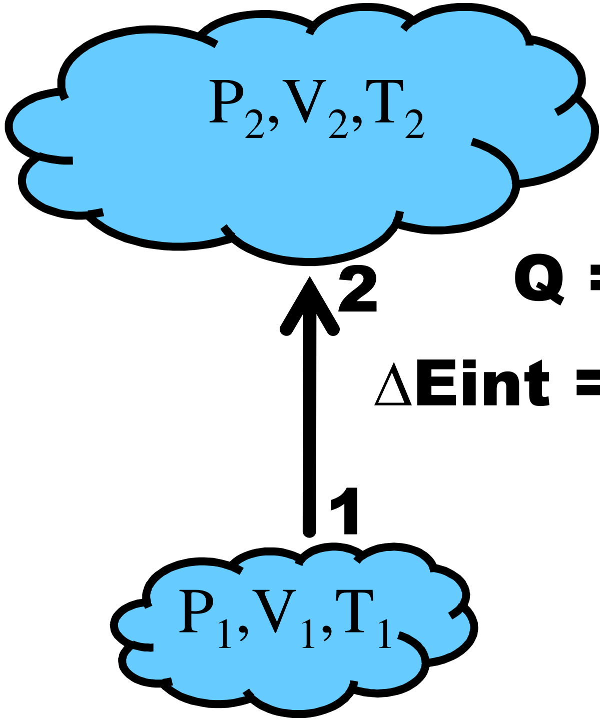
Processo Adiabático

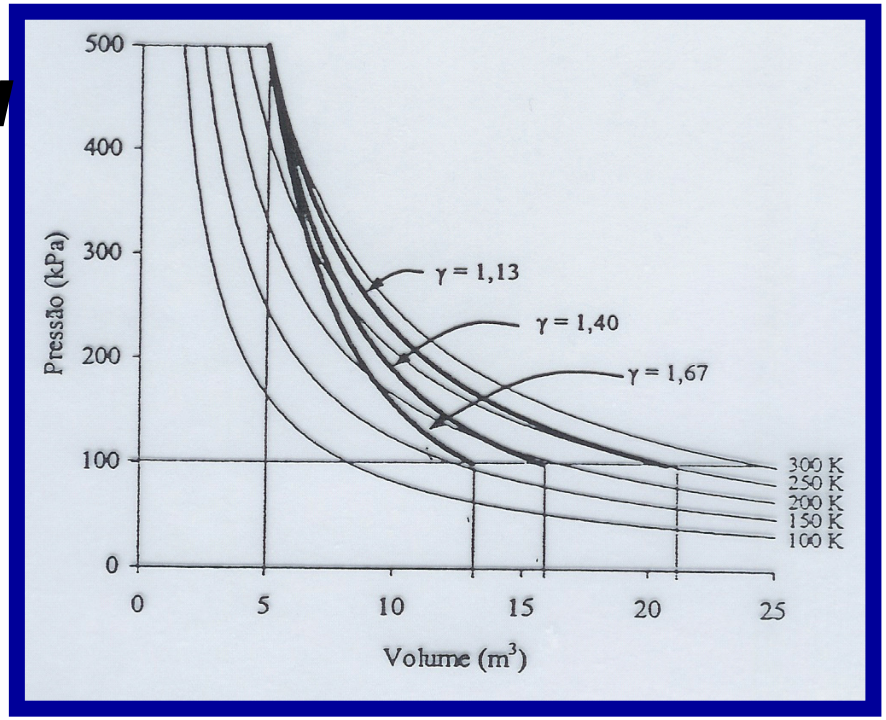


$Q = 0$

$\Delta Eint = \cancel{Q} + W$

Objetivos:

- Relacionar calor específico ($\overline{cp}$ e $\overline{cv}$)
- Expressão Geral do Processo Adiabático



Fonte: REICHARDT, K.; LIBARDI, P.L.; MORAES, S.O.; NASCIMENTO FO. V.F. 1997.

