



# OBJETIVO

## ITA Física

# 13



Actinídeos	Sólidos
Outros metais	
Não-Metals	
Gases nobres	

25 Mn Manganês 54 938043	26 Fe Ferro 55 8457	27 Co Cobalto 58 933208	28 Ni Níquel 58 9334	29 Cu Cobre 63 527090	30 Zn Zinco 65 3631	31 Ga Gálio 69 7537	32 Ge Germânio 72 4008	33 As Arsênio 74 7594	34 Se Selênio 78 3555	35 Br Bromo 79 3545	36 Kr Criptônio 83 7400
43 Tc Técncio (69)	44 Ru Rúdio 101.07	45 Rh Ródio 102.90550	46 Pd Paládio 106.42	47 Ag Prata 107.8682	48 Cd Cádmio 112.411	49 In Índio 114.818	50 Sn Estanho 118.710	51 Sb Antimônio 121.757	52 Te Telúrio 127.603	53 I Iodo 126.905	54 Xe Xenônio 131.29
75 Re Rênio 186.207	76 Os Ósmio 190.23	77 Ir Írídio 223.831	78 Pt Platina 195.084	79 Au Ouro 196.967	80 Hg Mercúrio 200.59	81 Tl Tântalo 204.38	82 Pb Chumbo 207.2	83 Bi Bismuto 208.980	84 Po Polônio (209)	85 At Astato (210)	86 Rn Radônio (222)





## MÓDULO 49

## Termologia VI

## Teoria Cinética dos Gases Perfeitos

## 1. ENERGIA INTERNA DE UM GÁS IDEAL

A energia interna de um gás ideal (ou perfeito) é inteiramente cinética (não há energia potencial interna) e é dada por:

$$E_C = \frac{3}{2} p V = \frac{3}{2} n R T$$

p: pressão do gás

V: volume ocupado pelo gás

n: quantidade de matéria expressa em número de mols

R: constante universal dos gases perfeitos

T: temperatura absoluta do gás

## 2. CONSTANTE DE BOLTZMANN

Na expressão:  $E_C = \frac{3}{2} n R T$ , **n** representa a quantidade de matéria expressa em número de mols.

Por outro lado, o número total de moléculas **N** pode ser escrito como o produto do número de mols **n** pela quantidade de moléculas correspondente a um mol que é denominada **número de Avogadro** ( $A = 6,02 \cdot 10^{23}$ )

Assim, temos:  $N = n A \Rightarrow n = \frac{N}{A}$

$$E_C = \frac{3}{2} \frac{N}{A} R T$$

A razão  $\frac{R}{A} = k$  é denominada constante de Boltz-

mann e vale  $1,38 \cdot 10^{-23} \text{J/K}$ .

A equação da energia cinética pode ser reescrita da seguinte maneira:

$$E_C = \frac{3}{2} N k T$$

Para uma molécula, a energia cinética é dada por:

$$E_C = \frac{3}{2} k T$$

## 3. VELOCIDADE ESCALAR QUADRÁTICA MÉDIA

Corresponde a uma velocidade escalar média entre as moléculas do gás ideal e pode ser calculada assim:

$$E_C = \frac{m(\bar{V})^2}{2} = \frac{3}{2} k T$$

em que **m** é a massa de uma molécula

$$(\bar{V})^2 = \frac{3 k T}{m}$$

$$\bar{V} = \sqrt{\frac{3 k T}{m}}$$

## 4. CALORES ESPECÍFICOS MOLARES A PRESSÃO CONSTANTE E A VOLUME CONSTANTE

Se o volume de uma dada massa de gás ideal permanecer constante, não há realização de trabalho e a variação de energia interna  $\Delta U$  entre dois estados A e B é dada por:

$$\Delta U = Q_V = n C_V \Delta T \quad (I)$$

$Q_V$ : calor trocado sob volume constante

$C_V$ : calor específico molar (por mol) a volume constante

n: número de mols

$\Delta T$ : variação da temperatura absoluta

Por outro lado, se o gás for levado da mesma temperatura A à mesma temperatura B, mantendo-se a pressão constante, teremos:

$$\Delta U = Q_p - \tau$$

$Q_p$ : calor trocado sob pressão constante

$\tau$ : trabalho trocado

Os valores de  $Q_p$  e  $\tau$  são dados por:

$$Q_p = n C_p \Delta T$$

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

$C_p$ : calor específico molar a pressão constante

R: constante universal dos gases perfeitos

Portanto:

$$\Delta U = n C_p \Delta T - n R \Delta T$$

$$\Delta U = n \Delta T (C_p - R) \quad (\text{II})$$

Comparando I e II ( $\Delta U$  é o mesmo), vem:

$$n C_V \Delta T = n \Delta T (C_p - R)$$

$$C_V = C_p - R$$

$$C_p - C_V = R \quad (C_p > C_V)$$

Para gases ideais:

$$R \cong \frac{2 \text{ cal}}{\text{mol K}}$$

$$C_V \cong \frac{3}{2} R \cong \frac{3 \text{ cal}}{\text{mol K}}$$

$$C_p \cong \frac{5}{2} R \cong \frac{5 \text{ cal}}{\text{mol K}}$$

## 5. EXPOENTE DE POISSON

Nas transformações **adiabáticas**, a pressão e o volume de um gás ideal se relacionam pela expressão:

$$p V^\gamma = \text{constante}$$

em que  $\gamma$  é denominado expoente de Poisson e é dado por:

$$\gamma = \frac{C_p}{C_V}$$

Como, para gases ideais,  $C_V = \frac{3}{2} R$  e  $C_p = \frac{5}{2} R$ , vem:

$$\gamma = \frac{5}{3} \cong 1,67$$

## 6. GASES REAIS

Para gases reais, comportando-se aproximadamente como ideais, valem as seguintes propriedades:

### a) Gás real monoatômico

Valem as mesmas propriedades descritas para o gás ideal.

### b) Gás real diatômico

Neste caso, além da energia cinética de translação, existe também a energia potencial, e a energia interna do gás  $U$  é dada por:

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

Os calores específicos molares e o expoente de Poisson serão dados por:

$$C_V = \frac{5R}{2} \cong \frac{5 \text{ cal}}{\text{mol K}}$$

$$C_p = \frac{7R}{2} \cong \frac{7 \text{ cal}}{\text{mol K}}$$

$$\gamma = \frac{C_p}{C_V} = \frac{7}{5} = 1,4$$

### c) Gás real poliatômico (mais de dois átomos por molécula)

Para gases poliatômicos, temos:

$$U = 3 n R T$$

Os calores específicos molares e o expoente de Poisson serão dados por:

$$C_V = 3 R \cong \frac{6 \text{ cal}}{\text{mol K}}$$

$$C_p = 4 R \cong \frac{8 \text{ cal}}{\text{mol K}}$$

$$\gamma = \frac{C_p}{C_V} = \frac{4}{3} = 1,33$$

**MÓDULO 50****Termologia VI**

1. **(ITA-2006)** – Sejam o recipiente (1), contendo 1 mol de  $H_2$  (massa molecular  $M = 2$ ) e o recipiente (2) contendo 1 mol de He (massa atômica  $M = 4$ ) ocupando o mesmo volume, ambos mantidos a mesma pressão. Assinale a alternativa correta:

- a) A temperatura do gás no recipiente 1 é menor que a temperatura do gás no recipiente 2.
- b) A temperatura do gás no recipiente 1 é maior que a temperatura do gás no recipiente 2.
- c) A energia cinética média por molécula do recipiente 1 é maior que a do recipiente 2.
- d) O valor médio da velocidade das moléculas no recipiente 1 é menor que o valor médio da velocidade das moléculas no recipiente 2.
- e) O valor médio da velocidade das moléculas no recipiente 1 é maior que o valor médio da velocidade das moléculas no recipiente 2.

2. **(ITA)** – Considere um gás perfeito monoatômico na temperatura de  $0^\circ C$ , sob uma pressão de 1 atm, ocupando um volume de  $56\ell$ . A velocidade escalar quadrática média das moléculas vale  $1840\text{ms}^{-1}$ . Então, a massa do gás é:  
a) 55g   b) 100g   c) 5,0g   d) 150g   e) 20g

3. **(ITA)** – Da teoria cinética dos gases perfeitos sabemos que a temperatura absoluta de uma massa gasosa depende da velocidade quadrática média das moléculas do gás. Nestas condições, se uma molécula de oxigênio ( $O_2$ ), de massa  $m$ , está na superfície da Terra, com energia cinética correspondente a  $0^\circ C$  e se sua velocidade é dirigida verticalmente para cima e ela não colide com outras partículas durante a subida, a que altitude  $h$  ela chegará?

