

Aula 4

Física Termodinâmica e Ondas

Prof. Me. Cristiano Cruz

Temperatura e Calor

- Equilíbrio térmico.
- Termômetro e seu funcionamento.
- Escalas de temperatura.
- Dilatação térmica.

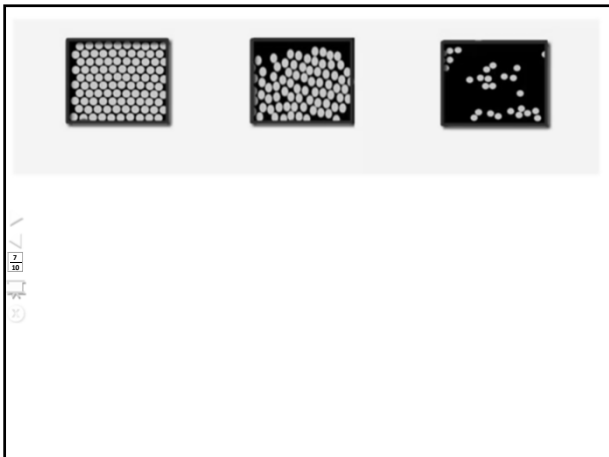
- Diferença entre calor e temperatura.
- Transferência de calor e os efeitos na variação de temperatura e mudança de fase
- Transferência de calor por condução, convecção e radiação.

Contextualizando

Temperatura e Equilíbrio Térmico

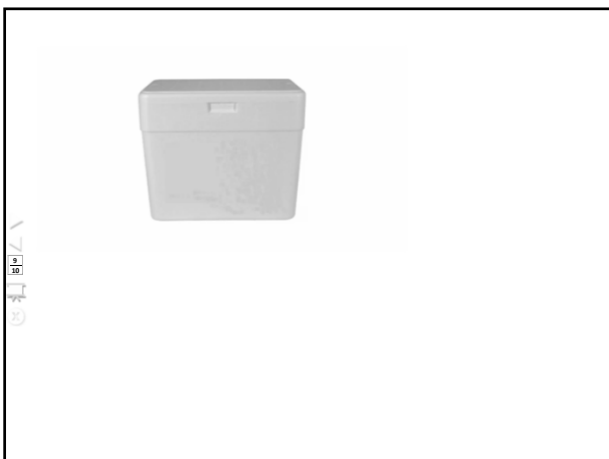
Temperatura

- A temperatura de um corpo está diretamente ligada e determinada pelo grau de agitação das partículas internas que compõe o objeto.



Equilíbrio Térmico

- **Condição termodinâmica na qual dois ou mais objetos apresentam a mesma temperatura.**



Lei Zero da Termodinâmica

- **O objeto A está em equilíbrio térmico com o objeto C e o objeto B também se encontra em equilíbrio térmico com o objeto C, logo os objetos A e B estão em equilíbrio térmico entre si.**

Termômetros e Escalas Termométricas

Grandeza Termométrica

Grandeza física da substância que varia linearmente com a temperatura.



■ **Escala Celsius**
 0 °C (ponto de gelo)
 100 °C (ponto de vapor).

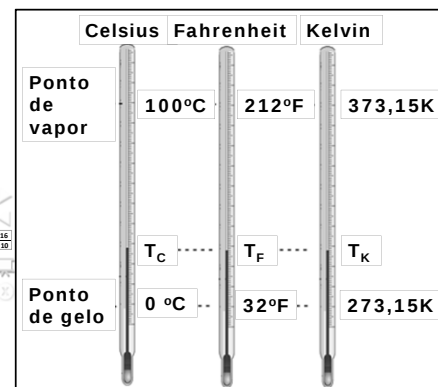
■ **Escala Fahrenheit**
 32 °F e 212 °F

■ **Escala Kelvin**
 273,15 K e 373,15 K

Equação de Conversão entre as Escalas Termométricas

$$\frac{T_C}{5} = \frac{T_F - 32}{9} = \frac{T_k - 273,15}{5}$$

$$\frac{\Delta T_C}{5} = \frac{\Delta T_F}{9} = \frac{\Delta T_k}{5}$$



$$\frac{T_C - 0}{100 - 0} = \frac{T_F - 32}{212 - 32} = \frac{T_k - 273,15}{373,15 - 273,15}$$

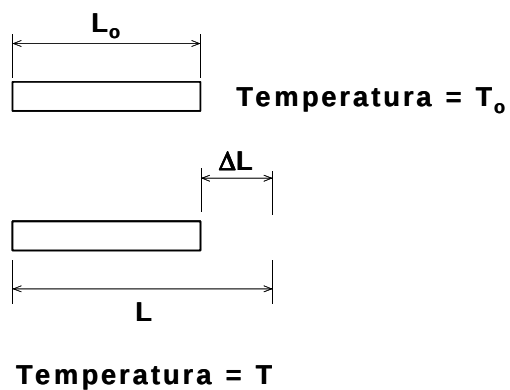
$$\frac{T_C}{5} = \frac{T_F - 32}{9} = \frac{T_k - 273,15}{5}$$

