

Termodinâmica e Estrutura da Matéria

Aula 2 – Conceitos Base

Carlos A. Santos Silva

Professor Associado Convidado

Cátedra WS – Energia

Departamento de Física

carlos.santos.silva@tecnico.ulisboa.pt



Sumário

- Calor, Trabalho, Energia
- Sistema
- Propriedades, Estado, Processos
- Equilíbrio
- Volume Específico, Densidade
- Pressão
- Temperatura
- Lei Zero da Termodinâmica

CONCEITOS BASE

Trabalho, Energia, Calor e Potência

- Ao aplicarmos uma força a um objecto para movê-lo uma determinada distância ...
 - ... produzimos trabalho
 - ... transformamos energia
 - ... libertamos calor

Trabalho (J):

- medida do movimento realizado pela aplicação de uma força ao longo de uma determinada distância e período de tempo

Energia (J):

- Capacidade de um sistema realizar trabalho

Calor (J):

- Quantidade de energia térmica transferida entre dois corpos a temperaturas diferentes

Potência ($W=J/s$)

- Taxa à qual:
 - o trabalho é realizado,
 - a energia é convertida
 - o calor é libertado

$$\text{Energia} = \text{Potência} \times \text{Tempo}$$

Unidades de Energia

- **Joule (J)**
 - Quantidade de energia de uma força de 1 N ao movimentar um objecto em 1 m
 - Calor necessário para que 1g de ar aumente um 1 K
- **Caloria (cal)**
 - Calor necessário para que 1g de água a 14.5º aumente 1 °C
 - **4.184 J**
 - Comida é em kcal ou Cal (1000 cal)
- **Watt-hora (Wh)**
 - $1\text{J/s} \times 3600\text{ s} = \mathbf{3600\text{ J}}$
- **British Thermal unit (Btu)**
 - Quantidade de energia necessária para aquecer 1 libra (0.454 kg) de água a 60º F em 1 °F
 - $1\ 055.056\text{ J} = \mathbf{1.055\text{ kJ}}$



1ª SÉRIE DE PROBLEMAS

Lista de Problemas

- **Problema 1**

Sabendo que $1\text{J}=1\text{Ws}$, calcule o fator de conversão entre **J** e **kWh**.

Solução: $1\text{kWh}=3,6 \times 10^6 \text{ J}$

- **Problema 2**

Em média, cada lar em Portugal consome $12,96 \times 10^9 \text{ J}$ de energia elétrica por ano. Calcule o consumo médio diário em kWh.

Solução: $12,96 \times 10^9 \text{ J/ano} = 3,6 \times 10^3 \text{ kWh/ano} = 9,86 \text{ kWh/dia}$

- **Problema 3**

Qual a potência em kW de um ar condicionado com uma potência de 9000 BTU/h para arrefecimento e 11500 BTU/h para aquecimento.

Solução: $9000 \text{ BTU/h} = 2,63 \text{ kW}$, $11500 \text{ BTU/h} = 3,37 \text{ kW}$

- **Problema 4**

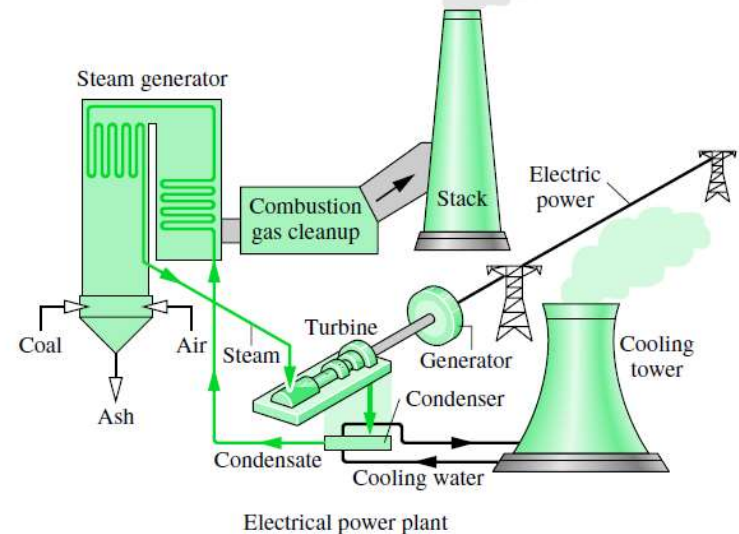
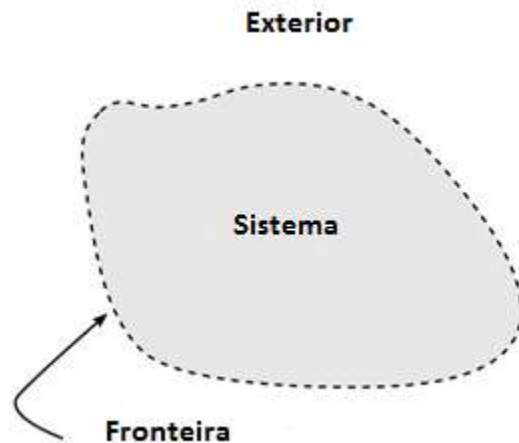
Qual o conteúdo energético de 100g de arroz Basmati em kcal, sabendo que 1 kg do mesmo arroz tem 14800 kJ.

