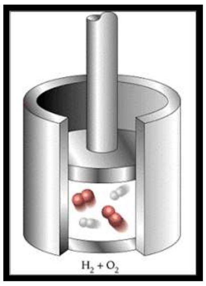
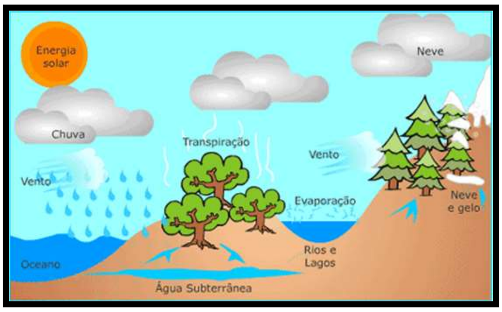
Termodinâmica e Energia

Ciência da Energia – Conversão de Calor em Energia Mecânica
Therme = Calor dynamis = potência
1697 Thomas Savery 1712 Thomas Newcomen 1850 1ª e 2ª Lei

Princípio da Conservação da Energia





Sistema e Meio

Termodinâmica e Energia

1) Tipos de Sistemas:

  a) Real e Imaginário

  b) Simples e Complexo

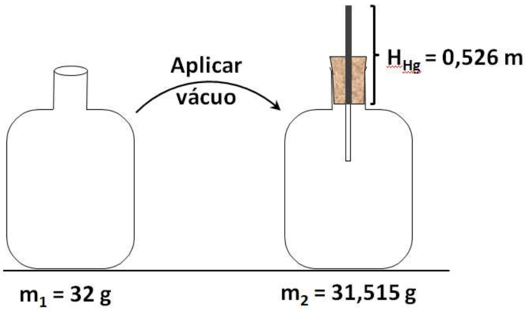
  c) Isolado e Não Isolado (Energia)

  d) Aberto e Fechado (Matéria)

2) Composição do Ar Atmosférico:

Termodinâmica e Energia

1) Qual o valor da constante universal dos gases ideais, diante do seguinte esquema montado em laboratório:



Dados do Exercício:
V = 600 mL
T = 25 ºC (K = ºC + 273,15)
Massa molar do ar (g/mol)
Massa de ar (g)
Pressão
g = 9,81 m s^{-2}
ρ = 13600 kg m^{-3}

$$\mathbf{P = \rho . g . h}$$

$$\mathbf{P = \frac{E}{V}}$$

Resposta:
R = 8,31 J mol^{-1} K^{-1}

Termodinâmica e Energia

4) Cálculo do Trabalho

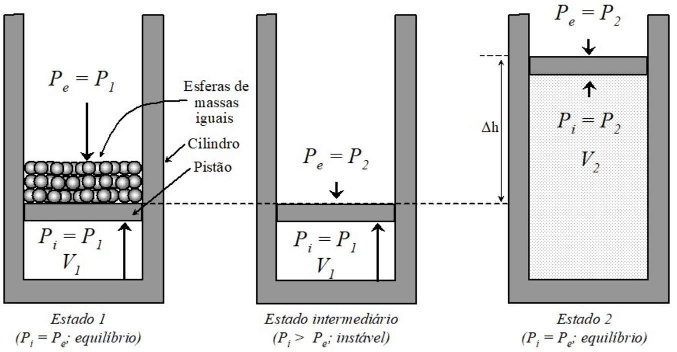


Figura 2.2 - Expansão isotérmica de um sistema gasoso

$\Delta E = Q + W$

Convenção do Sinal (W)

Termodinâmica e Energia

4) Cálculo do Trabalho

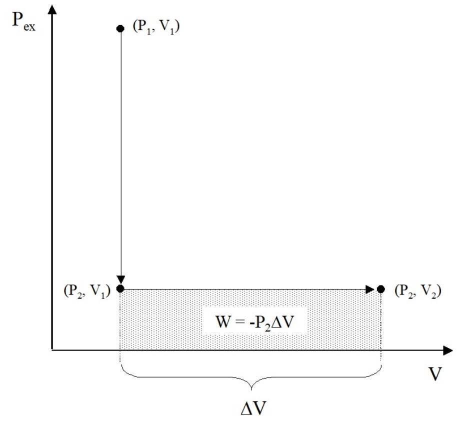


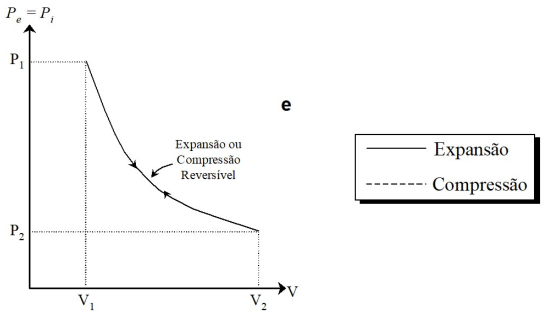
Figura 2.3 - Diagrama PV para a expansão

$\Delta E = Q + W$

Termodinâmica e Energia

$\Delta E = Q + W$

4) Cálculo do Trabalho



$$\mathbf{W = -n.R.T.Ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right)}$$

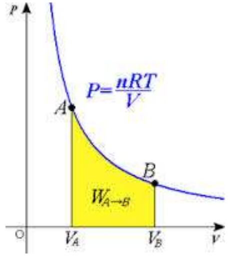
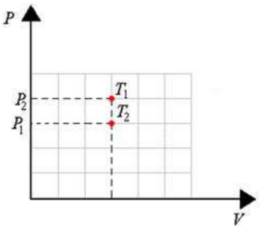
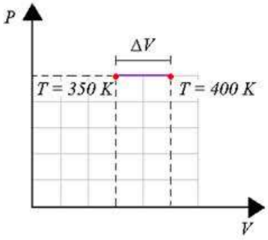


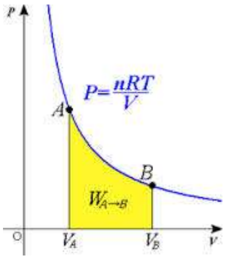
Figura 2.6 - Seqüência de situações mostrando diagramas PV de expansão e compressão de um gás ideal, desde o caso no qual o processo de transformação é extremamente rápido e irreversível (a) até o caso ideal no qual o processo de transformação é infinitamente lento e reversível (e), passando pelos estágios intermediários irreversíveis (b a d).