( $k =$  constante de Boltzmann  $= 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$ ,  
 $m = 5,3 \cdot 10^{-26} \text{ kg}$  e  $g = 9,8 \text{ m/s}^2$ )

- a)  $h = 1,1 \cdot 10^4 \text{ km}$       b)  $h = 1,09 \cdot 10^2 \text{ km}$
- c)  $h = 10,9 \text{ m}$               d)  $h = 1,1 \text{ km}$
- e)  $h = 11 \text{ km}$

4. (ITA-2010) – A temperatura para a qual a velocidade associada à energia cinética média de uma molécula de nitrogênio,  $N_2$ , é igual à velocidade de escape desta molécula da superfície da Terra é de, aproximadamente,
- a)  $1,4 \cdot 10^5$  K.                      b)  $1,4 \cdot 10^8$  K.  
c)  $7,0 \cdot 10^{27}$  K.                      d)  $7,2 \cdot 10^4$  K.  
e)  $8,4 \cdot 10^{28}$  K.

Dados:  $g = 9,8\text{m/s}^2$

$$V_E = \sqrt{2gR}$$

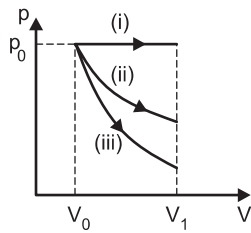
# MÓDULO 51

## Termologia VII

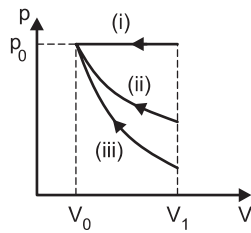
1. (ITA-2006) – Um mol de um gás ideal ocupa um volume inicial  $V_0$  à temperatura  $T_0$  e pressão  $p_0$ , sofrendo a seguir uma expansão reversível para um volume  $V_1$ . Indique a relação entre o trabalho que é realizado por:

- (i)  $W_{(i)}$ , num processo em que a pressão é constante.
- (ii)  $W_{(ii)}$ , num processo em que a temperatura é constante.
- (iii)  $W_{(iii)}$ , num processo adiabático.

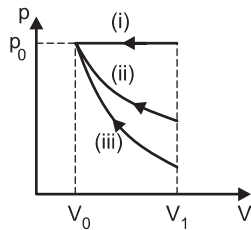
A ( )  $W_{(i)} > W_{(iii)} > W_{(ii)}$



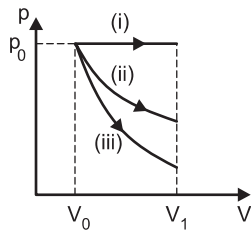
B ( )  $W_{(i)} > W_{(ii)} > W_{(iii)}$



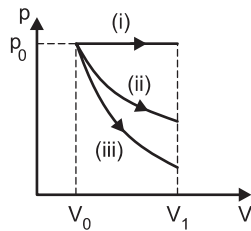
C ( )  $W_{(iii)} > W_{(ii)} > W_{(i)}$



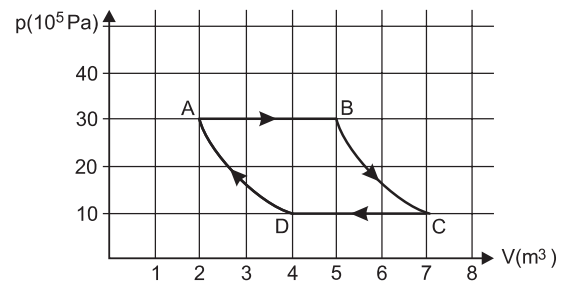
D ( )  $W_{(i)} > W_{(ii)} > W_{(iii)}$



E ( )  $W_{(iii)} > W_{(ii)} > W_{(i)}$



2. (ITA) – O gráfico representa um ciclo de um sistema termodinâmico hipotético, num diagrama pressão *versus* volume. O trabalho realizado por esse gás, nesse ciclo, é aproximadamente igual a



