



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

Termologia

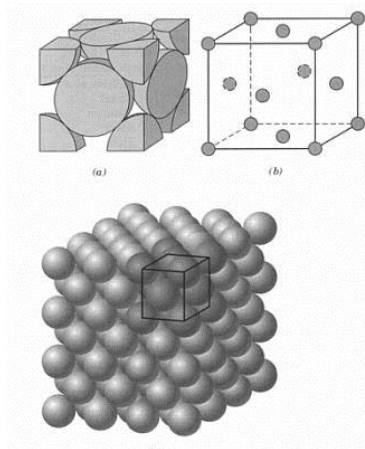
e

Termometria

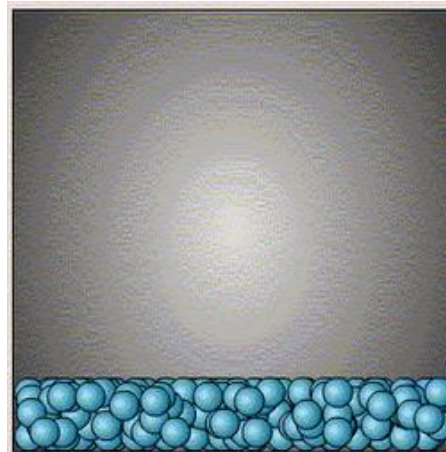
Estados Físicos da Matéria

Fluidos

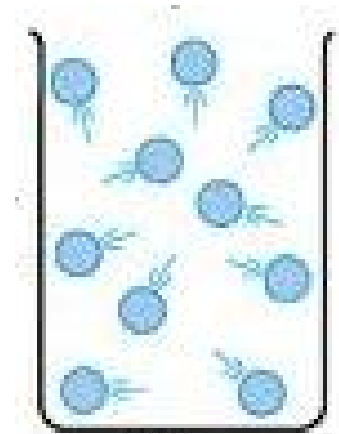
Sólido



Líquido



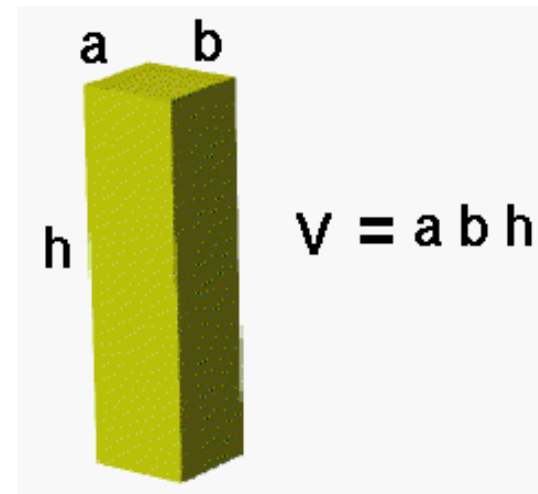
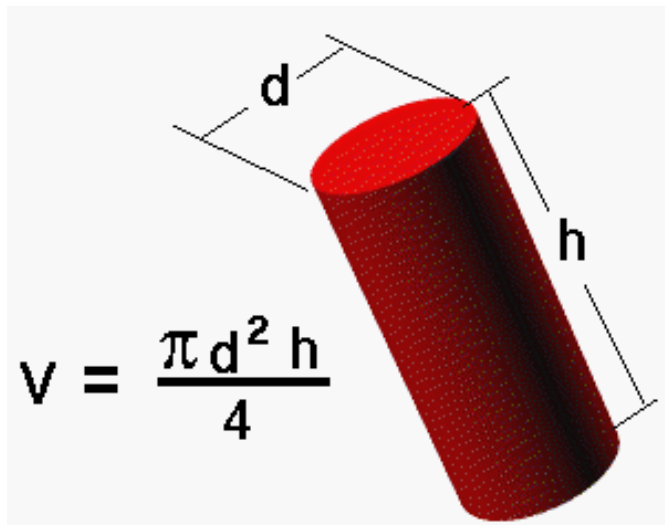
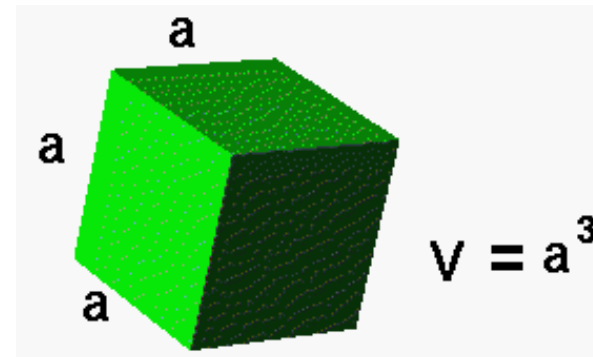
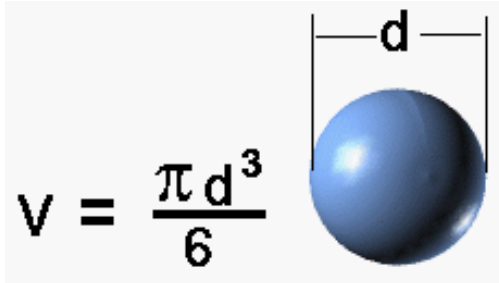
Gasoso



Volume

É o espaço tridimensional ocupado pelo objeto.

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



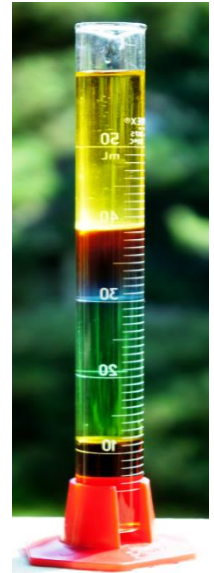
Densidade (ou massa específica)

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

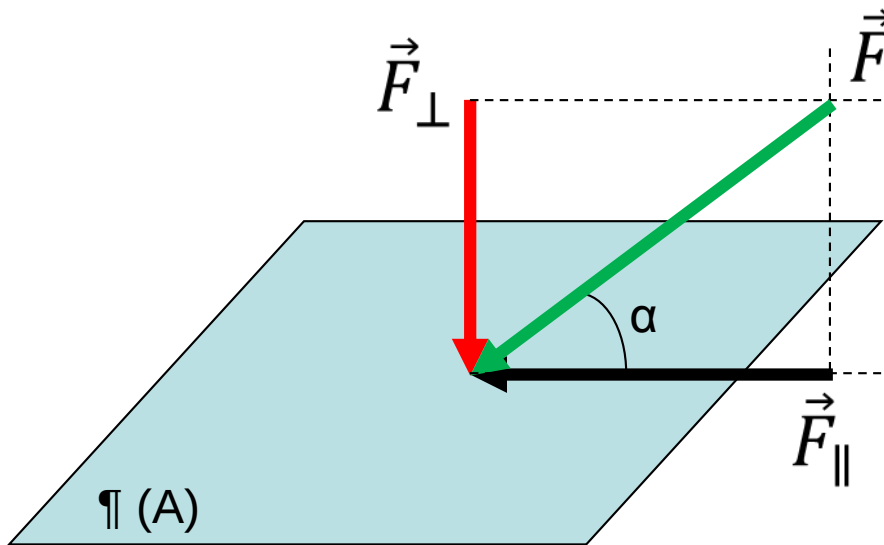
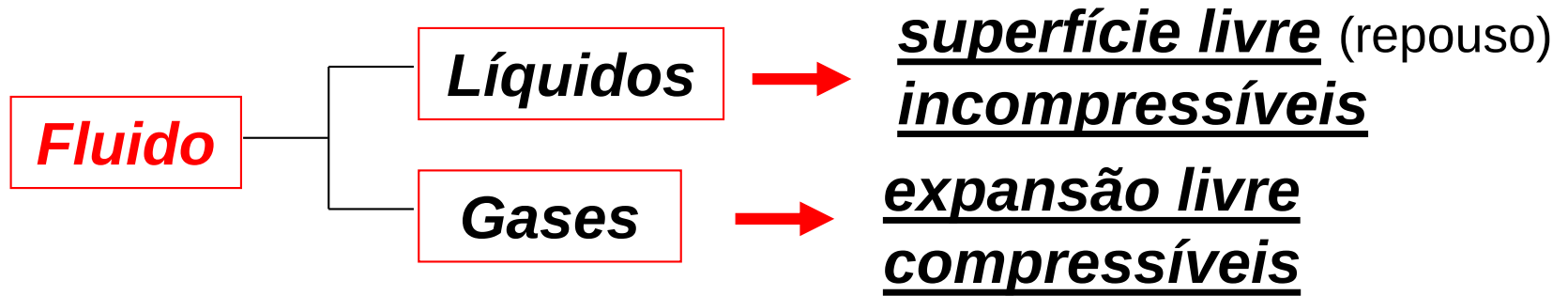
$$D = \rho = \frac{m}{V}$$