Termodinâmica e Energia

Processos Termodinâmicos:







Processo Isovolumétrico

$$W = 0$$

Processo Isobárico

$$W = -P.\Delta V$$

Processo Isotérmico (reversível)

$$W = -n.R.T.\mathrm{Ln}\left(\frac{V_2}{V_1}\right)$$

$$\Delta U = Q + W$$

Termodinâmica e Energia

Exercícios:

1) Qual o volume ocupado por 1 mol de gás atmosférico quando a pressão é de 1 atm (1 atm = 101325 Pa) e a temperatura é de 27ºC?

Resposta: 0,02462 m^3

$$P.V = n.R.T$$

$$R = 8,314\frac{J}{mol.K}$$

K = ºC + 273,15

2) O ar atmosférico é composto por 78 % de N_2 e 21% de O_2. Qual a densidade do ar, utilizando o volume da questão anterior, em kg m^{-3}?

Resposta: 1,1609 kg m^{-3}

Termodinâmica e Energia

Exercícios:

3) Um cilindro contém 12 L de O2 a 20ºC e a uma pressão de 15 atm. A temperatura é elevada para 35 ºC e o volume reduzido para 8,5 L. Qual a pressão final do gás em atm?

Resposta: 22,26 atm

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

K = ºC + 273,15

$$R = 8,314 \frac{J}{mol. K}$$

4) 1 mol de O_2 (assumir como gás ideal) expande-se a uma temperatura (T) constante de 310 K a partir de um volume inicial (Vi) de 12 L para um volume final (Vf) de 19 L. Qual o trabalho realizado na expansão?

Resposta: -1184,37 J

$$W = -n. R. T. Ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right)$$

Termodinâmica e Energia

Exercícios:

5) Um mol de um gás ideal a 298 K e exercendo uma pressão de 250 kPa sobre um pistão expande-se irreversível e isotermicamente contra uma pressão externa de 100 kPa até que sua pressão torne-se igual à externa. Pergunta-se:

a) Qual o valor do trabalho executado pelo gás na expansão?

Resposta: -1485,98 J

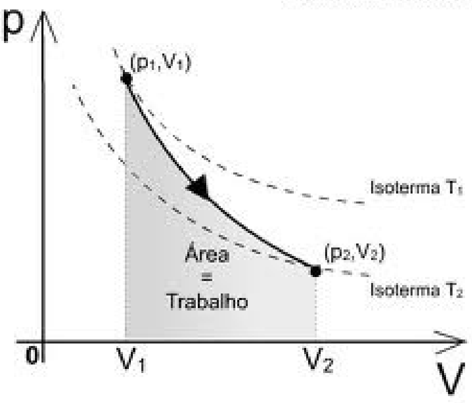
$$W = -P. \Delta V$$

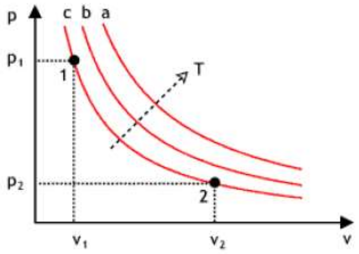
b) Se essa mesma expansão fosse reversível, qual seria o trabalho?

Resposta: -2269,62 J

$$W = -n. R. T. Ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right)$$

Termodinâmica e Energia


Daniel Schulz © (2008)

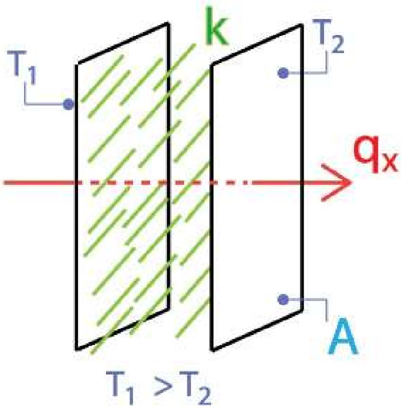


Processo Isotérmico

Termodinâmica e Energia

Formas de Transferência de Calor

Condução (Lei de Fourier):

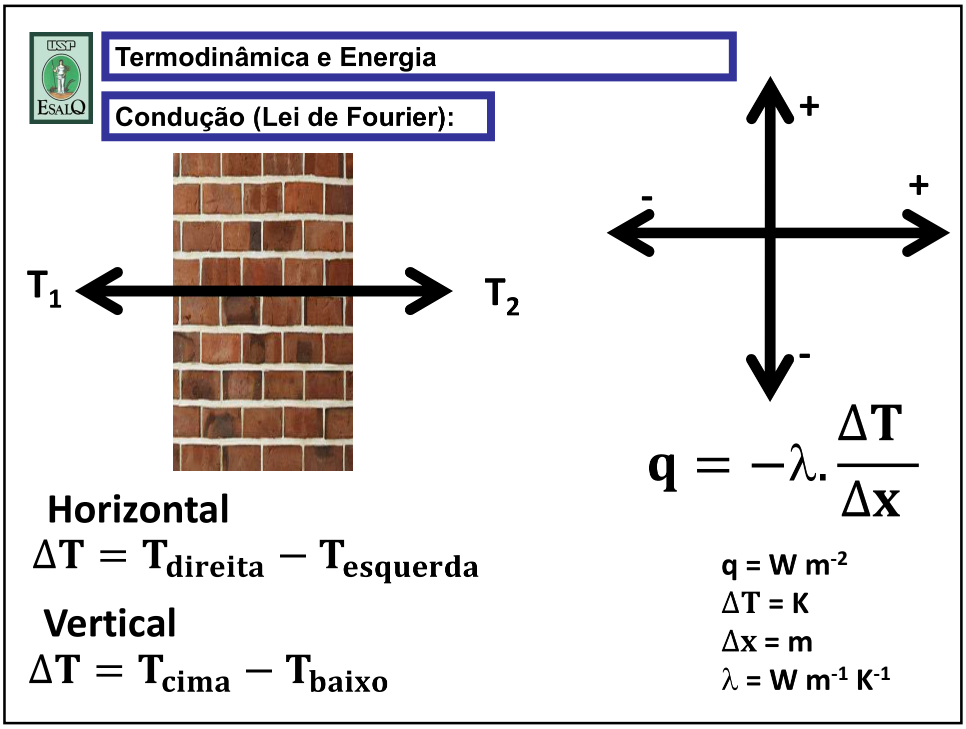


$$\mathbf{Pot}\ \alpha\ \mathbf{A}$$

$$\mathbf{Pot}\ \alpha\ \Delta\mathbf{T}$$

$$\mathbf{Pot}\ \alpha\ \mathbf{1}/\Delta\mathbf{x}$$

$$\mathbf{q} = -\lambda.\frac{\Delta\mathbf{T}}{\Delta\mathbf{x}}$$



Termodinâmica e Energia

Condução (Lei de Fourier):