Processo Adiabático

Sabemos que:

$$\Delta \mathbf{Eint} = \mathbf{Q} + \mathbf{W} \qquad\qquad \mathbf{Q} = \Delta \mathbf{Eint} + \mathbf{P.}\ \ \mathbf{V}$$

Q = Variação de Entalpia (**ΔH**)

Portanto:

$$\Delta \mathbf{H} = \Delta \mathbf{Eint} + \mathbf{P.}\ \ \mathbf{V}$$

Definição de Capacidade Calórica (C) e Calor Específico ($\bar{c}$)

$$\boldsymbol{C} = \frac{\boldsymbol{Q}}{\Delta \mathbf{T}} \qquad \bar{\boldsymbol{c}} = \frac{\boldsymbol{C}}{\boldsymbol{m}} \quad \text{ou} \quad \bar{\boldsymbol{c}} = \frac{\boldsymbol{C}}{\boldsymbol{n}}$$

No processo isovolumétrico:

$$\overline{\boldsymbol{cv}} = \frac{\boldsymbol{Cv}}{\boldsymbol{n}}$$

No processo isobárico:

$$\overline{\boldsymbol{cp}} = \frac{\boldsymbol{Cp}}{\boldsymbol{n}}$$

Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"
Fundada em 1901

USP ESALQ

Processo Adiabático

$$\Delta \mathbf{Eint} = \mathbf{Q} + \mathbf{W}$$

Em um processo isovolumétrico Q = Δ**Eint**, portanto:

$$C = \frac{Q}{\Delta T} \qquad Cv = \frac{\Delta \mathbf{Eint}}{\Delta T} \qquad \overline{cv} = \frac{Cv}{n} \qquad \Delta \mathbf{Eint} = n.\overline{cv}.\Delta T$$

Em um processo isobárico Q = Δ**H**, portanto:

$$C = \frac{Q}{\Delta T} \qquad Cp = \frac{\Delta H}{\Delta T} \qquad \overline{cp} = \frac{Cp}{n} \qquad \Delta H = n.\overline{cp}.\Delta T$$

Portanto como temos que: $\Delta \mathbf{H} = \Delta \mathbf{Eint} + \mathbf{P}.\ \ \mathbf{V}$ $\qquad \mathbf{P}.\ \ \mathbf{V} = \mathbf{n}.\mathbf{R}.\Delta \mathbf{T}$

$$n.\overline{cp}.\Delta T = n.\overline{cv}.\Delta T + \mathbf{n}.\mathbf{R}.\Delta \mathbf{T}$$

Gás Monoatômico ($\overline{cv}$ = 3/2R)
Gás Diatômico ($\overline{cv}$ = 5/2R)

Processo Adiabático

A equação dos gases expressa em termos de variação fica:

$$\mathbf{P.V = n.R.\Delta T}$$

$$\mathbf{P.\quad V + V.\Delta P = n.R.\Delta T}$$

$$\mathbf{P.\quad V = n.R.\Delta T - V.\quad P}$$

Da 1ª Lei temos que: $\mathbf{\Delta Eint = Q + W}$

$\mathbf{Q = \Delta Eint + P.\quad V}$ Processo Isovolumétrico: $\mathbf{\Delta Eint = \boldsymbol{n}.\overline{\boldsymbol{cv}}.\Delta T}$