• *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



$$F_{\parallel} = F \cdot \cos \alpha$$

Paralela à superfície

$$F_{\perp} = F \cdot \sin \alpha$$

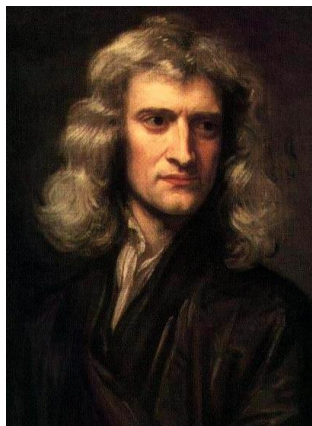
Perpendicular à superfície

- Projeção da força paralela à superfície:

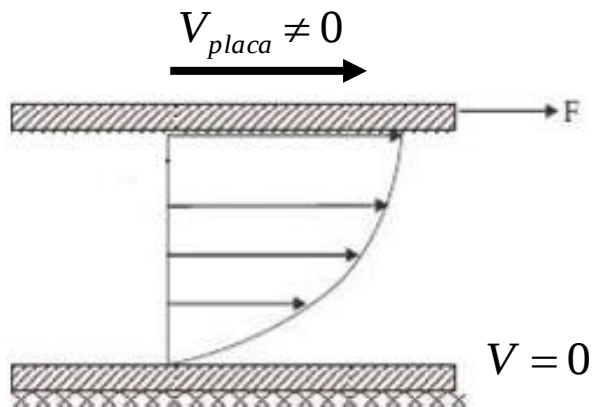
Fluido real



Princípio da Aderência



Isaac Newton
1643 - 1727



“As partículas fluidas em contato com uma superfície sólida adquirem a velocidade dessa superfície.”



Fluido real



sofre deformação continuamente

Viscosidade

Atrito Fluido



Tensão de Cisalhamento

$$\sigma = F_{\parallel} / A$$

Fluido ideal



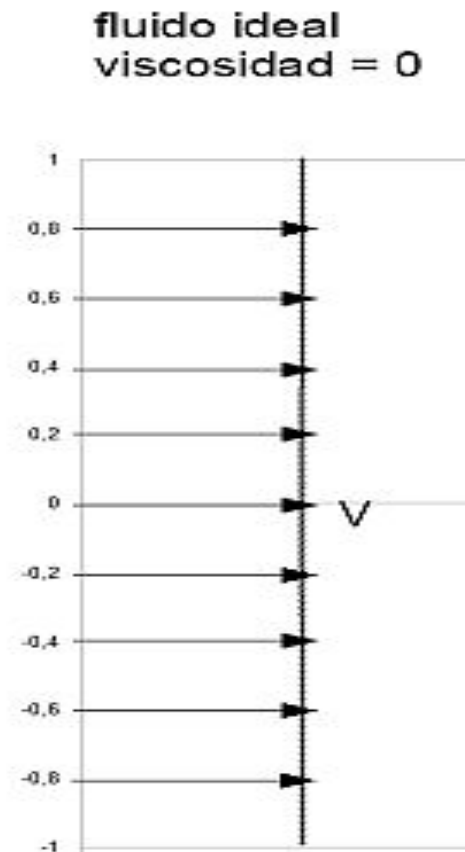
não sofre deformação

Tensão de Cisalhamento

$$\sigma = F_{\parallel} / A = 0$$



Gráfico da Velocidade de escoamento do fluido ***ideal*** no interior de um tubo



- Projeção da força **perpendicular** à superfície:

A relação entre uma força perpendicular a uma superfície e a área dessa superfície é

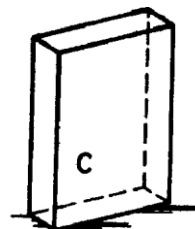
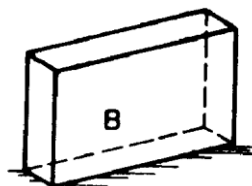
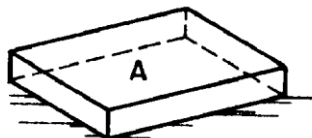
Pressão

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

• *unidade no Sistema Internacional* $\rightarrow [N/m^2] \equiv \text{pascal (Pa)}$

Atividade

- Determine a pressão sobre cada face apoiada do bloco, **devido apenas à ação da mesa.**



- Determine a pressão sobre a área do líquido em contato com o fundo de cada recipiente, **devido apenas à ação do recipiente.**



Blaise Pascal
1623 - 1662



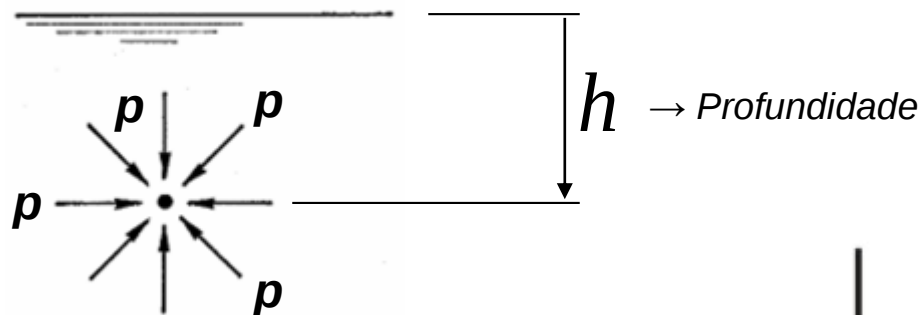
Aplicações

- *Cama de pregos (Faquir)*



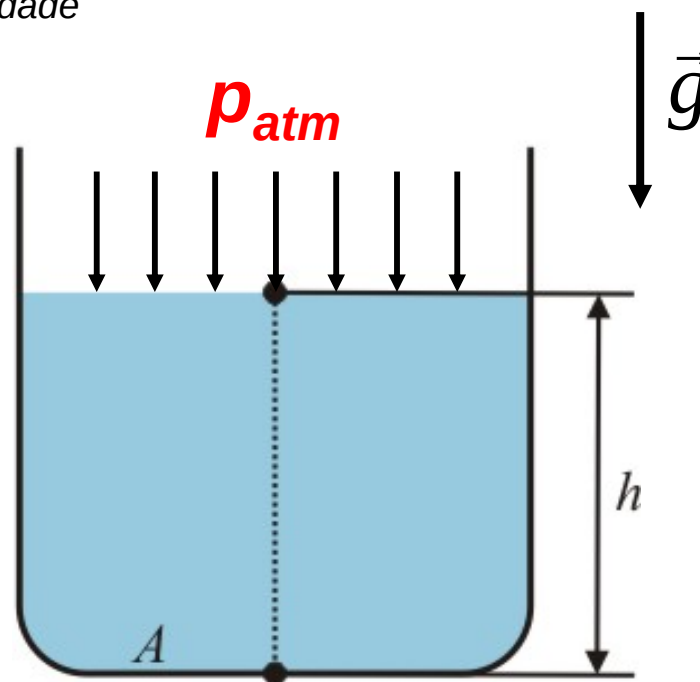
- *O que pode acontecer com as bexigas?*

Pressão em um ponto qualquer de um líquido homogêneo,
em repouso!!



