



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

Termologia

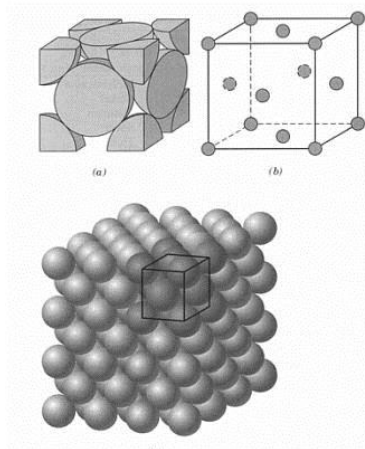
e

Termometria

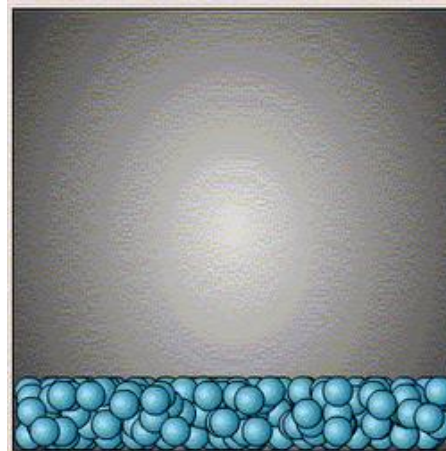
Estados Físicos da Matéria

Fluidos

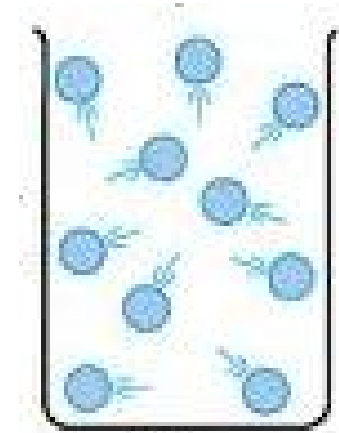
Sólido



Líquido



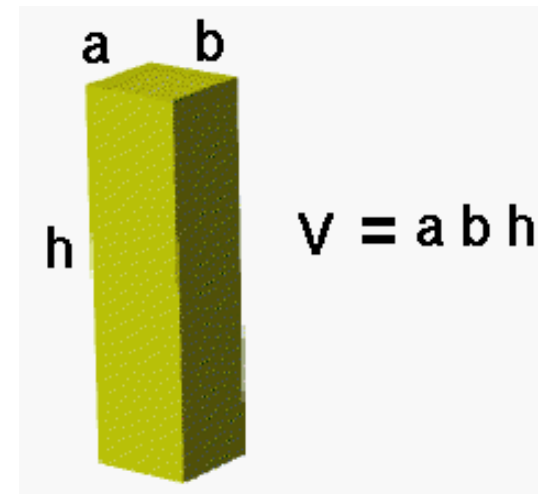
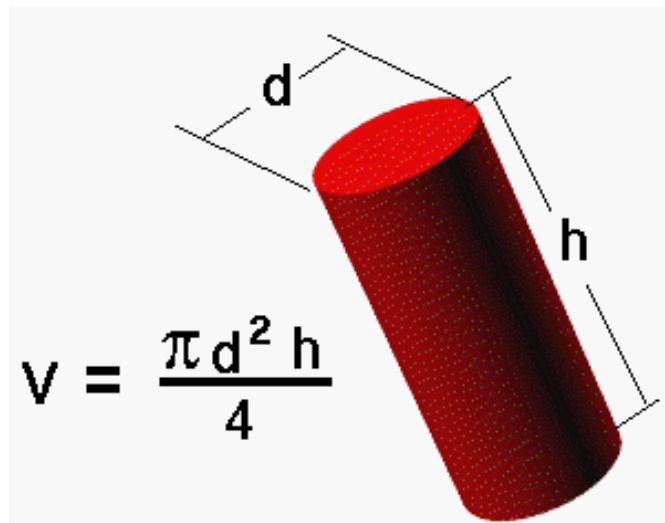
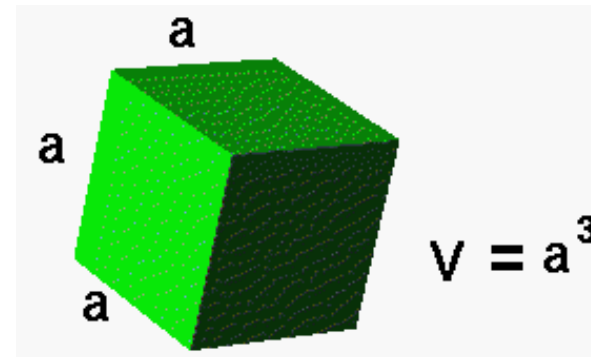
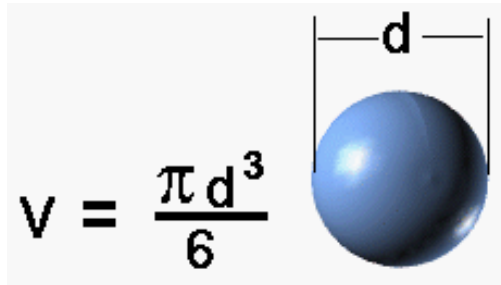
Gasoso



Volume

É o espaço tridimensional ocupado pelo objeto.

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



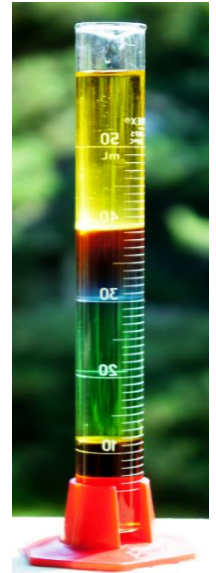
Densidade (ou massa específica)

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

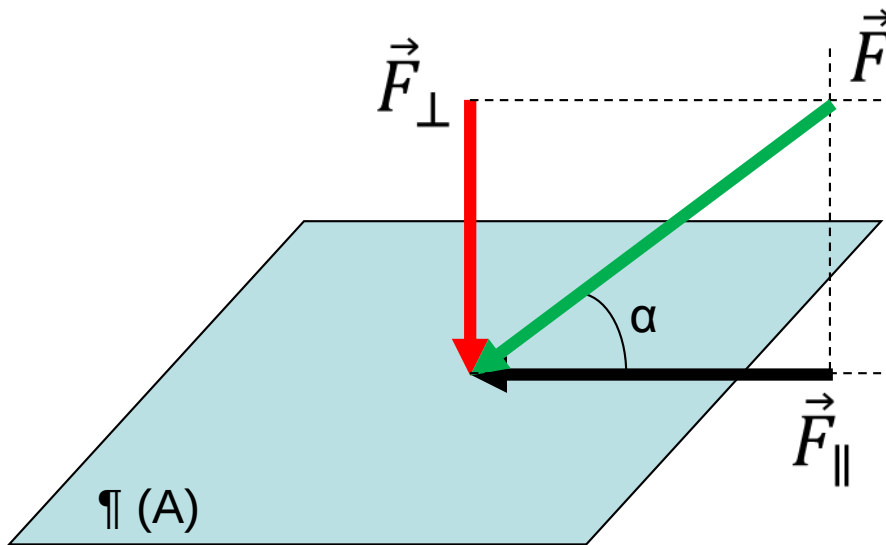
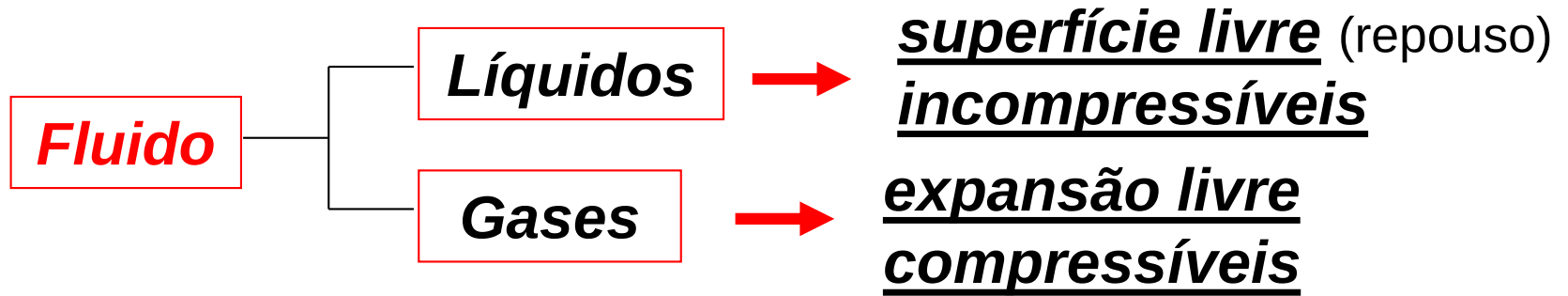
$$D = \rho = \frac{m}{V}$$



• *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

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

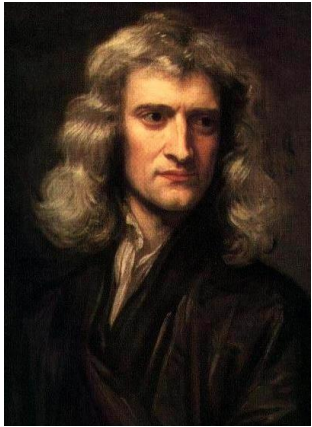
Perpendicular à superfície

- Projeção da força paralela à superfície:

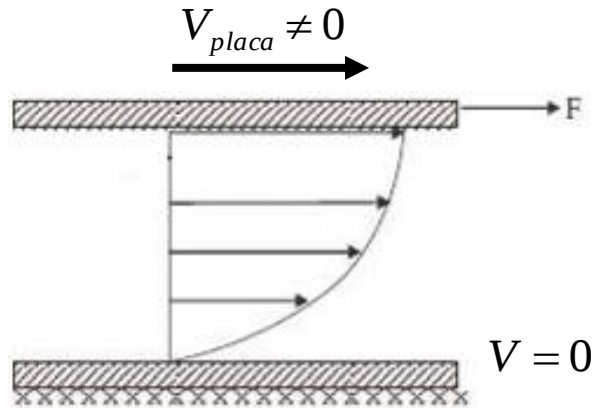
Fluido real



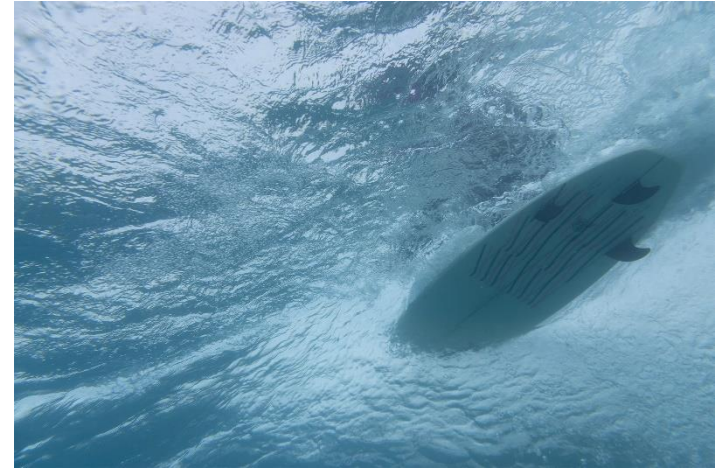
Princípio da Aderência



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

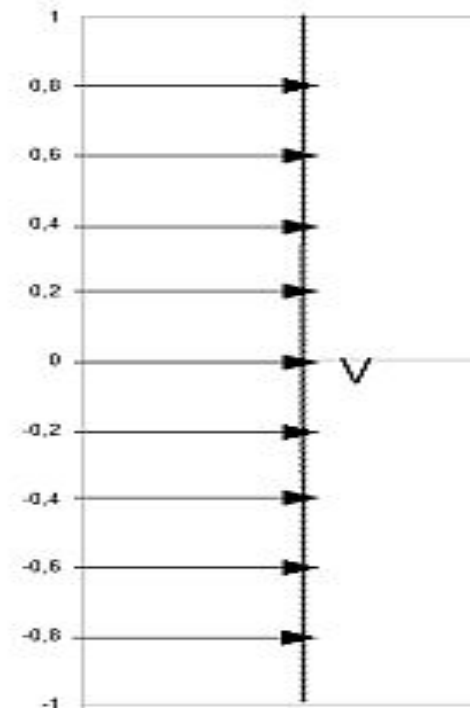
Tensão de Cisalhamento

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



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

fluido ideal
viscosidad = 0



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

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

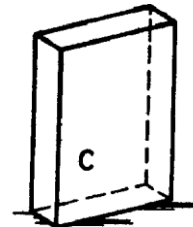
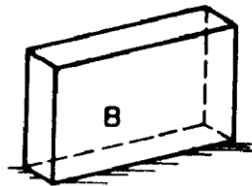
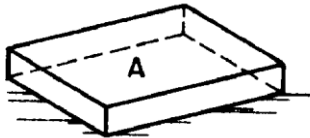
Pressão

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

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

Atividade

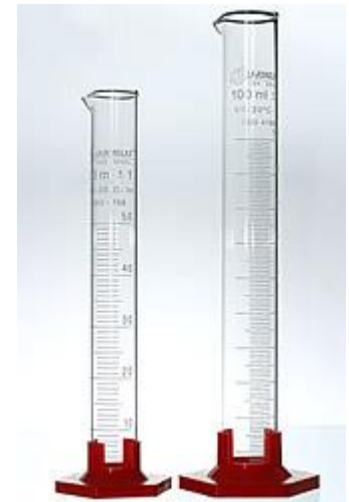
- Determine a pressão sobre cada face apoiada do bloco, **devido apenas à ação da mesa.**



- 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



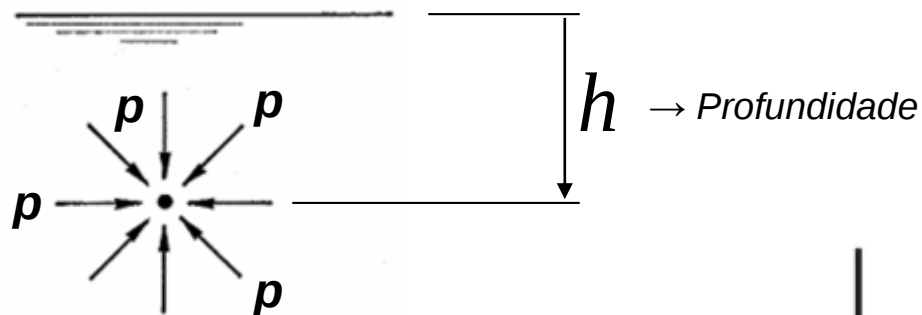
Aplicações

- *Cama de pregos (Faquir)*



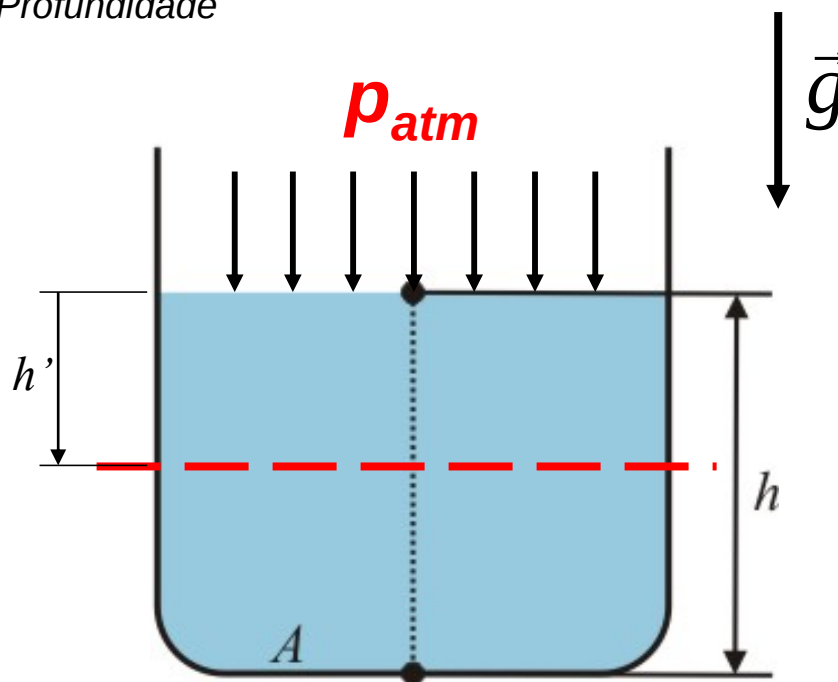
- *O que pode acontecer com as bexigas?*

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



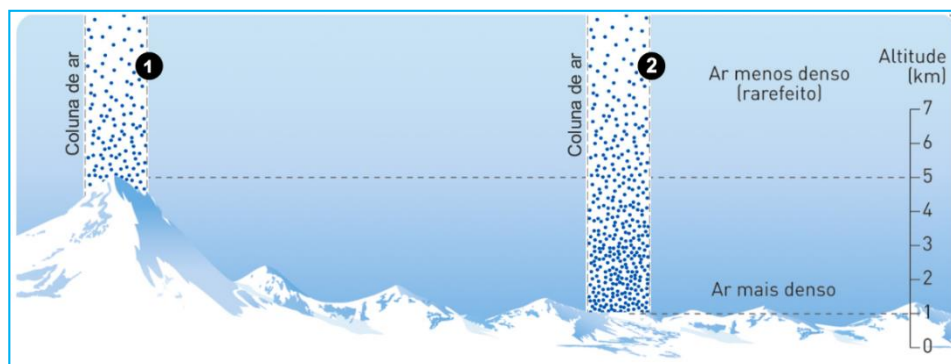
Pressão Manométrica

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



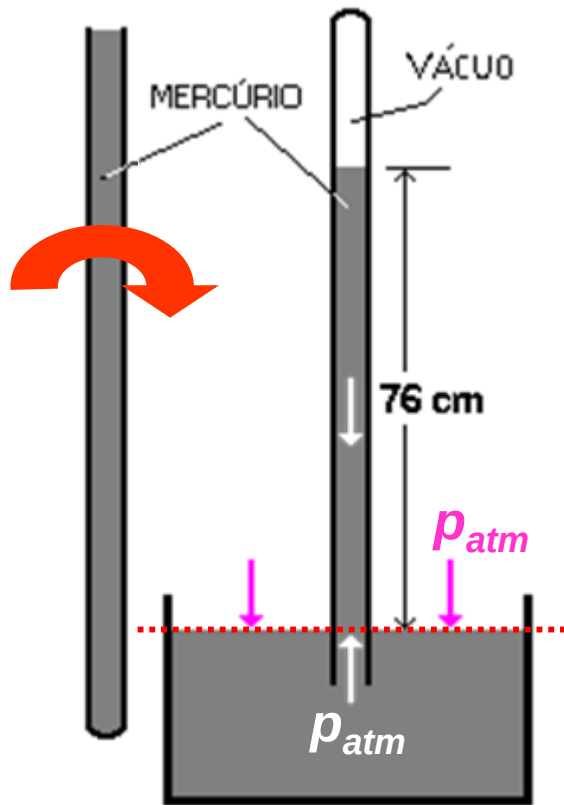
Pressão Total

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



- Determinação da pressão atmosférica (p_{atm}):

