

# Professor Caio – Física / Frente A

## Termometria

Teoria e exercícios estão no arquivo anexo (Teams e site).

- SL 02 – Quente ou frio?
- SL 03 – Temperatura e calor
- SL 05 – Escalas de temperatura
- SL 08 – Exemplo de construção de uma escala
- SL 09 – Exercícios

Apresentação e demais documentos: [fisicasp.com.br](http://fisicasp.com.br)

# Quente ou frio?

Metal  
(23 °C)

Madeira  
(23 °C)



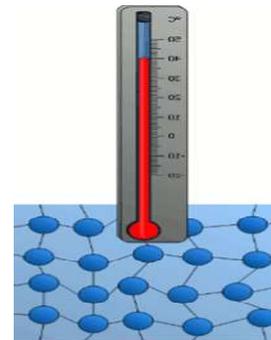
# Temperatura

- Medida do grau de agitação das partículas de um corpo.
- $T \propto E_{cinética}$  média das partículas.

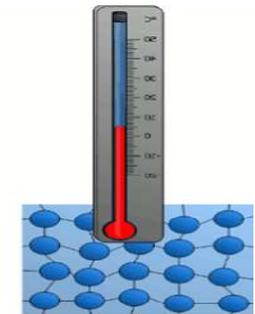
$$E_c = \frac{m \cdot v^2}{2}$$

Energia térmica

- Medida do nível de **energia térmica** por partícula.



A



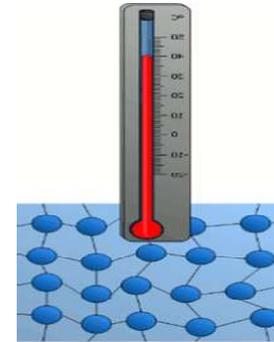
B



$$T_A > T_B$$

# Calor

- Trânsito de energia térmica que ocorre, espontaneamente, do corpo de maior temperatura para o corpo de menor temperatura.
- Calor é energia em trânsito. O corpo não possui calor ou armazena calor. Por isso o termo “estou com calor” não é correto.
- Podemos dizer que os corpos armazenam energia térmica. A energia térmica é a energia que tem origem na agitação das partículas.
- Os corpos não trocam temperatura.
- A quantidade de calor (Q) é medida de Joules (J) no S.I.
- $1 \text{ cal} \cong 4,2 \text{ J}$



A



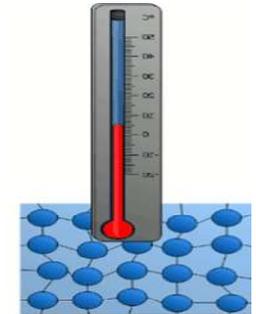
Antes:

$$T_A > T_B$$

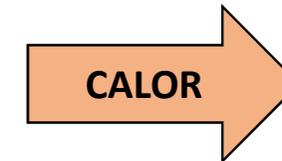
Depois:

equilíbrio térmico

$$T'_A = T'_B$$



B



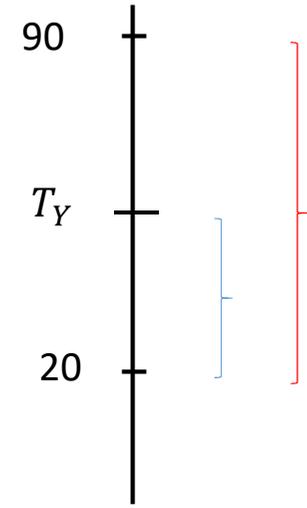
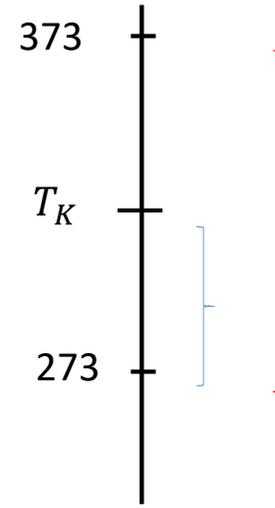
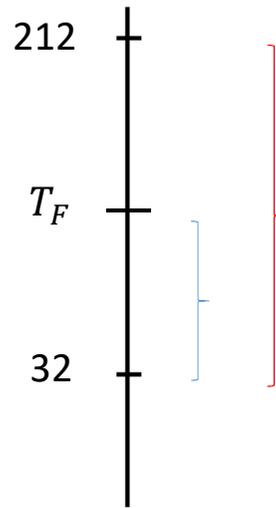
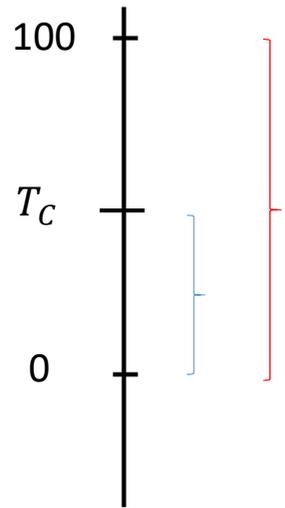
# Relação entre escalas de temperatura (T)