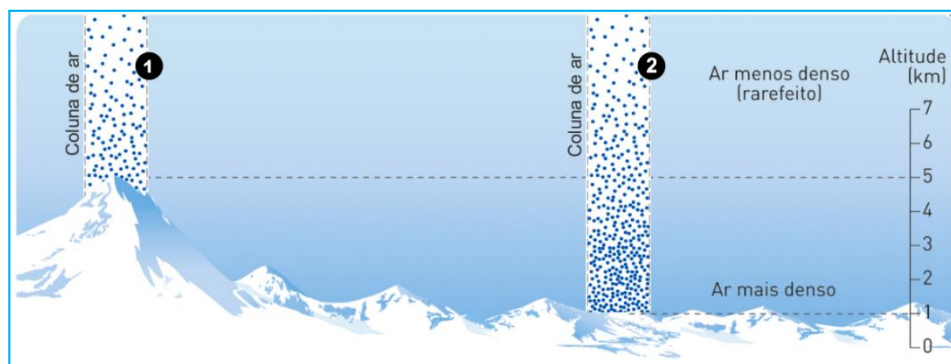
Pressão Manométrica

$$p_{man} = d_{Liq} \cdot g \cdot h$$



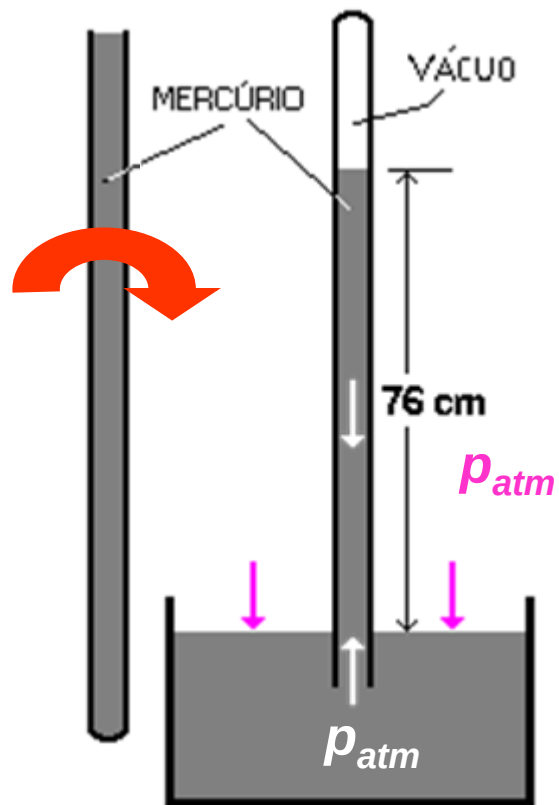
Pressão Total

$$p_{total} = p_{atm} + d_{Liq} \cdot g \cdot h$$



- Determinação da pressão atmosférica:

Barômetro



Florença
1644



Evangelista Torricelli
1608 - 1647



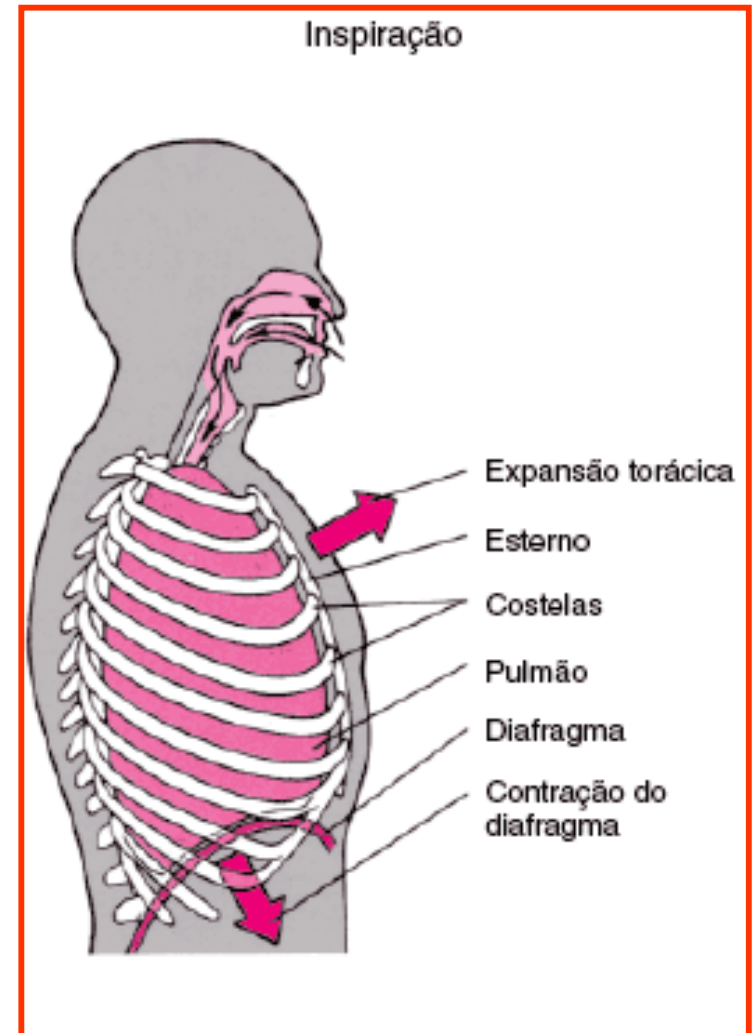
Vincenzo Viviani
1622 - 1703

Ao nível do mar

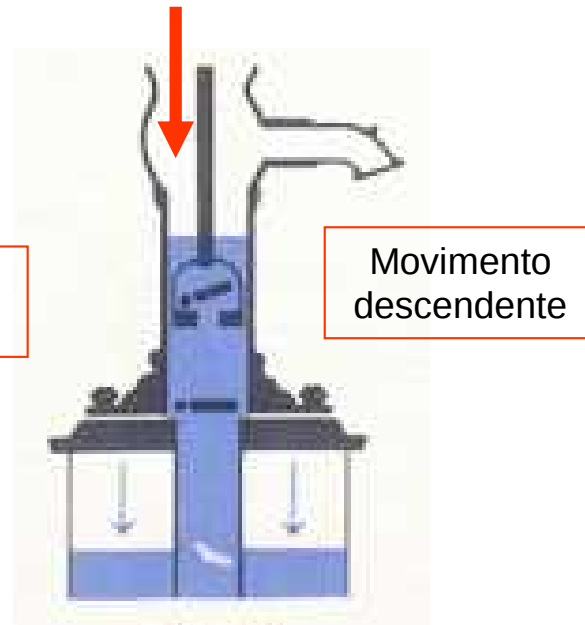
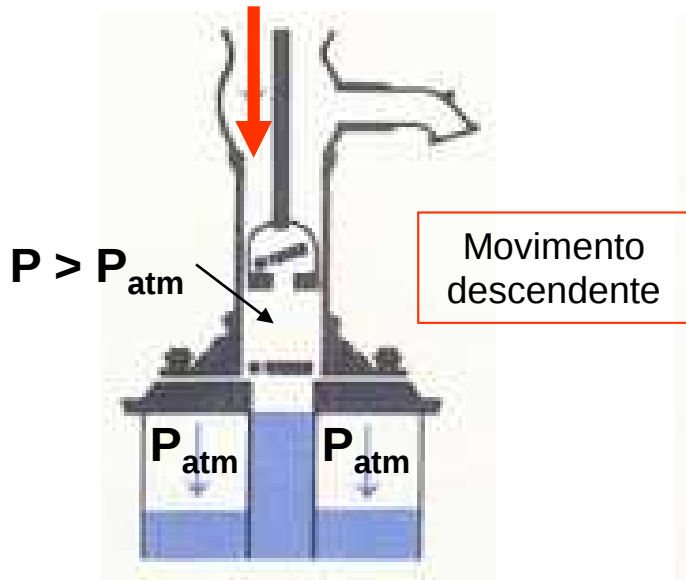
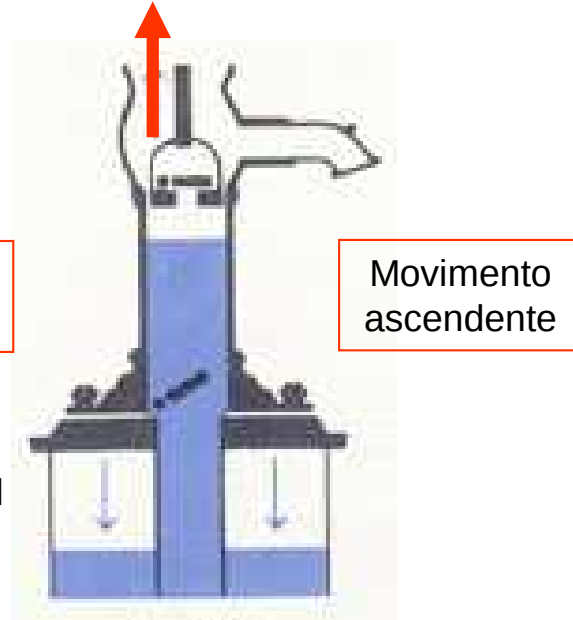
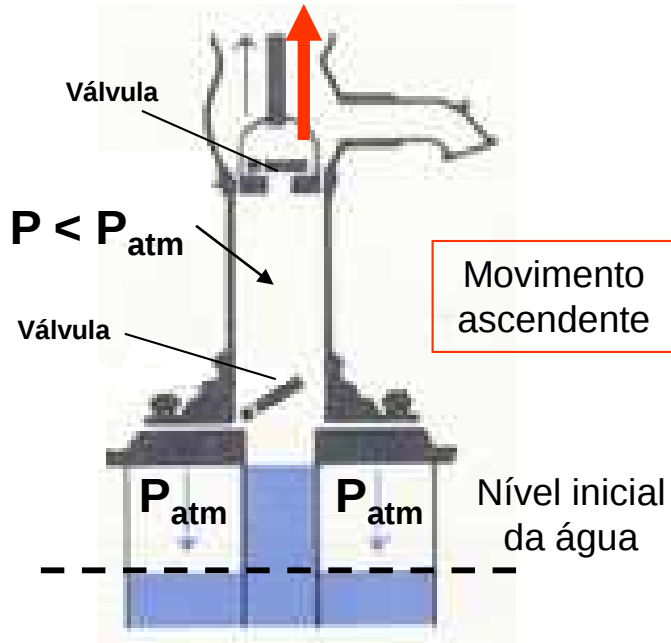
1 atm → 101.325 N/m² (≈ 10⁺⁵ Pa) → 760 mmHg → 14,7 psi

