



INSTITUTO DE FÍSICA  
Universidade Federal Fluminense

# Física Teórica 3

2ª prova - 2º período de 2017 21/10/2017

NOTA

--

**Atenção: Leia as recomendações abaixo antes de fazer a prova.**

1. A prova consiste em 15 questões de múltipla escolha, e terá duração de 2 horas
2. Os aplicadores não poderão responder a nenhuma questão, a prova é autoexplicativa e o entendimento da mesma faz parte da avaliação.
3. É permitido o uso apenas de calculadoras científicas simples (sem acesso wifi ou telas gráficas).
4. É expressamente proibido portar telefones celulares durante a prova, mesmo no bolso. **A presença de um celular levará ao confisco imediato da prova e à atribuição da nota zero.**
5. Antes de começar, assine seu nome e turma de forma LEGÍVEL em todas as páginas e no cartão de respostas ao lado.
6. Marque as suas respostas no CARTÃO RESPOSTA. **Preencha INTEGRALMENTE (com caneta) o círculo referente a sua resposta.**
7. Assinale apenas uma alternativa por questão. Em caso de erro no preenchimento, rasure e indique de forma clara qual a resposta desejada.
8. Analise sua resposta. Ela faz sentido? Isso poderá ajudar você a encontrar erros.
9. **Nas 6 últimas questões, marcadas com asterisco (\*\*), a resposta só será considerada se o corpo da prova contiver algum cálculo, ou rascunho, que justifique corretamente a resposta. O cálculo deve ser feito no retângulo logo abaixo da questão.**
10. Caso alguma questão seja anulada, o valor da mesma será redistribuído entre as demais.
11. Escolha as respostas numéricas mais próximas do resultado exato.

Nome			
Prof(a)		Turma	

A B C D E	A B C D E
1 ○ ○ ○ ○ ○	11 ○ ○ ○ ○ ○
2 ○ ○ ○ ○ ○	12 ○ ○ ○ ○ ○
3 ○ ○ ○ ○ ○	13 ○ ○ ○ ○ ○
4 ○ ○ ○ ○ ○	14 ○ ○ ○ ○ ○
5 ○ ○ ○ ○ ○	15 ○ ○ ○ ○ ○
6 ○ ○ ○ ○ ○	16 ○ ○ ○ ○ ○
7 ○ ○ ○ ○ ○	17 ○ ○ ○ ○ ○
8 ○ ○ ○ ○ ○	18 ○ ○ ○ ○ ○
9 ○ ○ ○ ○ ○	19 ○ ○ ○ ○ ○
10 ○ ○ ○ ○ ○	20 ○ ○ ○ ○ ○

Versão da Prova (preenchido pelo professor) A ○ B ○ C ○ D ○

Get this form and more at: [ZipGrade.com](http://ZipGrade.com)

Copyright 2015 ZipGrade LLC. This work is available under Creative Commons Attribution-ShareAlike 3.0 license.

**Constantes e conversões:**  $1 \text{ m}^3 = 10^6 \text{ cm}^3 = 10^3 \text{ L}$   $1 \text{ atm} = 101,3 \text{ kPa}$   $\rho_{\text{água}} = 10^3 \text{ kg/m}^3$   $c_{\text{água}} = 4186 \text{ J/(kg K)}$   
 $L_{f\text{-água}} = 3,33 \times 10^5 \text{ J/kg}$   $L_{v\text{-água}} = 22,6 \times 10^5 \text{ J/kg}$   $T_F = (9/5)T_C + 32$   $T_K = T_C + 273$   $N_A = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$   
 $1 \text{ u} = 1,66 \times 10^{-27} \text{ kg}$   $R = 8,314 \text{ J/mol} \cdot \text{K}$   $k_B = 1,38 \times 10^{-23} \text{ J/K} = R/N_A$   $c = 3,0 \times 10^8 \text{ m/s}$   $v^{\text{som-ar}} = 343 \text{ m/s}$   
 $g = 9,8 \text{ m/s}^2$   $\sigma = 5,67 \times 10^{-8} \text{ W/K} \cdot \text{m}^2$