Barômetro



Florença
1644



Evangelista Torricelli
1608 - 1647



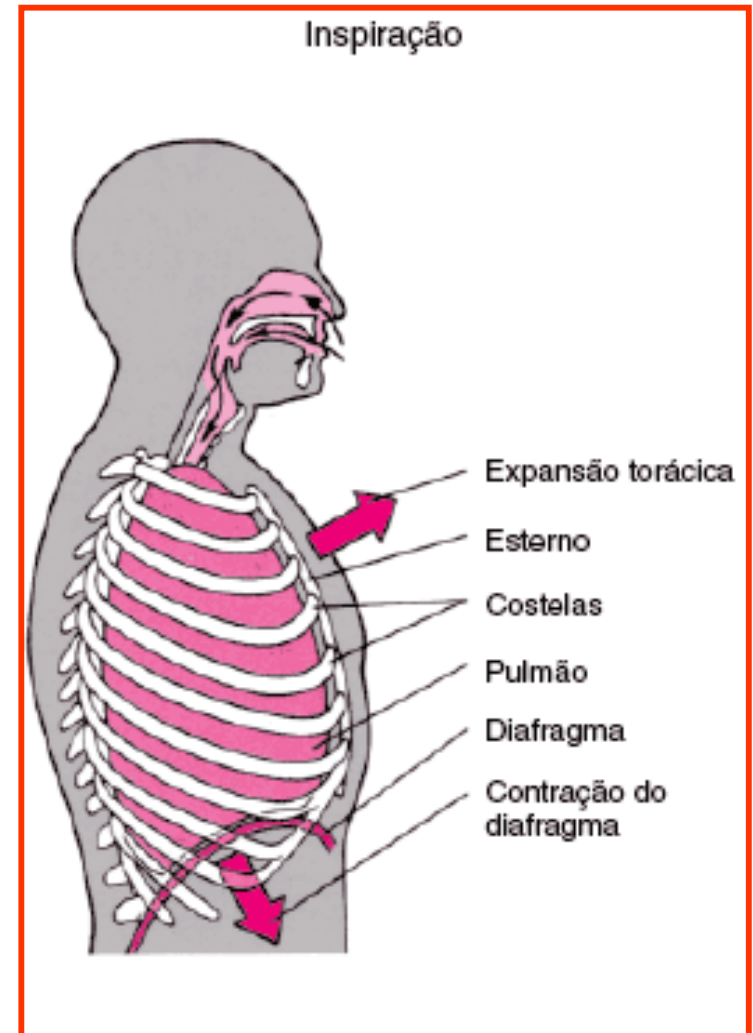
Vincenzo Viviani
1622 - 1703

Ao nível do mar

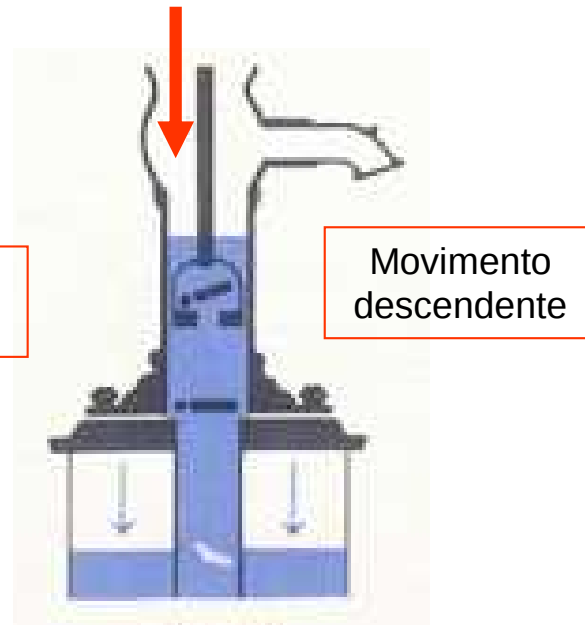
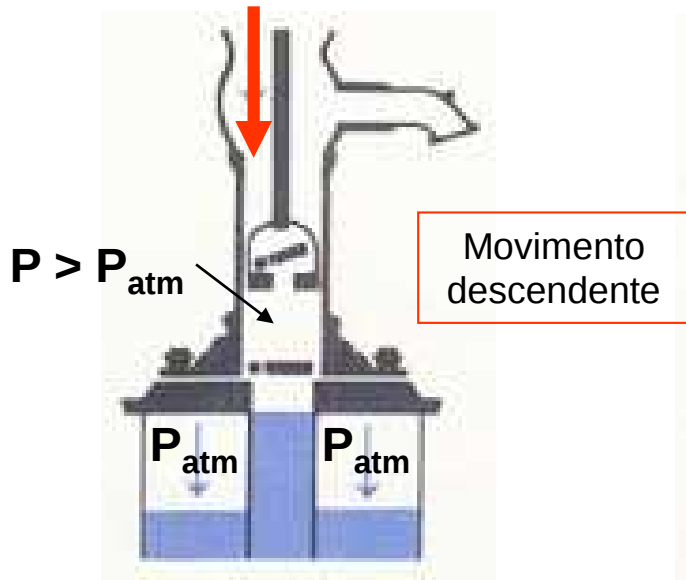
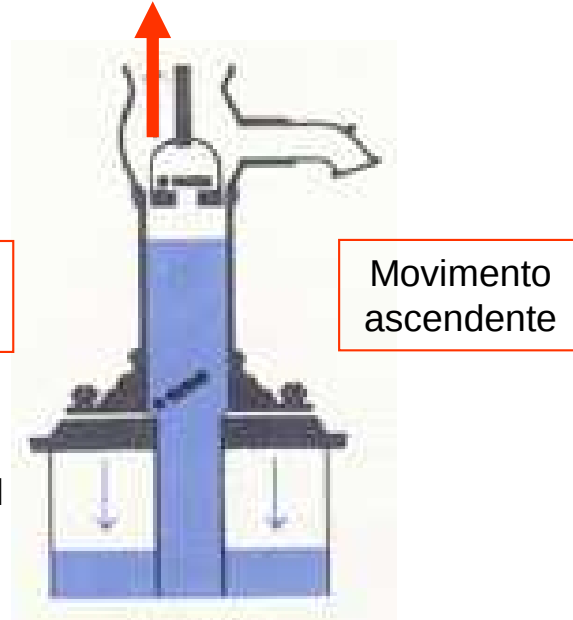
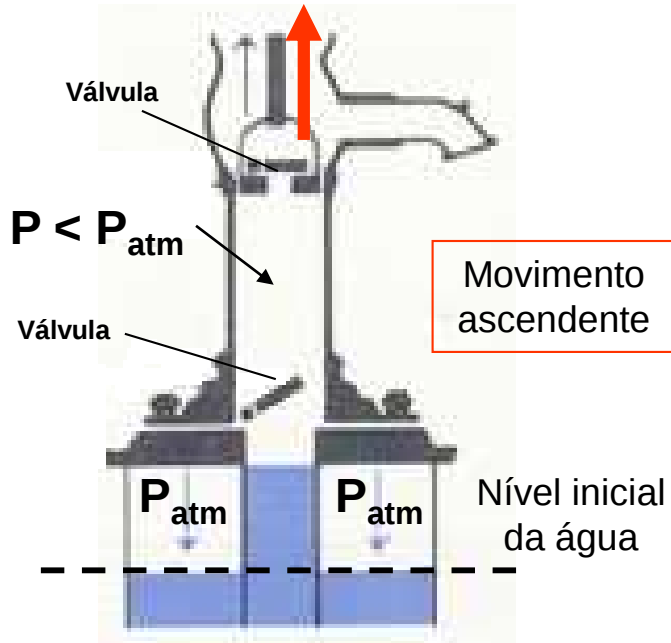
1 atm $\rightarrow$ 101.325 N/m² ($\approx 10^5$ Pa) $\rightarrow$ 760 mmHg $\rightarrow$ 14,7 psi

Efeitos da Pressão Atmosférica

- “Canudinho”