Horizontal

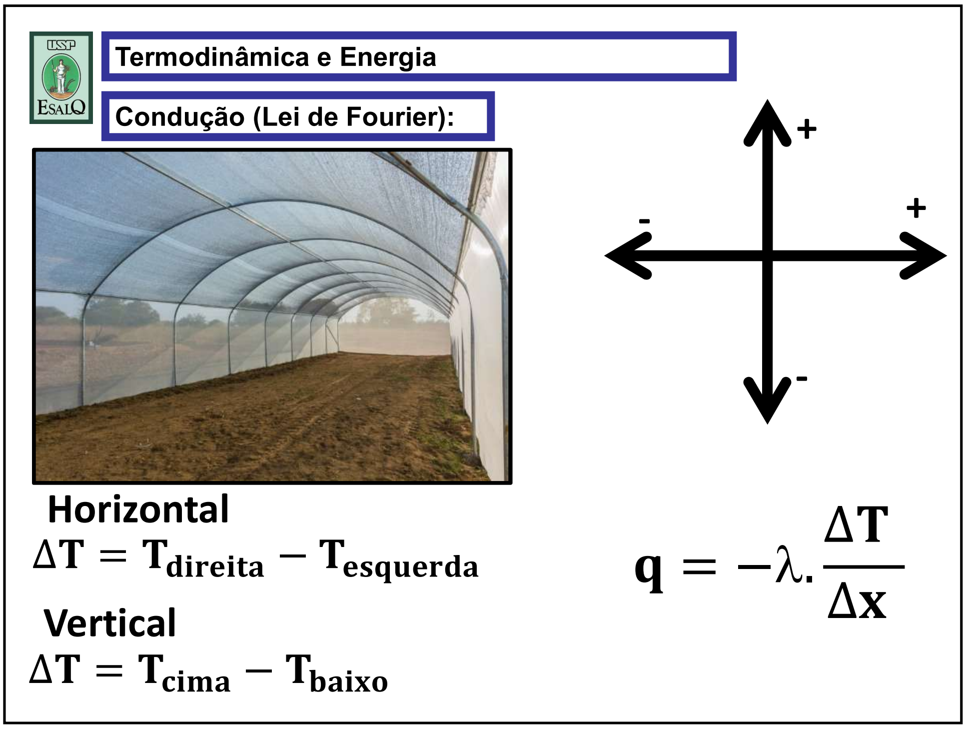
$$\Delta T = T_{direita} - T_{esquerda}$$

Vertical

$$\Delta T = T_{cima} - T_{baixo}$$

$$q = -\lambda.\frac{\Delta T}{\Delta x}$$

$q = W\ m^{-2}$
$\Delta T = K$
$\Delta x = m$
$\lambda = W\ m^{-1}\ K^{-1}$



Termodinâmica e Energia

Condução (Lei de Fourier):