- a)  $6,0 \cdot 10^5 \text{ J}$
- b)  $9,0 \cdot 10^5 \text{ J}$
- c)  $3,0 \cdot 10^6 \text{ J}$
- d)  $9,0 \cdot 10^6 \text{ J}$
- e)  $6,0 \cdot 10^6 \text{ J}$

3. (ITA) – Uma pessoa respira, por minuto, 8 litros de ar a  $18^{\circ}\text{C}$  e o rejeita a  $37^{\circ}\text{C}$ . Admitindo-se que o ar se comporta como um gás diatômico de massa molecular equivalente a  $29u$ , calcule a quantidade aproximada de calor fornecida pelo aquecimento do ar, em 24 horas.

(I) Despreze aqui toda mudança de composição entre o ar inspirado e o ar expirado e admita a pressão constante e igual a  $1,0\text{ atm}$ .

(II) A massa específica do ar a  $18^{\circ}\text{C}$  sob  $1,0\text{ atm}$  vale  $1,24\text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ .

(III) Se necessário, utilizar os seguintes valores para:

1. constante universal para os gases ideais:

$8,31\text{ joules/mol} \cdot \text{K}$ ;

2. volume de um mol para gás ideal:

$22,4\text{ litros (CNTP)}$ ;

3. equivalente mecânico do calor:

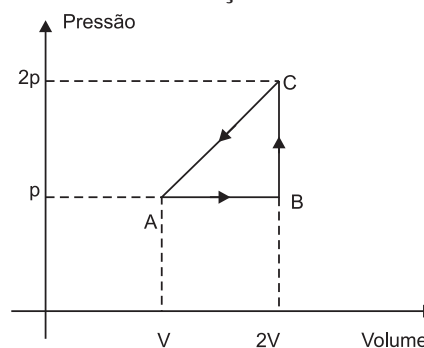
$4,18\text{ joules/caloria}$ ;

4. o calor específico molar a pressão constante, para o ar, vale  $7,0\text{ cal/mol} \cdot \text{K}$ .

a)  $2,69\text{ kJ}$     b)  $195\text{ kJ}$     c)  $274\text{ kJ}$     d)  $552\text{ kJ}$

e) nenhum dos valores acima.

4. (ITA) – Um recipiente de volume ajustável contém  $n$  mols de um gás ideal. Inicialmente, o gás está no estado A, ocupando o volume  $V$  à pressão  $p$ . Em seguida, o gás é submetido às transformações indicadas na figura.



Calcule o calor trocado pelo gás na transformação cíclica ABCA.

Considere como positivo o calor recebido e como negativo o calor cedido pelo gás.

a)  $Q = 0$     b)  $Q = \frac{npV}{2}$     c)  $Q = -\frac{npV}{2}$

d)  $Q = \frac{pV}{2}$     e)  $Q = -\frac{pV}{2}$



b)  $Q_2 = Q_1 \left( 1 + \frac{R}{C_v} \right)$ , onde  $C_v$  é o calor específico molar a volume constante.

c)  $Q_2 = Q_1 \left( 1 - \frac{R}{C_v} \right)$ , onde  $C_v$  é o calor específico molar a volume constante.

d)  $Q_2 = Q_1 \left( 1 + \frac{R}{C_p} \right)$ , onde  $C_p$  é o calor específico molar a pressão constante.

e)  $Q_2 = Q_1 \left( 1 - \frac{R}{C_p} \right)$ , onde  $C_p$  é o calor específico molar a pressão constante.

## MÓDULO 52

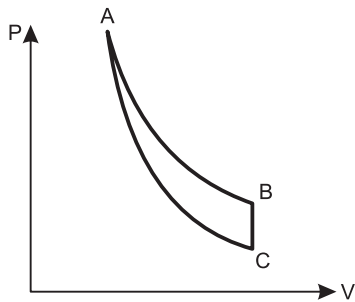
### Termologia VIII

1. (ITA) – Um mol de um gás ideal absorve, a volume constante, uma quantidade de calor  $Q_1$  e a temperatura absoluta do gás varia de  $\Delta T = T_f - T_i$ . Essa mesma variação de temperatura ocorre quando o gás absorve, a pressão constante, uma quantidade de calor  $Q_2$ .

Tem-se:

a)  $Q_2 = Q_1 - R \Delta T$ , onde  $R$  é a constante universal dos gases perfeitos.

