocar o processo isotérmico  $C \rightarrow A$  por um processo adiabático.

3- Ainda com relação aos ciclos, assinale a opção CORRETA:

(A) No ciclo Z2, o calor trocado no trecho  $C \rightarrow A$  é negativo

(B) No ciclo Z1, o calor trocado no trecho  $B \rightarrow C$  é positivo

(C) No ciclo Z2, a variação de energia térmica no trecho  $C \rightarrow A$  é negativa

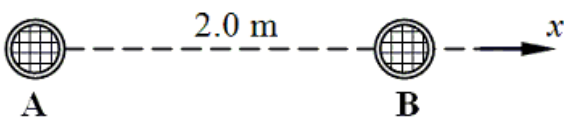
(D) No ciclo Z2, o trabalho realizado pelo sistema no trecho  $A \rightarrow B$  é negativo e no trecho  $C \rightarrow A$  é positivo

(E) No ciclo Z1, a energia térmica diminui no trecho  $D \rightarrow A$

4- Ainda considerando os ciclos Z1 e Z2, assinale a opção CORRETA:

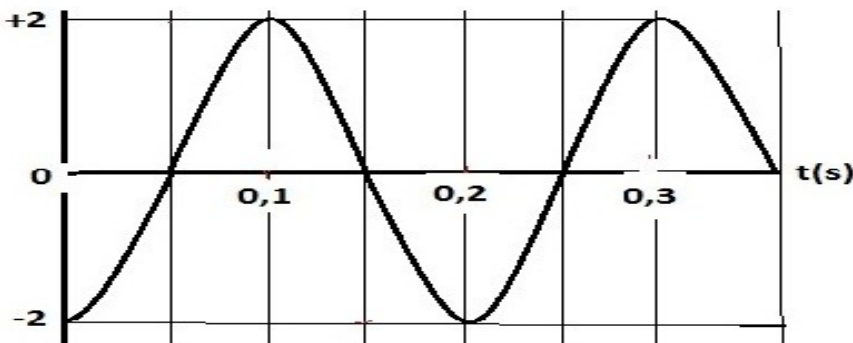
- (A) Independente do tipo de gás (monoatômico ou diatômico), o rendimento de Z1 é menor que a de Z2.
- (B) O rendimento tanto do ciclo Z1 quanto do ciclo Z2 dependem dos valores  $P_0$  e  $V_0$
- (C) Independente do tipo de gás (monoatômico ou diatômico), o rendimento de Z1 é maior que a de Z2.
- (D) O rendimento tanto do ciclo Z1 quanto do ciclo Z2 depende do número de mols  $n$  do gás
- (E) O rendimento tanto do ciclo Z1 quanto do ciclo Z2 não dependem do tipo de gás (monoatômico ou diatômico)

5- Dois alto-falantes A e B estão localizados no eixo  $x$  como mostra a figura abaixo. Eles estão separados por uma distância de 2,0 m. Cada alto-falante emite ondas sonoras em sentidos opostos, A no sentido  $+x$  e B no sentido  $-x$ , com frequências iguais a 680 Hz, e as fontes estão fora de fase em  $\pi$  rad. A velocidade do som é 340 m/s. A que distância do alto-falante A ocorrerá o primeiro ponto de interferência construtiva?



- (A) 0.30 m
- (B) 0.46 m
- (C) 0.25 m
- (D) 0.98 m
- (E) 0.88 m

6- O gráfico-história de uma onda senoidal que se desloca na direção positiva do eixo  $x$  a 4m/s, é mostrado na figura abaixo. A equação de deslocamento  $D(x,t)$  dessa onda é:



- (A)  $D(x,t) = 2\text{sen}(1,5\pi x - 10\pi t - \pi/2)$
- (B)  $D(x,t) = 2\text{sen}(2,5\pi x - 10\pi t - \pi/2)$
- (C)  $D(x,t) = 2\text{sen}(2,5\pi x - 10\pi t - \pi)$
- (D)  $D(x,t) = 2\text{sen}(2,0\pi x + 10\pi t - \pi)$
- (E)  $D(x,t) = 2\text{sen}(0,5\pi x + 10\pi t - 3\pi/2)$

7- Um tubo aberto-fechado produz um som que tem frequência fundamental de 200 Hz. Se você abrir a parte fechada do tubo, qual será o novo valor da frequência fundamental?