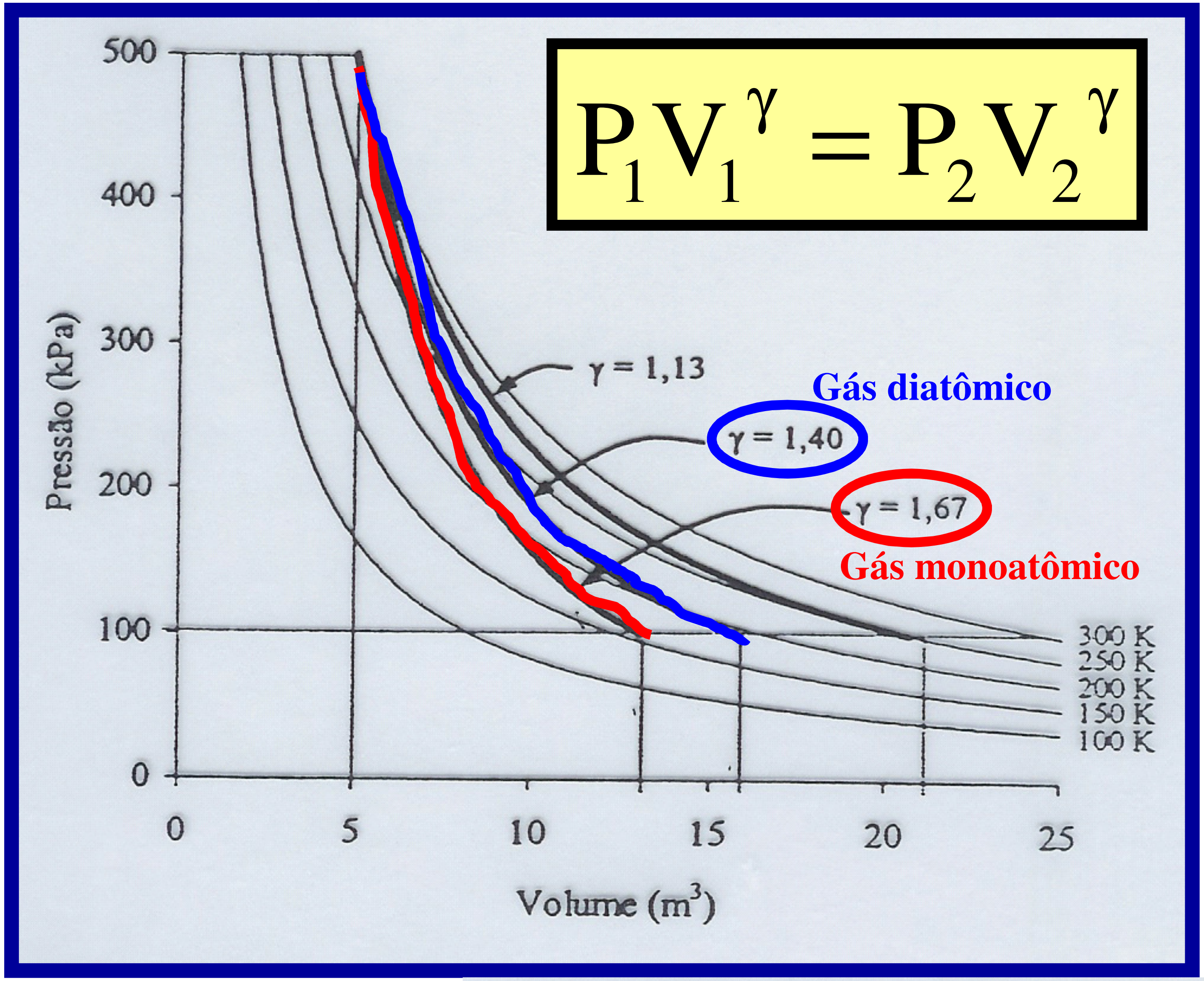
Processo Isobárico:

$\mathbf{Q = \Delta Eint + P.\quad V}$ $\mathbf{Q = \boldsymbol{n}.\overline{\boldsymbol{cv}}.\Delta T + n.R.\Delta T - V.\quad P}$

Gás Monoatômico ($\overline{cv}$ = 3/2R)
Gás Diatômico ($\overline{cv}$ = 5/2R)