2. (ITA-2009) – Três processos compõem o ciclo termodinâmico ABCA mostrado no diagrama P x V da figura. O processo AB ocorre a temperatura constante. O processo BC ocorre a volume constante com decréscimo de 40 J de energia interna e, no processo CA, adiabático, um trabalho de 40 J é efetuado sobre o sistema. Sabendo-se também que em um ciclo completo o trabalho total realizado pelo sistema é de 30 J, calcule a quantidade de calor trocado durante o processo AB.



$$c) W = \frac{5}{2} (p_i v_i) (2^{0,4} - 1)$$

$$d) W = \frac{3}{2} (p_i v_i) (2^{1,7} - 1)$$

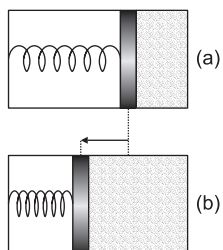
$$e) W = \frac{5}{2} (p_i v_i) (2^{1,4} - 1)$$

3. (ITA-2008) – Certa quantidade de oxigênio (considerado aqui como gás ideal) ocupa um volume  $v_i$  a uma temperatura  $T_i$  e pressão  $p_i$ . A seguir, toda essa quantidade é comprimida, por meio de um processo adiabático e quase estático, tendo reduzido o seu volume para  $v_f = v_i/2$ . Indique o valor do trabalho realizado sobre esse gás.

$$a) W = \frac{3}{2} (p_i v_i) (2^{0,7} - 1)$$

$$b) W = \frac{5}{2} (p_i v_i) (2^{0,7} - 1)$$

4. (ITA-2010) – Uma parte de um cilindro está preenchida com um mol de um gás ideal monoatômico a uma pressão  $P_0$  e temperatura  $T_0$ . Um êmbolo de massa desprezível separa o gás da outra seção do cilindro, na qual há vácuo e uma mola em seu comprimento natural presa ao êmbolo e à parede oposta do cilindro, como mostra a figura (a). O sistema está termicamente isolado e o êmbolo, inicialmente fixo, é então solto, deslocando-se vagarosamente até passar pela posição de equilíbrio, em que a sua aceleração é nula e o volume ocupado pelo gás é o dobro do original, conforme mostra a figura (b). Desprezando os atritos, determine a temperatura do gás na posição de equilíbrio em função da sua temperatura inicial.





## exercícios-tarefa

### ■ MÓDULOS 49 E 50

1. Estima-se que a temperatura média do universo é de 2,70K. Qual seria a velocidade quadrática média das moléculas de hidrogênio a esta temperatura?

Dados: massa molar do  $H_2 = 2,00\text{g/mol}$   
 $R = 8,31\text{J/mol} \cdot \text{K}$

2. Calcule a velocidade quadrática média das moléculas de oxigênio sob temperatura de  $27^\circ\text{C}$ .

Dados:  $m_{O_2} = 5,31 \cdot 10^{-26}\text{kg}$

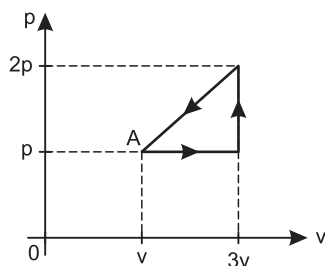
Constante de Boltzmann:  $1,38 \cdot 10^{-23}\text{J/K}$

3. Para qual temperatura a velocidade quadrática média das moléculas de nitrogênio é igual a velocidade quadrática média das moléculas de hidrogênio a  $20,0^\circ\text{C}$ ?

Dados: massa molar do H:  $1,00\text{g/mol}$   
 massa molar do N:  $14,0\text{g/mol}$

### ■ MÓDULOS 51 E 52

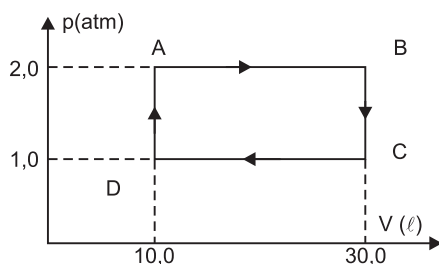
1. (AFA-2009) – O diagrama a seguir representa o ciclo percorrido por 3 mols de um gás perfeito.