- (A) 200 Hz
- (B) 400 Hz
- (C) 100 Hz
- (D) 250 Hz
- (E) 50 Hz

8- Uma corda de guitarra é fixada nas duas extremidades. Se você apertar a corda para aumentar a sua tensão,

- (A) as frequências dos modos normais irão aumentar e os comprimentos de onda associados irão diminuir
- (B) ambos, comprimento de onda e frequência, não serão alterados
- (C) as frequências dos modos normais irão aumentar e os comprimentos de onda associados não serão afetados
- (D) ambos, comprimento de onda e frequência, irão aumentar
- (E) o comprimento de onda aumenta e a frequência dos modos normais não é alterada

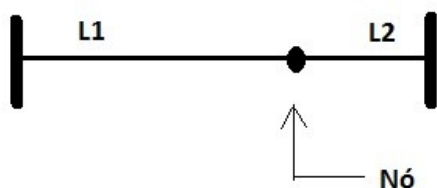
9- Em um tubo de ressonância que é aberto numa extremidade e fechado na outra extremidade, há

- (A) um antinodo de deslocamento na extremidade aberta e um nodo de pressão na extremidade fechada
- (B) antinodos de deslocamento em cada extremidade
- (C) um nodo de deslocamento na extremidade aberta e um antinodo de pressão na extremidade fechada
- (D) um nodo de deslocamento na extremidade fechada e um nodo de pressão na extremidade aberta
- (E) nodos de deslocamento em cada extremidade

10- Assinale a opção CORRETA:

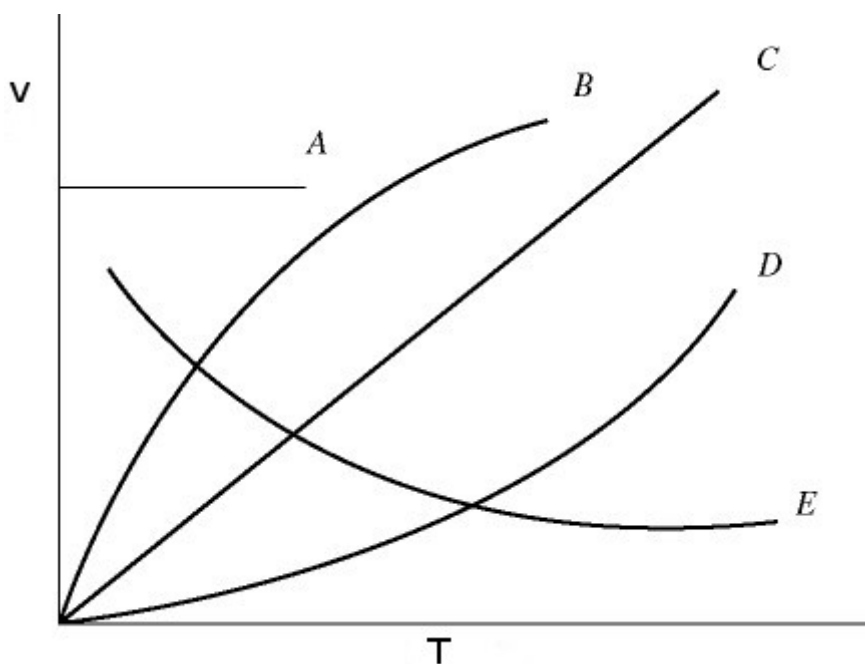
- (A) um refrigerador pode operar em um ciclo aberto
- (B) um refrigerador opera em ciclo fechado, admite calor de um reservatório frio e o transfere integralmente ao reservatório quente
- (C) um refrigerador trabalha retirando calor de um reservatório frio, fornecendo trabalho útil e rejeitando calor no reservatório quente
- (D) um refrigerador opera em ciclo fechado, admite calor de um reservatório frio através da realização de trabalho e transfere parte deste calor ao reservatório quente
- (E) um refrigerador é um dispositivo que transfere calor espontaneamente de um reservatório frio para um quente