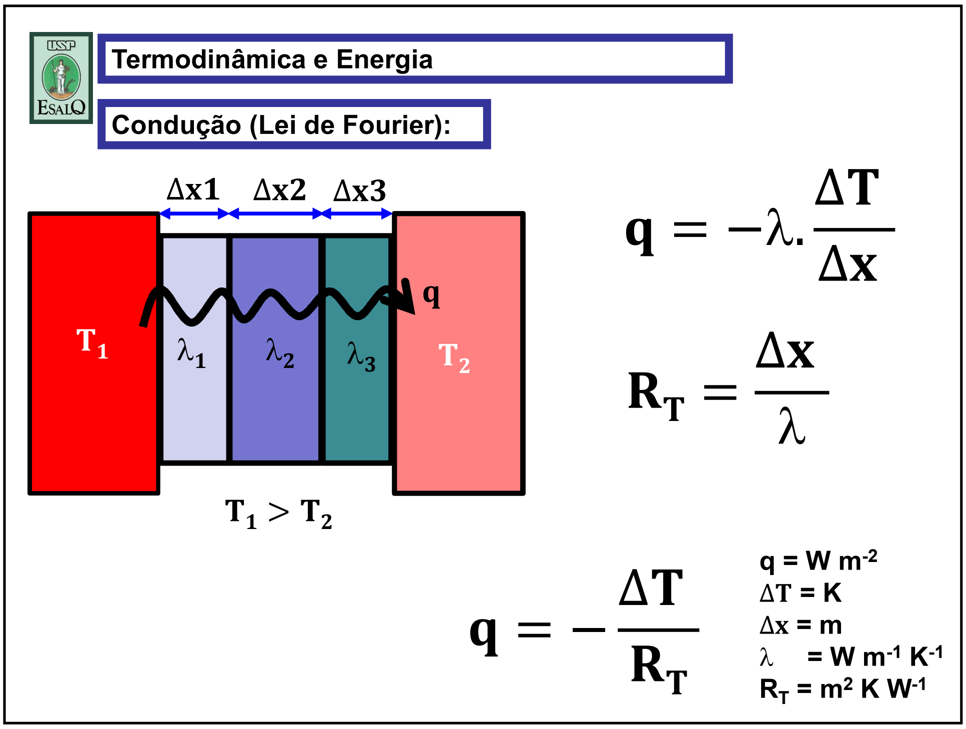
Horizontal

$$\Delta T = T_{direita} - T_{esquerda}$$

Vertical

$$\Delta T = T_{cima} - T_{baixo}$$

$$q = -\lambda.\frac{\Delta T}{\Delta x}$$



Termodinâmica e Energia

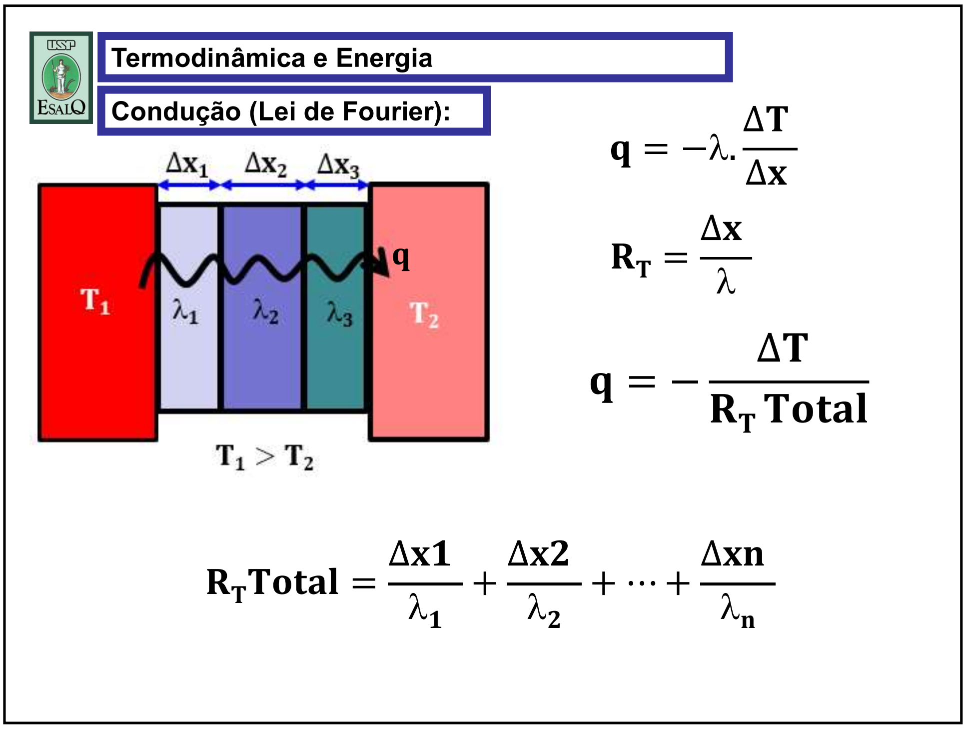
Condução (Lei de Fourier):

$$q = -\lambda . \frac{\Delta T}{\Delta x}$$

$$R_T = \frac{\Delta x}{\lambda}$$

$$q = -\frac{\Delta T}{R_T}$$

q = W m^{-2}
ΔT = K
Δx = m
λ = W m^{-1} K^{-1}
R_T = m^2 K W^{-1}



Termodinâmica e Energia

Condução (Lei de Fourier):

$$q = -\lambda . \frac{\Delta T}{\Delta x}$$

$$R_T = \frac{\Delta x}{\lambda}$$

$$q = -\frac{\Delta T}{R_T \text{ Total}}$$

$$R_T\text{Total} = \frac{\Delta x1}{\lambda_1} + \frac{\Delta x2}{\lambda_2} + \cdots + \frac{\Delta xn}{\lambda_n}$$

Termodinâmica e Energia

Condução (Lei de Fourier):

$$q = -\lambda.\frac{\Delta T}{\Delta x} \qquad R_T = \frac{\Delta x}{\lambda}$$

$$q = -\frac{\Delta T}{R_T}$$

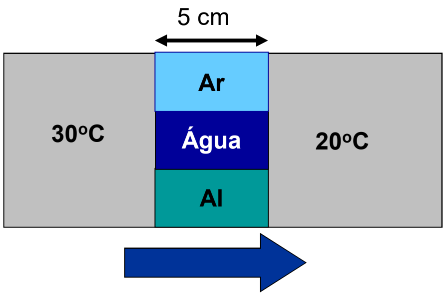
$q = W\ m^{-2}$
$\Delta T = K$
$\Delta x = m$
$\lambda \quad = W\ m^{-1}\ K^{-1}$
$R_T = m^2\ K\ W^{-1}$

$$q = \frac{Pot}{A} = \frac{E}{t.A} = \frac{Q}{t.A} = -\lambda.\frac{\Delta T}{\Delta x}$$

Termodinâmica e Energia

Condução (Lei de Fourier) (exercícios):

1) Na figura abaixo observa-se uma divisão entre um reservatório a 30 °C e outro a 20 °C. A divisão tem espessura de 5 cm e é subdividida em uma parte com ar, a outra com água e outra com alumínio. Calcule a densidade de fluxo de calor (q) por condução através de cada parte da divisão.



$\lambda ar = 0{,}024\ W\ m^{-1}\ K^{-1}$

$\lambda água = 0{,}6\ W\ m^{-1}\ K^{-1}$

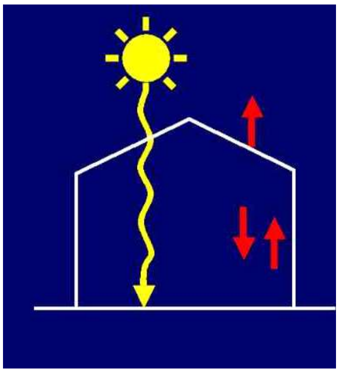
$\lambda Al = 220\ W\ m^{-1}\ K^{-1}$

Respostas:
q_{ar}=4,8 W m^{-2}, $q_{água}$=120 W m^{-2}, q_{Al}=44.000 W m^{-2}

Termodinâmica e Energia

Condução (Lei de Fourier) (exercícios):

2) A temperatura no interior de uma estufa é de 32 °C, enquanto que fora dela é de 23 °C. O plástico tem uma espessura de 1 mm e sua condutividade térmica é de 0,06 W m^{-1} K^{-1}. A área superficial (teto) da estufa é de 200 m^2. Calcular q, considerando toda a área superficial (teto).