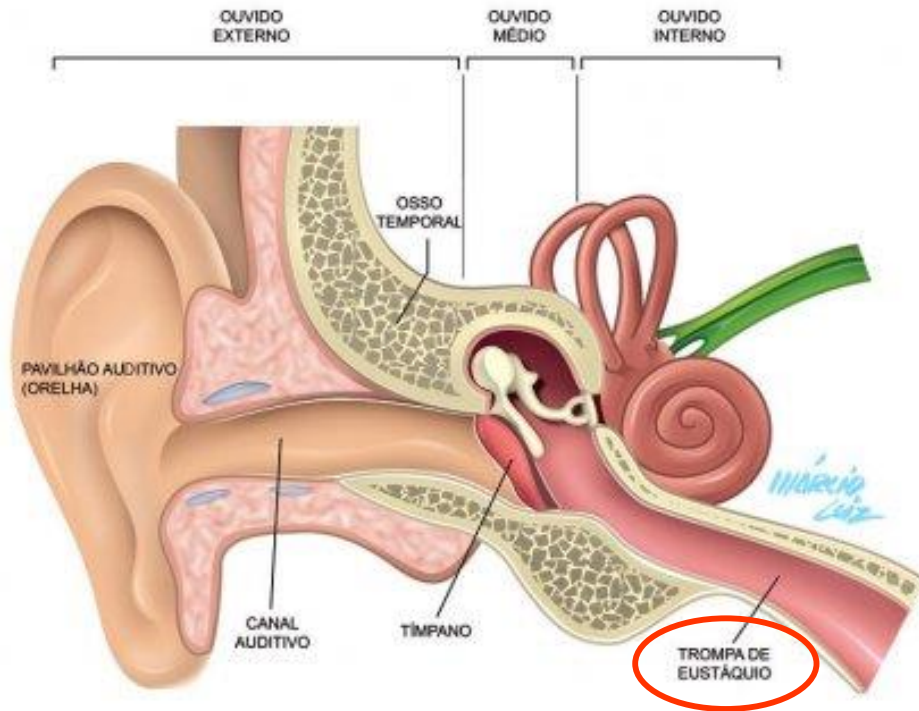


• Bombas Aspirantes



Lehman's
4779 Kidron Rd.
Kidron, OH 44618

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

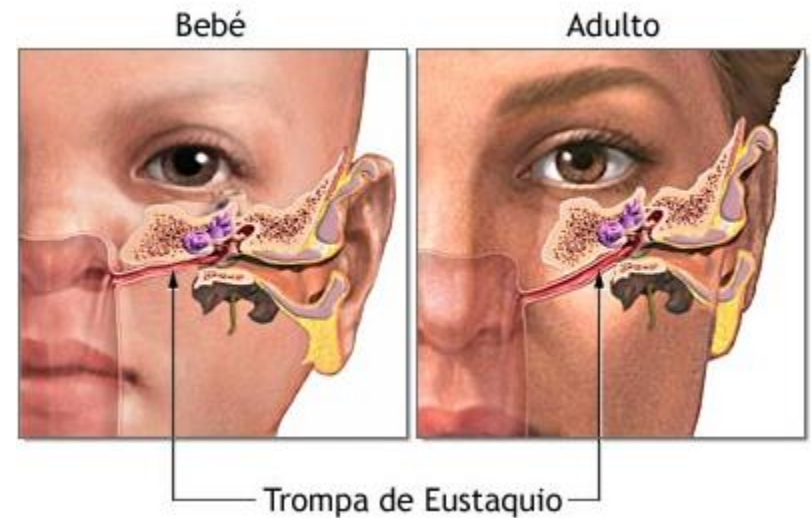


ou Tuba auditiva



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.

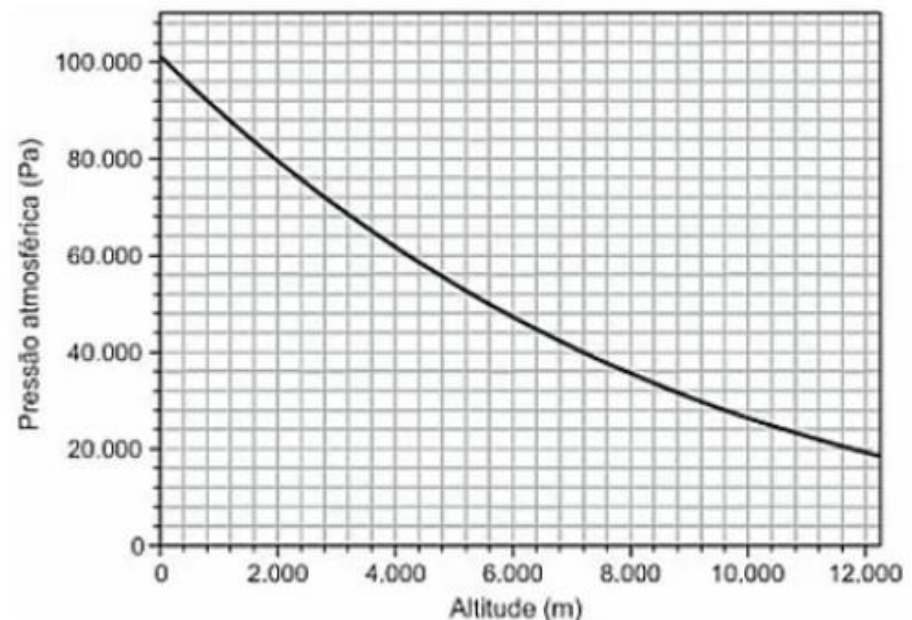
4. (CBM-AP 2012) Um grupo de soldados bombeiros está em treinamento de mergulho em um lago. O instrutor informa que a pressão atmosférica na superfície do lago é de aproximadamente 101kPa. Em seguida, pergunta ao grupo de soldados a que profundidade a pressão é o dobro da pressão atmosférica. Considerando 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



6. (Aman) Um tanque contendo $5,0 \times 10^3$ litros de água tem 2,0 metros de comprimento e 1,0 metro de largura. Sendo $g = 10 \text{ m/s}^2$, a pressão hidrostática exercida pela água, no fundo do tanque, vale:

A) $2,5 \cdot 10^4 \text{ Nm}^{-2}$ B) $2,5 \cdot 10^1 \text{ Nm}^{-2}$ C) $5,0 \cdot 10^3 \text{ Nm}^{-2}$ D) $5,0 \cdot 10^4 \text{ Nm}^{-2}$ E) $2,5 \cdot 10^6 \text{ Nm}^{-2}$

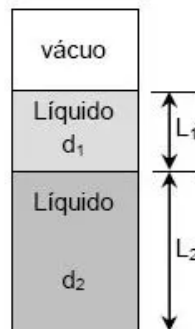
7. (PUC) No oceano a pressão hidrostática aumenta aproximadamente uma atmosfera a cada 10 m de profundidade. Um submarino encontra-se a 200 m de profundidade, e a pressão do ar no seu interior é de uma atmosfera. Nesse contexto, pode-se concluir que a diferença da pressão entre o interior e o exterior do submarino é, aproximadamente, de

A) 200 atm B) 100 atm C) 21 atm D) 20 atm E) 19 atm

8. (Unis) Três pessoas A, B e C de mesmo peso e altura diferentes usam: A, o mais baixo, patins para gelo; B, o de altura intermediária, patins normais com rodas e C, o mais alto, sapato de couro normal. Determine qual exerce maior pressão sobre o solo.

A) $P_A = P_B = P_C$ B) $P_C > P_B > P_A$ C) $P_A = P_B > P_C$ D) $P_A > P_B > P_C$ E) $P_A < P_B = P_C$

9. (UFPE) Um tubo fechado contém dois líquidos não miscíveis de densidades d_1 e d_2 . Na parte superior é feito vácuo. Mantendo-se o tubo na vertical, verifica-se que as colunas dos líquidos têm comprimentos L_1 e L_2 , respectivamente, como indicado na figura. Considerando a aceleração da gravidade local igual a g , determine o valor da pressão no fundo do recipiente.