11- Duas cordas foram amarradas uma na outra com um nó e depois esticadas entre 2 suportes rígidos, conforme a figura abaixo. As cordas têm densidades lineares  $\mu_1 = \mu$  e  $\mu_2 = 4\mu$ . Seus comprimentos são  $L_1 = L$  e  $L_2 = L/2$ . A tensão é a mesma em ambas as cordas e vale  $T$ . Simultaneamente, um pulso é enviado a partir da extremidade rígida de cada corda em direção ao nó. O tempo para cada pulso chegar ao nó será:



- (A)  $t_1 = 2L(\mu/T)^{1/2}$  e  $t_2 = 2L(\mu/T)^{1/2}$   
 (B)  $t_1 = 2L(\mu/T)^{1/2}$  e  $t_2 = L(\mu/T)^{1/2}$   
 (C)  $t_1 = L(\mu/T)^{1/2}$  e  $t_2 = 2L(\mu/T)^{1/2}$   
 (D) não é possível determinar os tempos sem conhecer a frequência das ondas nas cordas  
 (E)  $t_1 = t_2 = L(\mu/T)^{1/2}$

12- Na figura abaixo, qual é a curva que melhor representa o comportamento da velocidade  $v$  da onda em uma corda com a tensão  $T$  na corda?



- (A) A  
 (B) B  
 (C) C  
 (D) D  
 (E) E

13- A intensidade de uma onda sonora A é 1000 vezes a intensidade de outra onda sonora B. Com relação ao nível de intensidade, o da onda B em comparação com o da onda A é

- (A) 300 dB maior
- (B) 10 dB maior
- (C) 30 dB maior
- (D) 3 dB maior
- (E) 3000 dB maior

14- Ondas estacionárias são produzidas pela interferência de duas ondas progressivas senoidais, cada uma com frequência 100 Hz. A distância do segundo nodo para o quinto nodo é de 60 cm. O comprimento de onda e a velocidade das duas ondas originais são, respectivamente,

- (A) 40 cm e 40 m/s
- (B) 40 cm e 20 m/s
- (C) 20 cm e 20 m/s
- (D) 60 cm e 60 m/s
- (E) 20 cm e 40 m/s

15- Um dado ponto em uma corda por onde passa uma onda senoidal apresenta maior velocidade quando

- (A) o módulo do deslocamento é mínimo
- (B) o módulo do deslocamento é um quarto da amplitude
- (C) o módulo da aceleração é máximo
- (D) o módulo do deslocamento é máximo
- (E) o módulo do deslocamento é metade da amplitude

# Cartão Resposta

|           |  |
|-----------|--|
| Nome      |  |
| Matrícula |  |

|    |                                                                                                               |    |                                                                                                               |  |
|----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
|    | A B C D E                                                                                                     |    | A B C D E                                                                                                     |  |
| 1  | <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> | 11 | <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> |  |
| 2  | <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> | 12 | <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> |  |
| 3  | <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> | 13 | <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> |  |
| 4  | <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> | 14 | <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> |  |
| 5  | <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> | 15 | <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> |  |
| 6  | <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> | 16 | <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> |  |
| 7  | <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> | 17 | <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> |  |
| 8  | <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> | 18 | <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> |  |
| 9  | <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> | 19 | <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> |  |
| 10 | <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> | 20 | <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> |  |

Get this form and more at: **ZipGrade.com**  **Form 23**

Copyright 2013 ZipGrade LLC.  
This card is available under Creative Commons Attribution (ShareAlike 3.0 license).