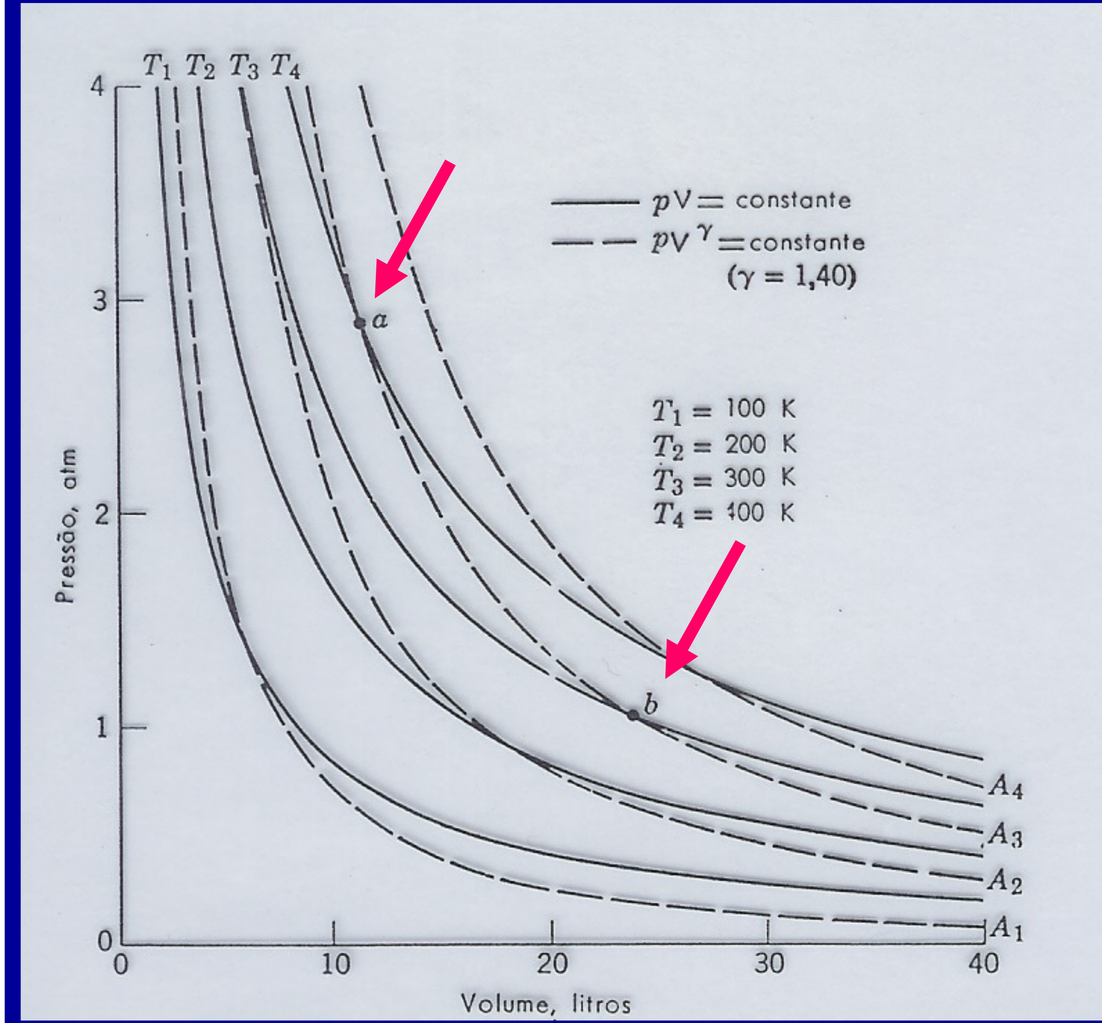
$$\overline{cp} = \overline{cv} + R$$

$$\gamma = \frac{\overline{cp}}{\overline{cv}}$$



Fonte: REICHARDT, K.; LIBARDI, P.L.; MORAES, S.O.; NASCIMENTO FO. V.F. 1997.

Processo Adiabático



Fonte: HALLIDAY, D.; RESNICK, R.1973.