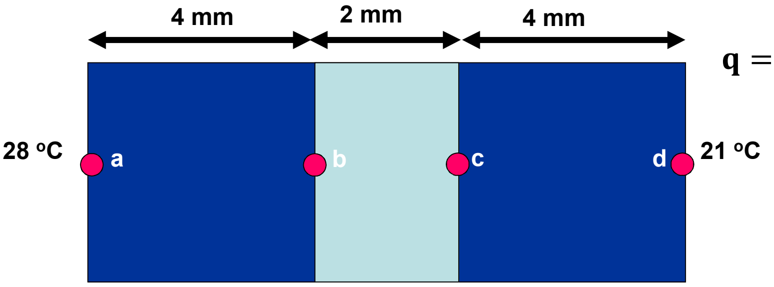


Respostas:
q = 108.000 W/200 m^2

Termodinâmica e Energia

Condução (Lei de Fourier) (exercícios):

3) Um vidro duplo é composto por 2 lâminas de vidro de 4 mm de espessura, separadas por uma camada de 2 mm de ar. De um lado do vidro a temperatura é de 28 °C e do outro lado é de 21 °C. Calcular "q" através do vidro duplo.



$$q = -\frac{\Delta T}{R_T\,\text{Total}}$$

λvidro = 0,93 W m^{-1} K^{-1} λar = 0,024 W m^{-1} K^{-1}

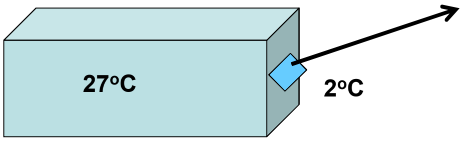
$$R_T\text{Total} = \frac{\Delta x1}{\lambda_1} + \frac{\Delta x2}{\lambda_2} + \cdots + \frac{\Delta xn}{\lambda_n}$$

Respostas:
q = 76,14 W m^{-2}

Termodinâmica e Energia

Condução (Lei de Fourier) (exercícios):

4) Em um dia muito frio num determinado local, uma sala de ordenha fechada, a temperatura interna é mantida constante a 27ºC, enquanto que a temperatura externa é de apenas 2ºC. A sala possui uma janela de 80 cm de altura por 125 cm de comprimento. A janela é de vidro e tem 0,80 cm de espessura.
Pergunta-se: Qual a densidade de fluxo de calor através da janela.
λ_{vidro} = 0,75 W/m.ºC. Que quantidade de calor em kCal é perdida para o ambiente durante um intervalo de 5,0 horas?
Sabendo-se que 1,0 Cal = 4,1868 J.



Janela (80 cm x 125 cm e Δx = 0,8 cm)

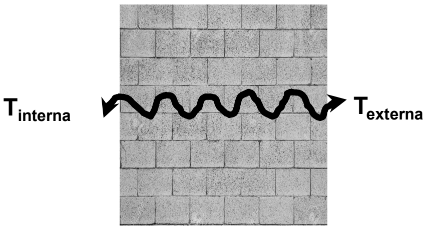
$$q = -\lambda.\frac{\Delta T}{\Delta x}$$

Respostas:
q = 2343,75 W m^{-2}
Calor = 42.187,50 kJ/5h.m^2 ou 10.076,31 kCal

Termodinâmica e Energia

Condução (Lei de Fourier) (exercícios):

5) Uma parede de concreto com 9 m^2 de área e 10 cm de espessura tem $\lambda_{concreto}$ = 2.10^{-3} cal/s.cm.ºC. Sabendo-se que a diferença de temperatura entre as faces (lado direito) é de -5 ºC (temperatura interna maior do que a externa), pergunta-se: Qual a quantidade de calor (em calorias) que flui pela parede durante 10 minutos?



$$\frac{Q}{t.A} = -\lambda.\frac{\Delta T}{\Delta x}$$

Respostas:
Calor = 54000 calorias ou
Calor transferido = 90 cal/s

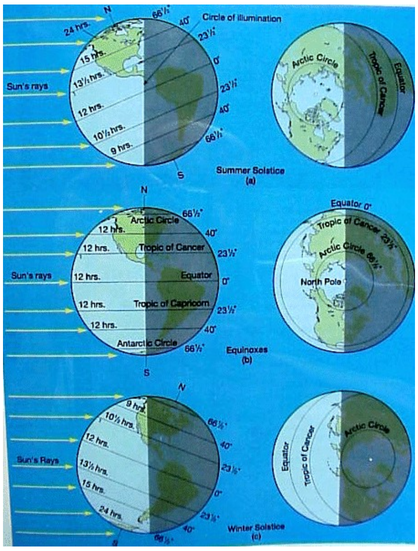
Radiação Térmica (Leis)

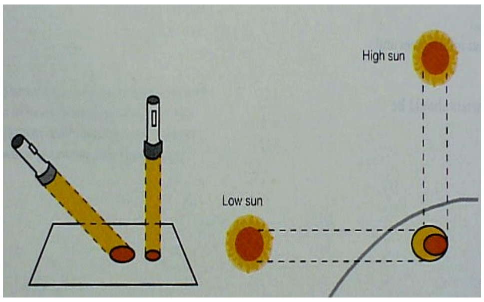
Introdução

Todos os corpos (geleiras, nuvens, pessoas, objetos, planetas, fornos, estrelas) emitem radiação. Quanto maior a sua temperatura, mais emitem, daí que essa radiação é chamada radiação térmica.

Radiação Térmica (Leis)

Introdução

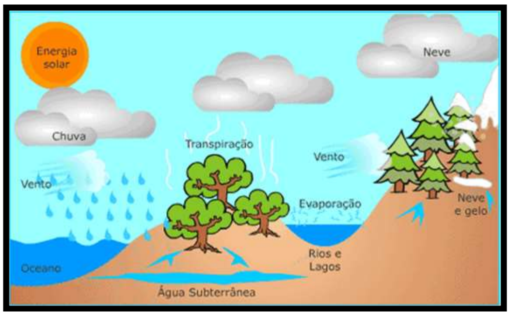


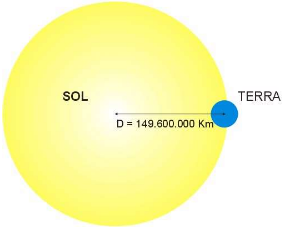


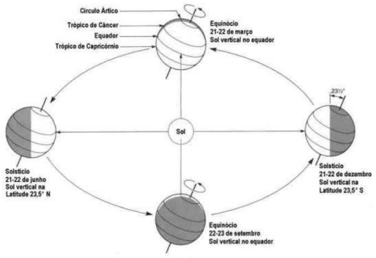
Radiação Térmica (Leis)