**Calor:**  $Q = mc\Delta T = nC\Delta T$   $Q = mL$   $dQ/dt = k(A/L)\Delta T$   $dQ/dt = e\sigma AT^4$   $dQ_{\text{res}}/dt = e\sigma A(T^4 - T_0^4)$

**Termodinâmica:**  $N = M/m$   $n = N/N_A$   $PV = Nk_B T = nRT$   
 $SG = \text{Sobre-gás. } W^{SG} = - \int PdV$   $W^{SG}_{\text{isoterm}} = -nRT \ln(V_f/V_i)$ ,  $W^{SG}_{\text{adiab}} = (P_f V_f - P_i V_i) / (\gamma - 1)$   
 $\Delta E^{\text{térm}} = nC_v \Delta T = Q^{\text{receb-gás}} + W^{SG}$   $C_p - C_v = R$   $C_v^{\text{Mono}} = 3R/2$   $C_v^{\text{Diat}} = 5R/2$   $C_v^{\text{Sólido}} = 3R$   $\gamma = C_p/C_v$   
 $(TV^{\gamma-1} = \text{cte e } PV^{\gamma} = \text{cte})_{\text{transf. adiab.}} \lambda = V / (N 4\pi\sqrt{2} r^2)$   $\epsilon_{\text{med}} = \frac{1}{2} m v_{\text{rms}}^2 = (3/2) k_B T$   
 $W^{\text{útil}} = -W^{SG}$   $\eta = W^{\text{útil}}/Q_Q$   $K = Q_F/W^{\text{entra}}$   $\eta_{\text{Carnot}} = 1 - T_F/T_Q$   $K_{\text{Carnot}} = T_F/(T_Q - T_F)$

1 e 2) Considere os seguintes gases comuns em nossa atmosfera: (i) Nitrogênio, diatômico com 28g/mol; (ii) Oxigênio, diatômico com 32 g/mol; e (iii) Argônio, monoatômico com 40 g/mol. Suponha que estes gases estejam em condições de volume, temperatura e pressão nas quais possam ser considerados gases ideais. Os gases estão à mesma temperatura. Responda as questões 1 e 2 abaixo.

1) Considere as seguintes afirmativas:

- (I) As moléculas destes gases possuem a mesma velocidade quadrática média.  
 (II) As moléculas de Argônio tem, em média, velocidade menor que as de Oxigênio, que são em média, por sua vez, mais lentas que as moléculas de Nitrogênio.  
 (III) O gás que possui as moléculas com a maior energia cinética translacional média é o Argônio, pois possui maior massa molar.

A(s) afirmativa(s) CORRETA(S) é(são):

- A) I                      B) I e II                      C) II                      D) III                      E) I e III

$v_{rms}^2 = 3K_B T / M_{mol}$  como as temperaturas são iguais e  $M_{Ar} > M_{O_2} > M_{N_2}$  logo  $v_{Ar} < v_{O_2} < v_{N_2}$ .  
 Além disso como os gases estão a mesma temperatura têm a mesma  $\epsilon_{med}$

2) Considere agora uma mistura contendo massas iguais de cada um desses gases. Como se relacionam a energia cinética média de translação por molécula ( $\epsilon$ ) e a energia térmica (E) de cada gás?

- A)  $\epsilon_{N_2} = \epsilon_{O_2} = \epsilon_{Ar}$  e  $E_{N_2} = E_{O_2} = E_{Ar}$                       D)  $\epsilon_{N_2} = \epsilon_{O_2} > \epsilon_{Ar}$  e  $E_{N_2} = E_{O_2} = E_{Ar}$   
 B)  $\epsilon_{N_2} = \epsilon_{O_2} = \epsilon_{Ar}$  e  $E_{N_2} > E_{O_2} > E_{Ar}$                       E)  $\epsilon_{N_2} > \epsilon_{O_2} > \epsilon_{Ar}$  e  $E_{N_2} > E_{O_2} > E_{Ar}$   
 C)  $\epsilon_{N_2} = \epsilon_{O_2} > \epsilon_{Ar}$  e  $E_{N_2} > E_{O_2} > E_{Ar}$