$$P + \frac{1}{2} \rho v^2 + \rho g y = cte \quad \frac{dV}{dt} = vA = cte \quad \frac{F}{A} = Y \frac{\Delta L}{L} \quad \frac{F}{A} = P = -B \frac{\Delta V}{V} \quad C_p C_v + R$$

$$\gamma = \frac{C_p}{C_v} \quad Q = mc\Delta T = nC\Delta T \quad n = \frac{N}{N_A} = \frac{m}{m_{molar}} \quad P_{ad} V_{ad}^\gamma = cte$$

$$PV = nRT = Nk_B T = \frac{N}{3} m v_{rms}^2 \quad W_{isoterm}^{peio} = nRT \ln \left( \frac{V_f}{V_i} \right) \quad \Delta E_{term} = Q - W^{peio} = Q - \int P dV$$

$$\frac{Q}{\Delta t} = e\sigma AT^4$$

$$\eta = \frac{W_{saída}}{Q_Q} = 1 - \frac{Q_F}{Q_Q} \quad K_{refrig} = \frac{Q_F}{W_{entra}} \quad \varepsilon_{med-trans} = \frac{3}{2} k_B T \quad \varepsilon_{med-total} = \frac{g}{2} k_B T \quad \eta_{Carnot} = 1 - \frac{T_F}{T_Q}$$

$$1 atm = 101,3 kPa \quad \sigma = 5,67 \times 10^{-8} W/m^2 K^4 \quad k_B = 1,38 \times 10^{-23} J/K \quad N_A = 6,02 \times 10^{23} mol^{-1}$$

$$T_0 = 0 K = -273,0^\circ C \quad R = 8,31 J/mol \cdot K \quad D(x, t) = A sen(kx \pm wt + \phi_0) \quad v_{som} \approx 340 m/s$$

$$v = \lambda f \quad n = \frac{c}{v} \quad c = 3,0 \times 10^8 m/s \quad \beta = (10 dB) \log_{10} \left( \frac{I}{I_0} \right) \quad \beta_{relativo} = (10 dB) \log_{10} \left( \frac{I_2}{I_1} \right)$$

$$I_0 = 1,0 \times 10^{-12} \frac{W}{m^2} \quad f = \frac{v \pm v_{obs}}{v \mp v_{fon}} f_0 \quad Tubo_{abert-abert}: L = n \cdot \frac{\lambda}{2}; n = 1, 2, 3, 4, \dots \quad \Delta\varphi = \frac{2\pi\Delta r}{\lambda}$$

$$A sen(kx - wt + \phi_1) + A sen(kx - wt + \phi_2) = 2 A cos\left(\frac{\phi_2 - \phi_1}{2}\right) \times sen\left(kx - wt + \frac{\phi_1 + \phi_2}{2}\right)$$

$$A sen(kx - wt + \phi_1) + A sen(kx + wt + \phi_2) = 2 A cos\left(wt + \frac{\phi_2 - \phi_1}{2}\right) \times sen\left(kx + \frac{\phi_1 + \phi_2}{2}\right)$$

$$A sen(k_1 x - w_1 t) + A sen(k_2 x - w_2 t) = 2 A cos\left(\frac{k_1 - k_2}{2} x - \frac{w_1 - w_2}{2} t\right) \times sen\left(\frac{k_1 + k_2}{2} x - \frac{w_1 + w_2}{2} t\right)$$

$$\text{Máx. de interferência: } d sen(\theta_n) = n\lambda, m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots \quad \text{Mín. de difração: } a sen(\theta_n) = n\lambda, m = \pm 1, \pm 2, \dots$$

$$\text{Mín. difração circular: } \theta_1 = \frac{1,22 \lambda}{D} \quad n_1 sen(\theta_1) n_2 sen(\theta_2)$$

$$v = \lambda f = \frac{c}{n} = \frac{\lambda_0 f}{n} \quad v = \omega r \quad I = \frac{P}{4\pi r^2}$$