



Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo
Campus São Paulo

Termologia

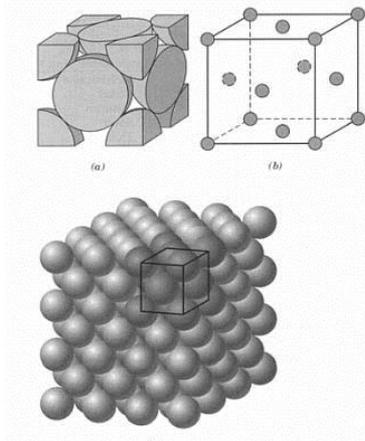
e

Termometria

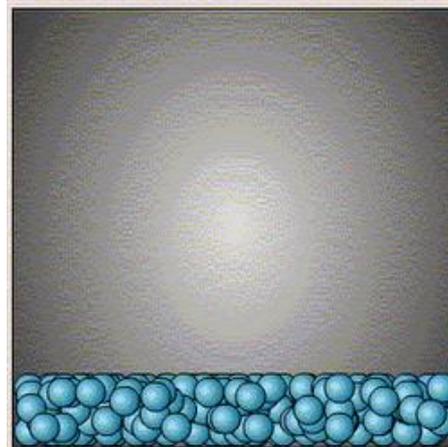
Estados Físicos da Matéria

Fluidos

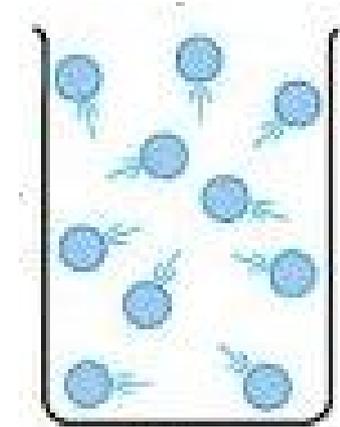
Sólido



Líquido



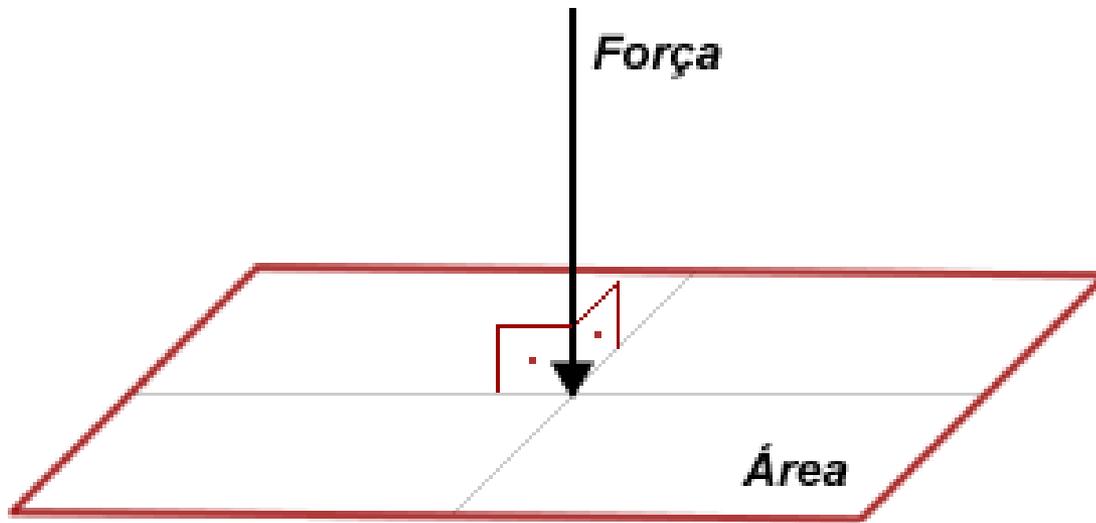
Gasoso



Pressão

É a divisão entre uma força ***perpendicular*** a uma superfície e a área dessa superfície.

$$p = F_{\perp} / A$$



Blaise Pascal
1623 - 1662

- **unidade no Sistema Internacional** → $[N/m^2] \equiv \text{pascal (Pa)}$
- **Pressão Atmosférica** → $1 \text{ atm} \rightarrow 101.325 \text{ Pa} \rightarrow 14,7 \text{ psi}$ (pounds per square inch)

Sensação



Pressão é **maior**
(maior sensação de dor)

Pressão é **menor**
(menor sensação de dor)

Aplicações

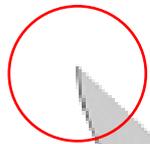
- *Cama de pregos (Faquir)*



- *Sapato de salto alto (“agulha”)*

Aplicações

- *Chuteira (cravos)*



- *Ponta (perfuração)*



- *Faca (fio)*



- *Pneu para Buggy (flutuador)*



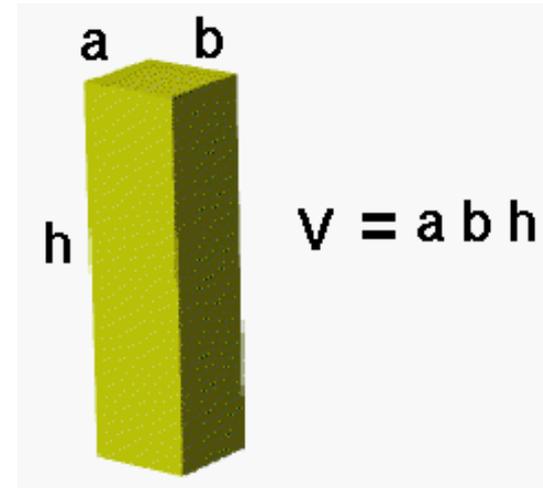
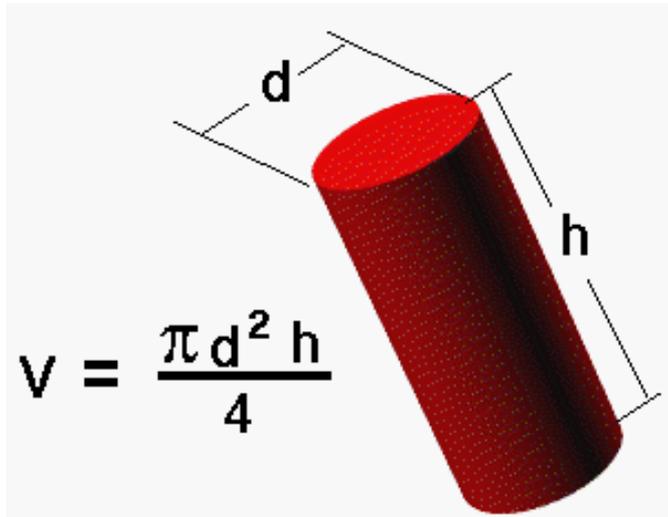
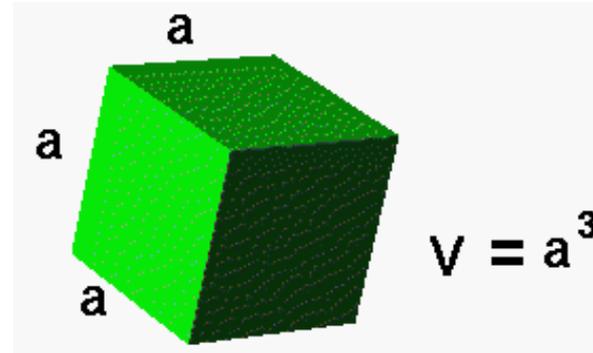
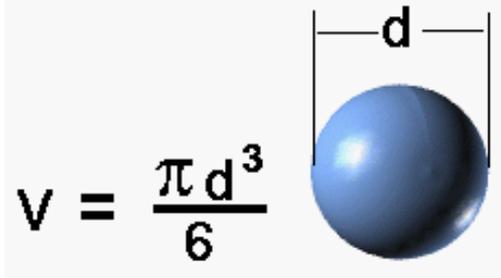
- *Pneu para lama*