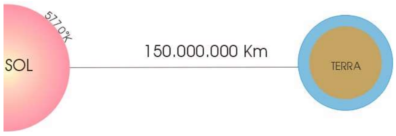
Introdução

3) Radiação Térmica - Leis



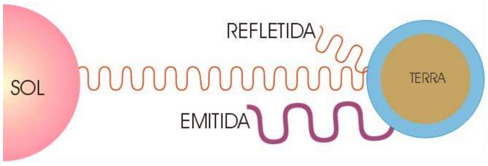


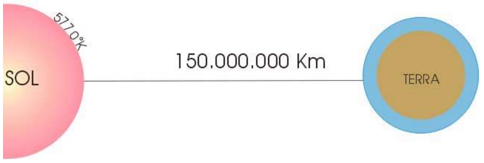


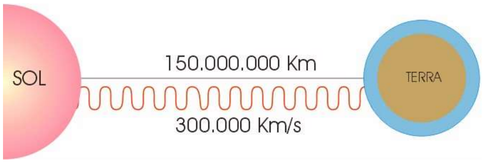


Radiação Térmica

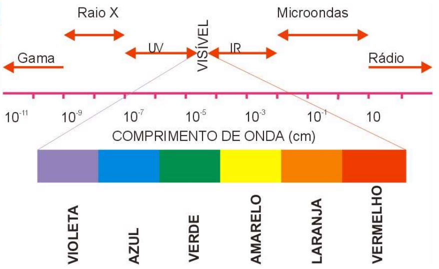
3) Radiação Térmica - Leis







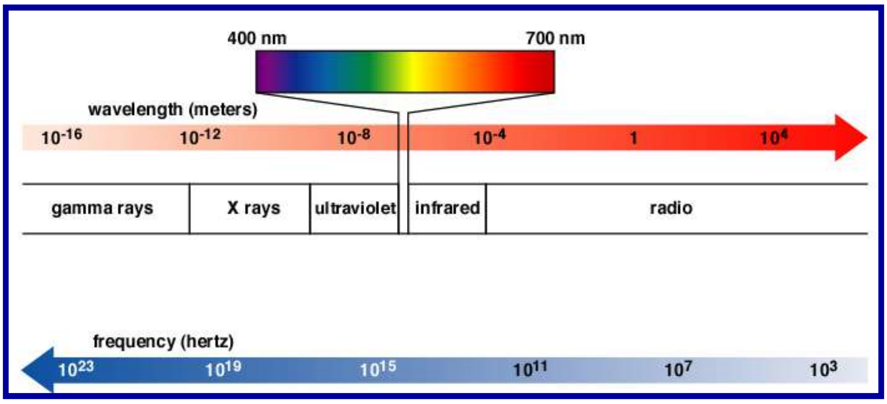
Temperatura da superfície do sol é em torno de 5800 K (5500ºC) e emite 64 milhões de watts/m²



Nessa velocidade, a radiação solar leva 500 segundos, ou 8,3 minutos para chegar na superfície da Terra

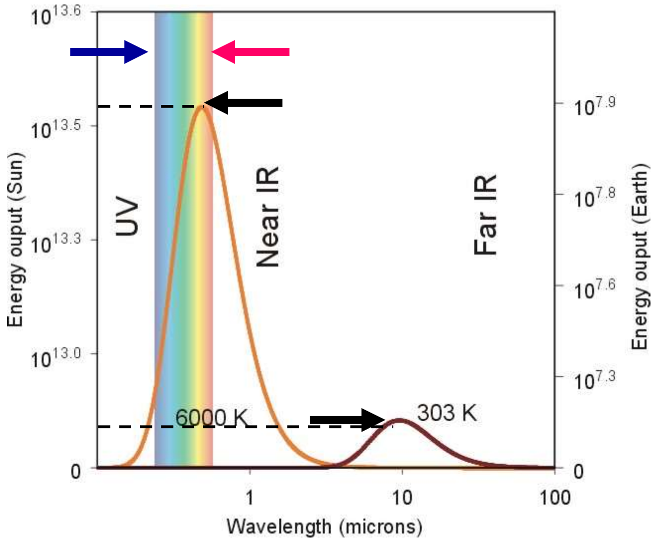
Radiação Térmica

Comprimento de Ondas e Definições das Leis



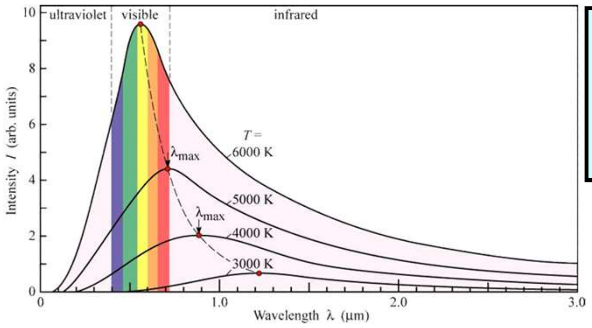
Radiação Térmica

Comprimento de Ondas e Definições das Leis



Radiação Térmica

Comprimento de Ondas e Definições das Leis

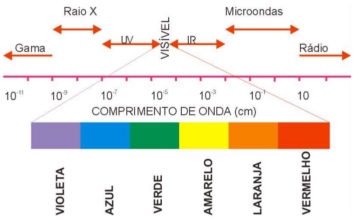


$$E_\lambda = \frac{2.\pi.c^2.h}{\lambda^5.\left[\left(e^{\frac{h.c}{\lambda.k.T}}\right) - 1\right]}$$