$E_{N_2} = 5/2 (M/28) RT = 0,089 M/RT$      $E_{O_2} = 5/2 (M/32) RT = 0,078 M/RT$      $E_{Ar} = 3/2 (M/40) RT = 0,037 M/RT$

$\epsilon_{N_2} = \epsilon_{O_2} = \epsilon_{Ar} = 3/2 K_B T$

3) Um fabricante anuncia uma máquina recém-desenvolvida que, em cada ciclo, retira 100 J de um reservatório com água fervente a 100 °C, realiza 80 J de trabalho e rejeita 20 J de calor em outro reservatório mantido a 10 °C. Existe algo de errado neste anúncio?

- A) De acordo com a Segunda Lei da Termodinâmica, o calor rejeitado sempre deve ser maior que o trabalho útil.  
 B) A Primeira Lei da Termodinâmica é violada porque  $100 J + 20 J \neq 80 J$ .  
 C) Em um ciclo, a máquina térmica deveria retirar calor do reservatório a 10 °C e rejeitar calor para o reservatório a 100 °C.  
 D) A eficiência desse ciclo excede o limite superior estabelecido pela Segunda Lei da Termodinâmica.  
 E) Não há nada de errado neste anúncio, pois  $100 J = 20 J + 80 J$ .

$\eta = 80/100 = 0,8$  e  $\eta_{Carnot} = 1 - 283/373 = 0,24$ ,  $\eta > \eta_{Carnot}$  o que viola a 2ª lei da termodinâmica

4) A concentração de um gás ideal (número de moléculas por volume) no interior de um reservatório é mantida constante, enquanto sua temperatura varia. Se a temperatura do gás dobra, o livre caminho médio irá:

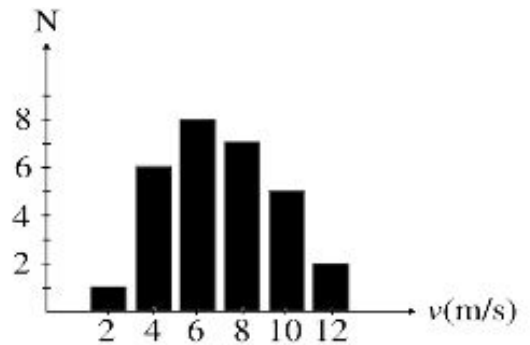
- A) O livre caminho médio não irá variar nessas condições.  
 B) Dobrar de seu valor inicial.  
 C) Reduzir à metade do seu valor inicial.  
 D) Reduzir a um quarto do seu valor inicial.  
 E) Não podemos afirmar o que vai acontecer, pois depende do número de graus de liberdade que o gás possui. A partir de  $\lambda = (4\pi\sqrt{2}r^2)^{-1} V/N$ , vemos que o livre caminho médio depende somente do raio das partículas e da densidade de partículas. Assim ele não varia somente com uma mudança de T

5) Quando dois gases separados por uma **parede diatérmica móvel** (que só permite troca de calor entre os dois gases) estão em **equilíbrio térmico** um com o outro:

- A) apenas as pressões deles devem ser as mesmas
- B) eles devem ter a mesma pressão e a mesma temperatura**
- C) eles devem ter o mesmo número de partículas
- D) eles devem ter a mesma pressão e o mesmo volume
- E) apenas as suas temperaturas devem ser as mesmas

6) A Figura ao lado é um histograma que representa as velocidades das moléculas de um gás hipotético que contém poucas moléculas. Podemos afirmar corretamente que

- I – A velocidade mais provável vale 8 m/s.
- II – 29 moléculas compõem o gás.
- III – A velocidade *rms* vale aproximadamente 7 m/s.