Volume

É o espaço tridimensional ocupado pelo objeto.

- *unidade no Sistema Internacional* → $[m^3]$



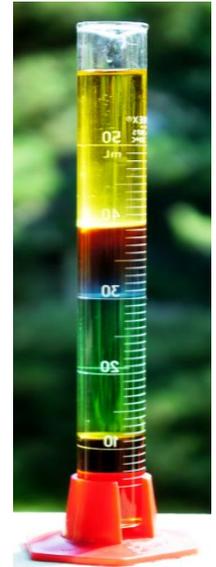
Densidade (ou massa específica)

É a relação entre massa e volume de uma substância **pura** ou de um corpo. Assim, a densidade representa a quantidade de matéria presente em certo volume.



Alumínio

$$D = \rho = \frac{m}{V}$$



• **unidade no Sistema Internacional** → **[kg/m³]**

<u>Substância</u>	<u>Massa Específica (g/cm³)</u>
Alumínio	2,7
Ferro	7,9
Latão	8,6
Prata	10,5
Chumbo	11,3
Mercúrio	13,6
Ouro	19,3
Platina	21,4

Densidade do ar		Densidade da água	
t (°C)	ρ_{ar} (kg/m ³)	t (°C)	ρ (kg/m ³)
16	1,2180	16	998,5768
17	1,2138	17	998,3691
18	1,2096	18	998,1614
19	1,2055	19	997,9537
20	1,2013	20	997,7460

Definições

Termologia
ou Física Térmica



É o estudo do Calor.

Termometria



Estuda o comportamento térmico das substâncias.

Temperatura (T)



Representa o grau de agitação térmica dos átomos da substância.

Calor



“É energia térmica em trânsito”



ΔT

Diferença de Temperatura

Corpo de maior temperatura

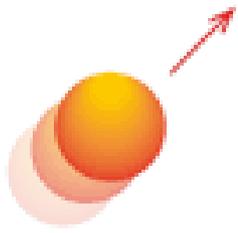


Corpo de menor temperatura

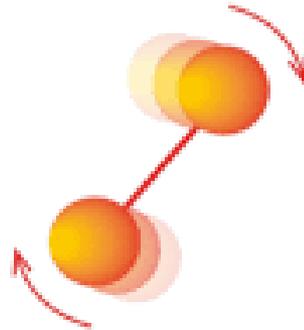
Temperatura (T)



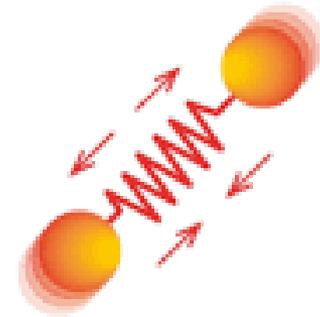
Representa o grau de agitação térmica dos átomos da substância.



