TRABALHO

<u>TRABALHO</u> é energia em transição não associada com transferência de massa e devido a uma diferença de potencial que não seja temperatura.

ENERGIA pela Fronteira

- CALOR: Diferença de Temperatura
- TRABLHO: qualquer outra forma

TRABALHO

<u>TRABALHO</u> é função do caminho percorrido pelo Sistema, portanto diferencial inexata δW

$$\int_{1}^{2} \delta W = {}_1W_2$$

<u>TRABALHO</u> é positivo quando produzido pelo Sistema (energia saindo).

O Sistema de receber calor e produzir trabalho

TRABALHO

A taxa de calor transferida como trabalho

é definida como $\dot{W}$ e:

$$\dot{W} \equiv \frac{\delta W}{dt} \quad [W] \quad \left[\frac{J}{s}\right]$$

TRABALHO MECÂNICO: envolve a força e

a distância por ela percorrida:

$$\delta W = F.dS$$

TRABALHO

TRABALHO MECÂNICO: Para um Sistema fluidico a força na fronteira pode ser dada por:

$$\delta W = F.dS = pA.dS$$

porém $A.dS$ **pode ser expesso como** dV

$$\delta W = pdV$$

TRABALHO

TRABALHO MECÂNICO: Para avaliar o trabalho executado por uma fronteira móvel durante um processo:

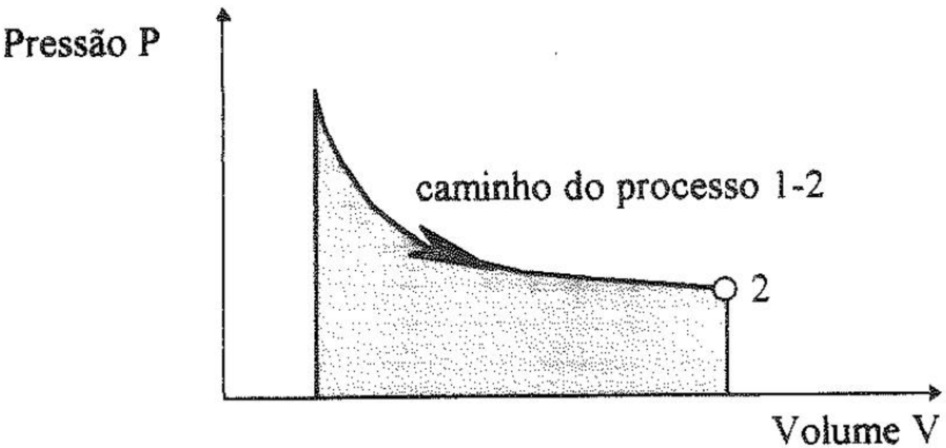
$$ {}_1W_2 = \int_1^2 \delta W = \int_1^2 p\,dV $$

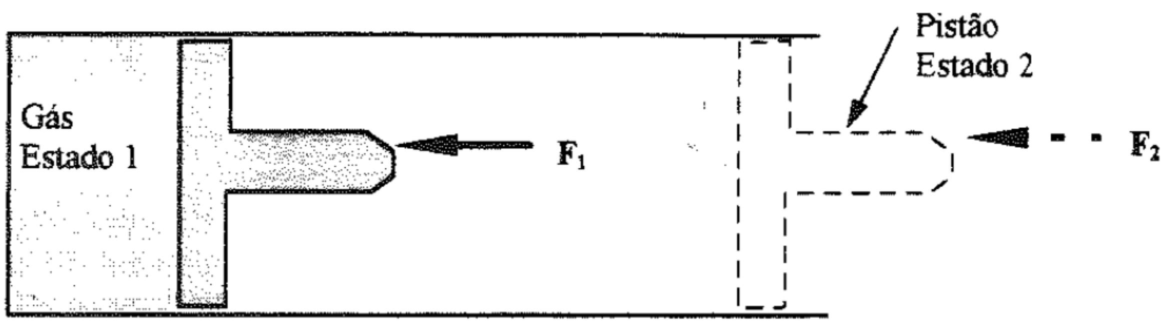
Se a pressão se mantiver constante e em condições de quase-equilíbrio, o integração é imediata.