T1, T2 e T3 indicam como a pressão de um mol de gás varia com a variação de seu volume, mantendo-se constante sua temperatura (transformação isotérmica). A1, A2 e A3 representam a variação da pressão de um gás ideal como função de seu volume, sem troca de calor (transformação adiabática). Um aumento adiabático de volume (por exemplo, de a para b ao longo de A3) é sempre acompanhado de um decréscimo de temperatura, desde que, em a, T4 = 400 K enquanto em b, T3 = 300 K.

Processo Adiabático

Encontre as expressões para o processo adiabático, relacionando:
Temperatura x Volume
Temperatura x Pressão

Temperatura x Volume

$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma-1}$$

Temperatura x Pressão

$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{P_1}{P_2}\right)^{\frac{1-\gamma}{\gamma}}$$

$$P_1 V_1^{\gamma} = P_2 V_2^{\gamma}$$

$$P_1 V_1 = nRT_1 \qquad P_2 V_2 = nRT_2$$

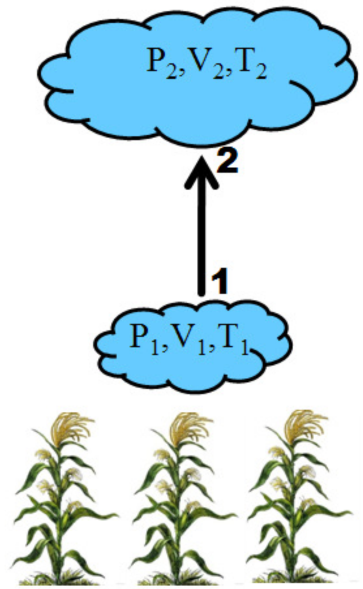
Processo Adiabático

Exercício:
Calcule os valores de temperatura inicial (T1), temperatura final (T2) e Volume final (V2), para os dois tipos de gases (Gás 1 e 2), comparando as variações de temperatura e volume entre eles.
Considere o processo adiabático, para a situação.
Dados:

Gás 1:
n = 1000 moles $\overline{cv}$ = 7/3R V1 = 5 m^3
P1 = 500 kPa P2 = 100 kPa
Calcule: T1 = ? T2 = ? V2 = ? (Processo Adiabático)
Respostas: T1 = 300,69 K T2 = 185,64 K e V2 = 15,42 m^3

Gás 2:
n = 1000 moles $\overline{cv}$ = 23/3R V1 = 5 m^3
P1 = 500 kPa P2 = 100 kPa
Respostas: T1 = 300,69 K T2 = 249,86 K e V2 = 20,77 m^3

INTERPRETE OS RESULTADOS DE ACORDO COM A ABORDAGEM EM SALA DE AULA (UTILIZE O GRÁFICO PARA DISCUTIR)



Processo Adiabático

Gás 1:

n = 1000 moles $\overline{cv}$ = 7/3R V1 = 5 m^3

P1 = 500 kPa P2 = 100 kPa

Calcule: T1 = ? T2 = ? V2 = ? (Processo Adiabático)

Respostas: T1 = 300,69 K (eq. de estado)

V2 = 15,42 m^3 e T2 = 185,64 K (processo adiabático)

Gás 2:

n = 1000 moles $\overline{cv}$ = 23/3R V1 = 5 m^3

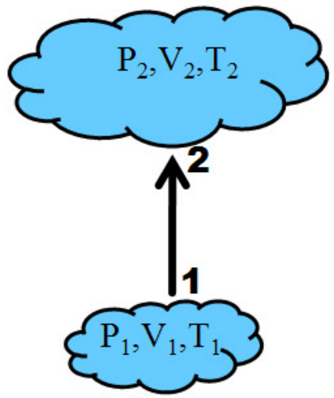
P1 = 500 kPa P2 = 100 kPa

Respostas: T1 = 300,69 K (eq. de estado)

V2 = 20,77 m^3 e T2 = 249,86 K (processo adiabático)