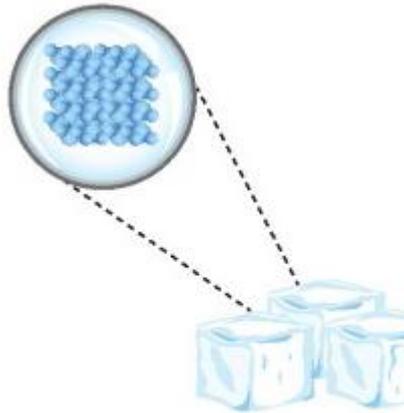
Translação



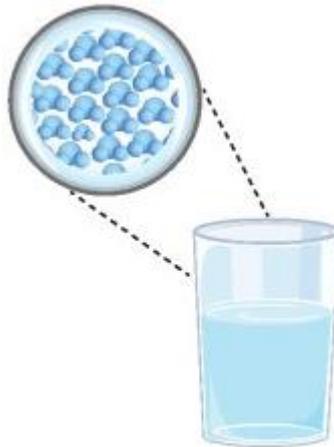
Rotação



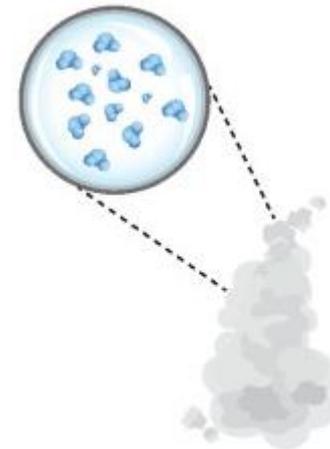
Vibração



Sólido



Líquido



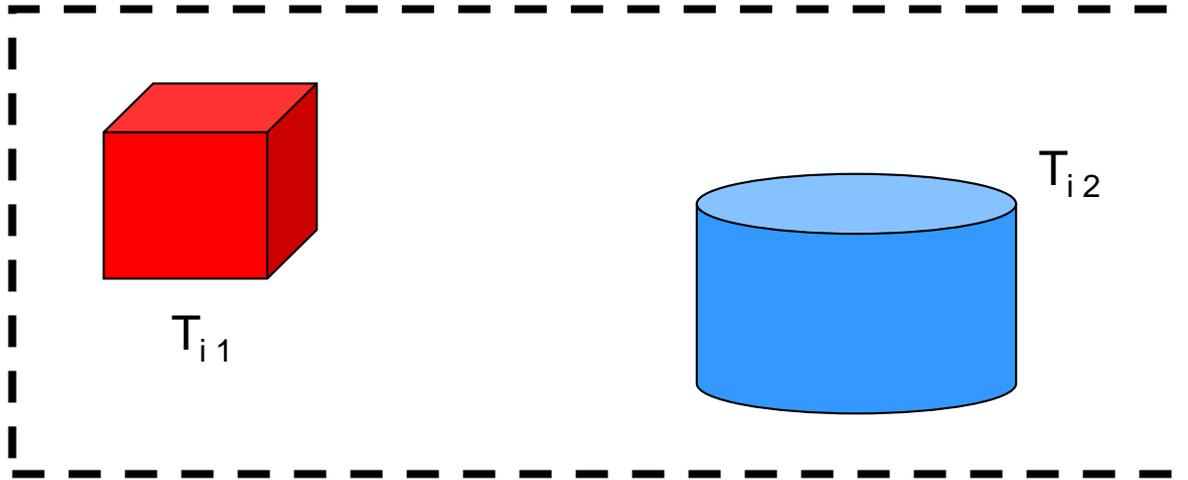
Gasoso

Não se esqueça de assistir ao seguinte vídeo:

<https://www.youtube.com/watch?v=q0qaP88aVJI> - Agitação Molecular

Equilíbrio Térmico

É a situação obtida após dois ou mais corpos trocarem energia para, então, alcançarem uma temperatura **igual** entre si.

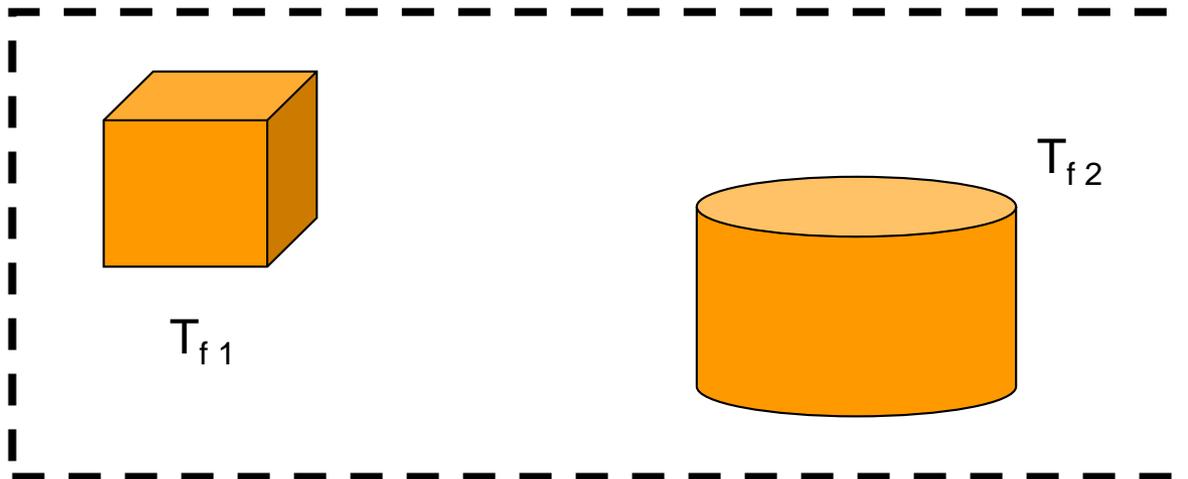


$$T_{i1} > T_{i2}$$

T_i - temperatura inicial

Sistema termicamente isolado (p.e., **Garrafa Térmica**)

Após
algum
tempo...

