**Termodinâmica e Estrutura da Matéria**

(LEGM, MEC)

2013-2014

Problemas – Aula 4

Carlos Augusto Santos Silva

carlos.santos.silva@ist.utl.pt

Versão 1.0

21-3-2014

# 2ª Lei da termodinâmica

## Problema 1

Um inventor diz que desenvolveu uma máquina térmica capaz de produzir 410kJ de trabalho por cada 1MJ de calor fornecido a 500K. A máquina liberta calor para a atmosfera à temperatura ambiente (300K).

1. Calcule o rendimento da máquina segundo as condições descritas pelo inventor
2. Calcule o rendimento máximo e avalie a máquina.

## Problema 2

Um frigorífico instalado numa sala com uma temperatura média de 22ºC, está regulado para manter a temperatura interior a 5º. A taxa de transferência de calor retirada ao frigorífico é de 8000kJ/h, sendo a potência de energia elétrica é de 0,89kW.

1. Calcule a eficiência do frigorífico
2. Calcule a eficiência máxima nas condições indicadas

## Problema 3

Uma bomba de calor elétrica é utilizada para manter uma casa à temperatura interior de 21ºC, quando no exterior a temperatura é de 5ºC. A quantidade de calor introduzida pela bomba de calor dentro de casa é de 500MJ por dia.

1. Calcule o consumo de eletricidade diário da bomba de calor, assumido que a eficiência é de 10% da eficiência máxima para as condições indicadas.
2. Calcule a quantidade de calor que um radiador elétrico convencional de 1,5kW conseguiria fornecer à mesma casa durante o dia. Assuma um rendimento de 100% e assuma ainda que na prática, um radiador funciona apenas 50% do tempo à potência máxima.
3. Quantos radiadores seriam necessários para fornecer a mesma energia que a bomba de calor?
4. Qual a diferença de custo de eletricidade gasta pelos dois sistemas (bomba de calor versus radiadores) (1kWh≈0,14€)?

## Problema 4

Um sistema cilindro-pistão contém água a 100ºC no estado líquido saturado. O sistema recebe calor até se transformar em vapor saturado. Assumindo que o processo ocorrido é reversível:

1. Calcule o trabalho fornecido ao pistão.
2. Calcule o calor recebido neste processo.

## Problema 5

Um sistema cilindro-pistão contém água a 100ºC no estado líquido saturado. O sistema é mexido através de um misturador até se transformar em vapor saturado. Assumindo que o processo ocorrido é adiabático e reversível:

1. Calcule o balanço de trabalho.
2. Calcule a variação de entropia específica.

**Soluções**

## Problema 1

*Solução:*

 *a)* $η=\frac{W\_{ciclo}}{Q\_{H}}=\frac{410 kJ}{1000 kJ}=0,41$

*b)* $η\_{max}=1-\frac{T\_{F}}{T\_{Q}}=1-\frac{300}{500}=0,4$ *logo a máquina descrita pelo inventor não pode existir.*

## Problema 2

*Solução:*

*a)* $COP\_{F}=\frac{Q\_{F}}{W}=\frac{8000 kJ/h}{0,89×3600kJ/h}=2,5$

*b)* $COP\_{F\_{max}}=\frac{T\_{C}}{T\_{H}-T\_{F}}=\frac{268,15}{27}=9,9$

## Problema 3

*Solução:*

*a)* $COP\_{BC\_{max}}=\frac{T\_{H}}{T\_{H}-T\_{F}}=\frac{294,15}{16}=18,4$

$$COP\_{BC\_{max}}=\frac{Q\_{H}}{W\_{ciclo}}⇔W\_{ciclo\_{ideal}}=\frac{Q\_{H}}{COP\_{BC\_{max}}}=\frac{500}{18,4}=27,17MJ$$

$$W\_{ciclo\_{real}}=\frac{Q\_{H}}{0,1×COP\_{BC\_{max}}}=\frac{500}{1,84}=271,7MJ$$

*b) E=1,5kWx50%x24h=18kWh=64,8MJ /dia*

1. *500/64,8=7,71≈8 radiadores*

*Electricidade gasta pelos radiadores (100% de eficiência): 500MJ/3600=138,9kWh*

*Electricidade da bomba de calor: 271,7MJ=271700kJ/3600kJ/kWh =75,5 kWh*

*ΔCusto=63,4kWhx0,14€=8,876€*

## Problema 4

*Solução:*

1. *W/m=P(vvs-vls)=1,014kPa x(1,673 -1,4035x10-3)=170 kJ/kg*
2. *Q/m=T(svs-sls)=* *373.15 x(7.3549 - 1.30692)=2257 kJ/kg*

## Problema 5

*Solução:*

1. *ΔU=ΔW⇔ ΔW =-(uvs-uls)=-2087,56 kJ/kg*
2. *Δs= (svs-sls)=6,048kJ/kg*

# Anexo

## Tabela vapor de água saturado