$c = 3{,}17.10^{17}$ nm s^{-1}

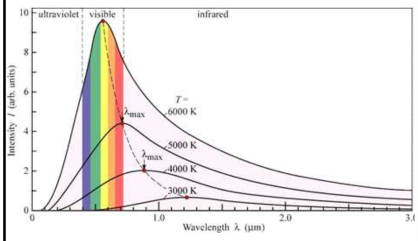
$h = 6{,}626.10^{-34}$ J s

$k = 1{,}37.10^{-23}$ J K^{-1}

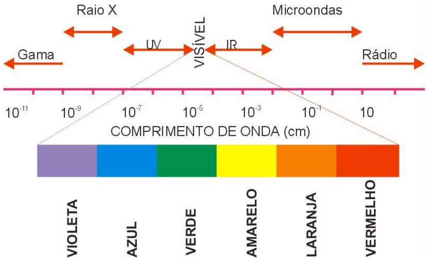


Radiação Térmica

Comprimento de Ondas e Definições das Leis



Cor	Comprimento de onda	Frequência
Vermelho	~ 625 - 740 nm	~ 480 - 405 THz
Laranja	~ 590 - 625 nm	~ 510 - 480 THz
Amarelo	~ 565 - 590 nm	~ 530 - 510 THz
Verde	~ 500 - 565 nm	~ 600 - 530 THz
Ciano	~ 485 - 500 nm	~ 620 - 600 THz
Azul	~ 440 - 485 nm	~ 680 - 620 THz
Violeta	~ 380 - 440 nm	~ 790 - 680 THz



Radiação Térmica

Comprimento de Ondas e Definições das Leis

Exercícios

1) Calcular a **energia de um fóton** para os seguintes comprimentos de onda:

a) Vermelho (λ = 7.10^{-7} m) Resposta: 2,84.10^{-19} J

b) Violeta (λ = 4.10^{-7} m) Resposta: 4,97.10^{-19} J

c) Radiação Gama (λ = 1.10^{-12} m) Resposta: 1,99.10^{-13} J

$$E = \frac{h.c}{\lambda}$$

Considere: h = 6,626.10^{-34} J.s e c = 300.000 km s^{-1}

2) A energia necessária para retirar 1 elétron de um átomo de Fe é de 7,4.10^{-19} J. Qual a freqüência da radiação mínima para que ocorra o efeito fotoelétrico? Resposta: 1,116.10^{15} s^{-1}

$$E = h.f$$

Radiação Térmica

Comprimento de Ondas e Definições das Leis

Exercícios

2. Em relação à radiação térmica emitida pelo Sol (T=5800 K) e pela Terra (T=288 K), calcular

a) Qual é a densidade de fluxo radiante (todo o espectro) de um metro quadrado da superfície do Sol e da Terra?

σ = 5,672.10^{-8} W m^{-2} K^{-4}

Resposta: 64,18 MW m^{-2}; 390,21 W m^{-2}

b) Qual é o comprimento de onda de máxima emitância espectral do Sol e da Terra?

Resposta: 506,89 nm; 10.208,33 nm

$$q = \sigma.T^4$$

$$\lambda_{máx.} = \frac{2,94.10^6\ (nm.K)}{T\ (K)}$$

Radiação Térmica

Exercícios

3. O raio do Sol é 6,96.10^8 m. A temperatura na sua superfície é 5800 K. A Terra encontra-se a uma distância de 1,5.10^{11} m do Sol.

Calcular:

a. Qual é a potência do Sol (quanta energia o Sol emite por segundo)? (Resposta: 3,9.10^{26} W)

b. Qual é a densidade de fluxo radiante com que a radiação solar chega no topo da atmosfera da Terra? (Resposta: 1.381,92 W m^2)

c. O raio da Lua é 1,74.10^6 m. Sua distância até a Terra é 3,84.10^8 m. A Lua reflete 7% da radiação solar nela incidente. Qual é a densidade de fluxo radiante com que a radiação solar refletida pela Lua chega no topo da atmosfera da Terra numa noite de lua cheia? (Resposta: 1,98.10^{-3} W m^2)

$$q = \sigma . T^4$$

$$q_1 = q_0 . \left(\frac{d}{D}\right)^2$$

$$Área = 4 . \pi . r^2$$

Radiação Térmica

Exercícios

4. Determinado vidro tem um coeficiente de atenuação de luz visível de 1,2 cm^{-}1.

a) Expressar esse coeficiente em unidade do Sistema Internacional.

Resposta: 120 m^{-1}

b) Para vidros de 3, 6 e 10 mm de espessura, calcular a quantidade de radiação absorvida se a intensidade de radiação visível incidente for igual a 400 W m^{-2}. Considerar a refletividade do vidro igual a 0,1.

Resposta: 108,83 W m^{-2}; 184,76 W m^{-2}; 251,57 W m^{-2}

c) Qual é a absortividade das três espessuras de vidro?

Resposta: 0,302; 0,513; 0,69

$$K = \frac{Ln\left(\frac{q_o}{q_1}\right)}{\Delta x}$$

$$q_1 = q_o . e^{-K.\Delta x}$$

$$Absortividade = 1 - \frac{q_1}{q_o}$$

$$Absortividade = \frac{q_{ab}}{q_o}$$

Radiação Térmica

Exercícios

$$K = \frac{\mathrm{Ln}\left(\frac{q_o}{q_1}\right)}{\Delta x}$$

$$q_1 = q_o . e^{-K.\Delta x}$$

4. Numa casa de vegetação, coberta com lona de polietileno de 0,1 mm de espessura, observa-se internamente uma intensidade máxima de radiação eletromagnética na faixa de luz visível de 350 W m^{-2}, no mesmo momento que a intensidade fora da casa de vegetação é de 660 W m^{-2}. A lona plástica tem um poder refletor de 30% e a radiação incide perpendicularmente na lona.

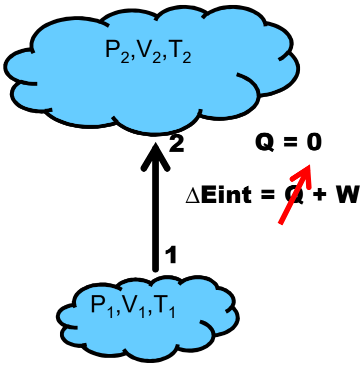
a) Calcular o coeficiente de atenuação de luz visível da lona de polietileno. Resposta: 2,7763 mm^{-1} ou 2766,31 m^{-1}

b) Calcular com que espessura de lona a casa de vegetação deve ser coberta para reduzir a radiação máxima dentro dela a 200 W m^{-2}. (mesmo horário) Resposta: 0,3 mm

c) Qual é, nesse caso, a transmissividade ($q_{deve\ atravessar}/q_{atinge}$) da lona? Resposta: 0,432

d) Algumas horas depois, o ângulo de incidência, da radiação solar, passou de 90° para 40°. Estimar a intensidade de radiação dentro da casa de vegetação, nesse momento (x = 0,1 mm). Resposta: 224,97 W m^{-2}