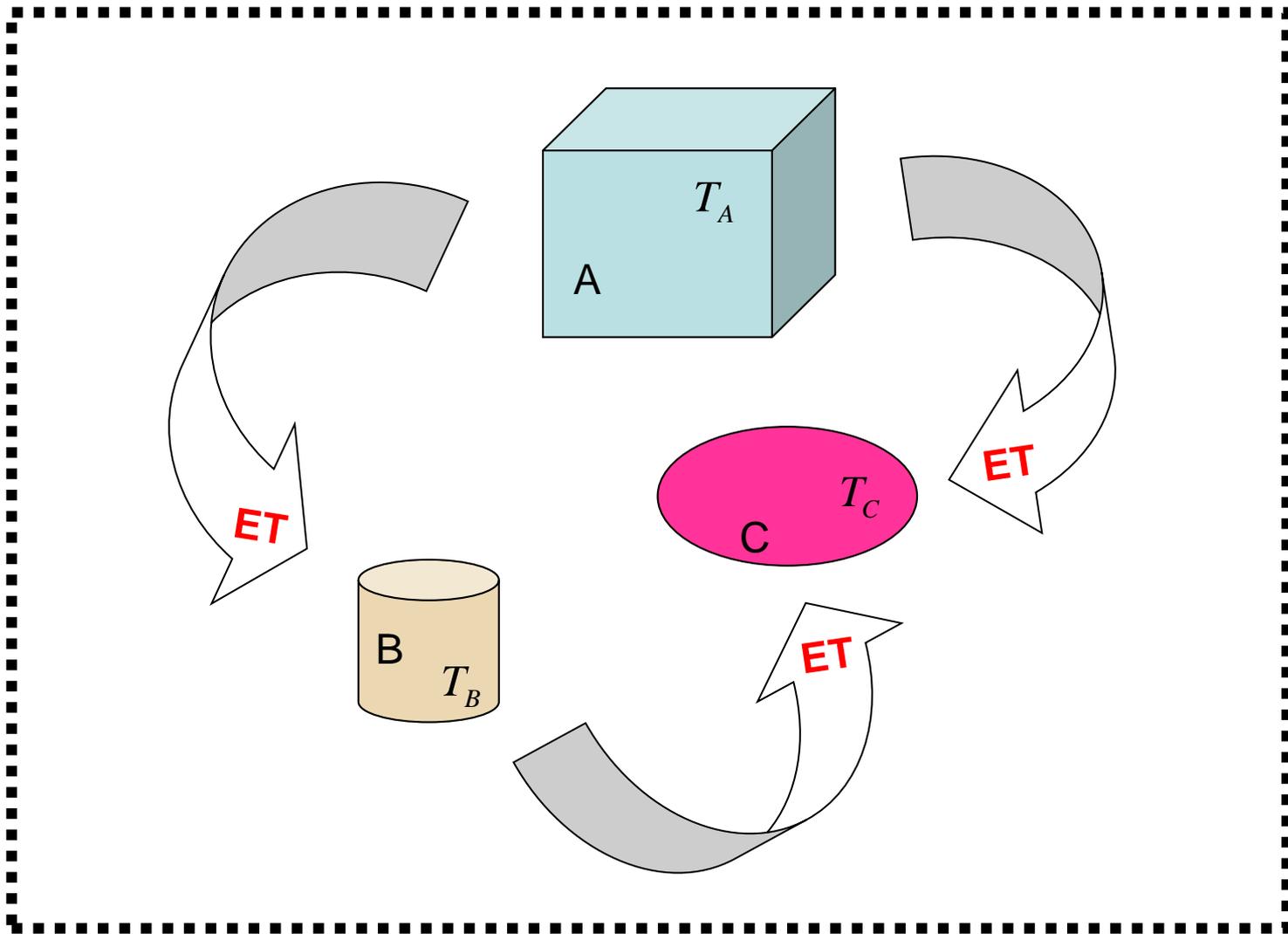


$$T_{f1} = T_{f2}$$

T_f - temperatura final

Lei Zero da Termodinâmica

“Se dois corpos A e B estão separadamente em **equilíbrio térmico** com um terceiro corpo C, então A e B estão em **equilíbrio térmico** entre si .” $\rightarrow T_A = T_B = T_C$



Sistema termicamente isolado

E como medir temperatura?

Poderíamos estimar seu valor sem provocar polêmicas?



Objetividade x Subjetividade

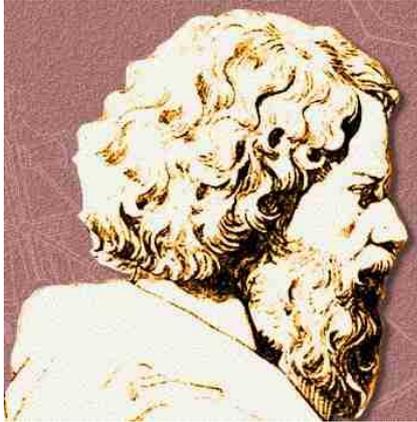


***O que é “estar quente”,
“estar frio”, “morno”...?***



Termoscópio

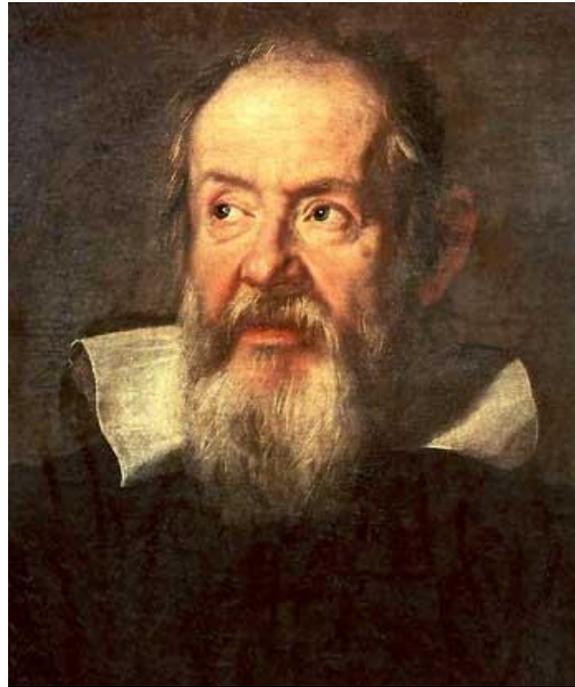
É qualquer instrumento que permite verificar se a temperatura está ou não variando.



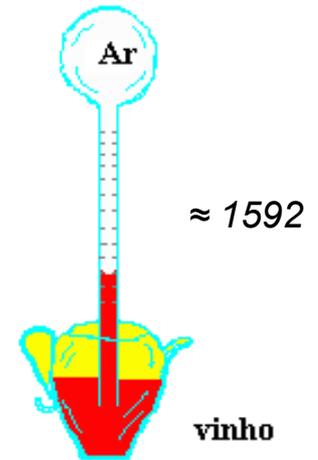
Fílon, de Bizâncio (~250 a.C.)



Heron, de Alexandria
≈ 10 - ≈ 75
"Pneumática"
(~100 d.C.)



Galileu Galilei
(1564 - 1642)



Termoscópio Florentino

Termômetros

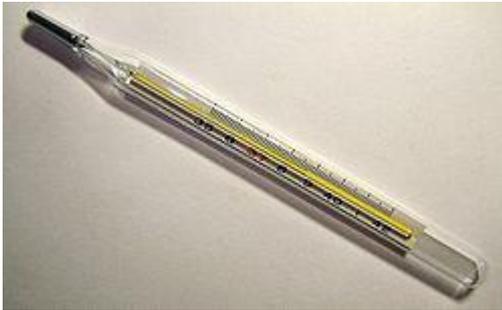
São instrumentos que servem para medir temperatura, construídos com base em propriedades físicas de substâncias.

- Efeito da Dilatação Térmica (expansão ou contração de substâncias por ação **térmica**)

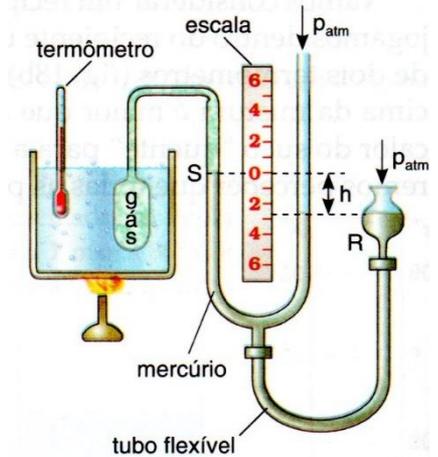
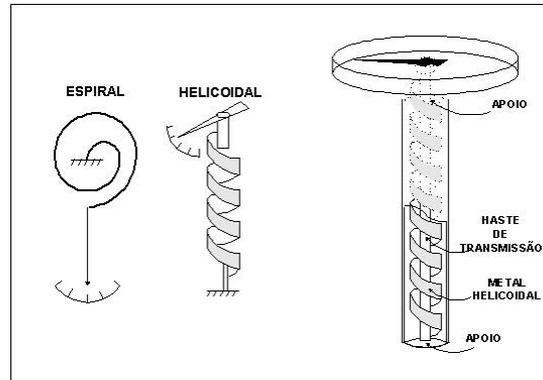
- Líquidos