Sabendo-se que no estado A a temperatura é  $-23^\circ\text{C}$  e considerando  $R = 8\text{ J/mol}\cdot\text{K}$ , o trabalho, em joules, realizado pelo gás no ciclo é

a) -6000      b) 12000      c) 1104      d) -552

2. (ITA) – Um mol de gás ideal sofre uma série de transformações e passa sucessivamente pelos estados  $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D$ , conforme o diagrama pV abaixo, no qual  $T_A = 300\text{K}$ .



Pode-se afirmar que a temperatura em cada estado, o trabalho líquido realizado no ciclo e a variação da energia interna no ciclo são, respectivamente:

	$T_A(\text{K})$	$T_B(\text{K})$	$T_C(\text{K})$	$T_D(\text{K})$	$\tau (\text{atm}\cdot\ell)$	$\Delta U(\text{J})$
a)	300	900	450	150	20,0	0
b)	300	900	450	150	-20,0	0
c)	300	450	900	150	20,0	0
d)	300	900	450	150	60,0	40
e)	nenhuma das alternativas está correta.					

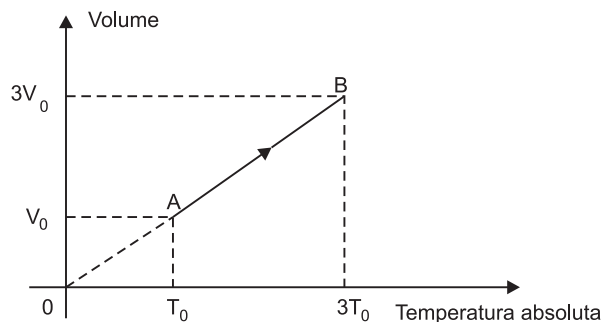
3. (IME-2008) – Um gás ideal sofre uma expansão isotérmica, seguida de uma compressão adiabática. A variação total da energia interna do gás poderia ser nula se, dentre as opções abaixo, a transformação seguinte for uma

- compressão isotérmica
- expansão isobárica
- compressão isobárica
- expansão isocórica
- compressão isocórica

4. (ITA) – Um mol de gás ideal é submetido ao processo apresentado na figura, passando o gás do estado A ao estado B.

Calcular a variação da energia interna ( $\Delta U = U_B - U_A$ ) do

gás e a razão  $r = \frac{Q}{W}$ , em que Q e W são, respectivamente, o calor absorvido e o trabalho realizado pelo gás.



a)  $U = 2(C_p + R)T_0$ ;  $r = \frac{C_p}{R}$

b)  $U = 2(C_p - R)T_0$ ;  $r = \frac{C_p}{R} + 1$

c)  $U = 2(C_p - R)T_0$ ;  $r = \frac{C_p}{R}$



$$d) U = 2C_p T_0; \quad r = \frac{C_p}{R} - 1$$

e) Nenhuma das anteriores.

Obs.:  $C_p$  é a capacidade térmica molar do gás a pressão constante e  $R$ , a constante dos gases perfeitos.

5. (ITA) – Para transformar completamente  $1\text{cm}^3$  de água a  $100^\circ\text{C}$  e  $1\text{atm}$  em vapor (que ocupará  $1671\text{cm}^3$ ) a  $100^\circ\text{C}$  e  $1\text{atm}$ , é necessário fornecer 539 calorias. Nestas condições, o trabalho realizado pelo gás em expansão e o aumento da energia interna serão, respectivamente (valores aproximados):

a)  $0,17\text{kJ}$  e  $2,09\text{kJ}$ .      b)  $2,09\text{kJ}$  e  $0,17\text{kJ}$ .

c)  $0,17\text{kJ}$  e  $2,26\text{kJ}$ .      d)  $1,13\text{kJ}$  e  $1,13\text{kJ}$ .

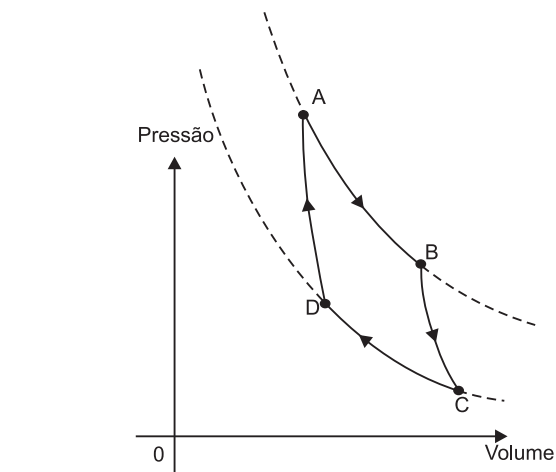
e) Nenhum dos resultados acima.