Processo Adiabático

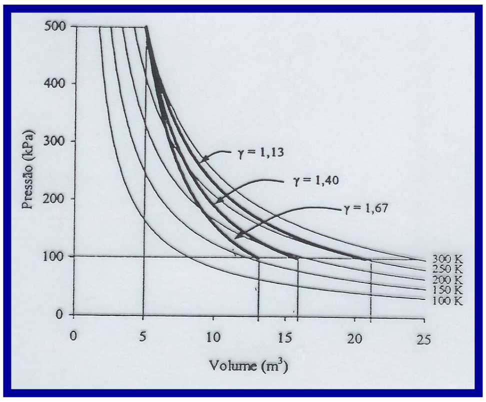


Q = 0

ΔEint = $\cancel{Q}$ + 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:

$\Delta Eint = Q + W$

$Q = \Delta Eint + P.\ \ V$

Q = Variação de Entalpia (ΔH) (Processo Isobárico)

Portanto:

$\Delta H = \Delta Eint + P.\ \ V$

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

$C = \frac{Q}{\Delta T}$ $\bar{c} = \frac{C}{m}$ ou $\bar{c} = \frac{C}{n}$

No processo isovolumétrico:

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

No processo isobárico:

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

Processo Adiabático

Em um processo isovolumétrico Q = $\Delta Eint$, portanto:

$\Delta Eint = Q + W$

$C = \frac{Q}{\Delta T}$

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

$Cv = \frac{\Delta Eint}{\Delta T}$

$\Delta Eint = n.\overline{cv}.\Delta T$

Em um processo isobárico Q = ΔH, portanto:

$C = \frac{Q}{\Delta T}$

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

$Cp = \frac{\Delta H}{\Delta T}$

$\Delta H = n.\overline{cp}.\Delta T$

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

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

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

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

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

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

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: $\mathbf{\Delta Eint} = \boldsymbol{n.\overline{cv}}.\mathbf{\Delta T}$

Processo Isobárico:

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

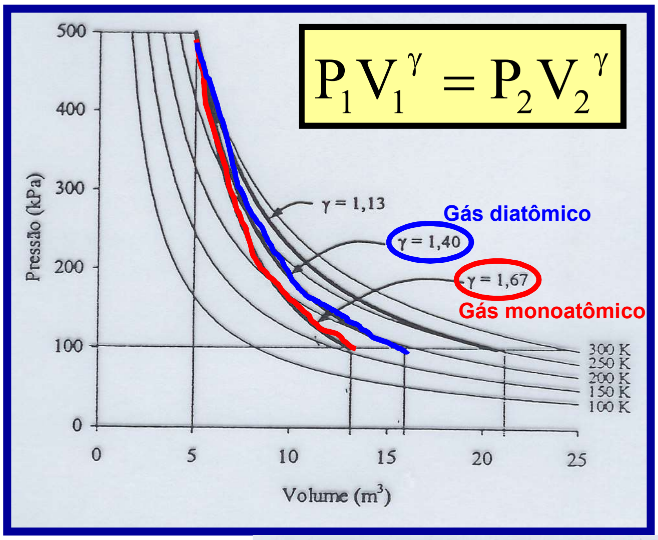
$\mathbf{Q} = \boldsymbol{n.\overline{cv}}.\mathbf{\Delta T + n.R.\Delta T - V.\quad P}$

Processo Adiabático

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

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

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


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

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

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

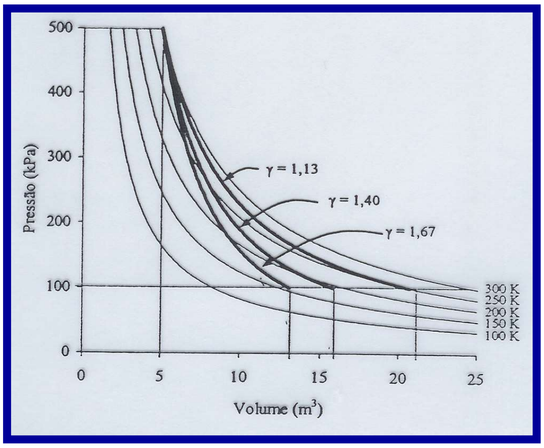
Equações:

$$\overline{cp} = \overline{cv} + R \qquad \gamma = \frac{\overline{cp}}{\overline{cv}} \qquad PV = nRT \qquad \frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

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

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

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

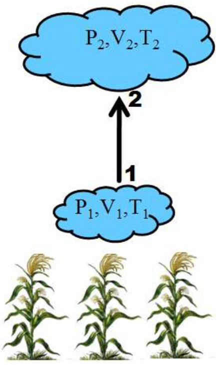


Processo Adiabático

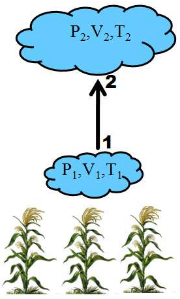
Exercício:
Calcule os valores de temperatura inicial (T1), temperatura final (T2) e Volume final (V2), para os dois tipos de gases (Gás 1 e 2), comparando as variações de temperatura e volume entre eles.
Considere o processo adiabático, para a situação.
Dados:

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 $\overline{cv} = \frac{7}{3}R$ 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 $\overline{cv} = \frac{23}{3}R$ 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)

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

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

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

Condição Inicial
(Eq. Estado)

$$P_1V_1 = nRT_1$$

Condição Final
(Processo Adiabático)

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

Processo Adiabático

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? (γ = 1,4)

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

$$PV = nRT$$

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

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

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

Processo Adiabático

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 ºC km^{-1}

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

$$\gamma = \frac{\overline{c_p}}{\overline{c_v}}$$

Ar Atmosférico (Gás diatômico)

$$\overline{c_v} = \frac{5}{2}.R$$

$$\overline{c_p} = \overline{c_v} + R$$

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

K = 101.325 (P = Pa)
K = 760 (P = mmHg)
K = 101,325 (P = kPa)

h = altitude do local (m)