Solução: $14800 \text{ kJ/kg} = 3534,9 \text{ kJ/kg} = 353,5 \text{ kJ/100g}$

SISTEMA

Definição

- **Sistema:**
 - Conjunto de elementos/componentes interligados que formam um conjunto organizado
- **Sistema termodinâmico**
 - Quantidade de matéria numa determinada região do espaço

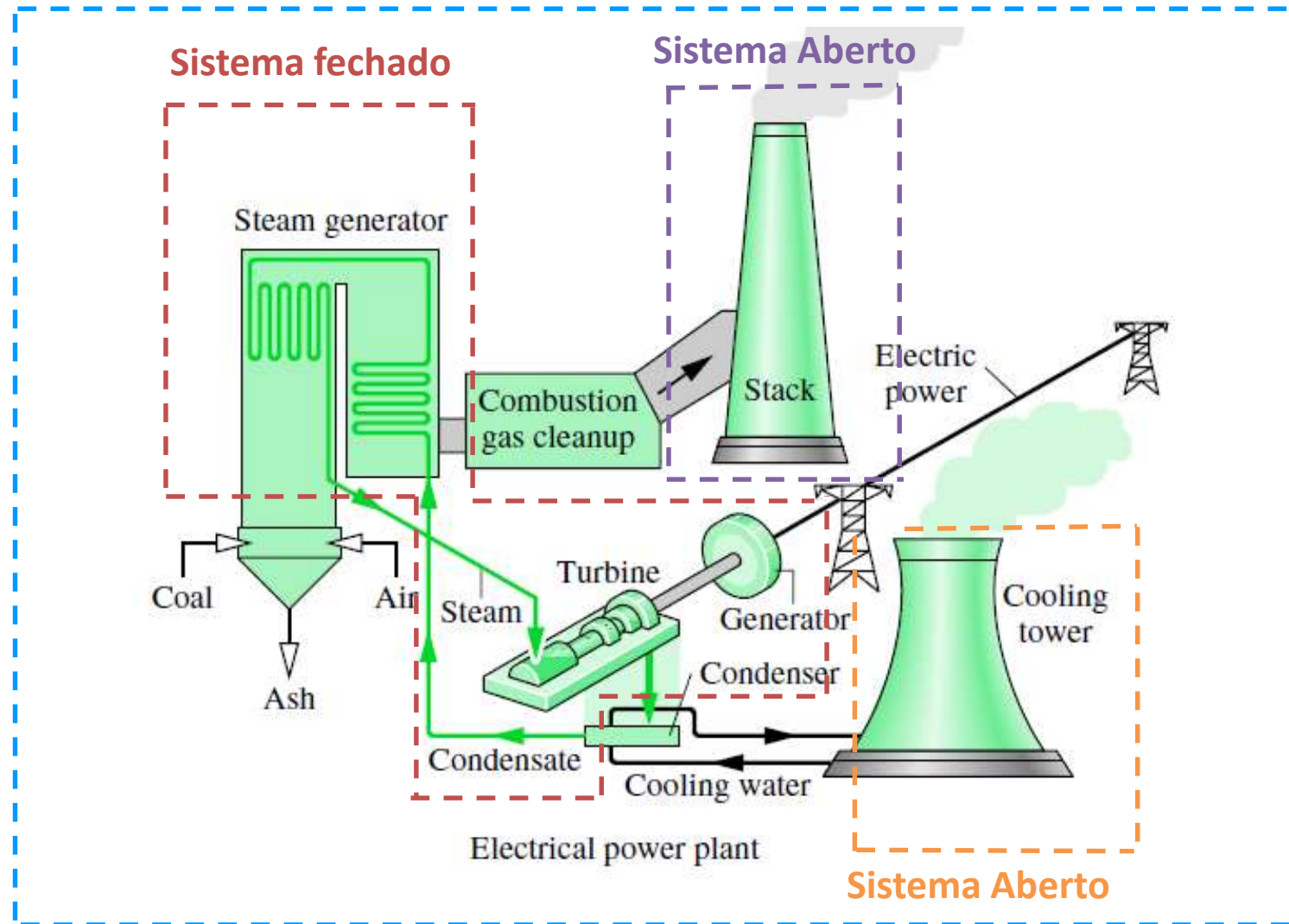


Tipos de Sistema

- ***Sistema Isolado***
 - Não é possível trocas de matéria nem de energia (calor, trabalho) com o exterior
- **Sistema Fechado**
 - Não é possível trocas de matéria, mas pode haver trocas de energia com o exterior
- **Sistema Aberto / Volume de controlo**
 - É possível haver trocas de matéria e de energia com o exterior

Exemplo

Sistema Aberto



PROPRIEDADES, ESTADO, PROCESSOS

Propriedade

- Característica macroscópica do sistema:
 - e.g. pressão, temperatura, volume, massa;
 - ***Intensiva***
 - Independente da quantidade de matéria do sistema
 - » E.g. pressão, temperatura
 - ***Extensiva***
 - Dependente da quantidade de matéria do sistema
 - » E.g. volume, massa

Estado

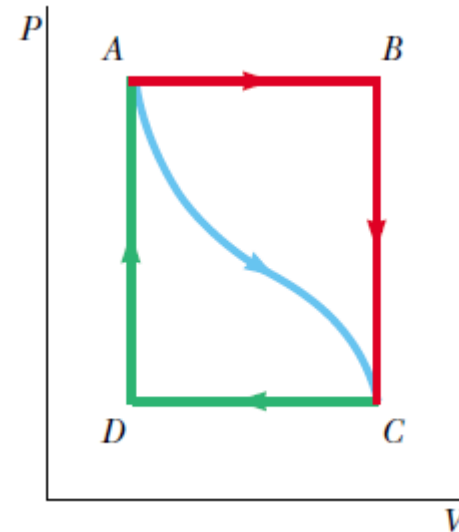