(Dados:  $1\text{cal} = 4,19\text{ joules}$ ;  $1\text{atm} = 1,01 \cdot 10^5\text{ N/m}^2$ )

6. (ITA) – O gráfico adiante representa um ciclo de Carnot percorrido por um gás ideal. Sendo  $\gamma = \frac{C_p}{C_v}$  a relação dos calores específicos desse gás a pressão constante e a volume constante, respectivamente, podemos afirmar que, no trecho AB do ciclo, vale a seguinte relação entre a pressão  $p$ , o volume  $V$  e a temperatura absoluta  $T$  do gás:

a)  $pT^{(1-1/\gamma)} = \text{constante}$       b)  $pV^\gamma = \text{constante}$   
 c)  $p = \text{constante} \cdot V^\gamma$       d)  $p = \text{constante} \cdot V^{-1}$   
 e)  $p = \text{constante} + T V^\gamma$

7. (ITA) – Uma certa quantidade de gás expande-se adiabaticamente e quase estaticamente desde uma pressão inicial de  $2,0\text{atm}$  e volume de  $2,0\ell$  na temperatura de  $21^\circ\text{C}$  até atingir o dobro de seu  $\dot{C}_p$  e. Sabendo-se que para este gás  $\gamma = \frac{C_p}{C_v} = 2,0$ , pode-se afirmar que a pressão final e a temperatura final são, respectivamente:



- a)  $0,5\text{atm}$  e  $10,5^\circ\text{C}$ .      b)  $0,5\text{atm}$  e  $-126^\circ\text{C}$ .  
 c)  $2,0\text{atm}$  e  $10,5^\circ\text{C}$ .      d)  $2,0\text{atm}$  e  $-126^\circ\text{C}$ .  
 e) nenhuma das alternativas está correta.

7. (ITA) – Uma certa quantidade de gás expande-se adiabaticamente e quase estaticamente desde uma pressão inicial de  $2,0\text{atm}$  e volume de  $2,0\ell$  na temperatura de  $21^\circ\text{C}$  até atingir o dobro de seu  $\dot{C}_p$  e.

Sabendo-se que para este gás  $\gamma = \frac{C_p}{C_v} = 2,0$ , pode-se afirmar que a pressão final e a temperatura final são, respectivamente:

a)  $0,5\text{atm}$  e  $10,5^\circ\text{C}$ .      b)  $0,5\text{atm}$  e  $-126^\circ\text{C}$ .  
 c)  $2,0\text{atm}$  e  $10,5^\circ\text{C}$ .      d)  $2,0\text{atm}$  e  $-126^\circ\text{C}$ .  
 e) nenhuma das alternativas está correta.

- a)  $0,5\text{atm}$  e  $10,5^\circ\text{C}$ .      b)  $0,5\text{atm}$  e  $-126^\circ\text{C}$ .  
 c)  $2,0\text{atm}$  e  $10,5^\circ\text{C}$ .      d)  $2,0\text{atm}$  e  $-126^\circ\text{C}$ .  
 e) nenhuma das alternativas está correta.

## resolução dos exercícios-tarefa

### ■ MÓDULOS 49 E 50

1) A velocidade média quadrática é dada por:

$$\bar{v} = \sqrt{\frac{3RT}{M}}$$

$$\bar{v} = \sqrt{\frac{3 \cdot 8,31 \cdot 2,70}{2,00 \cdot 10^{-3}}}$$

$$\bar{v} \approx 1,83 \cdot 10^2\text{ m/s}$$

Resposta:  $1,83 \cdot 10^2\text{ m/s}$

$$2) \bar{v} = \sqrt{\frac{3kT}{m}}$$

$$\bar{v} = \sqrt{\frac{3 \cdot 1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 300}{5,31 \cdot 10^{-26}}}$$