- A) I      B) II      C) III      D) I e III      **E) II e III**

**I- A velocidade mais provável é a que aparece mais vezes, portanto 6 m/s**

**II - 1 molécula tem velocidade 2 m/s, 6 moléculas tem velocidade 4 m/s, 8 moléculas tem velocidade 6 m/s, 7 moléculas tem velocidade 8 m/s, 5 moléculas tem velocidade 10 m/s e 2 moléculas tem velocidade 12 m/s. Portanto total de 29 moléculas**

**III -  $V_{med}^2 = (1 \times 2^2 + 6 \times 4^2 + 8 \times 6^2 + 7 \times 8^2 + 5 \times 10^2 + 2 \times 12^2) / 29 = 56$**

**$V_{rms} = (V_{med}^2)^{1/2} = 7,48 \text{ m/s} \sim 7 \text{ m/s}$  (note o APROXIMADAMENTE no item III)**

7) A energia cinética molecular média de um gás pode ser determinada conhecendo-se somente:

- A) O número de moléculas no gás.
- B) O volume do gás.
- C) A pressão no gás.
- D) A temperatura do gás.**
- E) O volume, pressão e temperatura do gás.

**Lembrando que num gás em equilíbrio térmico a energia média por grau de liberdade é  $K_B T/2$ , vemos que a energia cinética média pode ser obtida somente a partir de T: seria  $3/2 K_B T$  já que há três graus de liberdade de translação.**

8) Qual dos seguintes exemplos representa um processo reversível?

- A) A colisão de um carro com um caminhão.
- B) Uma dinamite explodindo.
- C) As colisões das moléculas em um gás.**
- D) Abrir a válvula de um tanque de ar pressurizado a temperatura ambiente até que a pressão do tanque se iguale à pressão ambiente.
- E) Aquecer com uma chama água que está inicialmente à temperatura ambiente até ela começar a ferver.

9) Considere 1 mol de um gás ideal monoatômico a 0 °C e um mol de um gás diatômico a 100 °C. Eles são colocados em contato por um membrana que permite somente a troca de calor. Quais das seguintes afirmações são verdadeiras no equilíbrio térmico?

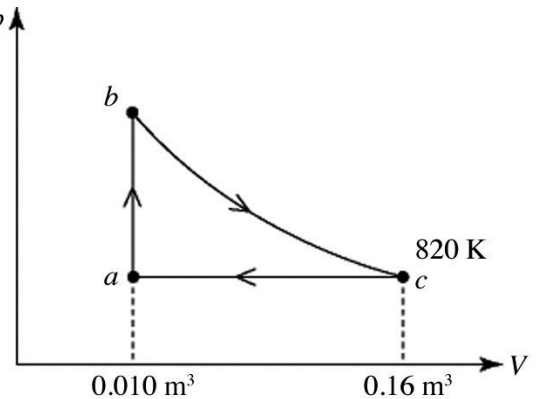
- I) A energia cinética de todas as partículas são iguais.  
 II) A energia cinética média de translação dos dois gases são iguais.  
 III) A energia térmica dos dois gases são iguais.  
 IV) A energia média por grau de liberdade dos dois gases são iguais.

- A) I, II, III, IV      **B) II e IV**      C) I e III      D) II, III, IV      E) I, II, III

10)\*\* Uma máquina térmica utiliza 2,0 moles de um gás ideal. O ciclo desta máquina está representado na Figura ao lado. O caminho bc é um processo isotérmico. A temperatura em c é 820 K. O calor específico molar a volume constante do gás é  $C_v = 37$  J/mol·K. Qual é a eficiência térmica desta máquina?

Dados:  $P_c = 85$  kPa e  $T_a = 51$  K

- A) 0,20      B) 0,38      C) 0,43      **D) 0,26**      E) 0,53



AB:  $W=0$ ,  $\Delta E=n C_v \Delta T = 57$  kJ,  $Q=W + \Delta E= 57$  kJ  
 BC:  $\Delta E=0$ ,  $Q = W_{pelo} = nRT \ln(V_f/V_i) = 2 \cdot 8,31 \cdot 820 \ln(0,16/0,01) = 38$  kJ  
 CA:  $\Delta E=n C_v \Delta T = - 57$  kJ,  $W_{pelo} = p \Delta V = 85 (0,010-0,16) = - 13$  kJ,  $Q < 0$   
 $W_{util} = 38-13 = 25$  kJ e  $Q_q = 57+38=95$ :  $\eta = W_{util}/Q_q = 25/95 = 0,26$