TRABALHO

TRABALHO MECÂNICO:

Se a pressão variar em um processo reversível:

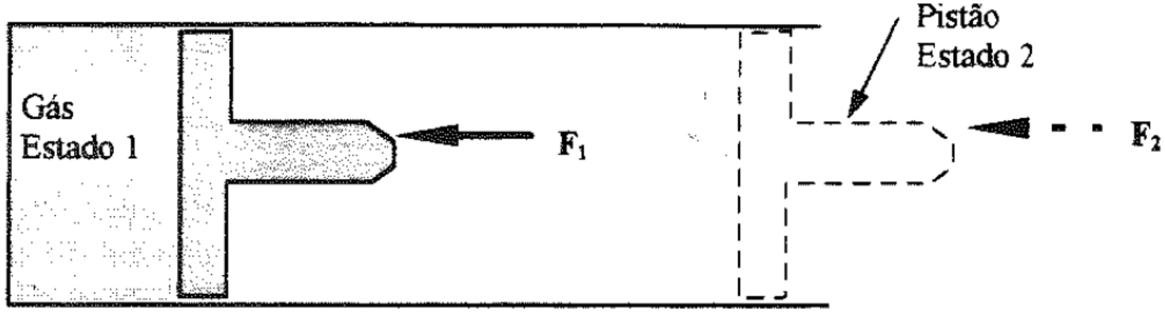




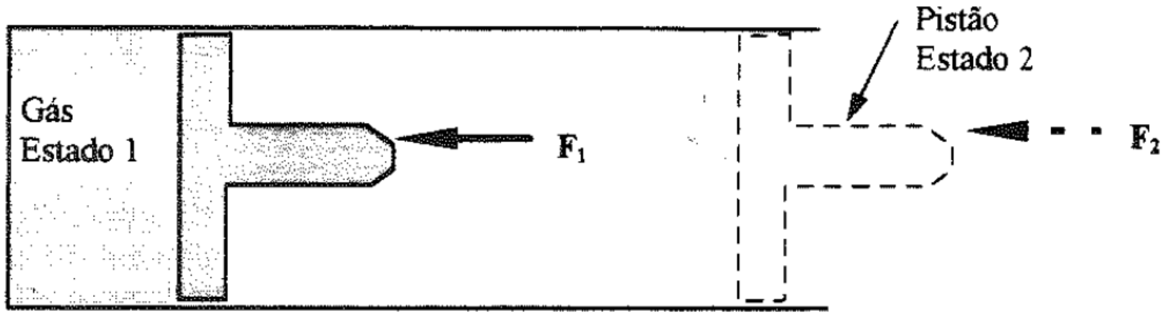
TRABALHO MECÂNICO:

Exemplo 7-1

Gás está contido num cilindro retido por um pistão móvel, conforme mostrado na Figura E7.1. O volume inicial é de $0.0001 m^3$, a pressão inicial é de 1.0 MPa, a temperatura inicial é de 25°C e a constante específica dos gases, ***R***, e´ igual a 0.297 kJ/kg.K. O gás obedece à equação de estado dos gases ideais, ***PV=MRT***. O gás se expande para um volume de $0.001 m^3$ em processo de quase-equilíbrio, de modo que o produto ***PV*** = constante (um processo isotérmico)



TRABALHO MECÂNICO:

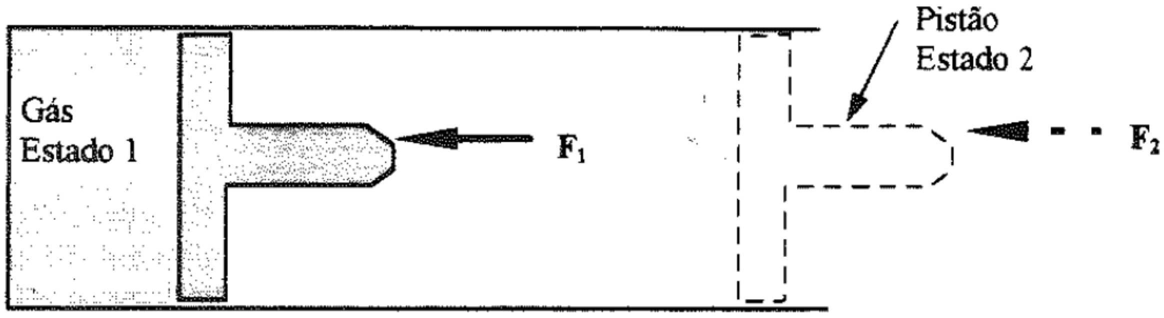


(a) O gás é o Sistema,

$$M = \frac{P_1 V_1}{R T_1} = \frac{(1.000)(0,0001)}{(0,297)(298,15)} = 1,129 \times 10^{-3} kg$$

(b) $${}_1W_2 = \int_1^2 p\,dV$$ e $PV = Const = P_1V_1 = P_2V_2$.