- Sólidos

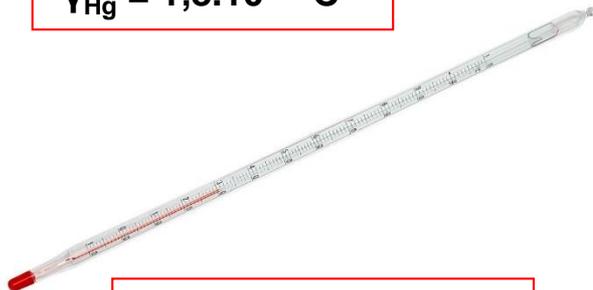
- Gases (volume constante)



Termômetro Clínico



$$\gamma_{\text{Hg}} = 1,8 \cdot 10^{-4} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$



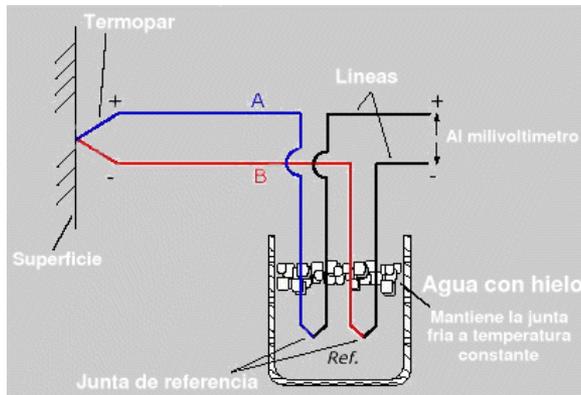
$$\gamma_{\text{Álcool}} = 11,2 \cdot 10^{-4} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$



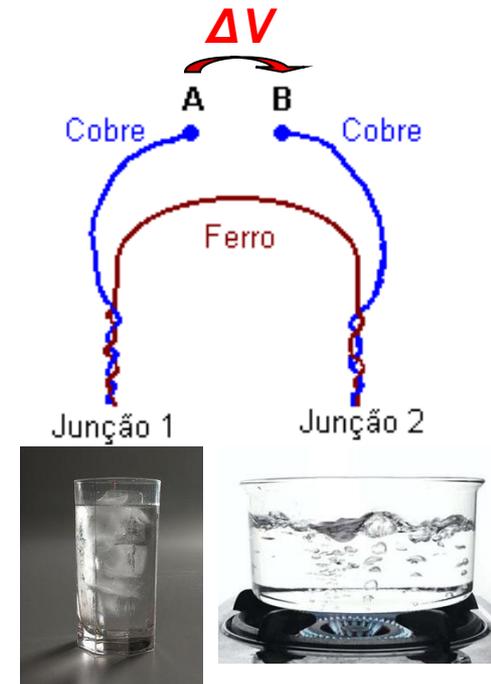
• Efeito Termoelétrico

• Termopar

1821



Thomas Y. Seebeck
1770 - 1831



Termoelemento positivo (KP):

Ni90% - Cr10% (Cromel)

Termoelemento negativo (KN):

Ni95% - Mn2% - Si1% - Al2% (Alumel)

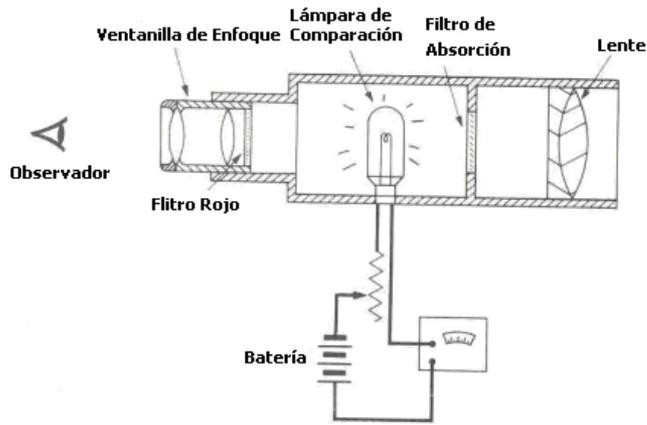
Faixa de utilização: -270°C a 1.200°C

tensão produzida: - 6,458mV a +48,838mV



• Efeito pela Emissão de Radiação Eletromagnética

• Pirômetro Óptico



Correct



Too High



Too Low



83C → 760 à 1.400 °C
www.pyrometer.com

• Infravermelho

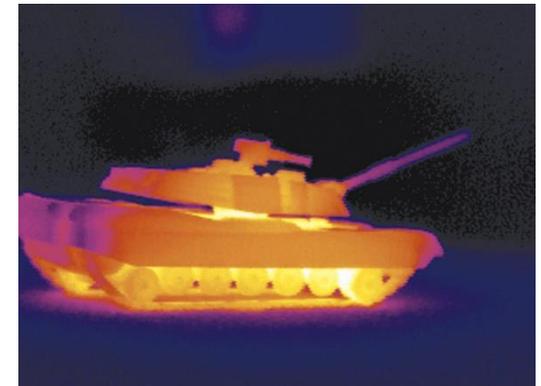
Fuente de Temperatura



FLIR® C2 Compact Thermal Camera
14° → 302°F (- 10° → + 150°C)

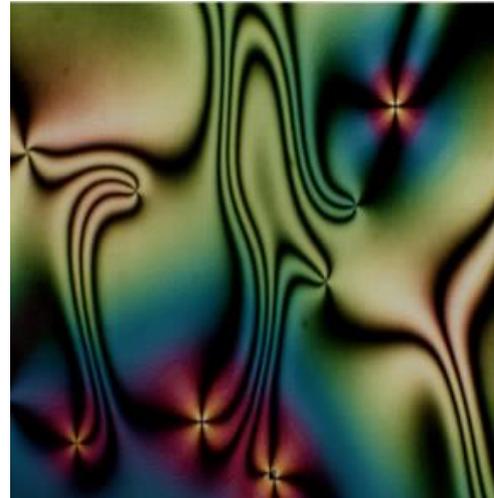
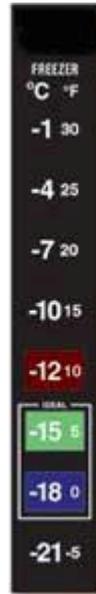