- Condição de um sistema descrito pelas suas propriedades em determinado instante
 - Para cada estado, as propriedades são fixas
 - Se uma das propriedades varia, o estado varia
 - Não é necessário indicar todas as propriedades
- ***Estado da matéria / Fase da matéria:***
 - *Sólido*
 - *Líquido*
 - *Gasoso*

Processo

- Mudança de um sistema de um estado para outro
- Para descrever um processo, é preciso especificar:
 - Estado inicial
 - Estado final
 - Estados intermédios

Exemplo

- **D → A:**
 - Aumento da Pressão
 - Volume Constante
- **A → B:**
 - Aumento do Volume
 - Pressão Constante
- **B → C:**
 - Diminuição da Pressão
 - Volume Constante
- **C → D:**
 - Diminuição do Volume
 - Pressão Constante



- **C → A:**
 - Diminuição da Pressão
 - Aumento do Volume

EQUILÍBRIO

Estado de equilíbrio

- **Equilíbrio termodinâmico:**
 - Um sistema termodinâmico diz-se em equilíbrio quando ao ser isolado do exterior não altera o seu estado
 - Implica a existência de diferentes tipos de equilíbrio
 - Térmico: não há troca de energia térmica (calor ou radiação)
 - Mecânico
 - Químico
 - Fase