TRABALHO MECÂNICO:



Portanto:

$$P = \frac{P_1 V_1}{V}$$

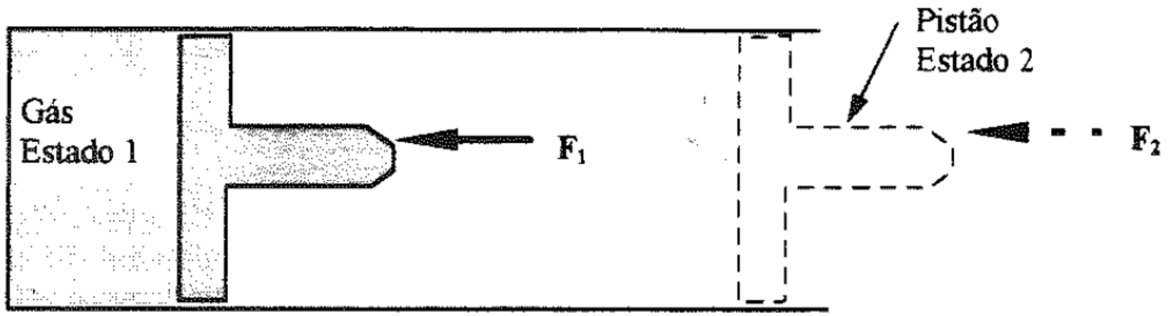
$${}_1W_2 = \int_1^2 \frac{P_1 V_1}{V}\, dV = P_1 V_1 \int_1^2 \frac{dV}{V} = P_1 V_1 (\ln V_2 - \ln V_1)$$

$${}_1W_2 = P_1 V_1 \ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right)$$

$${}_1W_2 = (1000)(0.0001)\ln\left(\frac{0.001}{0.0001}\right) = 0.2303 kJ$$

TRABALHO

TRABALHO MECÂNICO:



Comentário: O trabalho é positivo em sinal o que indica trabalho realizado pelo sistema (sobre a vizinhança) e representa energia transferida para fora do sistema.

OUTROS TIPOS DE TRABALHO

Devido ao movimento tangencial da fronteira: $_1W_2 = -\int_1^2 F_t dS$

Devido ao alongamento de uma barra: $_1W_2 = -\int_1^2 F.dL$

Devido a uma tensão na fronteira: $_1W_2 = -\int_1^2 \sigma.dA$

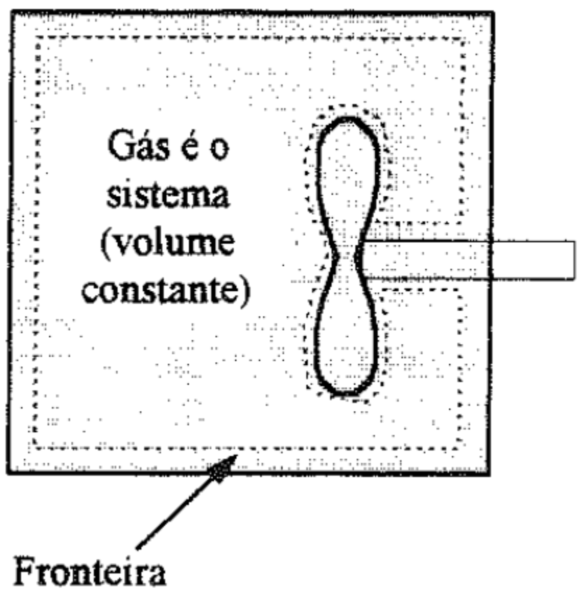
Devido à torção de uma barra, ou eixo: $_1W_2 = -\int_1^2 \tau.d\Theta$