INTERPRETE OS RESULTADOS DE ACORDO COM A ABORDAGEM EM SALA DE AULA

(UTILIZE O GRÁFICO PARA DISCUTIR)



$$P_1V_1^{\gamma} = P_2V_2^{\gamma}$$

$$\gamma = \frac{\overline{cp}}{\overline{cv}}$$

Condição Inicial (Eq. Estado)

$$P_1V_1 = nRT_1$$

Condição Final (Processo Adiabático)

$$\overline{cp} = \overline{cv} + R$$

$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma-1}$$

Processo Adiabático

Equações:

$$\overline{cp} = \overline{cv} + R$$

$$\gamma = \frac{\overline{cp}}{\overline{cv}}$$

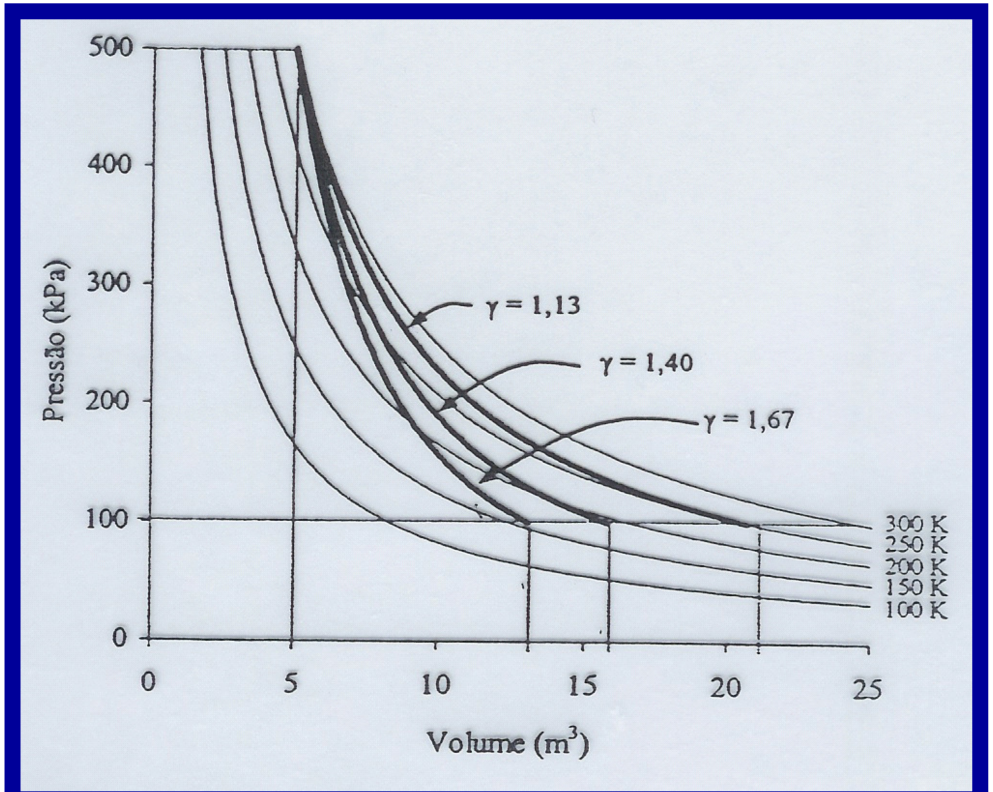
$$PV = nRT$$

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

$$P_1 V_1^{\gamma} = P_2 V_2^{\gamma}$$

$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma-1}$$

$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{P_1}{P_2}\right)^{\frac{1-\gamma}{\gamma}}$$



EXERCÍCIOS

6) 10 moles de ar atmosférico a uma temperatura de 300 K sofre uma expansão adiabática entre as pressões de $1{,}2.10^5$ Pa e $0{,}9.10^5$ Pa. Calcular o volume inicial do ar atmosférico, a temperatura final e o volume final da expansão? ($\gamma = 1{,}4$)