Processo quasi-estático/quasi-equilíbrio

- Um processo cujas evoluções de estado para estado permanecem infinitesimalmente perto do equilíbrio
 - É um processo suficientemente lento para que a alteração das propriedades no sistema seja feita de forma uniforme
- É uma abstracção de um processo ideal que permite
 - Explicar qualitativamente o funcionamento dos sistemas
 - Deduzir relações entre propriedades em equilíbrio

VOLUME ESPECÍFICO E DENSIDADE

Definição

- Densidade é a razão entre a massa (kg) e o volume de um corpo (m³)

$$\rho = \lim_{V \rightarrow V'} \left(\frac{m}{V} \right)$$

- O volume específico é a propriedade recíproca, ou seja é o volume por unidade de massa

$$v = \frac{1}{\rho}$$

PRESSÃO

Definição

- Pressão é a força normal exercida por um fluido (gás ou líquido) por unidade de área

$$p = \lim_{A \rightarrow A'} \left(\frac{F_{\text{normal}}}{A} \right) \qquad 1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$$

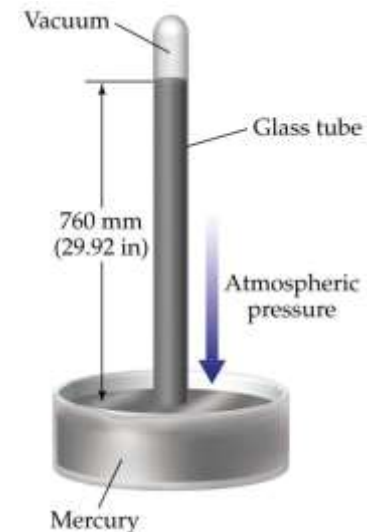
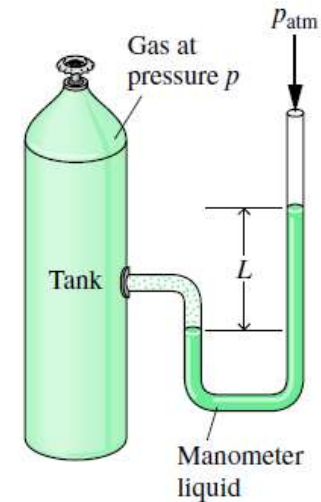
- Pressão absoluta
 - Pressão actual e medida em relação ao vácuo
- Pressão manométrica
 - Pressão relativa à pressão atmosférica

Medição

- Manómetro
 - Mede pressão manométrica
 - Pressão é medida pelas diferenças de comprimento numa coluna de líquido
 - água, mercúrio

$$p - p_{atm} = \rho gh$$

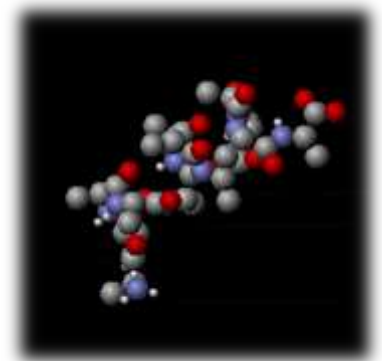
- Barómetro
 - Mede pressão atmosférica
$$p_{atm} = \rho gh$$



TEMPERATURA

Definição

- *É uma medida de “quão quente ou frio” um corpo está*
- É uma medida da energia cinética das partículas do um sistema em equilíbrio térmico