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

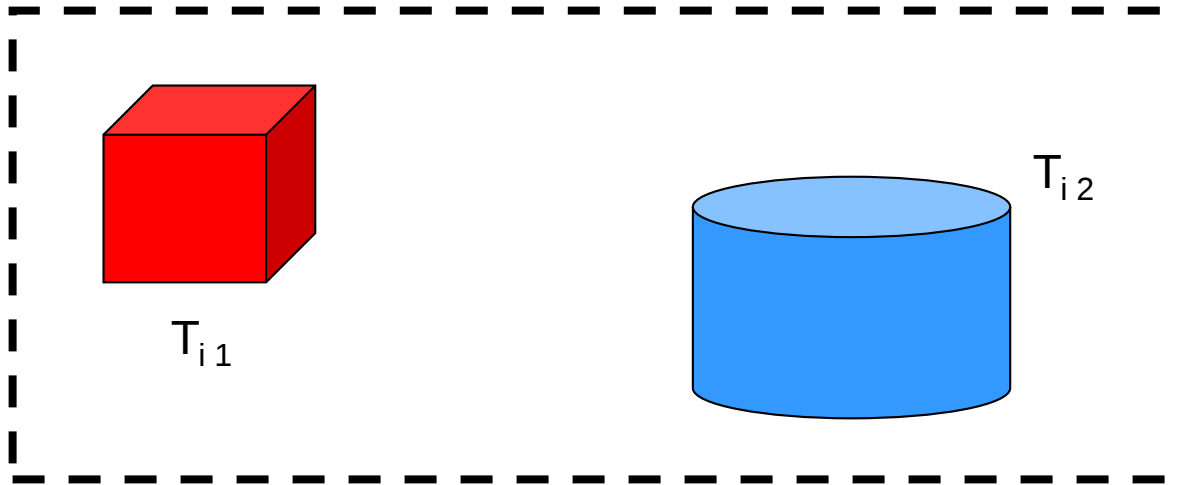


Corpo de menor
temperatura

espontaneamente

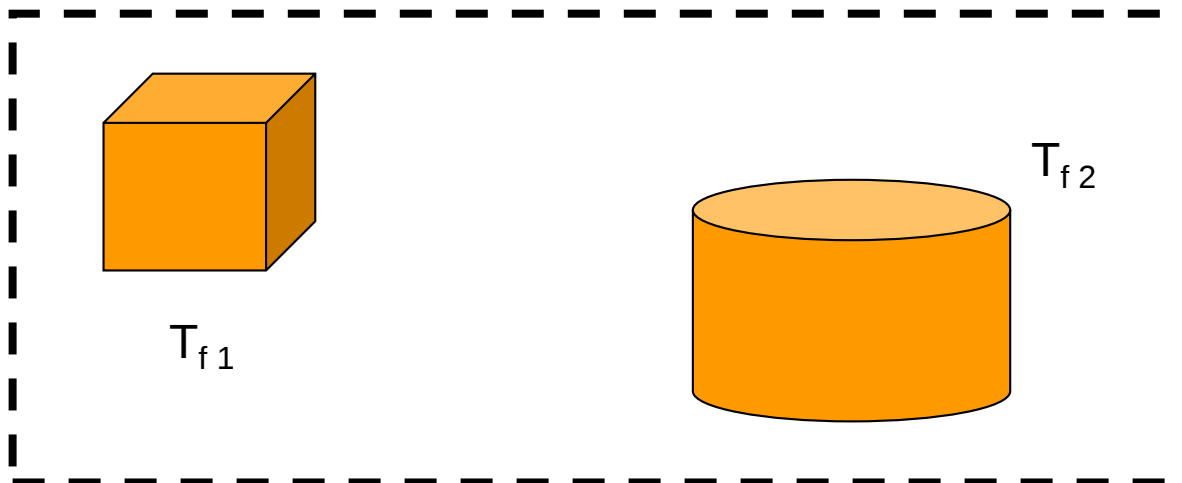
Equilíbrio Térmico

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



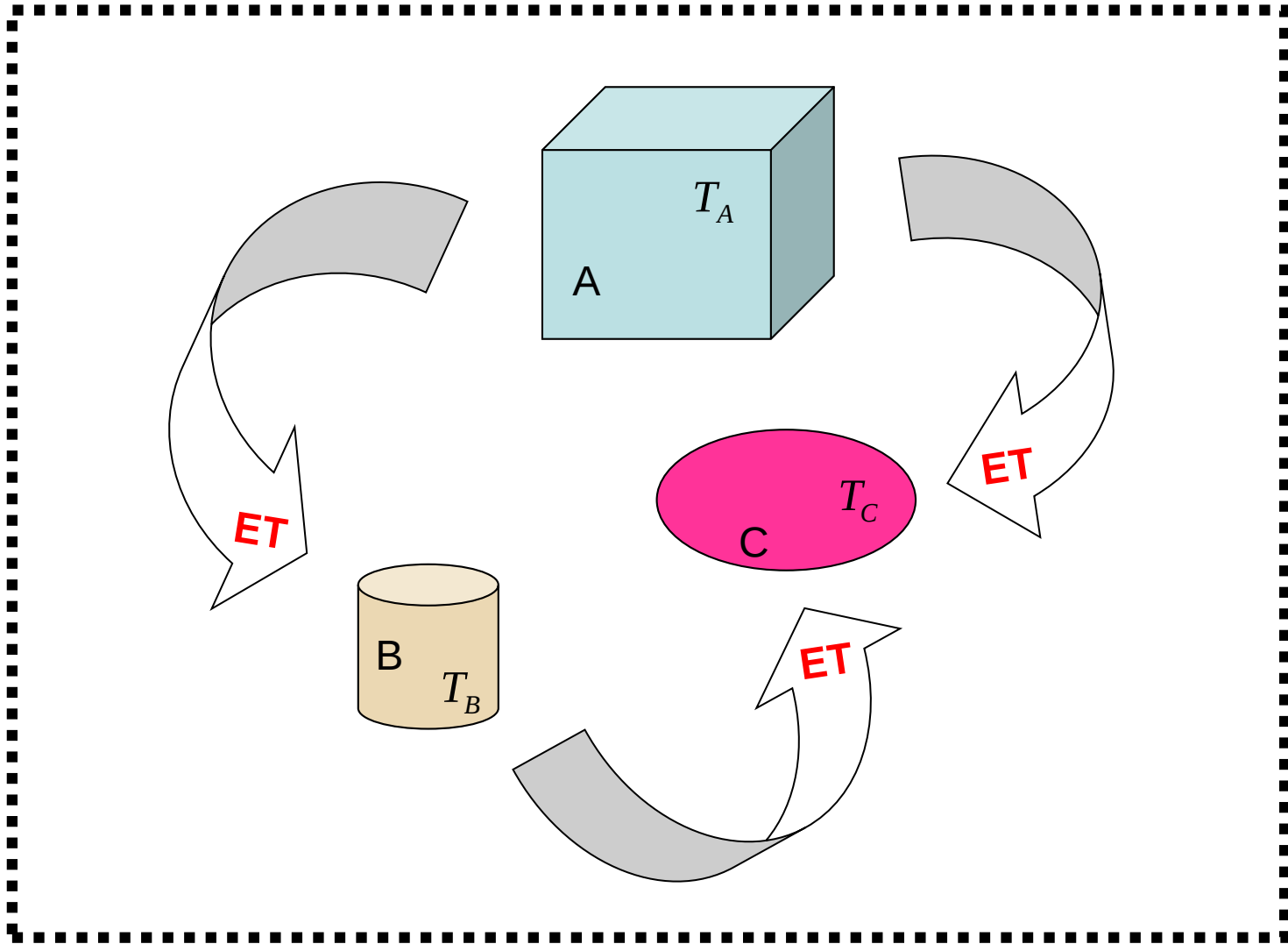
Sistema termicamente isolado (p.e., Garrafa Térmica, caixa de isopor etc)

Após
algum
tempo...



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

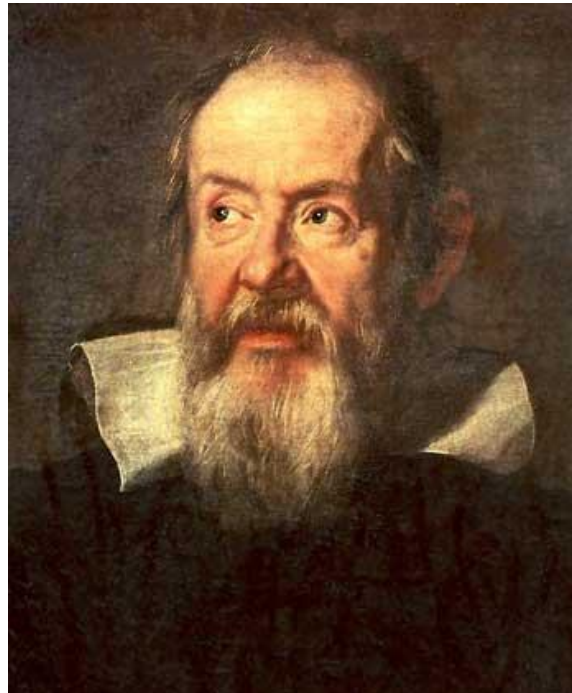
É qualquer instrumento que permite verificar, qualitativamente, se a temperatura está ou não variando.



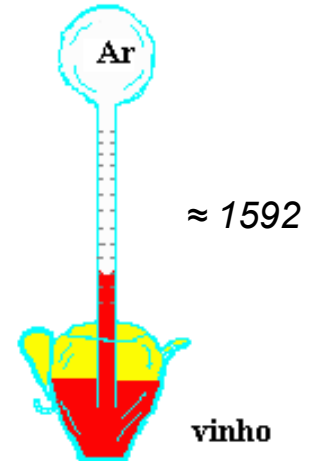
Fílon, de Bizâncio (~250 a.C.)



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



Galileu Galilei
(1564 - 1642)



Termoscópio Florentino



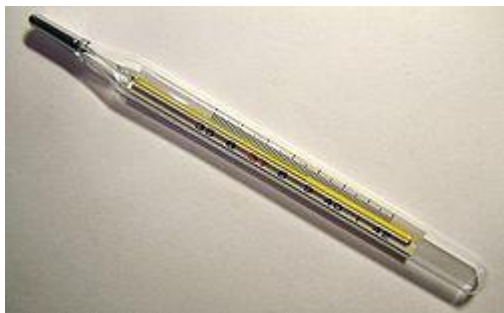
“Lovímetro”

Termômetros

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

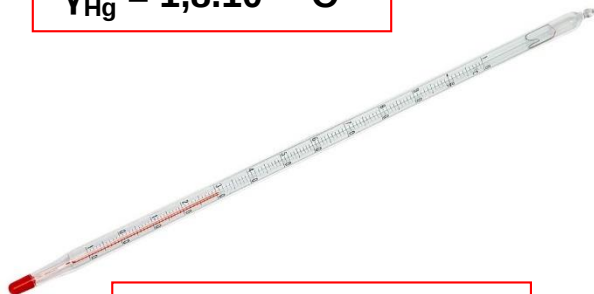
- Efeito da Dilatação Térmica (expansão ou contração de substâncias por ação **térmica**)

- Líquidos



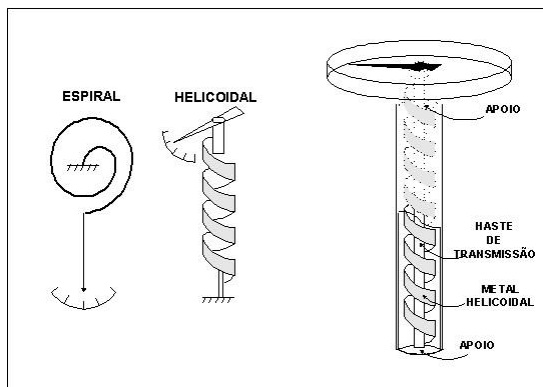
Termômetro Clínico

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

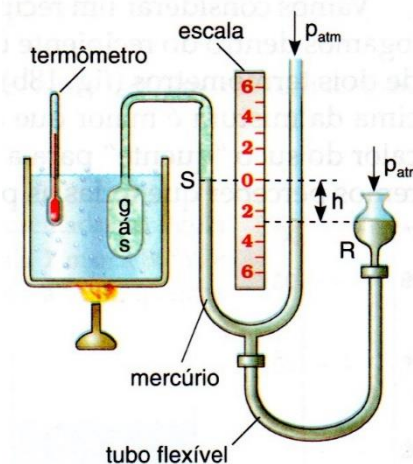


$$\gamma_{\text{Álcool}} = 11,2 \cdot 10^{-4} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$$