Celsius (°C)

Fahrenheit (°F)

Kelvin (K)

Arbitrária (°Y)



$$\frac{T_C - 0}{100 - 0} = \frac{T_F - 32}{212 - 32} = \frac{T_K - 273}{373 - 273} = \frac{T_Y - 20}{90 - 20} \quad \Rightarrow \quad \frac{T_C}{100} = \frac{T_F - 32}{180} = \frac{T_K - 273}{100} = \frac{T_Y - 20}{70}$$

(÷ 20)
(÷ 20)
(÷ 20)
(÷ 20)

$$\frac{T_C}{5} = \frac{T_F - 32}{9} = \frac{T_K - 273}{5} = \frac{T_Y - 20}{3,5}$$

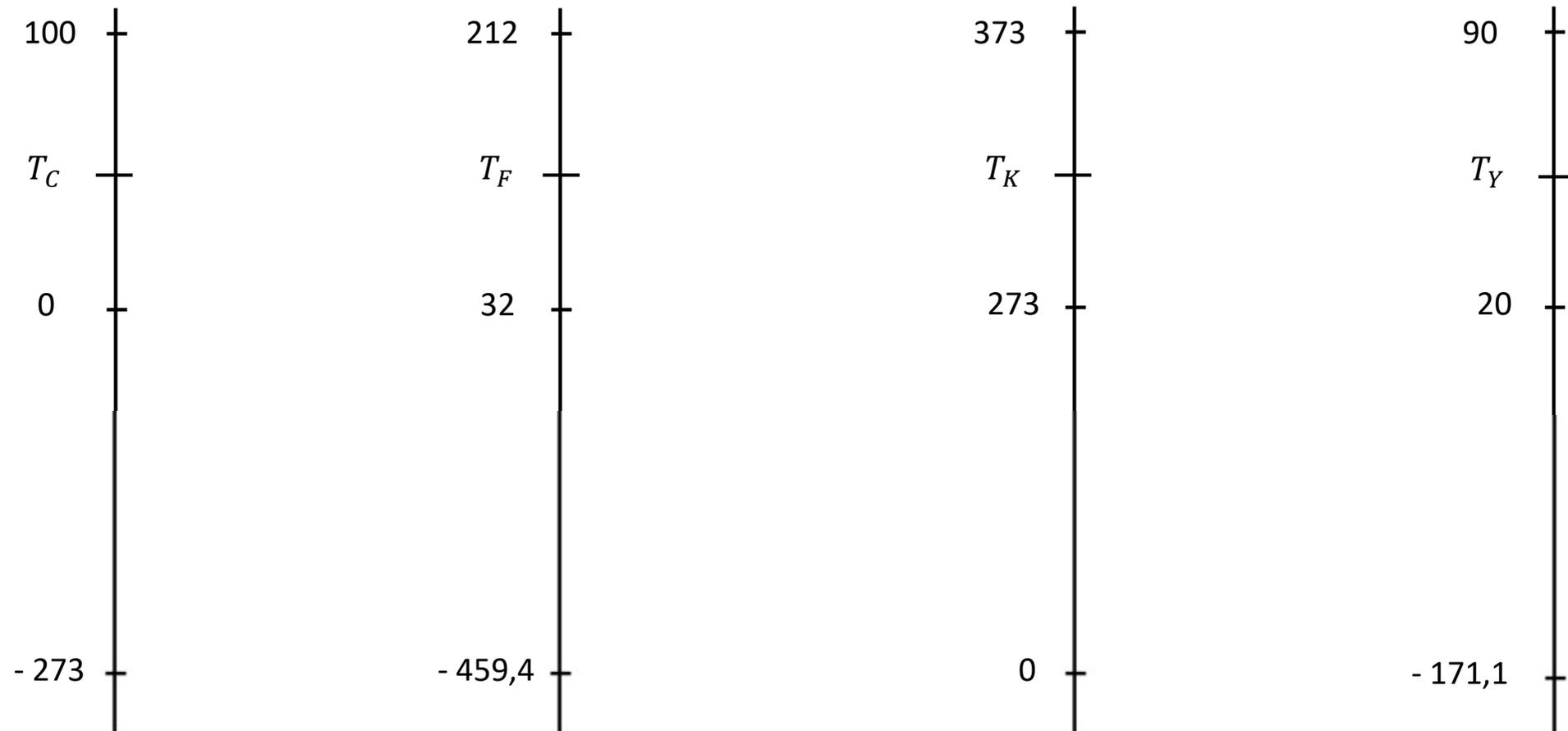
# Relação entre escalas de temperatura (T)

Celsius (°C)