Efeitos da Pressão Atmosférica

- “Canudinho”

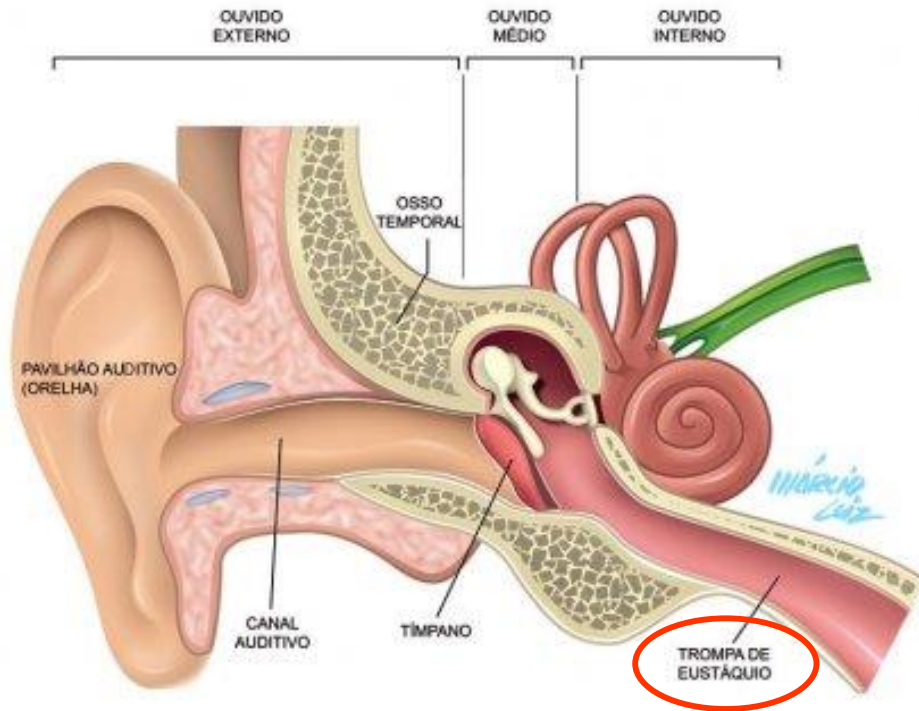


• Bombas Aspirantes



Lehman's
4779 Kidron Rd.
Kidron, OH 44618

• **Mudanças bruscas de altitude** (Descida - ou subida - de serra, interior de avião em voo etc)

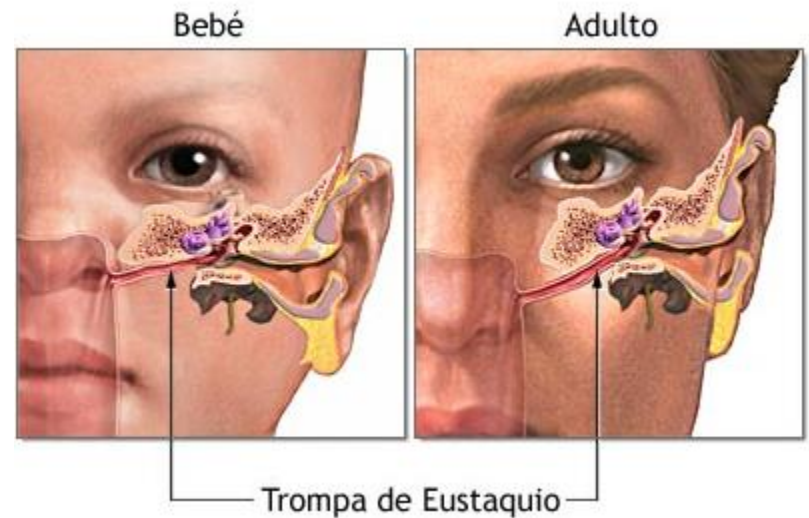


ou Tuba auditiva



Serra do Rio do Rastro

SC 438 (Lages - Tubarão) - ↑ ~ **1.100m em 12km**



Exercícios

1. Uma força de 200 N é aplicada sobre uma área de $0,05 \text{ m}^2$. A pressão exercida sobre essa área é igual a:

a) 10 Pa b) $2 \cdot 10^3 \text{ Pa}$ c) $4 \cdot 10^3 \text{ Pa}$ d) 200 Pa e) 0,05 Pa

2. A cada 10m de profundidade de água, aumenta-se, aproximadamente, 1atm. Após mergulhar em um lago com 20 metros de profundidade, um mergulhador estará sujeito a uma pressão, em mmHg, igual a: **Dados:** 1 atm = 760 mmHg

a) 840 mmHg b) 760 mmHg c) 1520 mmHg d) 2280 mmHg e) 3040 mmHg

3. É desejado produzir uma grande pressão sobre uma placa metálica para que ela possa ser perfurada por um prego. Dessa forma, podemos:

a) diminuir a densidade do prego.
b) aumentar a área de contato do prego com a placa metálica.
c) diminuir a área de contato do prego com a placa metálica.
d) diminuir a força aplicada sobre o prego.
e) aumentar o volume do prego.

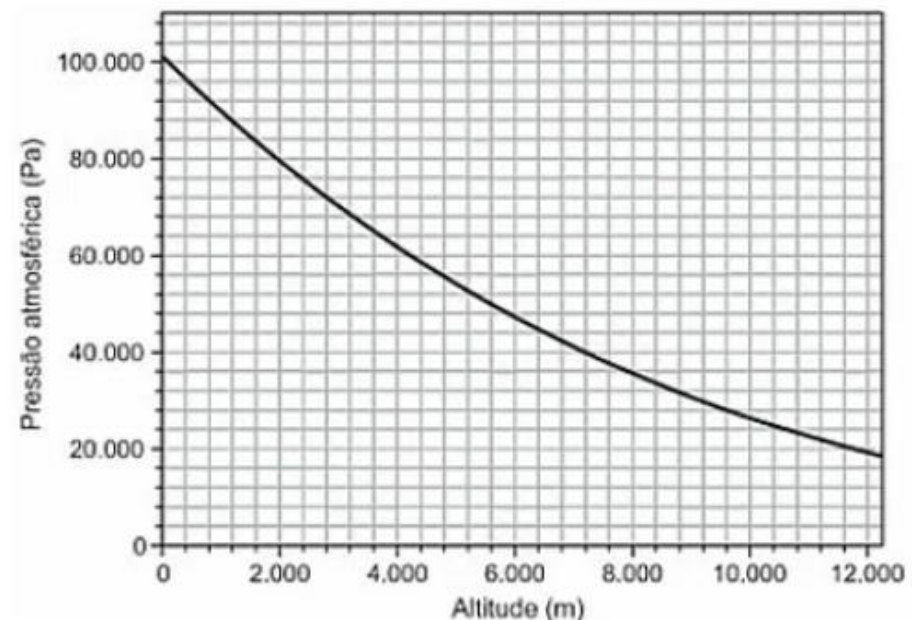
4. (CBM-AP 2012) Um grupo de soldados bombeiros está em treinamento de mergulho em um lago. O instrutor informa que a pressão atmosférica na superfície do lago é de aproximadamente 101kPa. Em seguida, pergunta ao grupo de soldados a que profundidade a pressão é o dobro da pressão atmosférica. Considerando que a massa específica da água (ρ) é igual a $1 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ e que a aceleração da gravidade (g) é igual a 10 m/s^2 , assinale a alternativa que apresenta a resposta correta a ser informada ao instrutor.

a) 5,05 m b) 10,1 m c) 20,2 m d) 50,5 m e) 101 m

5. (Fuvest 2019) Os grandes aviões comerciais voam em altitudes onde o ar é rarefeito e a pressão atmosférica é baixa. Devido a isso, eles têm o seu interior pressurizado em uma pressão igual à atmosférica na altitude de 2.000 m. A figura mostra o gráfico da pressão atmosférica em função da altitude.