Expansão Térmica

- Linear
- Superficial
- Volumétrica

Dilatação Linear

- Quando o comprimento do objeto é muito maior que a largura e altura, a dilatação pode ser determinada apenas para uma única dimensão.



$$\Delta T = T - T_0 \quad \Delta L = L - L_0$$

$$\Delta L = \alpha L_0 \Delta T$$

$$L - L_0 = \alpha L_0 \Delta T$$

$$L = L_0 + \alpha L_0 \Delta T$$

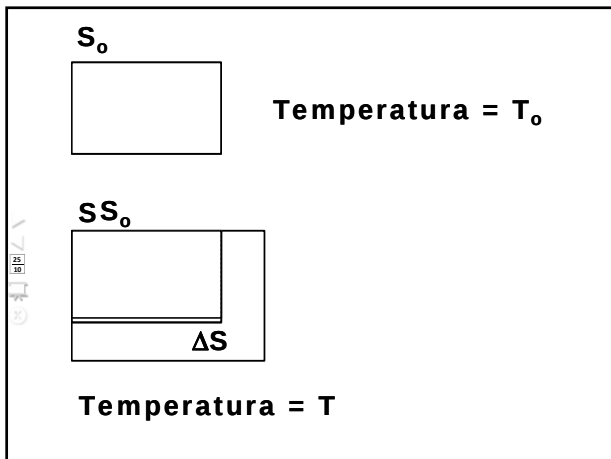
$$L = L_0 (1 + \alpha \Delta T)$$

α é chamado de coeficiente de dilatação linear

Material	α (K^{-1} ou $^{\circ}C^{-1}$)
Alumínio	$2,4 \times 10^{-5}$
Aço	$1,2 \times 10^{-5}$
Cobre	$1,7 \times 10^{-5}$
Latão	$2,0 \times 10^{-5}$
Quartzo	$0,04 \times 10^{-5}$
Vidro	$0,65 \times 10^{-5}$

Dilatação Superficial

- Para determinar a dilatação do objeto em duas dimensões utilizamos a dilatação superficial, ou seja, a dilatação em relação a área superficial desse objeto.



$$\Delta S = \gamma S_0 \Delta T$$

$$S - S_0 = \gamma S_0 \Delta T$$

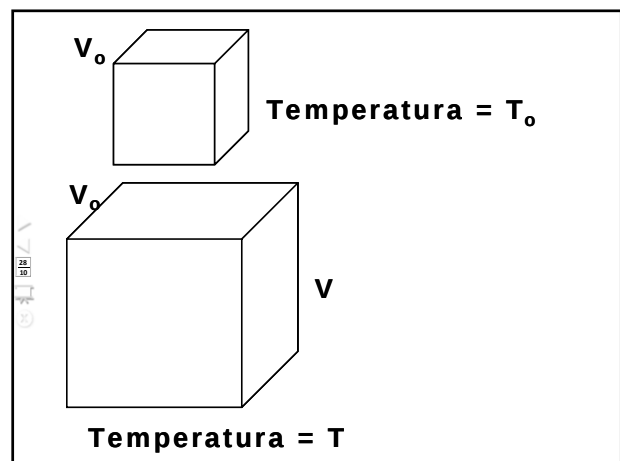
$$S = S_0 + \gamma S_0 \Delta T$$

$$S = S_0(1 + \gamma \Delta T)$$

$$\gamma = 2 \cdot \alpha$$

Dilatação Volumétrica

- O aumento da temperatura na maioria dos materiais produz aumento do volume, seja em sólidos, ou em líquidos.



$$\Delta V = \beta V_0 \Delta T$$

$$V - V_0 = \beta V_0 \Delta T$$

$$V = V_0 + \beta V_0 \Delta T$$

$$V = V_0(1 + \beta \Delta T)$$

$$\beta = 3 \cdot \alpha$$

Calorimetria

- A calorimetria estuda as trocas de calor entre corpos.

Quantidade de Calor (Q)

- Ocorre transferência de energia térmica entre corpos, devido à diferença de temperatura existente entre eles, a energia transferida é denominada de quantidade de calor

- Uma caloria (cal), é definida como a quantidade de calor necessária para elevar a temperatura de 1 g de água de 14,5 °C para 15,5 °C.

- No sistema Internacional de Unidades, a unidade de caloria pode ser expressa em Joule (J), pela seguinte relação:

$$1 \text{ cal} = 4,186 \text{ J}$$

Capacidade Térmica (C)

- A capacidade térmica é dada pela razão entre a quantidade de calor trocada pelo corpo e a variação de temperatura sofrida por ele.

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

Calor Específico (c)

- O calor específico é um valor constante para cada substância em cada estado físico (sólido, líquido ou gasoso).

- Pode-se dizer que o calor específico caracteriza uma substância em determinado estado físico.