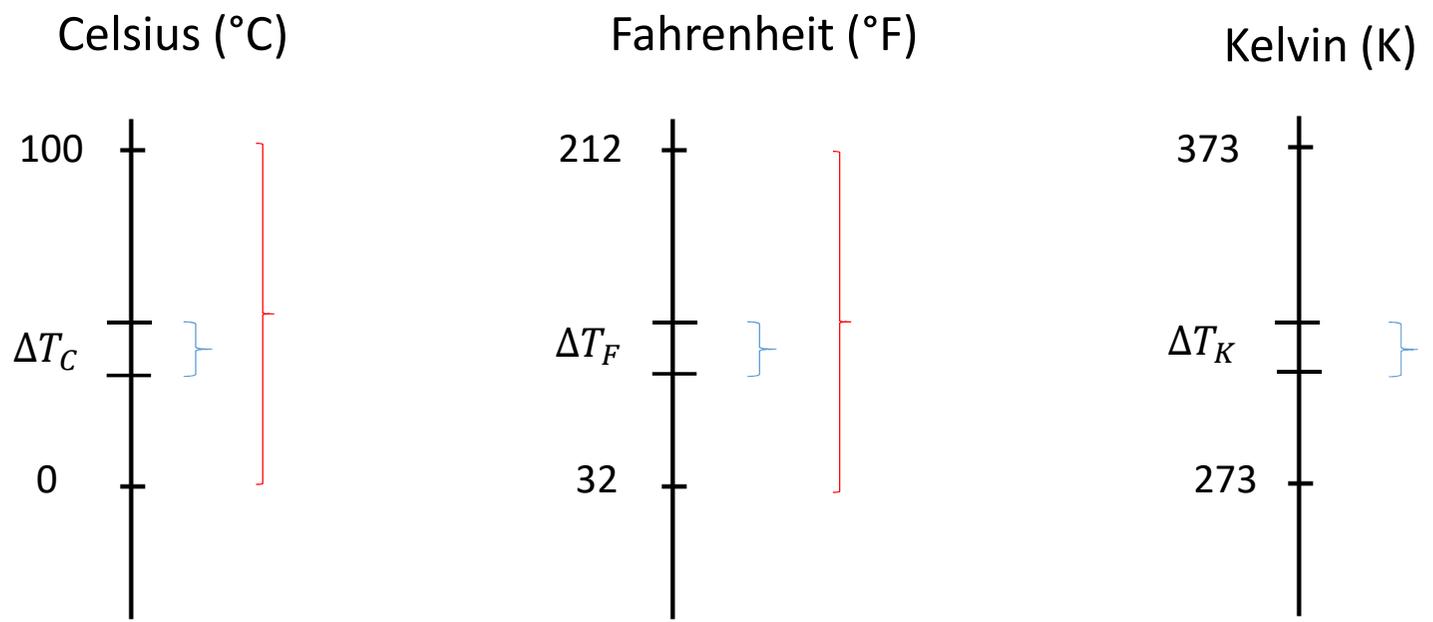
Fahrenheit (°F)

Kelvin (K)

Arbitrária (°Y)



# Relação entre variações de temperaturas ( $\Delta T = T_f - T_i$ )



$$\frac{\Delta T_C}{100 - 0} = \frac{\Delta T_F}{212 - 32} = \frac{\Delta T_K}{373 - 273} \quad \Rightarrow \quad \frac{\Delta T_C}{100} = \frac{\Delta T_F}{180} = \frac{\Delta T_K}{100} \quad \Rightarrow \quad \frac{\Delta T_C}{1} = \frac{\Delta T_F}{1,8} = \frac{\Delta T_K}{1}$$

(÷ 100)      (÷ 100)      (÷ 100)

- $\Delta T_F = 1,8 \cdot \Delta T_C$
- $\Delta T_F = 1,8 \cdot \Delta T_K$
- $\Delta T_C = \Delta T_K$

## Exemplo de construção de uma escala termométrica

---

1º) Escolhemos o mercúrio como substância termométrica.

- neste caso a grandeza termométrica será a altura da coluna de mercúrio.
- a altura da coluna ( $h$ ) de mercúrio e a temperatura ( $T$ ) guardam relação linear.
- $\Delta h \propto \Delta T$ .

2º) Determinar dois pontos fixos. É comum utilizarmos a temperatura de fusão da água ( $0^\circ\text{C}$ ) e a temp. de ebulição da água ( $100^\circ\text{C}$ ). Você pode escolher outros dois pontos fixos.

3º) Relacionar  $T$  e  $h$ .