$$\bar{v} \approx 4,84 \cdot 10^2\text{ m/s}$$

Resposta:  $4,84 \cdot 10^2\text{ m/s}$

$$3) \bar{v}_{N_2} = \bar{v}_{H_2}$$

$$\sqrt{\frac{3RT_{N_2}}{M_{N_2}}} = \sqrt{\frac{3RT_{H_2}}{M_{H_2}}}$$

$$\frac{T_{N_2}}{28,0} = \frac{(20,0 + 273)}{2,00}$$

$$T_{N_2} = 4102\text{K} = 3829^\circ\text{C}$$

Resposta:  $3829^\circ\text{C}$

## ■ MÓDULOS 51 E 52

1) (1)  $\tau_{\text{ciclo}} \stackrel{N}{=} \text{Área}_{\text{interna}}$

$$\tau_{\text{ciclo}} = \frac{2v \cdot p}{2}$$

$$\tau_{\text{ciclo}} = pv \text{ (I)}$$

(2) Da equação de Clapeyron, vem:

$$pv = nRT$$

$$pv = 3 \cdot 8 \cdot (-23 + 273)$$

$$pv = 6000\text{J}$$

(3) Como o ciclo é percorrido em sentido anti-horário, temos:

$$\tau_{\text{ciclo}} = -pv$$

$$\tau_{\text{ciclo}} = -6000\text{J}$$

Resposta: A

2) (1)  $\frac{p_A V_A}{T_A} = \frac{p_B V_B}{T_B} \Rightarrow \frac{10,0}{300} = \frac{30,0}{T_B}$

$$T_B = 900\text{K}$$

(2)  $\frac{p_B V_B}{T_B} = \frac{p_C V_C}{T_C} \Rightarrow \frac{2,0}{900} = \frac{1,0}{T_C}$

$$T_C = 450\text{K}$$

(3)  $\frac{p_C V_C}{T_C} = \frac{p_D V_D}{T_D} \Rightarrow \frac{30,0}{450} = \frac{10,0}{T_D}$

$$T_D = 150\text{K}$$

(4)  $\tau_{\text{ciclo}} \stackrel{N}{=} \text{Área}_{\text{interna}}$

$$\tau_{\text{ciclo}} = 20 \cdot 1$$

$$\tau_{\text{ciclo}} = 20 \text{ atm} \cdot \ell$$

(5)  $\Delta U_{\text{ciclo}} = 0$

Resposta: A

3) Resposta: C

4) (1) Transformação AB (isobárica)

$$\Delta U = n \cdot \Delta T \cdot (C_p - R)$$

$$\Delta U = 1 \cdot (3T_0 - T_0) (C_p - R)$$

$$\Delta U = 2 T_0 (C_p - R)$$

(2)  $r = \frac{Q}{W} = \frac{n C_p \Delta T}{n R \Delta T}$

$$r = \frac{C_p}{R}$$

Resposta: C

5) (1)  $\tau = p \cdot \Delta V$

$$\tau = 1,01 \cdot 10^5 (1671 - 1) 10^{-6}$$

$$\tau = 168,67\text{J}$$

$$\tau \approx 0,17\text{kJ}$$

(2)  $Q = \tau + \Delta U$

$$539 \cdot 4,19 = 168,67 + \Delta U$$

$$\Delta U = 2090,74$$

$$\Delta U \approx 2,09\text{kJ}$$

Resposta: A

6) O ciclo de Carnot é constituído por duas isotérmicas e duas adiabáticas que, no caso, correspondem, respectivamente, a AB e CD, BC e DA.

Assim, se o trecho AB é uma isotérmica, pode-se afirmar que

$$pV = K$$

$$p = K V^{-1}$$

Resposta: D

7) (1) Nas transformações adiabáticas, temos:

$$pV^\gamma = \text{cte}$$

$$\text{Portanto: } p_1 V_1^\gamma = p_2 V_2^\gamma$$

$$2,0 \cdot 2,0^{2,0} = p_2 \cdot 4,0^{2,0}$$

$$p_2 = 0,5 \text{ atm}$$

$$(2) \quad \frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}$$

$$\frac{2,0 \cdot 2,0}{294} = \frac{0,5 \cdot 4,0}{T_2}$$

$$T_2 = 147 \text{ K}$$

$$T_2 = -126^\circ \text{C}$$

Resposta: B