A força, em N , a que fica submetida uma janela plana de vidro, de $20 \times 30 \text{ cm}^2$, na cabine de passageiros na altitude de 10.000 m, é, aproximadamente

- a) 12.400
b) 6.400
c) 4.800
d) 3.200
e) 1.600



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

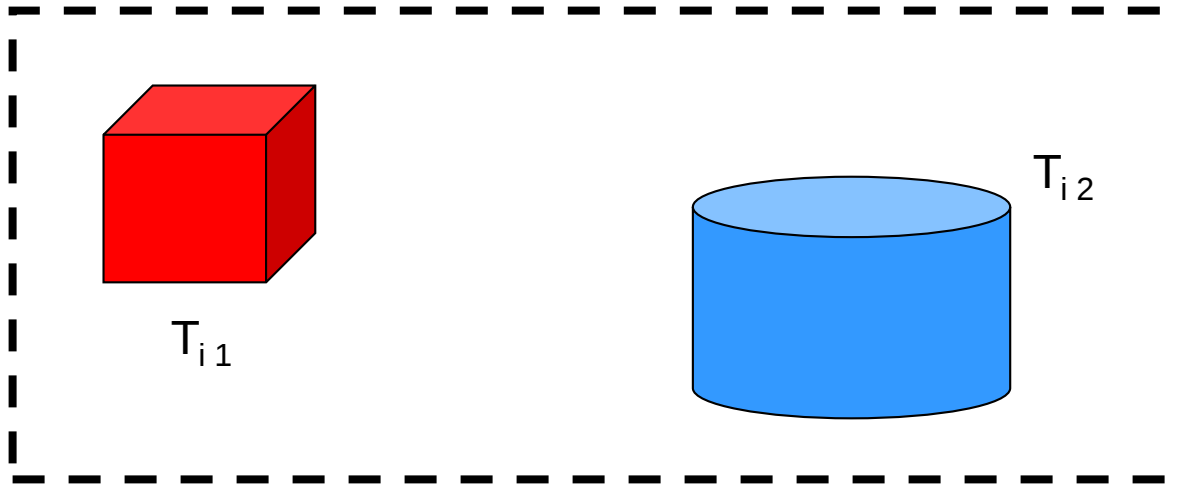


Corpo de menor
temperatura

espontaneamente

Equilíbrio Térmico

É a situação obtida após dois ou mais corpos trocarem calor e, então, alcançarem uma temperatura igual entre si.

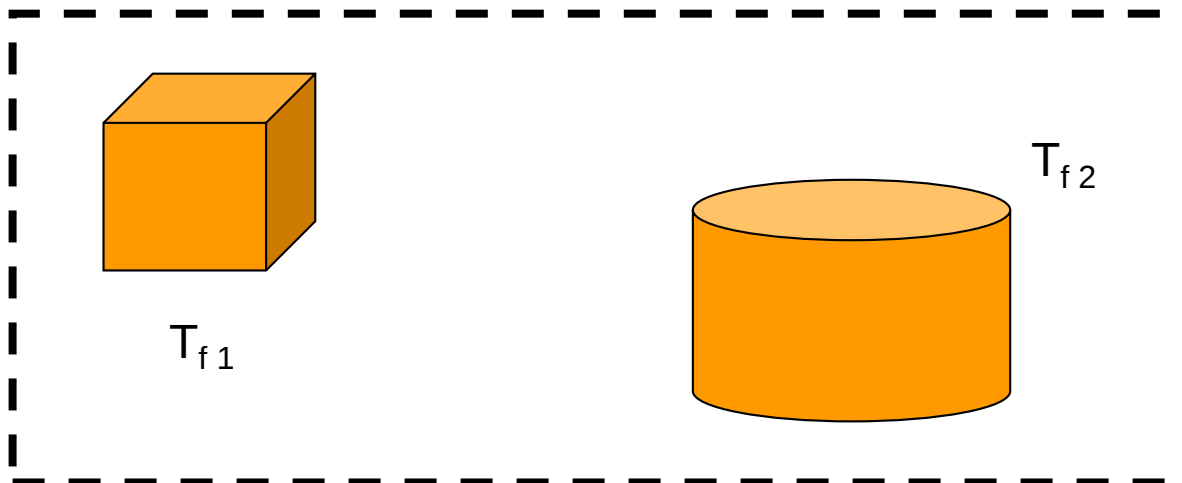


$$T_{i1} > T_{i2}$$

T_i - temperatura inicial

Sistema termicamente isolado (p.e., Garrafa Térmica, caixa de isopor etc)

Após
algum
tempo...

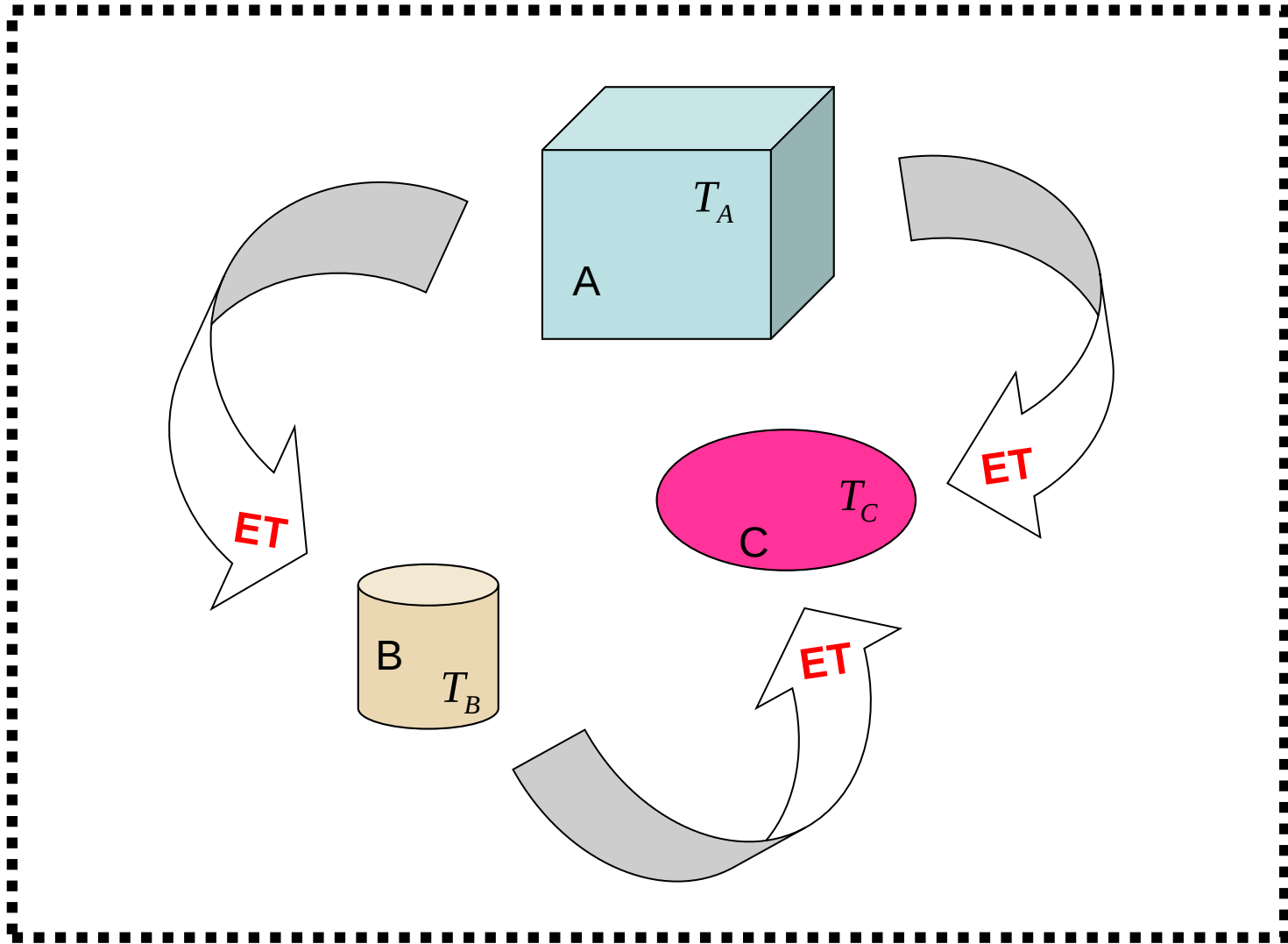


$$T_{f1} = T_{f2}$$

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.” $\rightarrow T_A = T_B = T_C$



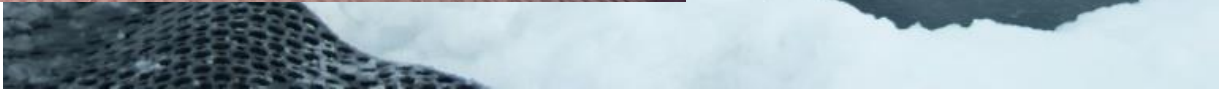
Sistema termicamente isolado

E como medir temperatura?