11)\*\* Uma máquina de Carnot é operada como um aparelho de ar condicionado para esfriar uma casa no verão. O ar condicionado remove 14 kJ de calor por segundo da casa e mantém a temperatura interna a 293 K, enquanto a temperatura externa é de 369 K. A potência necessária para o ar condicionado funcionar sob essas condições de operação, em unidades SI, é mais próxima:

- A) 3600**      B) 4400      C) 5100      D) 5800      E) 6600

Em 1s retira  $1,4 \times 10^4$  J  $\Rightarrow Q_F = 1,4 \times 10^4$  J  
 $T_F = 293$  K;  $T_Q = 369$  K       $K_{carnot} = T_F/(T_Q - T_F) = 3,855$   
 $W = Q_F / K_{carnot} = 1,4 \times 10^4 / 3,855 = 3631$  J  $\sim 3,6$  kJ por segundo  
 Potência = Trabalho por unidade de tempo (J/s)  $\Rightarrow P = 3600$  W

12)\*\* 1,0 mol de um sólido elementar e 1,0 mol de um gás monoatômico interagem termicamente dentro de um recipiente isolado. Qual é a variação de temperatura do sólido se a temperatura do gás decresce de 60°C a volume constante?

A) aumenta de 30°C

B) diminui de 30°C

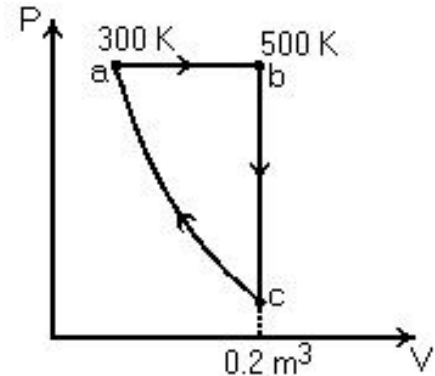
C) aumenta de 60°C

D) diminui de 60°C

E) aumenta de 120°C

$$Q = n C_v \Delta T_{\text{mono}} + n C \Delta T_{\text{sol}} = \frac{3}{2} R (-60) + 3R \Delta T_{\text{sol}} = 0 \quad \Delta T_{\text{sol}} = 30^\circ\text{C}$$

13-15)\*\* Uma máquina térmica descreve o ciclo abca mostrado na Figura ao lado usando 9,0 moles de um gás ideal. O processo ca é adiabático. As temperaturas dos pontos a e b são 300 K e 500 K, respectivamente. O volume do ponto c é 0,20 m<sup>3</sup>. A constante adiabática do gás é  $\gamma = 1,67$ .



13)\*\* O calor absorvido pelo gás no processo ab, em kJ, é mais próximo de:

A) zero

B) +25

C) +40

D) -25

E) -40

$$\gamma = C_p/C_v = (C_v + R)/C_v = 1 + R/C_v \text{ . Daí:}$$

$$\text{se for diatômico: } C_v = 5R/2 \Rightarrow \gamma = 7/5 = 1,4 \implies C_p = C_v + R = 7R/2$$

$$\text{se for monotômico: } C_v = 3R/2 \Rightarrow \gamma = 5/3 = 1,67 \text{ (valor do enunciado)} \implies C_p = C_v + R = 5R/2$$

$$Q = n C_p (T_b - T_a) = 9 \times (5 \times 8,314/2) \times (500 - 300) = 37413 \text{ J} \sim +40 \text{ kJ}$$

14)\*\* O trabalho realizado pela máquina no processo ab, em kJ, é mais próximo de:

A) zero

B) +15

C) +25

D) -15

E) -25

$$a \rightarrow b: \text{ isobárico: } V_a/T_a = V_b/T_b \Rightarrow V_a = 0,12 \text{ m}^3$$

$$p_a = nRT_a/V_a = 187065 \text{ Pa}$$

$$W = p_a(V_b - V_a) \sim 15000 \text{ J} = 15 \text{ kJ}$$

15)\*\* O calor absorvido pelo gás no processo ca, em kJ, é mais próximo de:

A) +10

B) +16

C) zero

D) -10

E) -16

processo adiabático:  $Q=0$