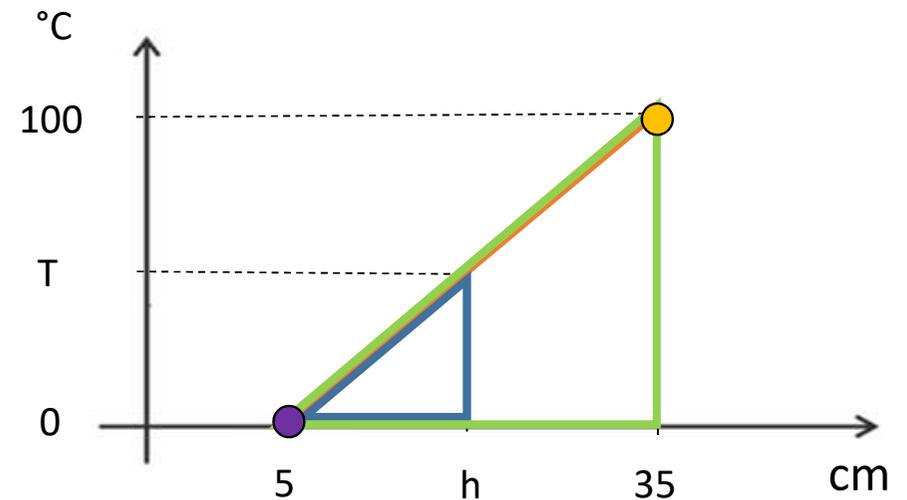
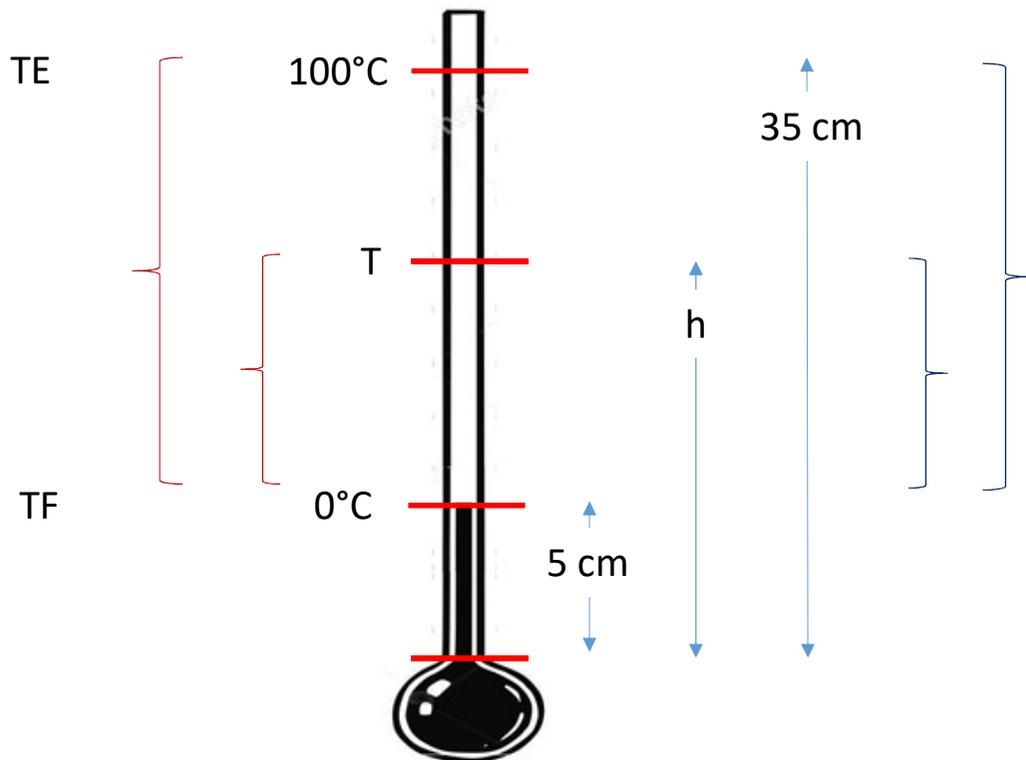
# *Exercícios*

1. Em um termômetro clínico de Hg, a coluna de mercúrio assume valores de 5 cm e 35 cm nos pontos de gelo e vapor, respectivamente. Assumindo uma relação linear entre a temperatura e a altura da coluna de Hg, determine:

- a) A equação termométrica deste termômetro para a escala Celsius.
- b) A temperatura indicada pelo termômetro para uma leitura de 20 cm.

1. Em um termômetro clínico de Hg, a coluna de mercúrio assume valores de 5 cm e 35 cm nos pontos de gelo e vapor, respectivamente. Assumindo uma relação linear entre a temperatura e a altura da coluna de Hg, determine:

a) A equação termométrica deste termômetro para a escala Celsius.

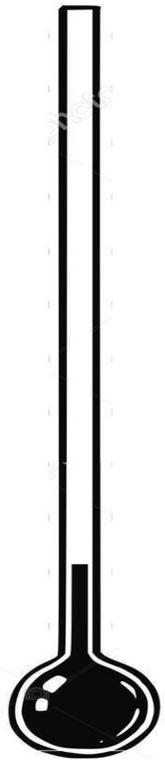


$$\frac{T - 0}{100 - 0} = \frac{h - 5}{35 - 5} \Rightarrow \frac{T}{100} = \frac{h - 5}{30}$$



1. Em um termômetro clínico de Hg, a coluna de mercúrio assume valores de 5 cm e 35 cm nos pontos de gelo e vapor, respectivamente. Assumindo uma relação linear entre a temperatura e a altura da coluna de Hg, determine:

b) A temperatura indicada pelo termômetro para uma leitura de 20 cm.