Devido ao trabalho elétrico: $_1W_2 = \int_1^2 P_E \cdot d_Z$

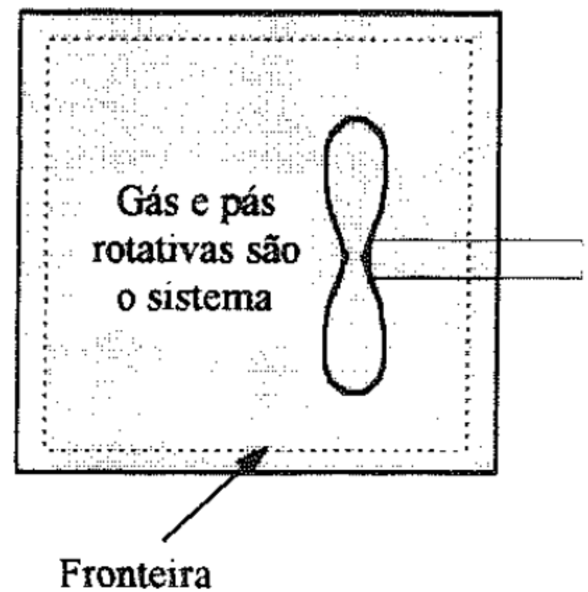
Devido ao trabalho magnético: $_1W_2 = \int_1^2 \mu_0 H_F \cdot d(VM_D)$

TRABALHO

TRABALHO IRREVERSÍVEL:



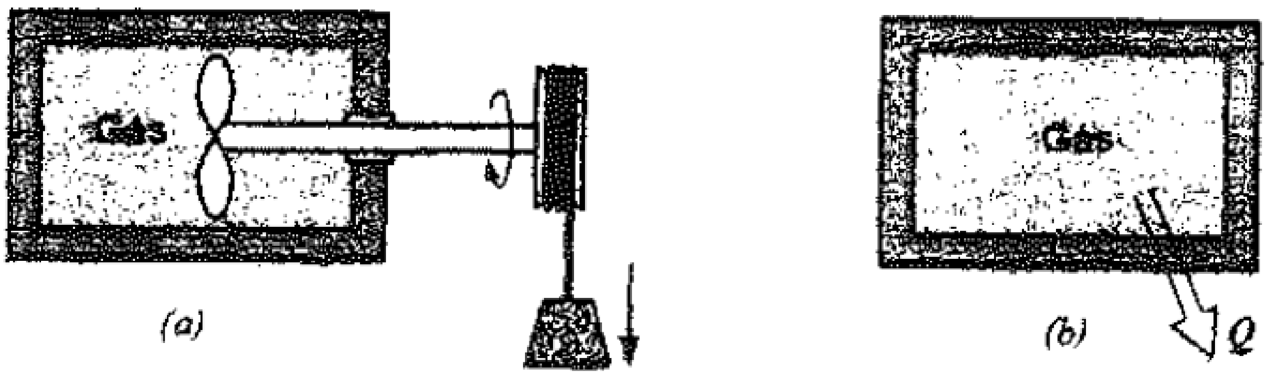
(a)



(b)

TRABALHO

Primeiro princípio da termodinâmica Ciclo:

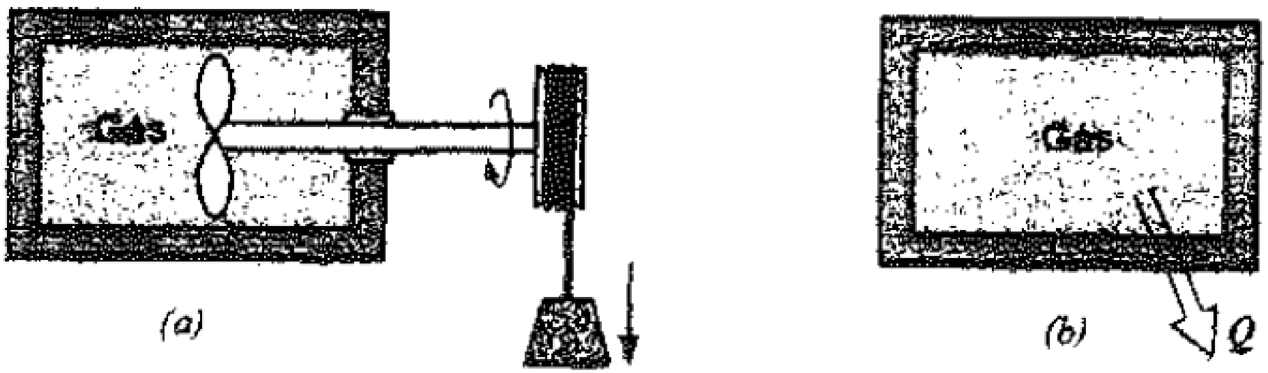


No primeiro ciclo o peso ao cair gira a hélice que transfere trabalho ao gás. No Segundo ciclo o Sistema retorna ao estado inicial perdendo calor