- A unidade no Sistema Internacional de Unidades é $\frac{J}{kg.K}$

- A unidade usual para o calor específico é

$$\frac{cal}{g^{\circ}C}$$

- É possível calcular o calor específico (c) de uma substância de massa m a partir da capacidade térmica (C)

$$c = \frac{C}{m}$$

- O calor específico de uma substância pode ser determinado pela quantidade de calor cedida (Q), da variação da temperatura (ΔT) que ele sofre, e da massa desse corpo.

$$c = \frac{Q}{m \cdot \Delta T}$$

Substância	Calor Específico (cal/g.°C)
Água	1,0
Alumínio	0,22
Chumbo	0,031
Gelo	0,5
Ouro	0,032

Equação Fundamental da Calorimetria

- A quantidade de calor que um corpo recebe ou perde, sofrendo variação da temperatura (...)

(...) é denominada quantidade de calor sensível e pode ser calculado através da equação:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T$$

Se o corpo perdeu calor a quantidade Q será negativa e quando ele recebe calor a quantidade de calor Q será positiva.

Princípio das Trocas de Calor

- Quando dois corpos A e B, com temperaturas diferentes, são colocados próximos um do outro ou em contato, eles trocam calor entre si até atingirem o equilíbrio térmico.

- Se o sistema formado pelos dois corpos não trocar energia com o ambiente, isto é, se for um sistema termicamente isolado, a quantidade total de calor trocada entre os corpos será nula.

$$Q_A + Q_B = 0$$

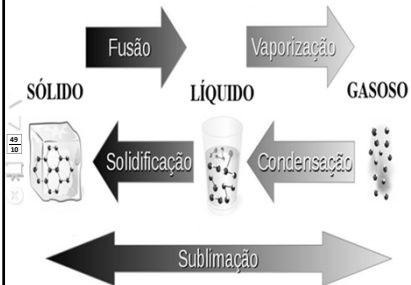
- Em um sistema com n corpos, a quantidade de calor recebida por alguns corpos será igual à quantidade de calor cedida pelos outros corpos

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 + \dots + Q_n = 0$$

Calorimetria e Mudança de Fase

- Com pressão constante, ao fornecermos calor para um objeto, ou retiramos calor dele, no momento da mudança de fase, a temperatura desse objeto também é constante e bem definida.

Processos de Transição de Fases



Calor Latente de Fusão da Água L_f

$$L_f = 3,34 \times 10^5 \frac{J}{kg}$$

$$= 79,6 \frac{cal}{g} = 143 \frac{Btu}{lb}$$

Calor Latente de Vaporização da Água L_v

$$L_v = 2,256 \times 10^6 \frac{J}{kg}$$

$$= 539 \frac{cal}{g} = 970 \frac{Btu}{lb}$$

Mecanismos de Transferência de Calor

Existem três maneiras que o calor pode ser transferido

- Processo de condução
- Processo de convecção
- Processo de radiação

Condução

- O processo de transferência de calor chamado de condução ocorre no interior dos objetos, ou entre dois objetos quando estes estão em contato um com o outro.

Convecção

- Transferência de calor que ocorre nos líquidos e gases e depende do movimento das partículas dessas substâncias.

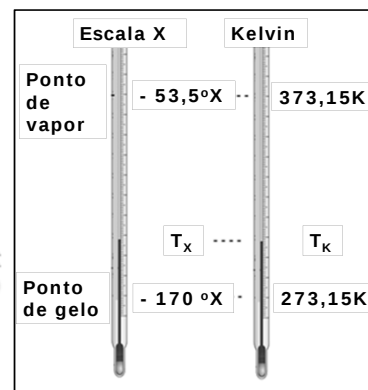
Radiação

- É a transferência de calor que ocorre pela radiação eletromagnética.

Síntese

Na Prática

- Suponha que em uma escala linear hipotética de temperatura X, a água ferva a $-53,5^{\circ}\text{X}$ e se congele a -170°X . Qual a temperatura de 340 K na escala X?



$$\frac{T_X + 170}{-53,5 + 170} = \frac{T_K - 273,15}{373,15 - 273,15}$$

Sendo $T_K = 340 \text{ K}$

$$\frac{T_X + 170}{116,5} = \frac{66,85}{100}$$

$$T_X = \frac{66,85 \cdot 116,5}{100} - 170$$

$$T_X = -92,12^\circ\text{X}$$

- Os materiais A, B e C são sólidos que estão em suas temperaturas de fusão. O material A requer 200 J para derreter 4 Kg, o material B requer 300 J para derreter 5 Kg e o material C requer 300 J para derreter 6 Kg.

- Classifique os materiais de acordo com seus calores de fusão, do maior para o menor.

$$Q = m \cdot L_f$$

- Material A

$$Q = m \cdot L_f$$

$$200\text{J} = 4 \text{ kg} \cdot L_f$$

$$L_f = \frac{200\text{J}}{4\text{kg}} = 50 \frac{\text{J}}{\text{kg}}$$

- Material B

$$Q = m \cdot L_f$$

$$300\text{J} = 5 \text{ kg} \cdot L_f$$

$$L_f = \frac{300\text{J}}{5\text{kg}} = 60 \frac{\text{J}}{\text{kg}}$$

- Material C

$$Q = m \cdot L_f$$

$$300\text{J} = 6 \text{ kg} \cdot L_f$$

$$L_f = \frac{300\text{J}}{6\text{kg}} = 50 \frac{\text{J}}{\text{kg}}$$