$$\frac{T}{100} = \frac{h - 5}{30}$$

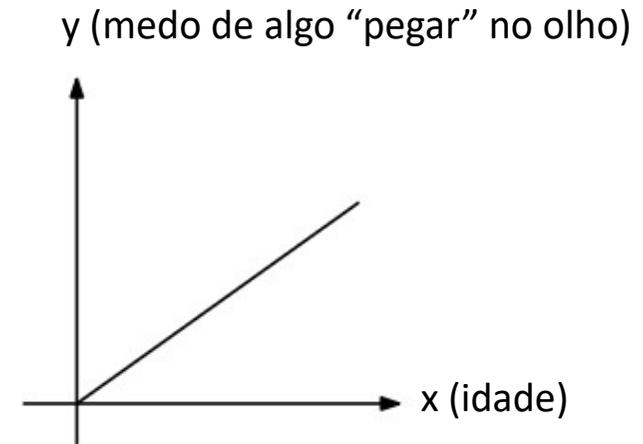
$$h = 20 \text{ cm} \rightarrow T = ?$$

$$\frac{T}{100} = \frac{(20) - 5}{30} \rightarrow \frac{T}{100} = \frac{15}{30} \xrightarrow{(\div 15)} \frac{T}{100} = \frac{1}{2} \rightarrow T = \frac{100}{2}$$

$$T = 50 \text{ } ^\circ\text{C}$$

## Grandezas diretamente proporcionais

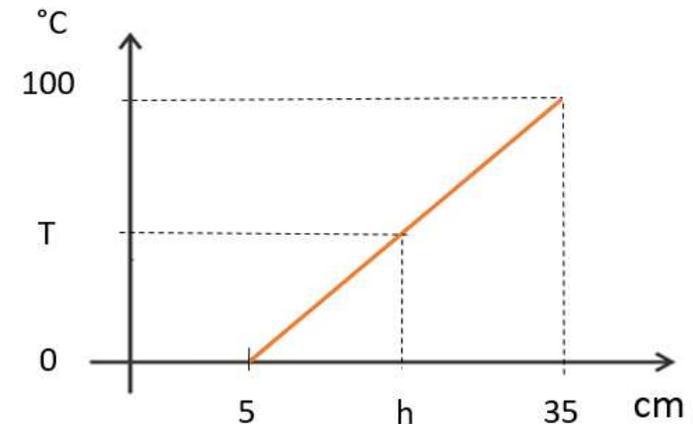
- Neste caso,  $y$  e  $x$  são diretamente proporcionais
- $y \propto x$
- Podemos fazer regra de três



## Atenção!

Para o nosso exemplo:

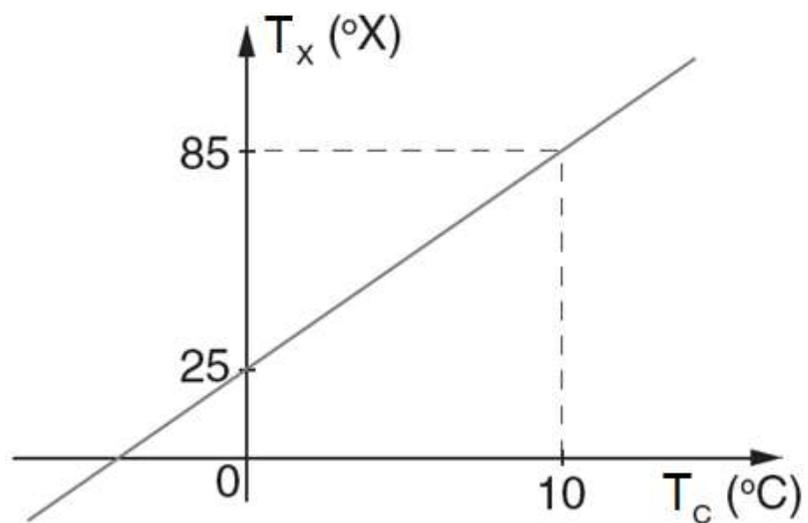
- $h$  e  $t$  não são diretamente proporcionais  $\Rightarrow$  não é correto utilizar relacionar  $h$  e  $t$  com "regra de três"
- $\Delta h$  e  $\Delta T$  são diretamente proporcionais  $\Rightarrow$  é correto relacionar  $\Delta h$  e  $\Delta T$  por meio de "regra de três"