O trabalho é dado pelo produto força x distância, (N.m)
O calor em Joules (J)

TRABALHO

Primeiro princípio da termodinâmica Ciclo:



Essas observações levaram ao

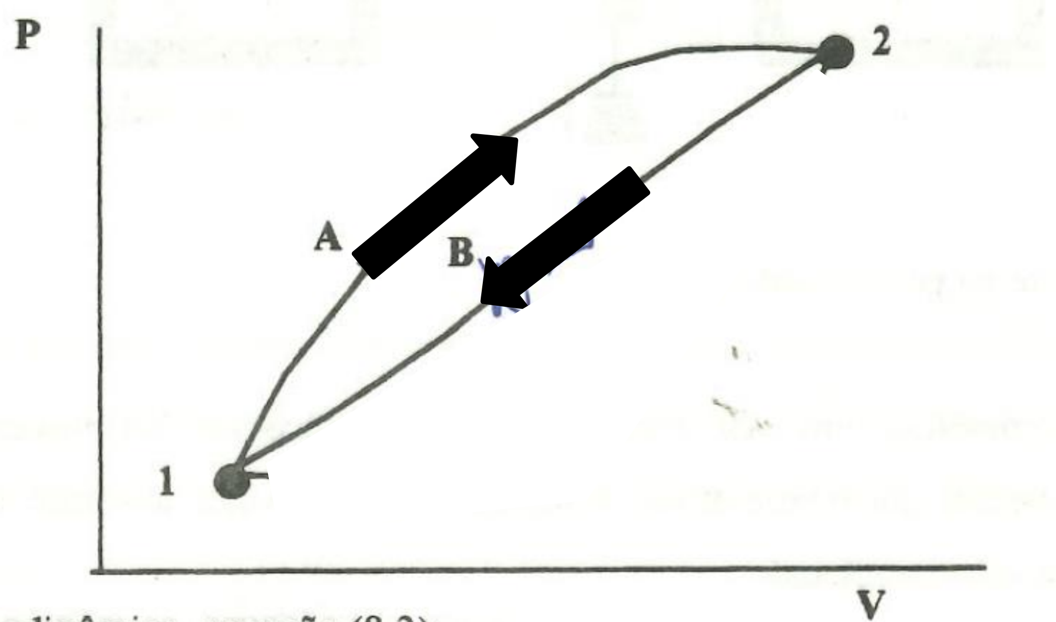
Primeiro princípio da termodinâmica

$$J\oint \delta Q = \oint \delta W$$

TRABALHO

Primeiro princípio da termodinâmica

Mudança de Estado:



Do primeiro princípio da termodinâmica, equação (8.2):

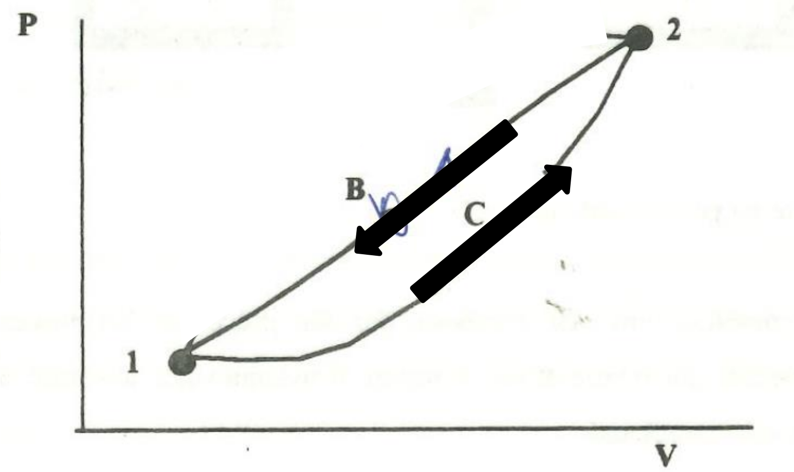
$$\oint \delta Q = \oint \delta W$$

Considerando-se os dois processos separados, tem-se:

$$\int_1^2 \delta Q_A + \int_2^1 \delta Q_B = \int_1^2 \delta W_A + \int_2^1 \delta W_B$$