Infrared Thermometer
PCE-889B



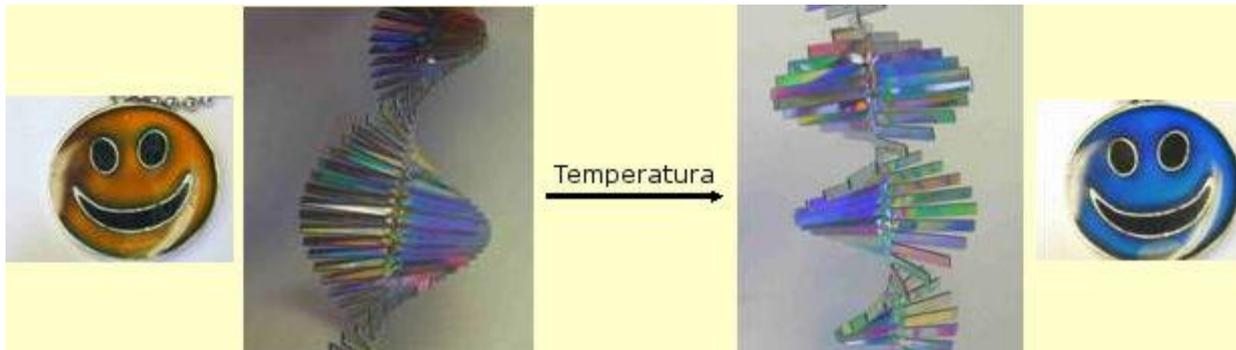
- Efeito Termo-óptico

- *Cristal líquido*



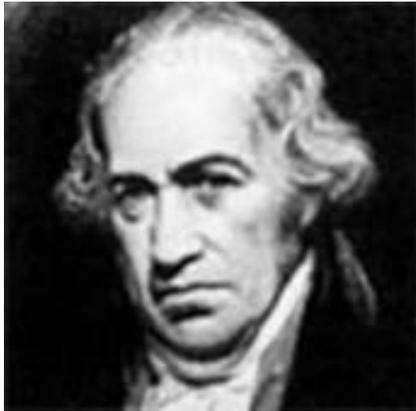
Friedrich Reinitzer
1857 - 1927

Anel, fita, colar etc do “humor”



Otto Lehmann
1855 - 1922

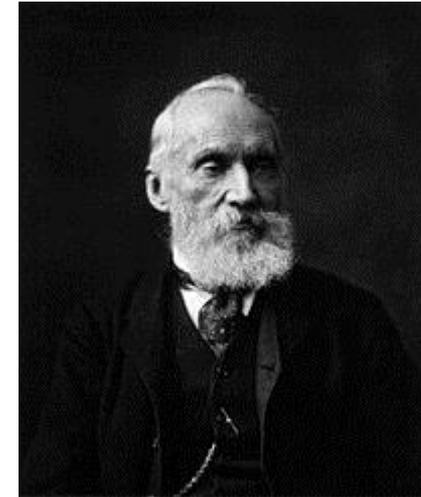
Escalas Termométricas



Gabriel D. Fahrenheit
1686 - 1736
≈ 1714

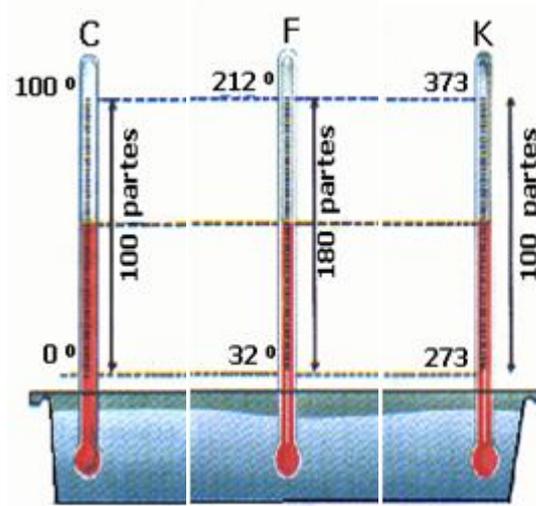
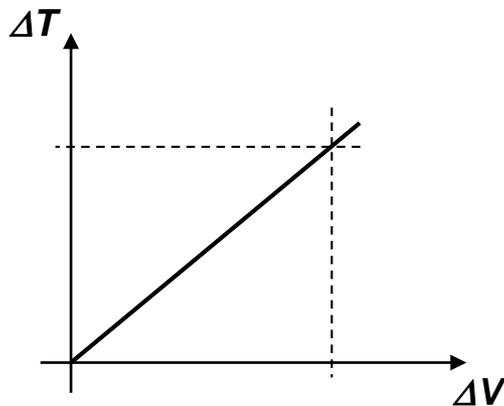


Anders Celsius
1701 - 1744
≈ 1740



William Thomson
"Lord Kelvin"
1824 - 1907
≈ 1848

Para um coeficiente de dilatação volumétrico **constante** em uma ampla faixa de temperaturas:



Água em ebulição

Água com gelo

Pontos Fixos

$$T(K) = t(^{\circ}C) + 273$$

Exercícios

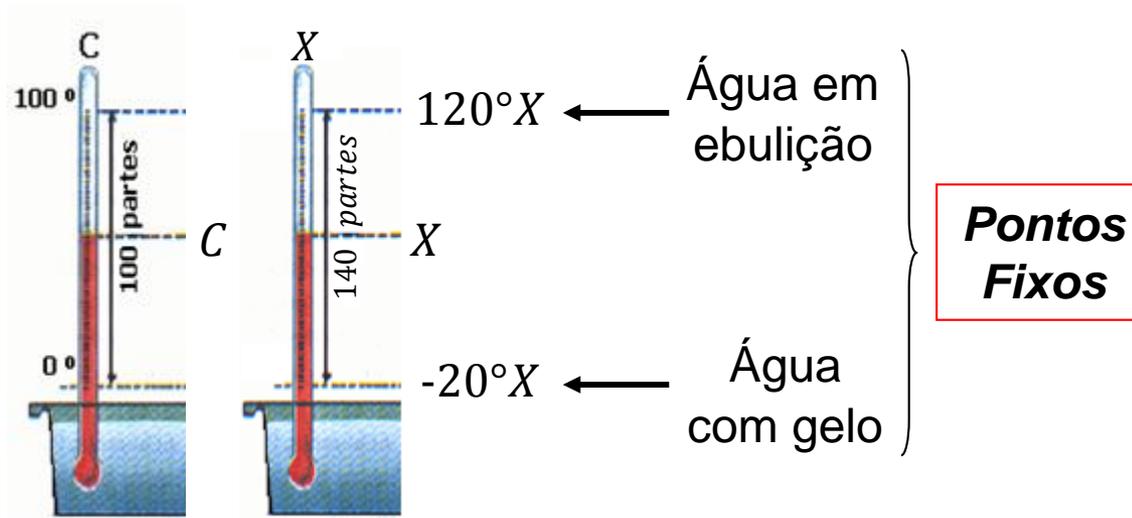
1. (Mackenzie-SP) Numa cidade da Europa, no decorrer de um ano, a temperatura mais baixa no inverno foi de 23°F e a mais alta no verão foi de 86°F . A variação da temperatura, em graus Celsius, ocorrida nesse período, naquela cidade, foi:
a) $28,0^{\circ}\text{C}$. b) $35,0^{\circ}\text{C}$. c) $40,0^{\circ}\text{C}$. d) $50,4^{\circ}\text{C}$. e) $63,0^{\circ}\text{C}$.