- Sólidos



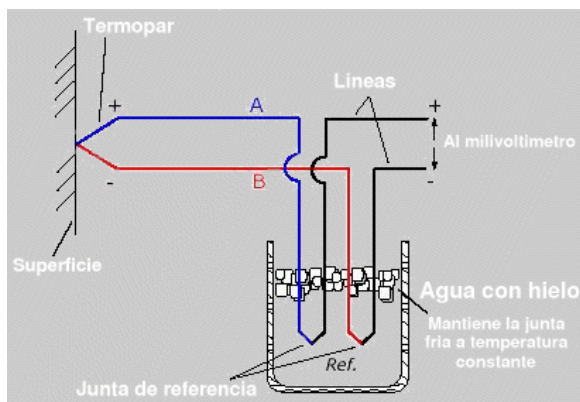
- Gases (volume constante)



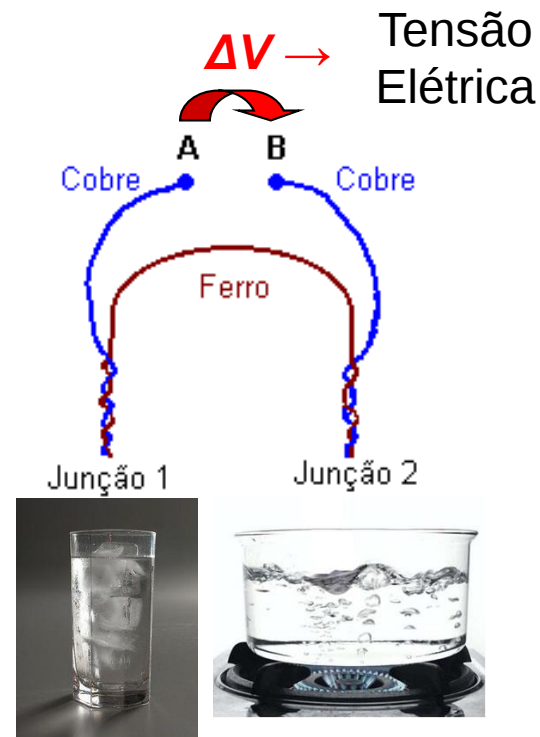
- **Efeito Termoelétrico**

- **Termopar**

1821



Thomas Y. Seebeck
1770 - 1831



Termoelemento positivo (KP):

Ni90% - Cr10% (Cromel)

Termoelemento negativo (KN):

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

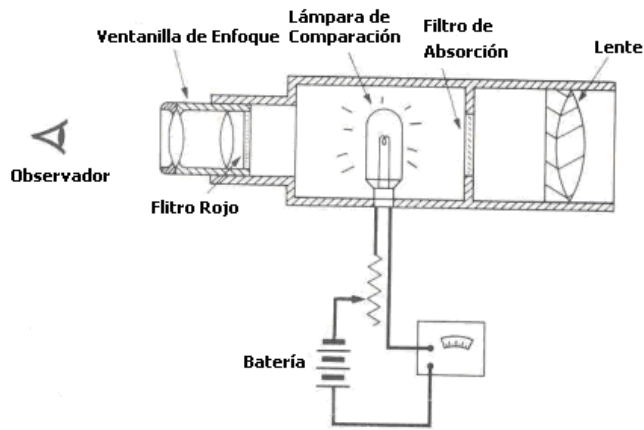
Faixa de utilização: - 270°C a 1.200°C

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

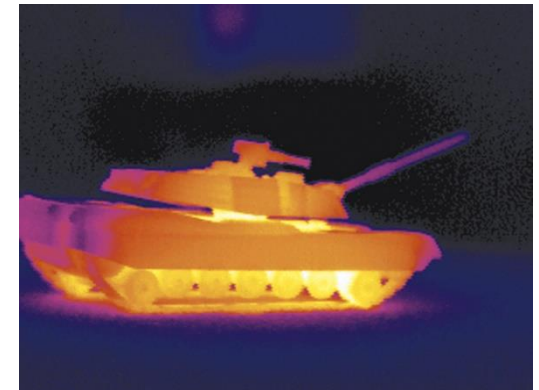
Fuente de Temperatura



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

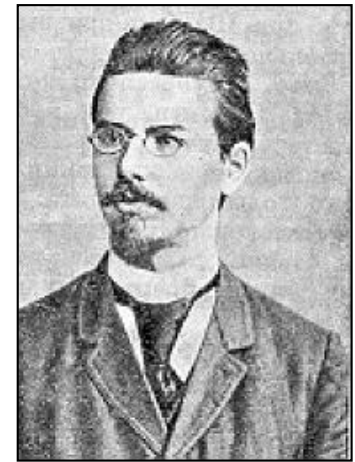
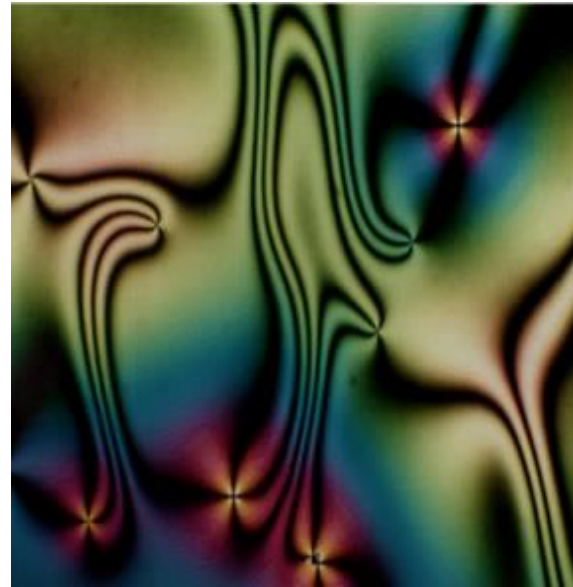
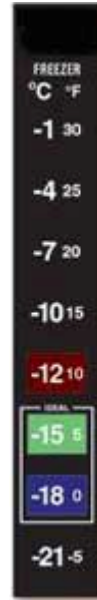


Infrared Thermometer
PCE-889B



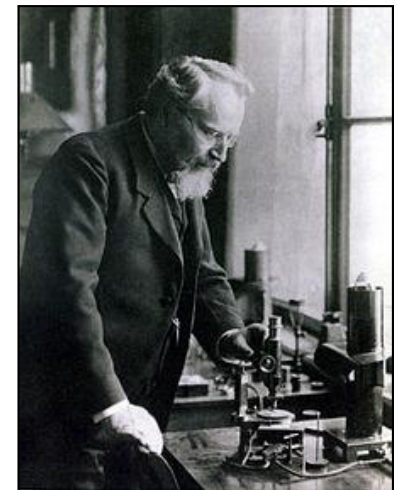
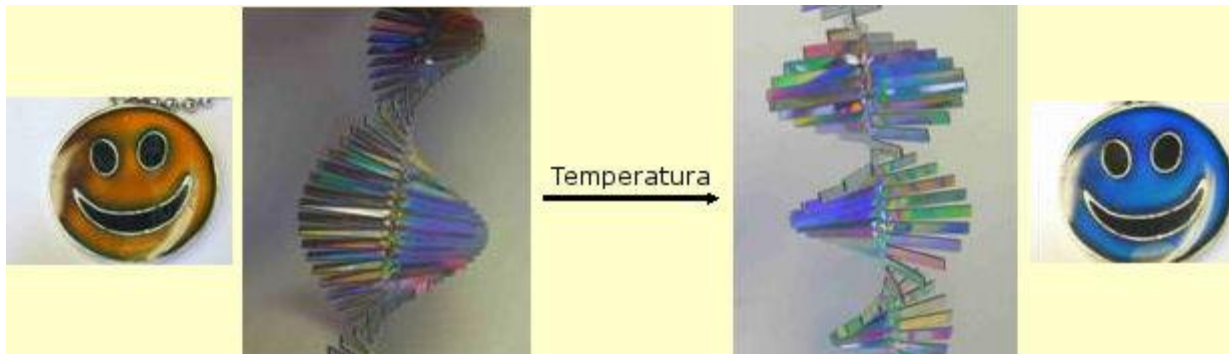
- Efeito Termo-óptico