Primeiro princípio da termodinâmica

Mudança de Estado:



$$\int_1^2 \delta Q_C + \int_2^1 \delta Q_B = \int_1^2 \delta W_C + \int_2^1 \delta W_B$$

Subtraindo-se esta equação da anterior, tem-se:

$$\int_1^2 \delta Q_A - \int_1^2 \delta Q_C = \int_1^2 \delta W_A - \int_1^2 \delta W_C$$

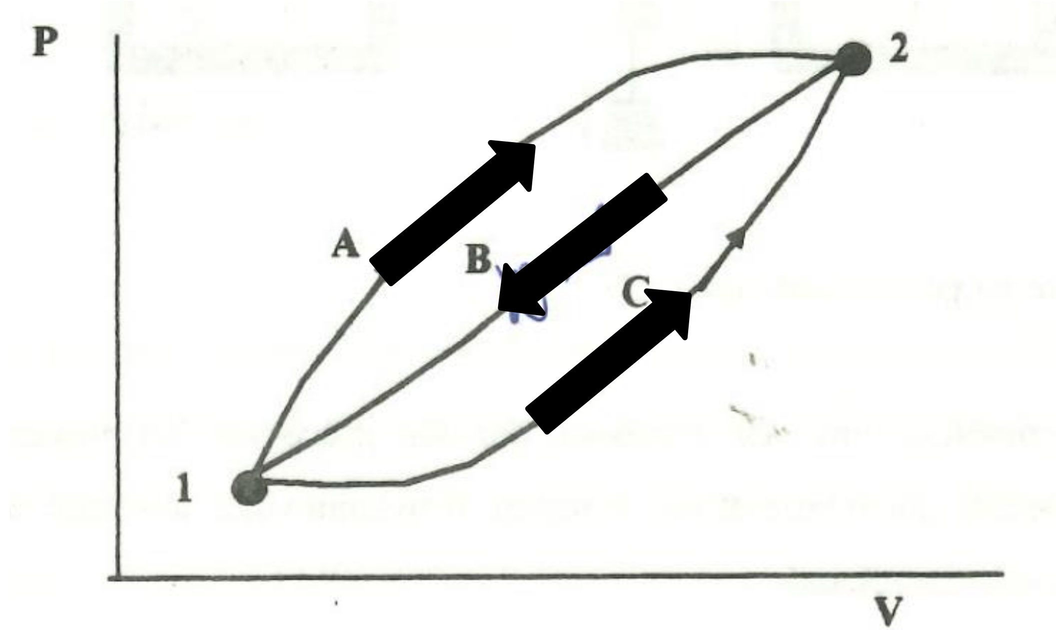
Reordenando-se:

$$\int_1^2 (\delta Q - \delta W)_A = \int_1^2 (\delta Q - \delta W)_C$$

TRABALHO

Primeiro princípio da termodinâmica

Mudança de Estado:



Sendo A e C processos adiabáticos entre estado 1 e 2, $(\boldsymbol{\delta Q} - \boldsymbol{\delta W})$ é a mesma para qualquet processo entre 1 e 1. Da mesma forma é $(\boldsymbol{\delta Q} - \boldsymbol{\delta W})$. Tal propriedade é chamada de ENERGIA INTERNA DO SISTEMA

$$\delta Q - \delta W = dE$$

$$\delta Q = dE - \delta W$$

TRABALHO

Primeiro princípio da termodinâmica

Mudança de Estado:

Integrando-se a equação de estado:

$$ {}_1Q_2 = E_2 - E_1 + {}_1W_2 $$

E = Energia Interna + Energia Cinética + Energia Potencial

$E = U + EC + EP$

O primeiro princípio da termodinâmica para uma mudança de estado de um sistema pode, portanto, ser escrito:

$$ \delta Q = dU + d(EC) + d(EP) + \delta W \qquad (8.7) $$

TRABALHO

Primeiro princípio da termodinâmica

Mudança de Estado:

Exemplo: A um Sistema, inicialmente em repouso, aplica-se uma força horizontal ***F***, provocando um deslocamento ***dx***, sem troca de calor. Assim:

$$\delta Q = dU + d(EC) + d(EP) + \delta W$$

$$\delta W = -F dx = -d(EC)$$

$$F = ma = m\frac{dV}{dt} = m\frac{dx}{dt}\frac{dV}{dx} = mV\frac{dV}{dx}$$

TRABALHO

Primeiro princípio da termodinâmica

Mudança de Estado:

$$\delta W = -Fdx = -d(EC)$$

$$F = ma = m\frac{dV}{dt} = m\frac{dx}{dt}\frac{dV}{dx} = mV\frac{dV}{dx}$$

Assim

$$d(EC) = Fdx = mVdV$$

Integrando-se, obtém-se:

$$\int_{EC=0}^{EC} d(EC) = \int_{V=0}^{V} mVdV$$

$$EC = \frac{1}{2}mV^2$$

Primeiro princípio da termodinâmica

Mudança de Estado:

Para a Energia Potencial:

$$\delta W = -FdZ = -d(EP)$$

$$F = ma = mg$$

Então:

$$d(EP) = FdZ = mgdZ$$

Integrando-se :

$$\int_{(EP)_1}^{(EP)_2} d(EP) = m\int_{Z_1}^{Z_2} gdZ$$

Admitindo-se que g não varia com Z (o que é razoável para variações moderadas de cotas)

$$(EP)_2 - (EP)_1 = mg(Z_2 - Z_1)$$

TRABALHO

Primeiro princípio da termodinâmica

Mudança de Estado: Para a equação completa:

$$dE = dU + mVdV + mgdZ$$

Integrando-se, para uma mudança do *estado 1* até o *estado 2*. com g constante. tem-se:

$$E_2 - E_1 = U_2U_1 + \frac{mV_2^2}{2} - \frac{mV_1^2}{2} + mgZ_2 - mgZ_1$$

Substituindo-se aquelas expressões da energia cinética e potencial da equação (8.7), tem-se:

$$\delta Q = dU + \frac{d(mV^2)}{2} + d(mgZ) + \delta W$$

Admitindo-se que g seja constante e integrando-se a equação anterior. obtém-se:

$$\boxed{{}_1Q_2 = U_2 - U_1 + \frac{m(V_2^2 - V_1^2)}{2} + mg(Z_2 - Z_1) + {}_1W_2}$$

TRABALHO

Energia interna de uma mistura liquid-vapor d'água

$$U = U_f + U_g \qquad \text{ou} \qquad mu = m_f u_f + m_g u_g$$

Dividindo-se por m e introduzindo-se o título x, tem-se:

$$u = (1\text{-}x)u_f + xu_g$$

$$u = u_f + xu_{tot}$$

Por exemplo: a energia interna específica do vapor à pressão de 0.6 MPa e título de 95% é calculada da seguinte forma:

$$u = u_f + xu_{tot} = 669.9 + 0.95(1897.5) = 2472.5 \text{ kJ/kg}$$

P	T	Volume específico, m^3/kg		Energia interna, kJ/kg		
Temp. T, °C	Pressão P, kPa	líquido sat. v_l	vapor sat. v_v	líquido sat. u_l	Evap. u_{lv}	vapor sat. u_v
0,50	151,86	0,001 093	0,3749	639,68	1921,6	2561,2
0,55	155,48	0,001 097	0,3427	655,32	1909,2	2564,5
0,60	158,85	0,001 101	0,3157	669,90	1897,5	2567,4
0,65	162,01	0,001 104	0,2927	683,56	1886,5	2570,1
0,70	164,97	0,001 108	0,2729	696,44	1876,1	2572,5
0,75	167,78	0,001 112	0,2556	708,64	1866,1	2574,7

TRABALHO

Exemplo 8.1

Um fluido, contido num tanque, é movimentado por um agitador. A trabalho fornecido ao agitador é 5. 900 kJ e o calor transferido do tanque é 1500kJ. Considerando o tanque e o fluido como sistema, determinar a variação da energia deste.

$$\boxed{{}_1Q_2 = U_2 - U_1 + \frac{m(V_2^2 - V_1^2)}{2} + mg(Z_2 - Z_1) + {}_1W_2}$$

Como não há variação de energia cinética ou potencial, a equação se reduz a:

$${}_1Q_2 = U_2 - U_1 + {}_1W_2$$

$$U_2 - U_1 = -1500 - (-5900) = 3590kJ$$