2. A partir do gráfico, faça o que se pede.

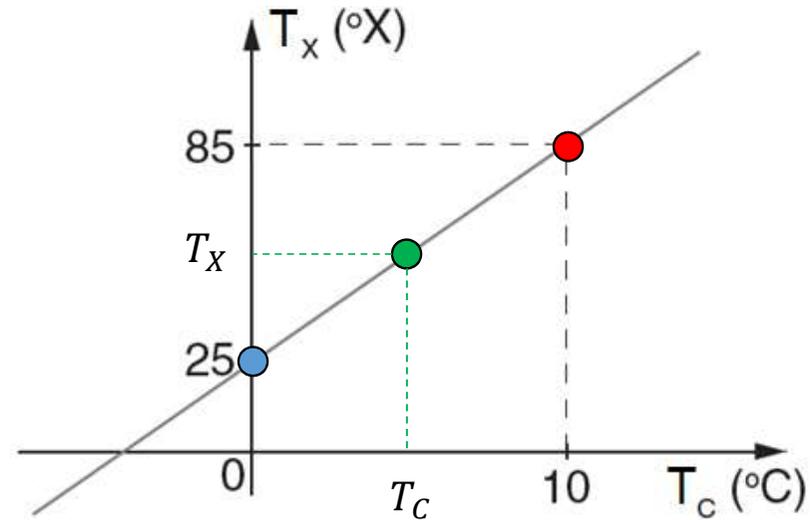
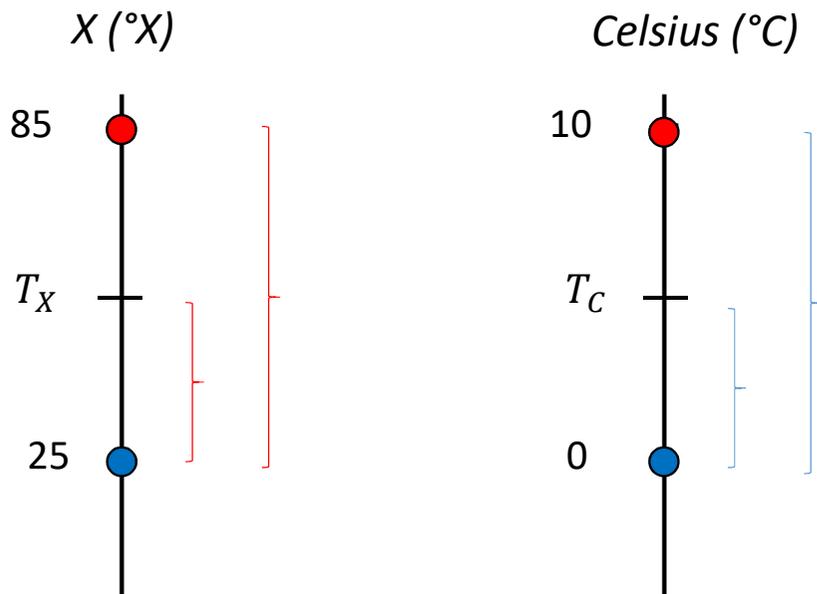
a) Escreva a relação entre as escalas X e Celsius.

b) Qual o valor correspondente a  $50^{\circ}\text{C}$  na escala X?



2. A partir do gráfico, faça o que se pede.

a) Escreva a relação entre as escalas X e Celsius.



b) Qual o valor correspondente a 50 °C na escala X?

$$T_C = 50^\circ\text{C} \rightarrow T_X = ?$$

$$\frac{T_X - 25}{85 - 25} = \frac{T_C - 0}{10 - 0} \Rightarrow \boxed{\frac{T_X - 25}{60} = \frac{T_C}{10}}$$

$$\frac{T_X - 25}{60} = \frac{50}{10} \Rightarrow \frac{T_X - 25}{60} = 5 \Rightarrow T_X - 25 = 300$$

$$\boxed{T_X = 325^\circ\text{X}}$$

3. Qual valor assinalaria um termômetro graduado na escala Fahrenheit num ambiente cuja temperatura conhecida é de  $30^{\circ}\text{C}$ ?

3. Qual valor assinalaria um termômetro graduado na escala Fahrenheit num ambiente cuja temperatura conhecida é de 30°C?

$$T_C = 30^\circ\text{C} \rightarrow T_F = ?$$

$$\frac{T_C}{5} = \frac{T_F - 32}{9} = \frac{T_K - 273}{5}$$

$$\frac{30}{5} = \frac{T_F - 32}{9}$$

$$6 = \frac{T_F - 32}{9}$$

$$54 = T_F - 32$$

$$T_F = 86^\circ\text{F}$$

4. Em que temperatura a indicação da escala Fahrenheit supera em oito unidades o triplo da indicação da escala Celsius.

4. Em que temperatura a indicação da escala Fahrenheit supera em oito unidades o triplo da indicação da escala Celsius.

$$T_F = 3.T_C + 8$$

$$\frac{T_C}{5} = \frac{T_F - 32}{9} = \frac{T_K - 273}{5}$$

$$\frac{T_C}{5} = \frac{(3.T_C + 8) - 32}{9}$$

$$\frac{T_C}{5} = \frac{3.T_C - 24}{9}$$

$$9.T_C = 15.T_C - 120$$

$$\times (-1) \quad -6T_C = -120 \quad \times (-1)$$

$$6T_C = 120$$

$$T_C = \frac{120}{6}$$

$$T_C = 20^\circ\text{C}$$

$$T_F = 68^\circ\text{F}$$

5. Existe um valor numérico para o qual a temperatura na escala Celsius e na escala Fahrenheit é a mesma? Qual?

5. Existe um valor numérico para o qual a temperatura na escala Celsius e na escala Fahrenheit é a mesma? Qual?

$$T_C = T_F$$

$$\frac{T_C}{5} = \frac{T_F - 32}{9} = \frac{T_K - 273}{5}$$

$$\frac{T_C}{5} = \frac{T_C - 32}{9}$$

$$9T_C = 5T_C - 160$$

$$4T_C = -160$$

$$T_C = \frac{-160}{4}$$

$$T_C = -40^\circ\text{C}$$

$$T_F = -40^\circ\text{F}$$

6. Um termômetro graduado na escala Fahrenheit sofre uma variação de temperatura de  $45^{\circ}\text{F}$ . Qual a correspondente variação de temperatura para um termômetro graduado na escala Celsius? Qual a variação de temperatura correspondente para um termômetro graduado na escala Kelvin?