Resposta: V1 = 207,85 L; V2 = 255,64 L e T2 = 276,33 K

$$PV = nRT$$

$$P_1 V_1^{\gamma} = P_2 V_2^{\gamma}$$

$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma - 1}$$

$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{P_1}{P_2}\right)^{\frac{1-\gamma}{\gamma}}$$

EXERCÍCIOS

7)

Gás 1:

n = 1000 moles $\gamma = 1,4$ P1 = 500 kPa V1 = 5 m^3 P2 = 100 kPa

Calcule: T1 = ? T2 = ? V2 = ? (Processo Adiabático)

Respostas: T1 = 300,69 K T2 = 189,85 K e V2 = 15,78 m^3

Gás 2:

n = 1000 moles $\gamma = 1,13$ P1 = 500 kPa V1 = 5 m^3 P2 = 100 kPa

Respostas: T1 = 300,69 K T2 = 249,86 K e V2 = 20,77 m^3

Calcule: T1 = ? T2 = ? V2 = ? (Processo Adiabático)

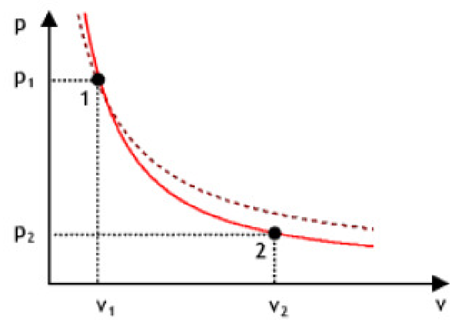
INTERPRETE OS RESULTADOS

$$PV = nRT$$

$$P_1 V_1^{\gamma} = P_2 V_2^{\gamma}$$

$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma - 1}$$

$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{P_1}{P_2}\right)^{\frac{1-\gamma}{\gamma}}$$



EXERCÍCIOS

8) Um volume de ar seco é aquecido pela superfície da Terra, a uma altitude de 550 m acima do nível do mar, atingindo a temperatura de 310 K. O volume de ar começa então a subir, expandindo-se adiabaticamente, até chegar à altitude de 1550 m acima do nível do mar. Calcular a temperatura do ar ao chegar a essa altitude. Qual é o gradiente térmico?

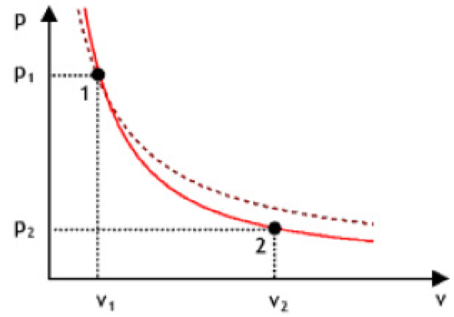
Resposta: T = 299,42 K   GT = -10,58 °C km^{-1}

$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{P_1}{P_2}\right)^{\frac{1-\gamma}{\gamma}}$$

$$\gamma = \frac{\overline{cp}}{\overline{cv}}$$

→ **Gás diatômico**

$$P = K.\left(1 - \frac{0{,}0065.Z}{288}\right)^{5{,}2568}$$



EXERCÍCIOS

9) O calor molar a pressão constante (cp) do ar atmosférico é 29,0 J mol^{-1} K^{-1} e do gás propano (C_3H_8) é 67,3 J mol^{-1} K^{-1}. Um mol de ambos os gases, ocupando, à pressão de $3{,}2.10^5$ Pa, um volume de 8 litros cada um, é expandido adiabaticamente ao volume de 20 litros.

a) Calcular, para ambos os gases, o calor molar a volume constante (cv) e o valor do coeficiente γ.

Resposta: cv_{ar} = 20,69 J mol^{-1} K^{-1}; $cv_{propano}$ = 58,99 J mol^{-1} K^{-1}; γ_{ar} = 1,39; $\gamma_{propano}$ = 1,14

b) Qual é a temperatura inicial e final do processo de expansão para ambos os gases?

Resposta: T1 = 307,91 K, T2 = 213,43 K; T2 propano = 270,83 K