- *Cristal líquido*



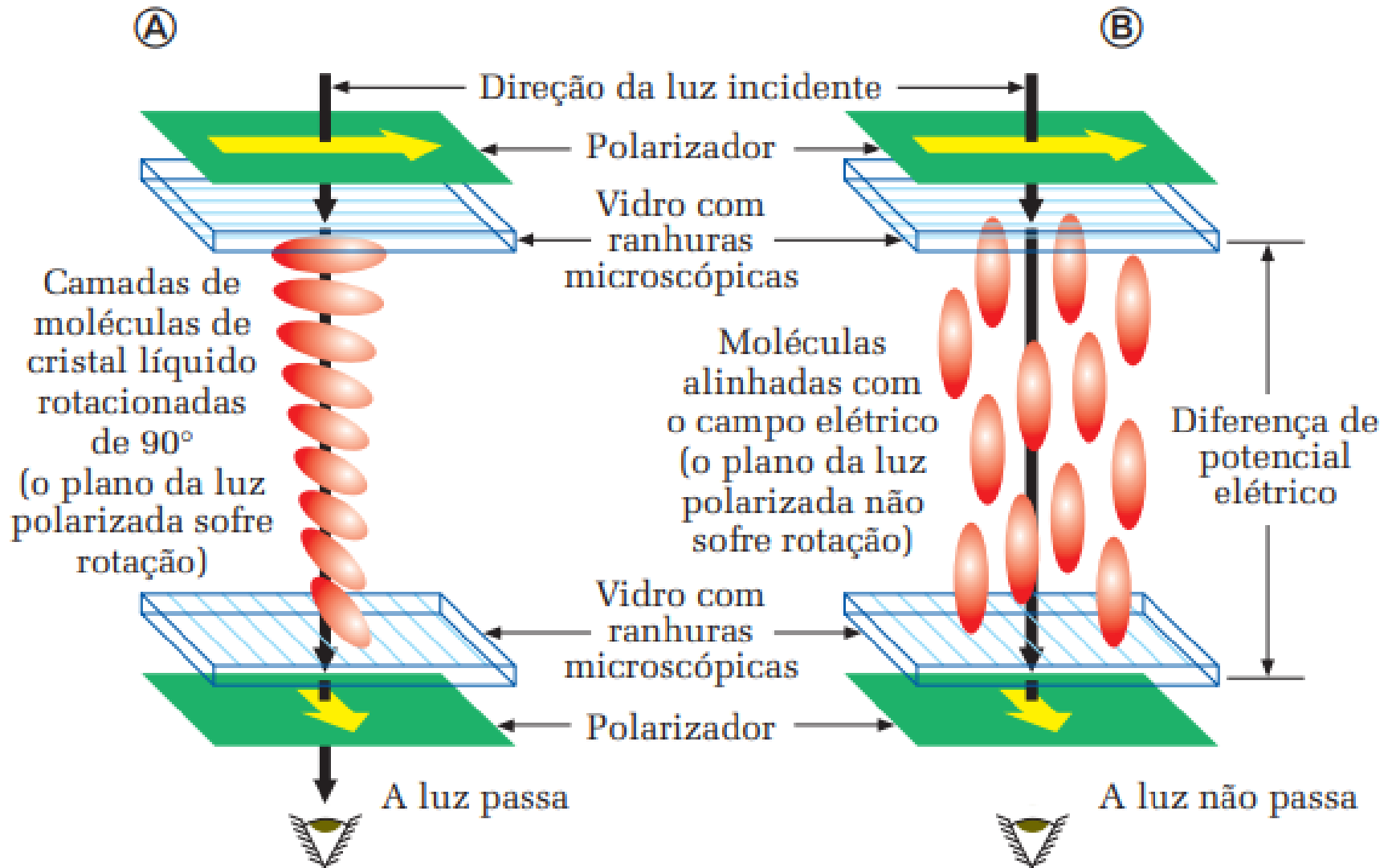
Friedrich Reinitzer
1857 - 1927
1888

Anel, fita, colar etc do “humor”

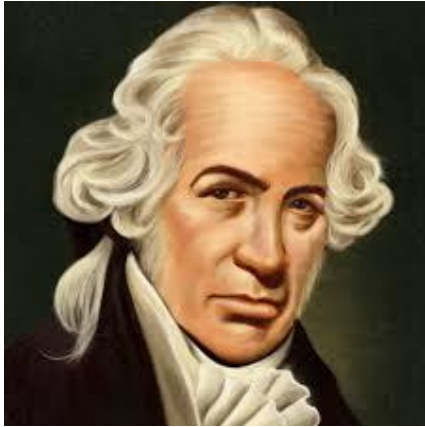


Otto Lehmann
1855 – 1922
1904

- **Funcionamento da Tela de Cristal Líquido (LCD):**



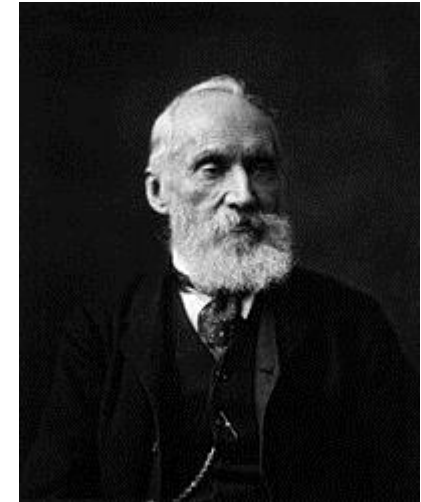
Escalas Termométricas



Gabriel D. Fahrenheit
1686 - 1736
 ≈ 1714

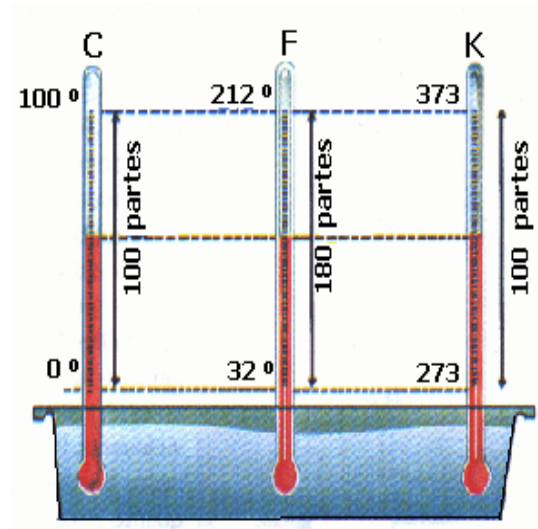
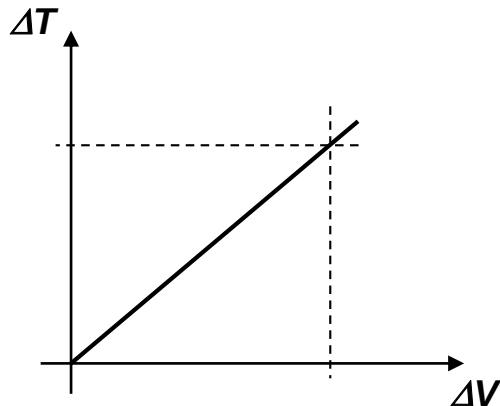


Anders Celsius
1701 - 1744
 ≈ 1740



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 γ [$\cdot 10^{-4} \text{ m}^3/(\text{m}^3 \cdot ^\circ\text{C})$]
0	1,8159
20	1,8171
100	1,8250

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



Pontos Fixos de Temperaturas

Escala Internacional de Temperatura - EIT 90

O **ponto triplo** (ou **ponto tríplice**) é um estado particular de uma substância determinado por valores de temperatura e pressão, no qual as três fases ou estados físicos da substância (sólido, líquido e gasoso) coexistem em equilíbrio.

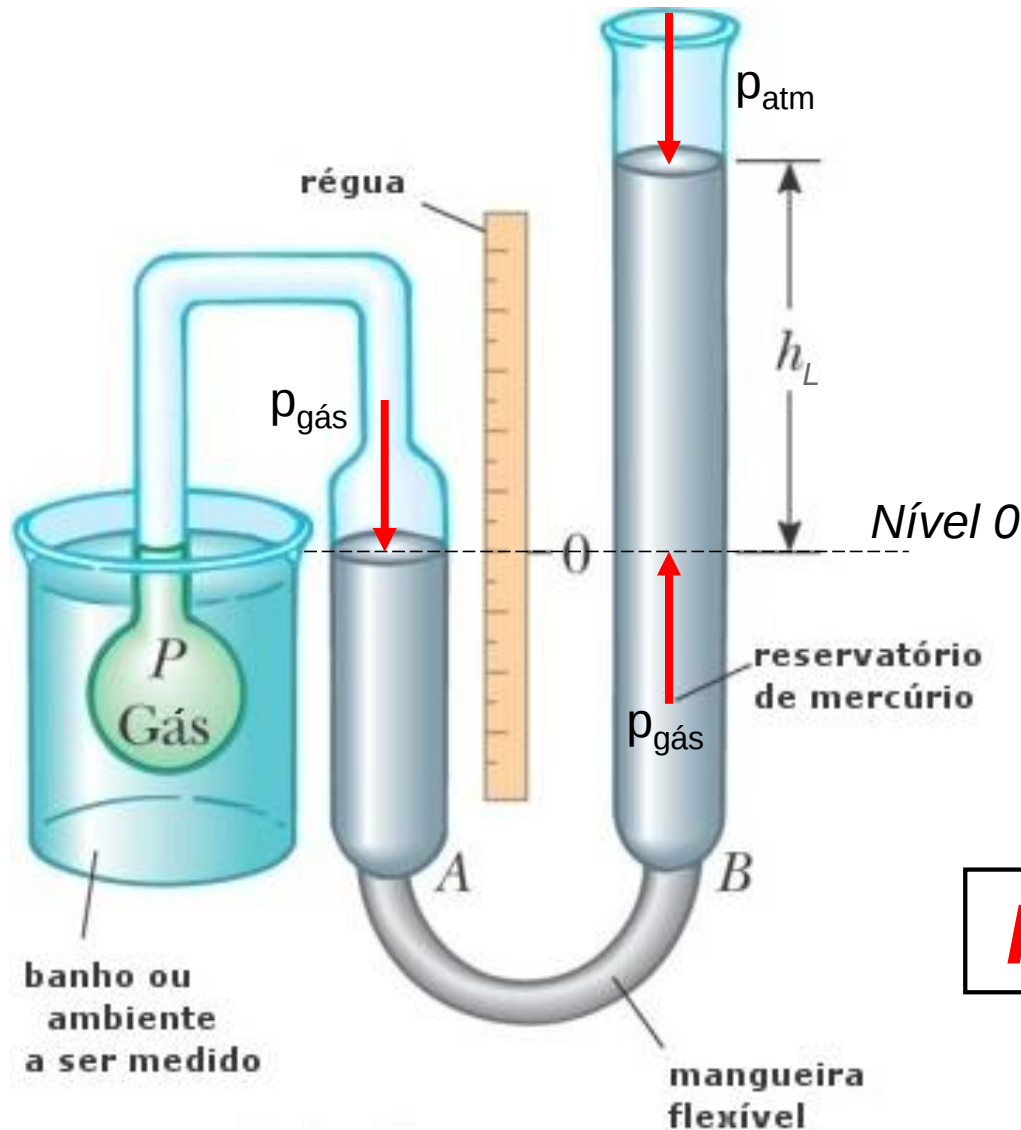
Ponto Fixo	Temperatura (°C)	Temperatura (K)
Ponto tríplice do Hidrogênio (7,04 kPa)	- 259,3467	13,8033
Ponto tríplice do Neônio (43,2 kPa)	- 248,5939	24,5561
Ponto tríplice do Mercúrio ($1,65 \times 10^{-7}$ kPa)	- 38,8344	234,3156
Ponto tríplice da Água (0,611 kPa)	+ 0,01	273,16
Ponto de solidificação 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://pt.wikipedia.org/wiki/Ponto_triplo