6. Um termômetro graduado na escala Fahrenheit sofre uma variação de temperatura de 45°F. Qual a correspondente variação de temperatura para um termômetro graduado na escala Celsius? Qual a variação de temperatura correspondente para um termômetro graduado na escala Kelvin?

$$\Delta T_F = 45^\circ\text{F}, \Delta T_C = ?$$

$$\Delta T_F = 45^\circ\text{F}, \Delta T_K = ?$$

$$\Delta T_F = 1,8 \cdot \Delta T_C$$

$$\Delta T_F = 1,8 \cdot \Delta T_K$$

$$45 = 1,8 \cdot \Delta T_C$$

$$45 = 1,8 \cdot \Delta T_K$$

$$\frac{45}{1,8} = \Delta T_C$$

$$\Delta T_K = \frac{45}{1,8}$$

$$\Delta T_C = 25^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_K = 25\text{ K}$$

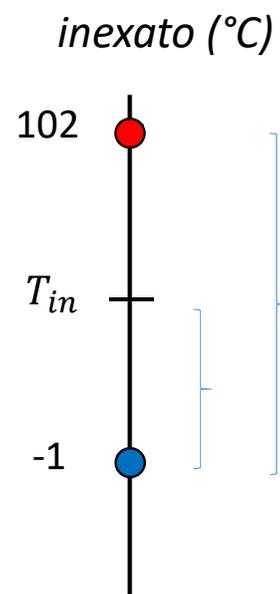
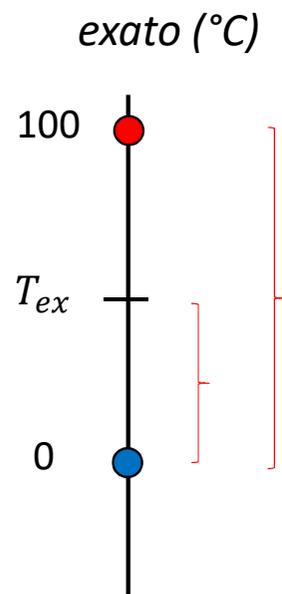
7. Um velho termômetro de Hg apresenta certa inexatidão em suas indicações. No gelo fundente, ele indica  $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$  e, no ponto vapor, ele indica  $102\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Determine:

- a) a equação de correção.
- b) a indicação do termômetro quando ele for colocado em equilíbrio térmico com um ambiente a  $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ .
- c) caso exista, qual a temperatura que esse termômetro indicará corretamente?

7. Um velho termômetro de Hg apresenta certa inexatidão em suas indicações. No gelo fundente, ele indica  $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$  e, no ponto vapor, ele indica  $102\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

a) a equação de correção.



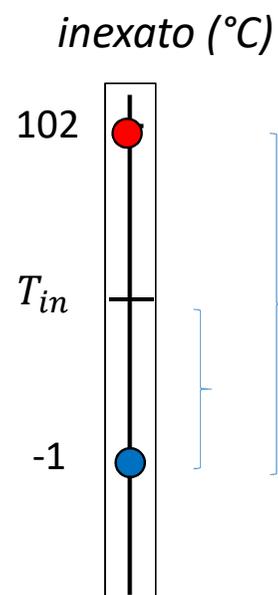
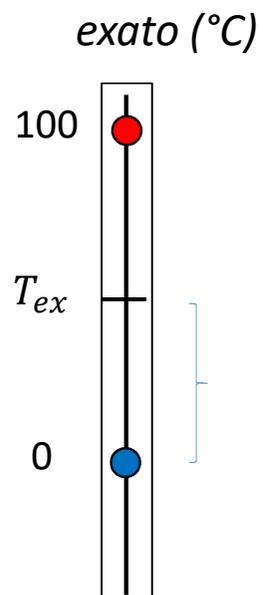
$$\frac{T_{ex} - 0}{100 - 0} = \frac{T_{in} - (-1)}{102 - (-1)}$$



$$\boxed{\frac{T_{ex}}{100} = \frac{T_{in} + 1}{10}}$$

7. Um velho termômetro de Hg apresenta certa inexatidão em suas indicações. No gelo fundente, ele indica  $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$  e, no ponto vapor, ele indica  $102\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

b) a indicação do termômetro (inexato) quando ele for colocado em equilíbrio térmico com um ambiente a  $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ .



Ambiente a  $35\text{ }^{\circ}\text{C} \rightarrow T_{ex} = 35\text{ }^{\circ}\text{C}, T_{in} = ?$

$$\frac{T_{ex}}{100} = \frac{T_{in} + 1}{103}$$

$$\frac{35}{100} = \frac{T_{in} + 1}{103}$$

$$\frac{103 \cdot 35}{100} = T_{in} + 1$$

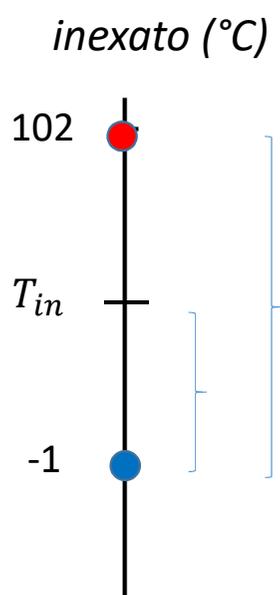
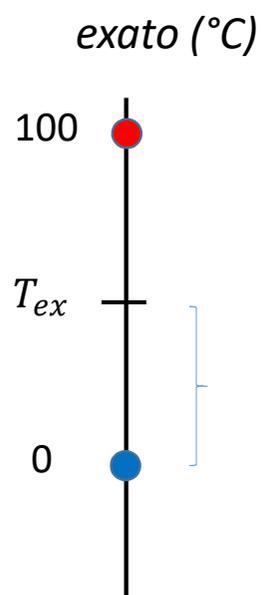
$$1,03 \cdot 35 = T_{in} + 1$$

$$36,05 = T_{in} + 1$$

$$35,05\text{ }^{\circ}\text{C} = T_{in}$$

7. Um velho termômetro de Hg apresenta certa inexatidão em suas indicações. No gelo fundente, ele indica  $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$  e, no ponto vapor, ele indica  $102\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

c) caso exista, qual a temperatura que esse termômetro indicará corretamente?



$$X = T_{ex} = T_{in}$$

$$\frac{T_{ex}}{100} = \frac{T_{in} + 1}{103}$$

$$\frac{X}{100} = \frac{X + 1}{103}$$

$$\frac{103}{100} \cdot X = X + 1$$

$$1,03 \cdot X = X + 1$$

$$1,03 \cdot X - X = 1$$

$$0,03 \cdot X = 1$$

$$X = \frac{1}{0,03} \cong 33,3^{\circ}\text{C}$$

$$T_{in} = T_{ex} \cong 33,3^{\circ}\text{C}$$

Em um ambiente a temperatura de  $33,3^{\circ}\text{C}$ , o termômetro defeituoso marcará  $33,3^{\circ}\text{C}$ , ou seja, estará funcionando corretamente.

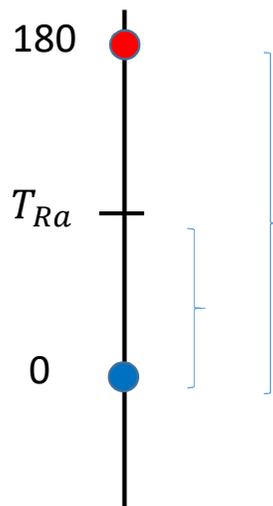
8. A escala Rankine de temperatura tem origem no zero absoluto, porém usa como unidade o grau Fahrenheit.

- a) Deduza uma equação de conversão entre a escala Rankine e a escala Kelvin.
- b) Qual é a indicação nessa escala que corresponde a 500K?

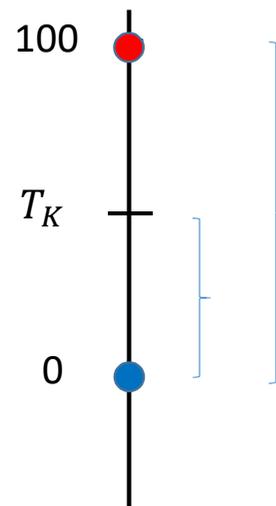
8. A escala Rankine de temperatura tem origem no zero absoluto, porém usa como unidade o grau Fahrenheit.

a) Deduza uma equação de conversão entre a escala Rankine e a escala Kelvin.

*Rankine (Ra)*



*Kelvin (K)*



- $\Delta T_F = 1,8 \cdot \Delta T_K$

$$\frac{T_{Ra} - 0}{180 - 0} = \frac{T_K - 0}{100 - 0}$$

$$\div 20 \quad \frac{T_{Ra}}{180} = \frac{T_K}{100} \quad \div 20$$

$$\boxed{\frac{T_{Ra}}{9} = \frac{T_K}{5}}$$

8. A escala Rankine de temperatura tem origem no zero absoluto, porém usa como unidade o grau Fahrenheit.

b) Qual é a indicação nessa escala que corresponde a 500K?

$$T_K = 500 \text{ K}, T_{Ra} = ?$$

$$\frac{T_{Ra}}{9} = \frac{T_K}{5}$$

$$\frac{T_{Ra}}{9} = \frac{50}{5}$$

$$\frac{T_{Ra}}{9} = 100 \quad \Rightarrow \quad T_{Ra} = 900 \text{ Ra}$$