Poderíamos estimar seu valor sem provocar polêmicas?



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



Termoscópio

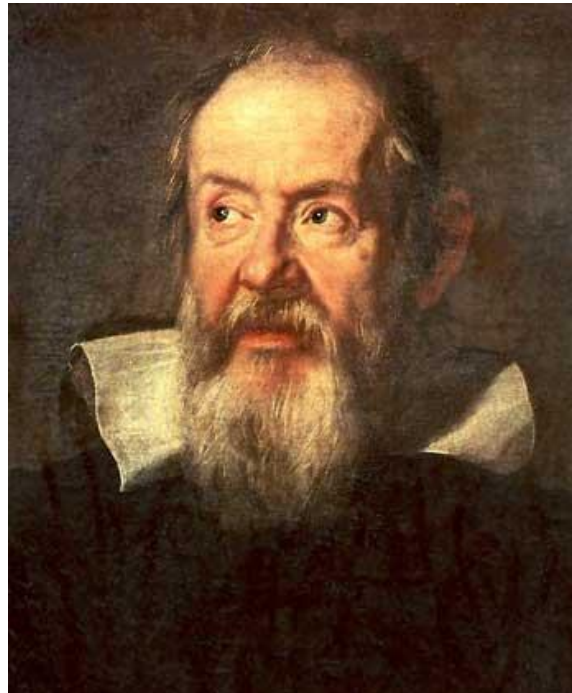
É qualquer instrumento que permite verificar, qualitativamente, se a temperatura está ou não variando.



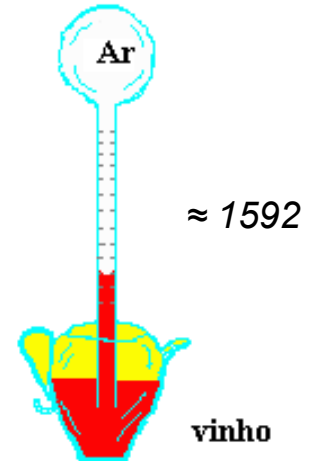
Fílon, de Bizâncio (~250 a.C.)



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



Galileu Galilei
(1564 – 1642)



Termoscópio Florentino



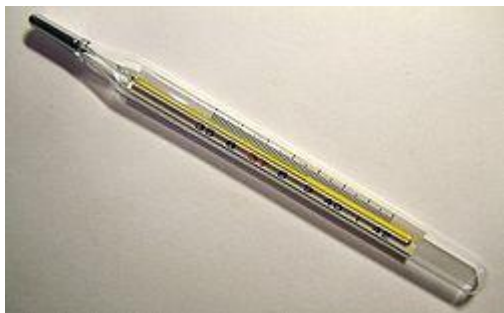
“Lovímetro”

Termômetros

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

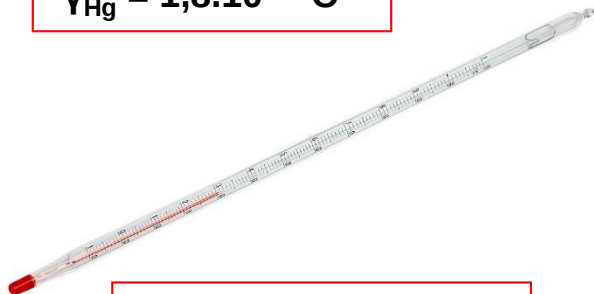
- Efeito da Dilatação Térmica (expansão ou contração de substâncias por ação **térmica**)

- Líquidos



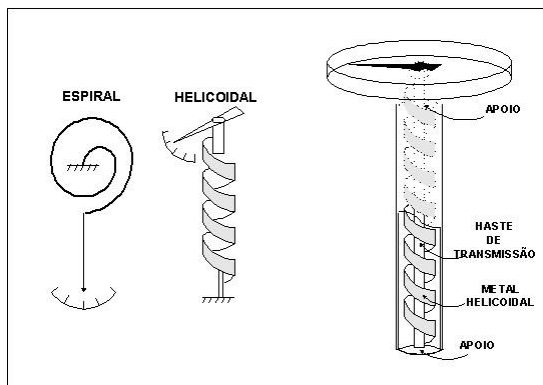
Termômetro Clínico

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

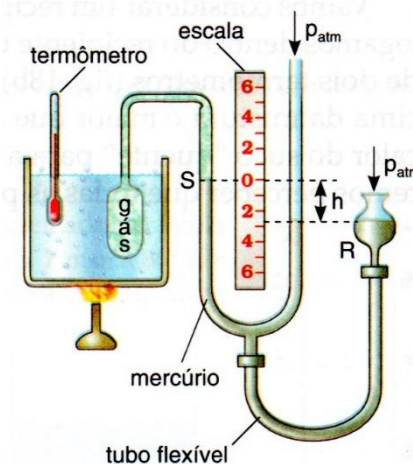


$$\gamma_{\text{Álcool}} = 11,2 \cdot 10^{-4} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$$

- Sólidos



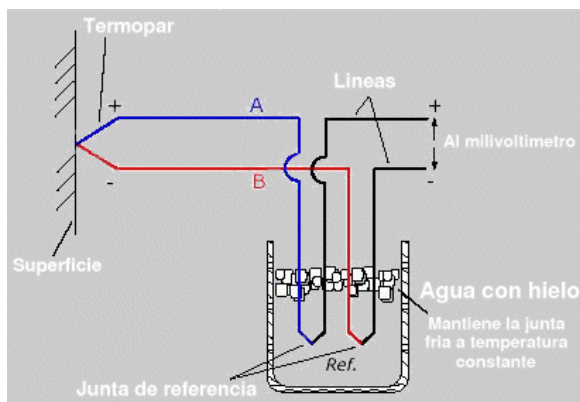
- Gases (volume constante)



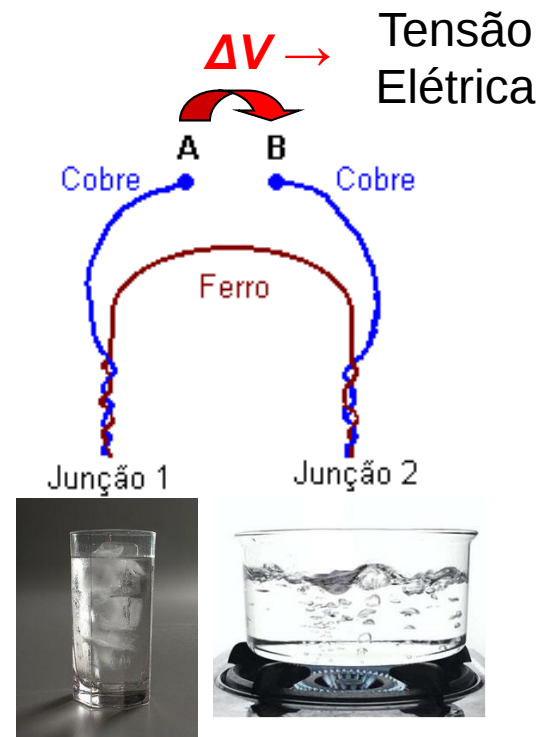
- **Efeito Termoelétrico**

- **Termopar**

1821



Thomas Y. Seebeck
1770 - 1831



Termoelemento positivo (KP):

Ni90% - Cr10% (Cromel)

Termoelemento negativo (KN):