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

Termômetro Padrão

1975 - Termômetro de gás a volume constante



Variação de
 $V_{\text{gás}}$, $p_{\text{gás}}$, $T_{\text{gás}}$

Decisão: Fixar $\underline{V}_{\text{gás}}$

$$T_{\text{gás}} = k \cdot p_{\text{gás}}$$

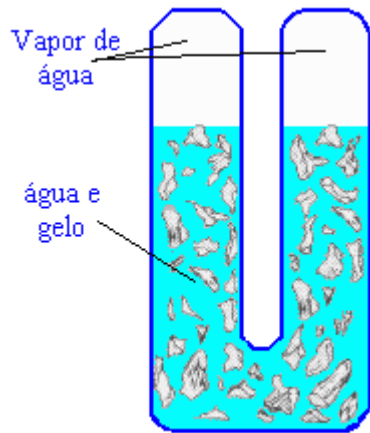
$k \rightarrow$ constante do termômetro

$$P_{\text{gás}} = P_{\text{atm}} + d_L \cdot g \cdot h_L$$

$d_L \rightarrow$ densidade do líquido

$h_L \rightarrow$ altura da coluna líquida

Determinação de k



Célula de ponto
tríplice da **água**

$$T_3 = k \cdot p_{\text{gás}}$$

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

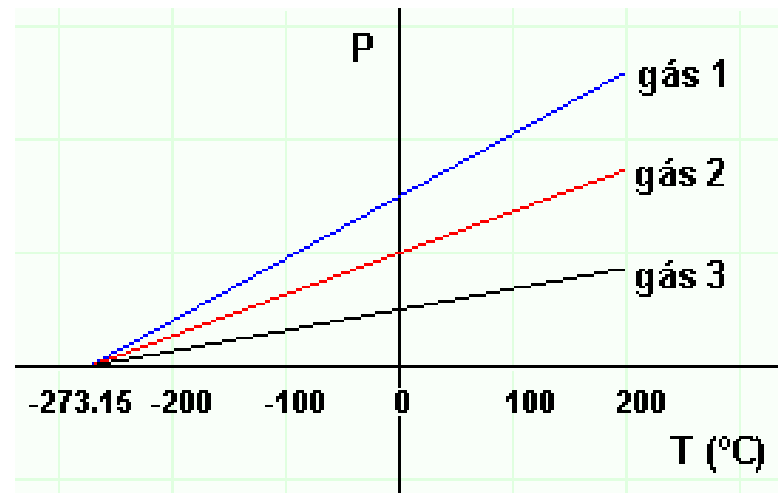
$$(273,16 \text{ K}) = k \cdot p_{\text{gás}}$$

$$k = 273,16 / p_{\text{gás}}$$

$$T = (273,16 / p_{\text{gás}}) \cdot p$$



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



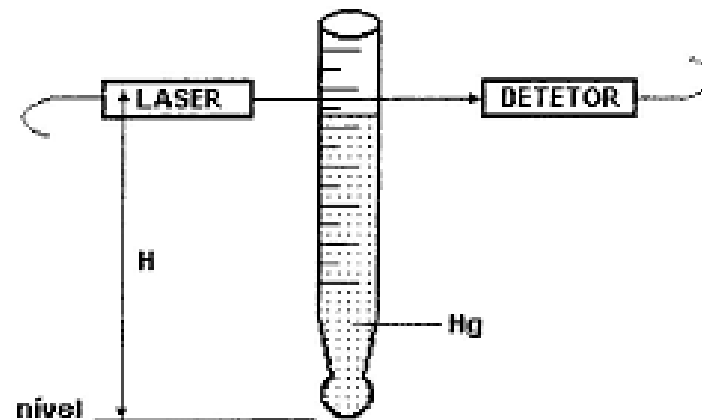
Exercícios

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.

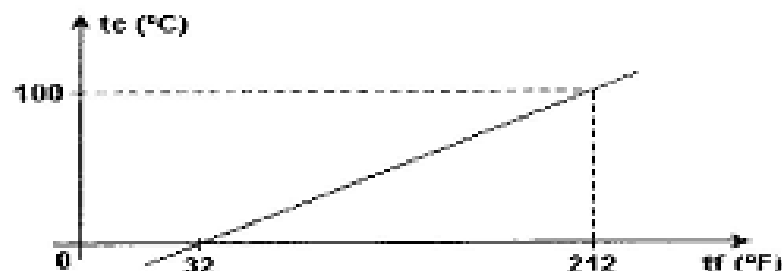


A altura do sensor óptico (par laser/detetor) em relação ao nível, H , pode ser regulada de modo que, à temperatura desejada, o mercúrio, subindo pela coluna, impeça a chegada de luz ao detetor, disparando o alarme. Calibrou-se o termômetro usando os pontos principais da água e um termômetro auxiliar, graduado na escala centigrada, 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



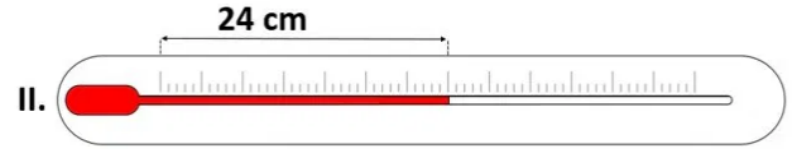
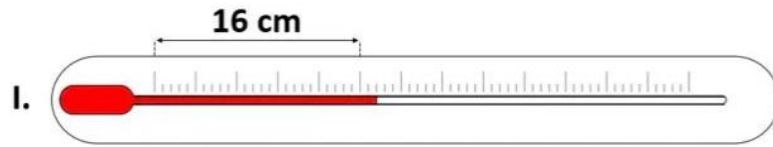
A temperatura em que a indicação da escala fahrenheit é o dobro da indicação da escala Celsius é:

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. Em um experimento no laboratório, um aluno decidiu observar a variação de temperatura em relação ao comprimento da coluna de mercúrio no interior de dois termômetros.



Sabendo que o mercúrio é sensível ao calor e a temperatura marcada no termômetro é proporcional ao deslocamento do fluido no tubo, qual a temperatura no termômetro I, em graus Celsius, sabendo que o termômetro II marca 48°C ?

- a) 16°C b) 32°C c) 28°C d) 46°C

8. Para calibrar um termômetro, um técnico relacionou a temperatura medida e o comprimento da coluna de mercúrio no interior do termômetro e os dados obtidos foram:

- a) Quando a temperatura registrada era de 0°C , o fluido apresentava um deslocamento de 5cm.
b) Ao atingir a temperatura de 100°C , o comprimento registrado foi de 10 cm.

A partir dessas informações, determine, por uma função termométrica, a relação existente entre a temperatura e o comprimento da coluna de mercúrio.

- a) $T = 20.x - 100$ b) $T = 5.x - 100$ c) $T = x - 100$ d) $T = 15.x - 100$

9. Um turista brasileiro, nos Estados Unidos, resolve preparar sua mistura de bolo, que deve ser assado a $180\text{ }^{\circ}\text{C}$. Ao conferir o termostato do forno, ele percebe que os valores estão em Fahrenheit. Qual o valor adequado para assar o bolo?

A) $356\text{ }^{\circ}\text{F}$. B) $392\text{ }^{\circ}\text{F}$. C) $424\text{ }^{\circ}\text{F}$. D) $456\text{ }^{\circ}\text{F}$.

10. A água, em condições normais de pressão, entra em ebulição na temperatura de $100\text{ }^{\circ}\text{C}$. Na literatura científica, é necessário utilizar a escala absoluta Kelvin. A água, na escala Kelvin, entra em ebulição em:

A) 173 K . B) 273 K . C) 373 K . D) 473 K .

11. (UERJ) No gráfico, está indicada a variação da média da temperatura global ao longo do século XX e início do século XXI.

Entre as décadas de 1901-1910 e de 2001-2010, a variação da média da temperatura global, em graus Fahrenheit, foi aproximadamente de:

- A) 0,96
- B) 1,32
- C) 1,58
- D) 1,74



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://relacaoentrefisicaeamatematica.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-pessao-pessao-atmosferica.htm>
- <https://www.parquecientec.usp.br/saiba-mais/a-origem-da-escala-fahrenheit>
- https://professorcanto.com.br/boletins_qui/008.pdf