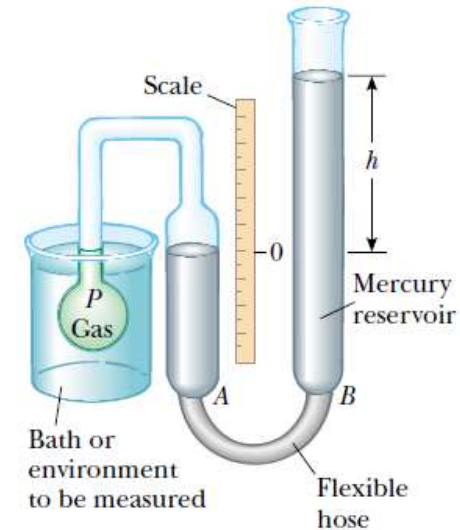


Escalas

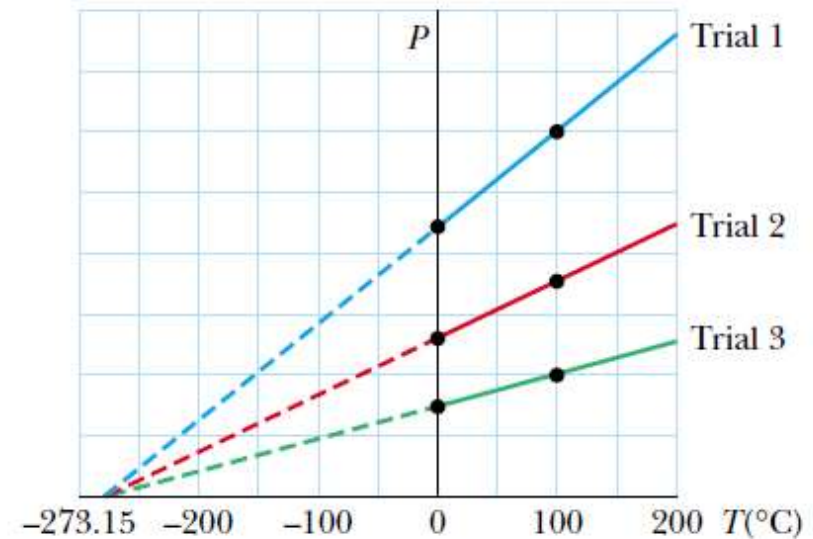
- Celsius (graus centígrados)
 - 0°C: congelação de água
 - 100°C: ebulição da água
 - Fahrenheit
 - 32°F: congelação de água
 - 212°F: ebulição da água
- $T(^{\circ}\text{F})=1,8\times T(^{\circ}\text{C})+32$
- Estas escalas não são independentes das propriedades de uma substância (água)

Medição

- Com o termómetro de gás de Jolly, é possível medir a temperatura através da variação da altura do mercúrio
- Utilizando gases diferentes, as temperaturas têm de ser iguais
- Assim se conclui que para pressão 0, a temperatura seria de $-273,15^{\circ}\text{C}$



Termómetro de gás de Jolly



Escala de Kelvin

- Escala absoluta de temperatura

$$T(K) = T(^{\circ}\text{C}) + 273,15$$

$$\Delta T(K) = \Delta T(^{\circ}\text{C})$$

Escala de Rankine

- Escala absoluta de temperatura

$$T(R) = T(^{\circ}F) + 459.67$$

$$\Delta T(R) = \Delta T(^{\circ}F)$$

Expansão térmica de materiais

- Os termómetros baseiam-se no princípio da expansão térmica dos sólidos
 - α : coeficiente de expansão linear



$$\Delta L = \alpha L \Delta T$$

- β : coeficiente de expansão volúmico

$$\Delta V = \beta V \Delta T$$

$$\beta = 3 \alpha$$

Material	Average Linear Expansion Coefficient (α)($^{\circ}\text{C}$) $^{-1}$	Material	Average Volume Expansion Coefficient (β)($^{\circ}\text{C}$) $^{-1}$
Aluminum	24×10^{-6}	Alcohol, ethyl	1.12×10^{-4}
Brass and bronze	19×10^{-6}	Benzene	1.24×10^{-4}
Copper	17×10^{-6}	Acetone	1.5×10^{-4}
Glass (ordinary)	9×10^{-6}	Glycerin	4.85×10^{-4}
Glass (Pyrex)	3.2×10^{-6}	Mercury	1.82×10^{-4}
Lead	29×10^{-6}	Turpentine	9.0×10^{-4}
Steel	11×10^{-6}	Gasoline	9.6×10^{-4}
Invar (Ni-Fe alloy)	0.9×10^{-6}	Air ^a at 0 $^{\circ}\text{C}$	3.67×10^{-3}
Concrete	12×10^{-6}	Helium ^a	3.665×10^{-3}

LEI ZERO DA TERMODINÂMICA

Lei zero da termodinâmica

- Se os objetos A e B em separado estiverem em equilíbrio térmico com um mesmo objeto C, então A e B estão em equilíbrio térmico