2. (Fatec-SP) Uma escala termométrica arbitrária X atribui o valor -20°X para a temperatura de fusão do gelo e 120°X para a temperatura de ebulição da água, sob pressão normal. A temperatura em que a escala X dá a mesma indicação que a Celsius é:
a) 80. b) 70. c) 50. d) 30. e) 10.

3. (Fatec-SP) Ao aferir-se um termômetro mal construído, verificou-se que os pontos 100°C e 0°C de um termômetro correto correspondiam, respectivamente, a $97,0^{\circ}\text{C}$ e $-1,0^{\circ}\text{C}$ do primeiro. Se esse termômetro mal construído marcar $19,0^{\circ}\text{C}$, a temperatura correta deverá ser:
a) $18,4^{\circ}\text{C}$. b) $19,4^{\circ}\text{C}$. c) $20,4^{\circ}\text{C}$. d) $23,4^{\circ}\text{C}$. e) $28,4^{\circ}\text{C}$.

2. (Fatec-SP) Uma escala termométrica arbitrária X atribui o valor $-20^{\circ}X$ para a temperatura de fusão do gelo e $120^{\circ}X$ para a temperatura de ebulição da água, sob pressão normal. A temperatura em que a escala X dá a mesma indicação que a Celsius é:

- a) 80. b) 70. c) 50. d) 30. e) 10.

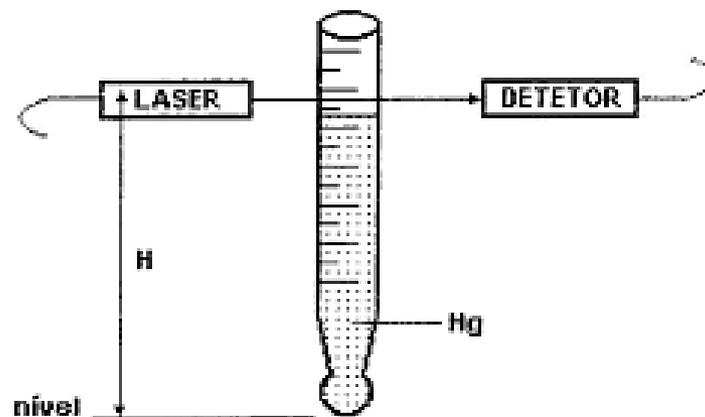


$$\frac{C - 0^{\circ}}{100^{\circ} - 0^{\circ}} = \frac{X - (-20^{\circ})}{120^{\circ} - (-20^{\circ})} \rightarrow X = C \rightarrow \frac{X}{100^{\circ}} = \frac{X + 20^{\circ}}{120^{\circ} + 20^{\circ}} \rightarrow$$

$$X \cdot 140^{\circ} = 100^{\circ} \cdot (X + 20^{\circ}) \rightarrow X \cdot 140^{\circ} = 100^{\circ} \cdot X + 2000^{\circ} \rightarrow$$

$$140^{\circ} \cdot X - 100^{\circ} \cdot X = 2000^{\circ} \rightarrow 40^{\circ} \cdot X = 2000^{\circ} \rightarrow \boxed{X = C = 50^{\circ}}$$

4. (Fatec 2000) Construiu-se um alarme de temperatura baseado em uma coluna de mercúrio e em um sensor de passagem, como sugere a figura a seguir.

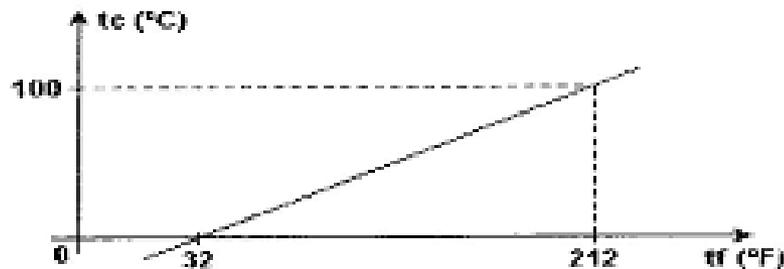


A altura do sensor óptico (par laser/detetor) em relação ao nível, H , pode ser regulada de modo que, à temperatura desejada, o mercúrio, subindo pela coluna, impeça a chegada de luz ao detetor, disparando o alarme. Calibrou-se o termômetro usando os pontos principais da água e um termômetro auxiliar, graduado na escala centígrada, de modo que a 0°C a altura da coluna de mercúrio é igual a 8cm, enquanto a 100°C a altura é de 28cm. A temperatura do ambiente monitorado não deve exceder 60°C .

O sensor óptico (par laser/detetor) deve, portanto estar a uma altura de:

- a) $H = 20\text{cm}$ b) $H = 10\text{cm}$ c) $H = 12\text{cm}$
d) $H = 6\text{cm}$ e) $H = 4\text{cm}$

5. (Fatec 2006) Duas escalas de temperatura, a Celsius($^{\circ}\text{C}$) e a Fahrenheit($^{\circ}\text{F}$), se relacionam de acordo com o gráfico



A temperatura em que a indicação da escala fahrenheit é o dobro da indicação da escala Celsius é:

- a) 160°C . b) 160°F . c) 80°C . d) 40°F . e) 40°C

6. (Uel 2001) Quando Fahrenheit definiu a escala termométrica que hoje leva o seu nome, o primeiro ponto fixo definido por ele, o 0°F , correspondia à temperatura obtida ao se misturar uma porção de cloreto de amônia com três porções de neve, à pressão de 1atm. Qual é esta temperatura na escala Celsius?

- a) 32°C b) -273°C . c) $37,7^{\circ}\text{C}$. d) 212°C . e) $-17,7^{\circ}\text{C}$.