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

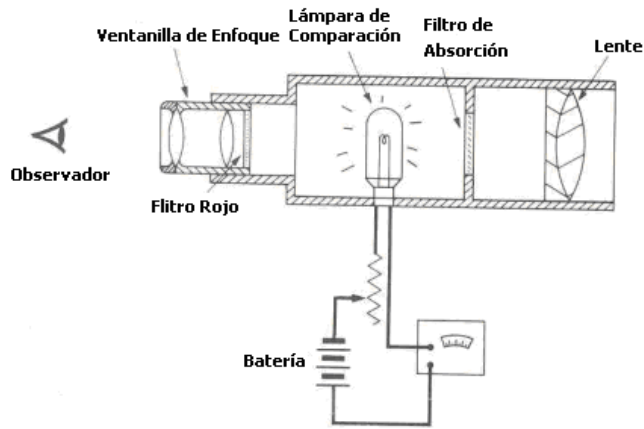
Faixa de utilização: - 270°C a 1.200°C

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



• Efeito de Emissão de Radiação Eletromagnética

• Pirômetro Óptico



Correct



Too High



Too Low



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

• Infravermelho

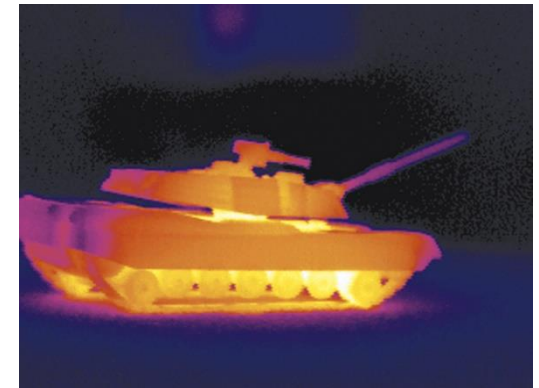
Fuente de Temperatura



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

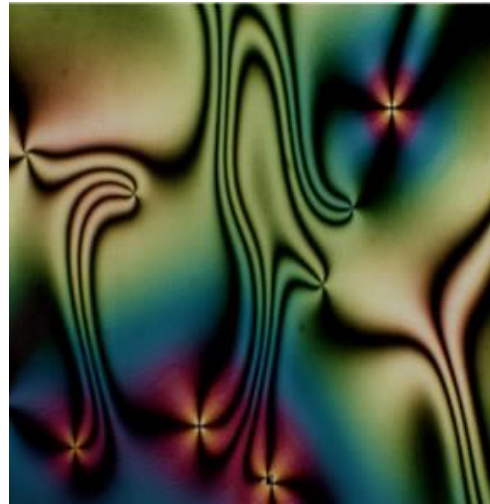
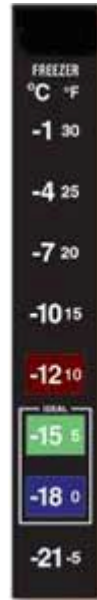


Infrared Thermometer
PCE-889B



- **Efeito Termo-óptico**

- **Cristal líquido**

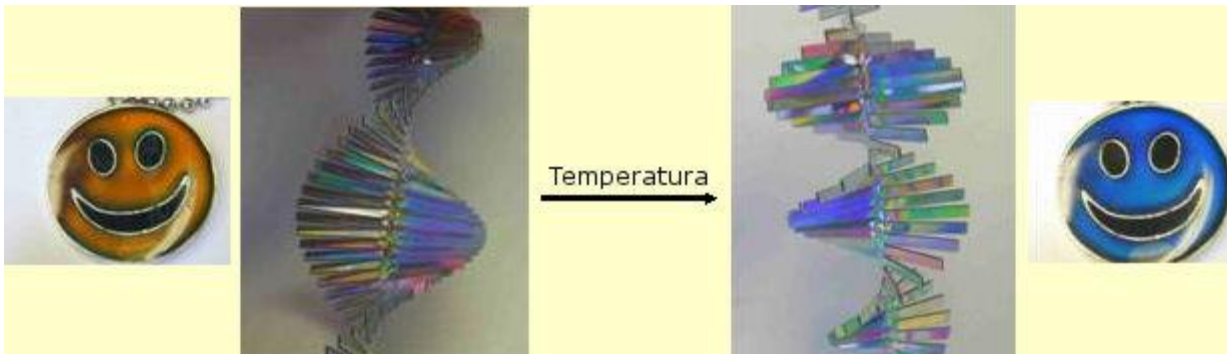


Friedrich Reinitzer
1857 - 1927

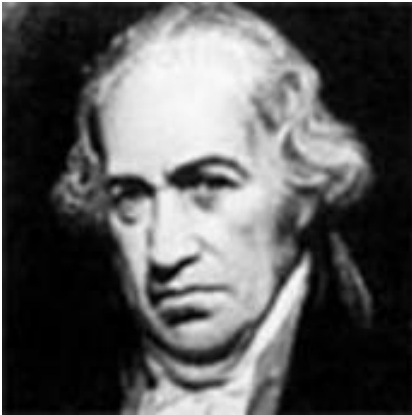


Otto Lehmann
1855 - 1922

Anel, fita, colar etc do “humor”



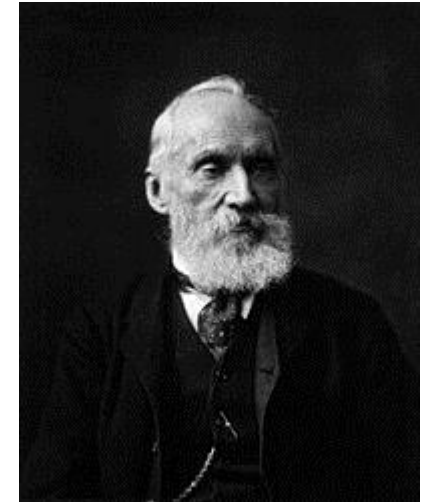
Escalas Termométricas



Gabriel D. Fahrenheit
1686 - 1736
 ≈ 1714

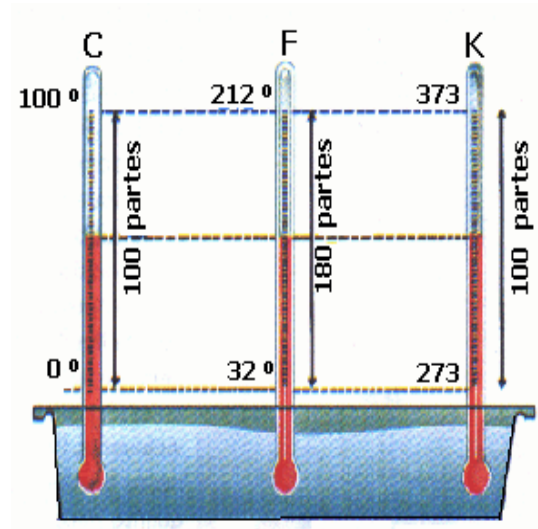
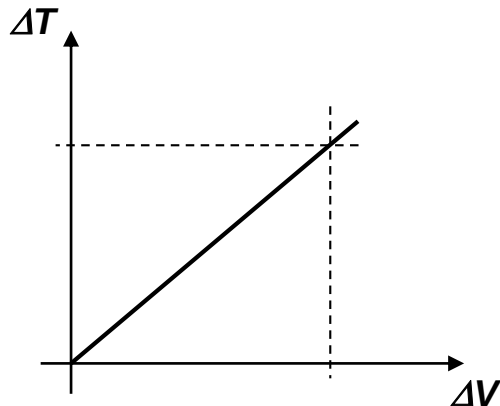


Anders Celsius
1701 - 1744
 ≈ 1740



William Thomson
"Lord Kelvin"
1824 - 1907
 ≈ 1848

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



← Água em ebulição

← Água com gelo

**Pontos
Fixos**

Construindo um termômetro

Substância (à 1 atm)	Ponto de Fusão (°C)	Ponto de Ebulição (°C)
Água	0	100
Éter	- 114	34,5
Mercúrio	- 39	357
Álcool	- 117	78,5
Parafina	60	300

Coeficiente de Dilatação Volumétrica (γ)

Intervalo de Temperatura da Água	γ [$\cdot 10^{-4} \text{ m}^3/(\text{m}^3 \cdot ^\circ\text{C})$]
5 até 10°C	0,53
10 até 20°C	1,56
20 até 40°C	3,02
40 até 60°C	4,55
60 até 80°C	5,57

Coeficiente de dilatação volumétrica $\longrightarrow$ constante

O elemento **mercúrio** (Hg), o único metal líquido em baixas temperaturas, é líquido no intervalo de temperatura de **- 38,9°C a + 356,7°C**. Como a maioria dos líquidos, o mercúrio expande à medida que ele é aquecido.

Sua expansão é **linear** e pode ser calibrada com precisão.

Temperatura (°C)	Coeficiente de Dilatação Hg [$\cdot 10^{-6} \text{ m}^3/(\text{m}^3 \cdot ^\circ\text{C})$]
0	181,59
20	181,71
100	182,50

Temperatura de fusão do vidro: entre **1.000** e **1.200°C**



Pontos Fixos de Temperaturas

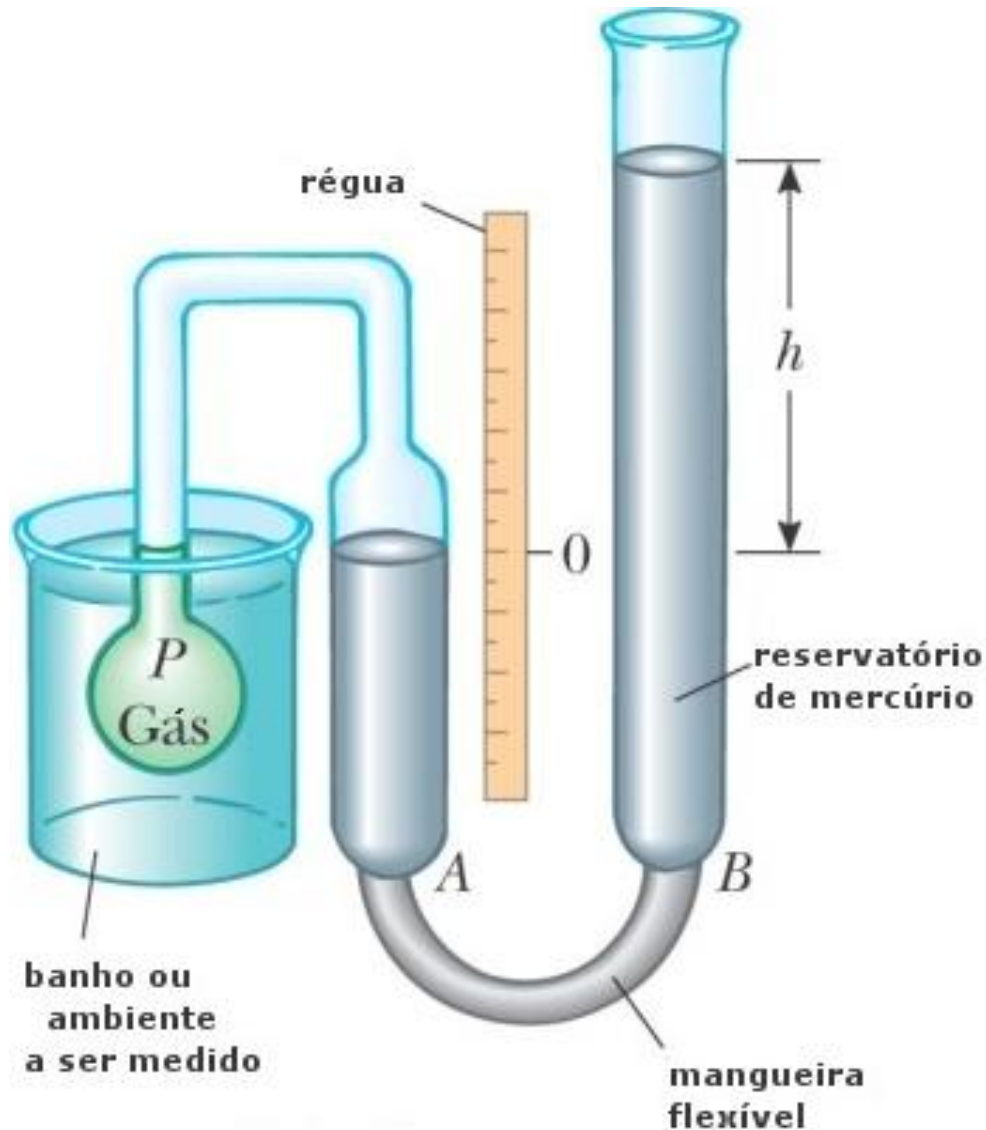
Escala Internacional de Temperatura - EIT 90

Ponto Fixo	Temperatura (°C)	Temperatura (K)
Ponto tríplice do Hidrogênio (7,04 kPa)	- 259,3467	13,8033
Ponto tríplice do Neônio (43,2 kPa)	- 248,5939	24,5561
Ponto tríplice do Mercúrio ($1,65 \times 10^{-7}$ kPa)	- 38,8344	234,3156
Ponto tríplice da Água (0,611 kPa)	+ 0,01	273,16
Ponto de solidificação do Zinco	+ 419,527	692,677
Ponto de solidificação do Ouro	+ 1.064,18	1.337,33
Ponto de solidificação do Cobre	+ 1.084,62	1.357,77

<https://www.youtube.com/watch?v=Juz9pVVsmQQ>

Termômetro Padrão

1975 - Termômetro de gás a volume constante



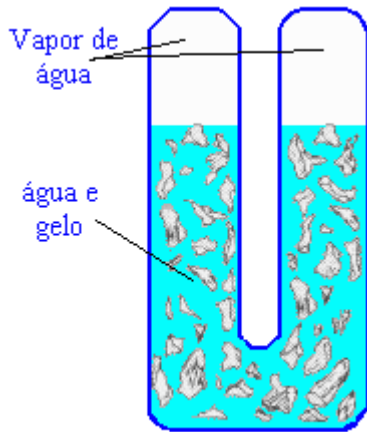
**Variação de
 V, p, T**

Decisão: Fixar V

$$T = k \cdot p_g$$

$$P_g = P_{atm} + d_L \cdot g \cdot h$$

Determinação de k



Célula de ponto
tríplice da água

$$T_3 = k \cdot p_3$$

Por definição, $T_3 = 273,16 \text{ K}$

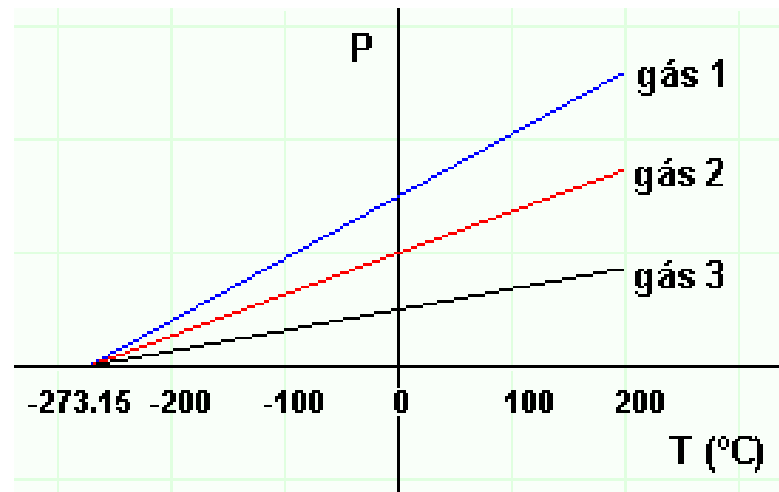
$$(273,16 \text{ K}) = k \cdot p_3$$

$$k = 273,16/p_3$$

$$T = (273,16/p_3) \cdot p$$



Célula de ponto
tríplice da **água**
Marca **Fluke**



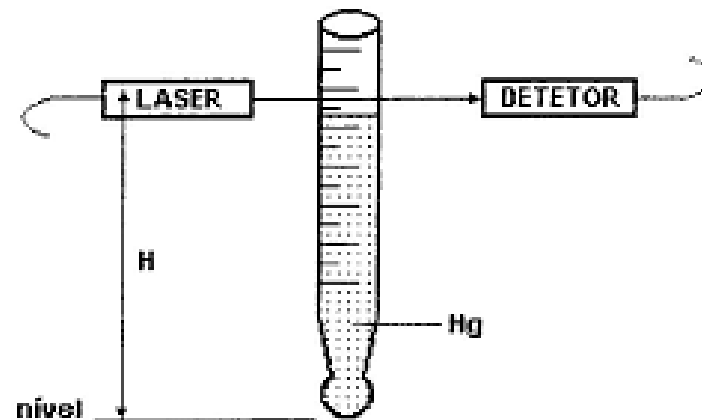
Exercícios

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) $28,4^{\circ}\text{C}$.

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.

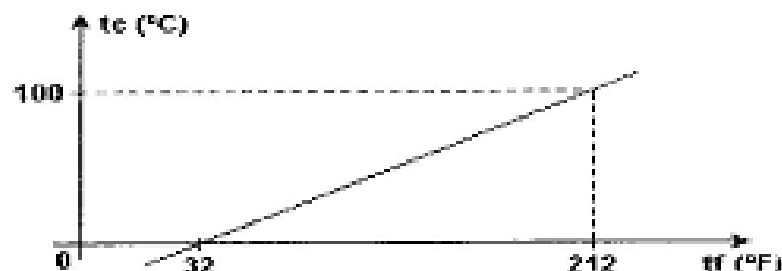


A altura do sensor óptico (par laser/detetor) em relação ao nível, H , pode ser regulada de modo que, à temperatura desejada, o mercúrio, subindo pela coluna, impeça a chegada de luz ao detetor, disparando o alarme. Calibrou-se o termômetro usando os pontos principais da água e um termômetro auxiliar, 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) $-17,7^{\circ}\text{C}$.

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/>
- <https://exercicios.brasilecola.uol.com.br/exercicios-fisica/exercicios-sobre-pressao-pressao-atmosferica.htm>