7. (ITA - SP) Para medir a febre de pacientes, um estudante de medicina criou sua própria escala linear de temperaturas. Nessa nova escala, os valores de 0 (zero) e 10 (dez) correspondem, respectivamente, a 37°C e 40°C . A temperatura de mesmo valor numérico em ambas as escalas é aproximadamente:

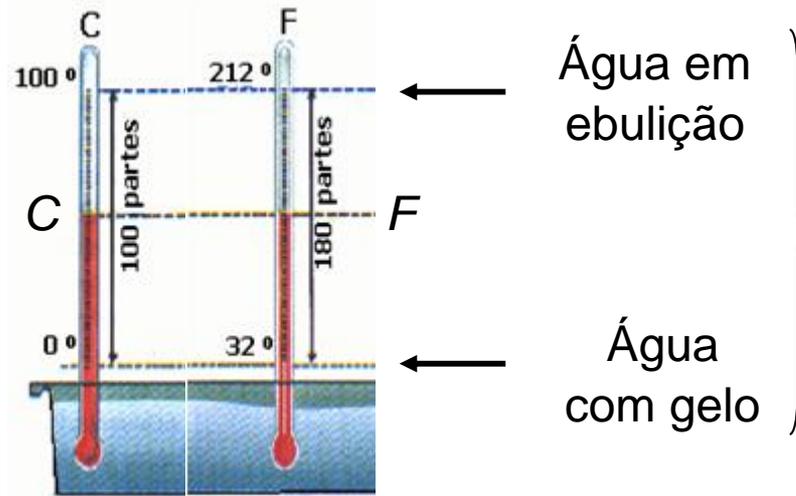
- a) $52,9^{\circ}\text{C}$
- b) $28,5^{\circ}\text{C}$
- c) $74,3^{\circ}\text{C}$
- d) $-8,5^{\circ}\text{C}$
- e) $-28,5^{\circ}\text{C}$

8. (ITA - SP) O verão de 1994 foi particularmente quente nos Estados Unidos da América. A diferença entre a máxima temperatura do verão e a mínima do inverno anterior foi de 60°C . Qual o valor dessa diferença na escala Fahrenheit?

- a) 33°F
- b) 60°F
- c) 92°F
- d) 108°F
- e) 140°F

8. (ITA - SP) O verão de 1994 foi particularmente quente nos Estados Unidos da América. A diferença entre a máxima temperatura do verão e a mínima do inverno anterior foi de 60°C . Qual o valor dessa diferença na escala Fahrenheit?

- a) 33°F
- b) 60°F
- c) 92°F
- d) 108°F
- e) 140°F



Pontos Fixos

$$\frac{C - 0^{\circ}}{100^{\circ} - 0^{\circ}} = \frac{F - 32^{\circ}}{212^{\circ} - 32^{\circ}} \rightarrow \frac{C}{100^{\circ}} = \frac{F - 32^{\circ}}{180^{\circ}} \rightarrow \frac{C}{100^{\circ}} = \frac{F - 32^{\circ}}{180^{\circ}} \rightarrow \boxed{C = \frac{5}{9} \cdot (F - 32^{\circ})}$$

$$\begin{cases} C_{\text{máx}} = \frac{5}{9} \cdot (F_{\text{máx}} - 32^{\circ}) \\ C_{\text{mín}} = \frac{5}{9} \cdot (F_{\text{mín}} - 32^{\circ}) \end{cases} \quad \ominus \quad C_{\text{máx}} - C_{\text{mín}} = \frac{5}{9} \cdot [(F_{\text{máx}} - 32) - (F_{\text{mín}} - 32)] \rightarrow$$

$$\boxed{C_{\text{máx}} - C_{\text{mín}} = \frac{5}{9} \cdot (F_{\text{máx}} - F_{\text{mín}})}$$

$$C_{\text{máx}} - C_{\text{mín}} = \frac{5}{9} \cdot (F_{\text{máx}} - 32^{\circ}) - \frac{5}{9} \cdot (F_{\text{mín}} - 32^{\circ}) \quad \boxed{(F_{\text{máx}} - F_{\text{mín}}) = \frac{9}{5} \cdot (C_{\text{máx}} - C_{\text{mín}})}$$

60°

9. (EsPECx - 2013) Um termômetro digital, localizado em uma praça na Inglaterra, marca a temperatura de $10,4^{\circ}\text{F}$. Essa temperatura, na escala Celsius, corresponde a

- a) -5°C
- b) -10°C
- c) -12°C
- d) -27°C
- e) -39°C

10. (Mackenzie - 2017) Uma escala termométrica A adota para a temperatura da água em ebulição à pressão normal, de 70°A , e para a temperatura de fusão do gelo à pressão normal, de 20°A . Outra escala termométrica B adota para a temperatura da água em ebulição à pressão normal, 90°B , e para a temperatura de fusão do gelo à pressão normal, de 10°B . A expressão que relaciona a temperatura das escalas A(θ_{A}) e B (θ_{B}) é

- a) $\theta_{\text{B}} = 2,6.\theta_{\text{A}} - 42$
- b) $\theta_{\text{B}} = 2,6.\theta_{\text{A}} - 22$
- c) $\theta_{\text{B}} = 1,6.\theta_{\text{A}} - 22$
- d) $\theta_{\text{B}} = 1,6.\theta_{\text{A}} + 22$
- e) $\theta_{\text{B}} = 1,6.\theta_{\text{A}} + 42$

Referências

- <http://fisica.ufpr.br/grimm/aposmeteo/cap3/cap3-3.html>
- <http://www.feiradeciencias.com.br/sala19/texto72.asp>
- http://en.wikipedia.org/wiki/Liquid_crystals
- <http://espaciociencia.com/wp-content/uploads/2012/09/TABLA-DE-LOS-PUNTOS-TRIPLES.pdf>
- http://www.iope.com.br/3ia7_termopares.htm
- <http://www.inmetro.gov.br/metcientifica/termica/Later.asp>
- <http://www.amrl.net/amrlsitefinity/default/Resources/newsletter/Spring2012/6.aspx>
- <http://us.flukecal.com/literature/articles-and-education/temperature-calibration/video/triple-point-water-realization-techn>
- <http://relacaoentreafisicaeamatematica.blogspot.com/2014/03/termometro-gas-volume-constante.html>
- <http://genereporter.blogspot.com/2012/07/um-simples-educador.html>
- <https://www.pyrometer.com/products/non-contact-infrared-thermometers/>
- <http://54.146.15.71/wp-content/uploads/2018/11/Optical.pdf>
- https://www.pce-instruments.com/english/measuring-instruments/test-meters/infrared-thermometer-pce-instruments-infrared-thermometer-pce-889b-det_4575768.htm
- <http://www.if.ufrgs.br/cref/leila/termo.htm>
- <http://constructour.net/en/moscow/orthodox-holiday-of-the-epiphany-ice-hole-swimming.html>
- <https://www.mosselbayadvertiser.com/News/Article/International/antarctic-researchers-mark-winter-solstice-with-icy-plunge-201806211103>
- <https://theknow.denverpost.com/2017/04/06/tinariwen-denver-2017-feature-oriental-theater/140636/>