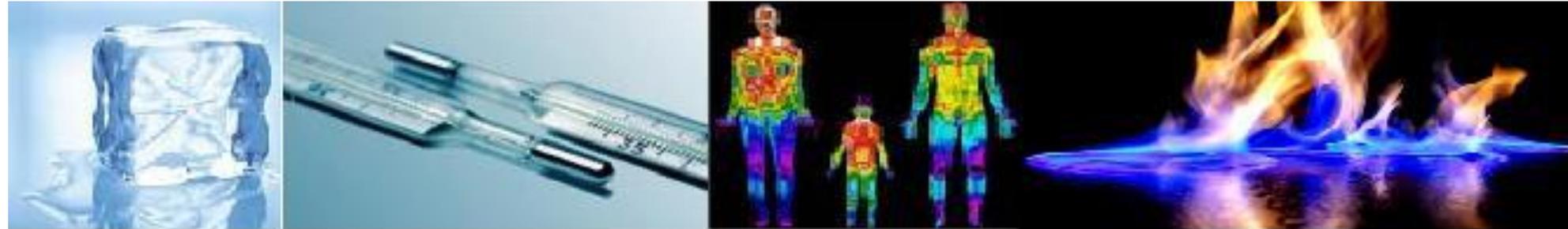


Física 2 – Ciências Moleculares



Caetano R. Miranda **AULA 26 – 15/05/2024**

crmiranda@usp.br



sampa



Lista 2 – Resubmissão – 19/05 – 23:59

(Apenas as atividades individuais)

LISTA 2 – Oscilador harmônico, oscilações amortecidas e forçadas, ondas e som

ENTREGA INDIVIDUAL PARA OS TRABALHOS EM GRUPO

PRAZO: 05/05 – 23:59

EXPERIMENTAÇÃO INDIVIDUAL:

1. EXPERIMENTO VIRTUAL - OSCILADOR

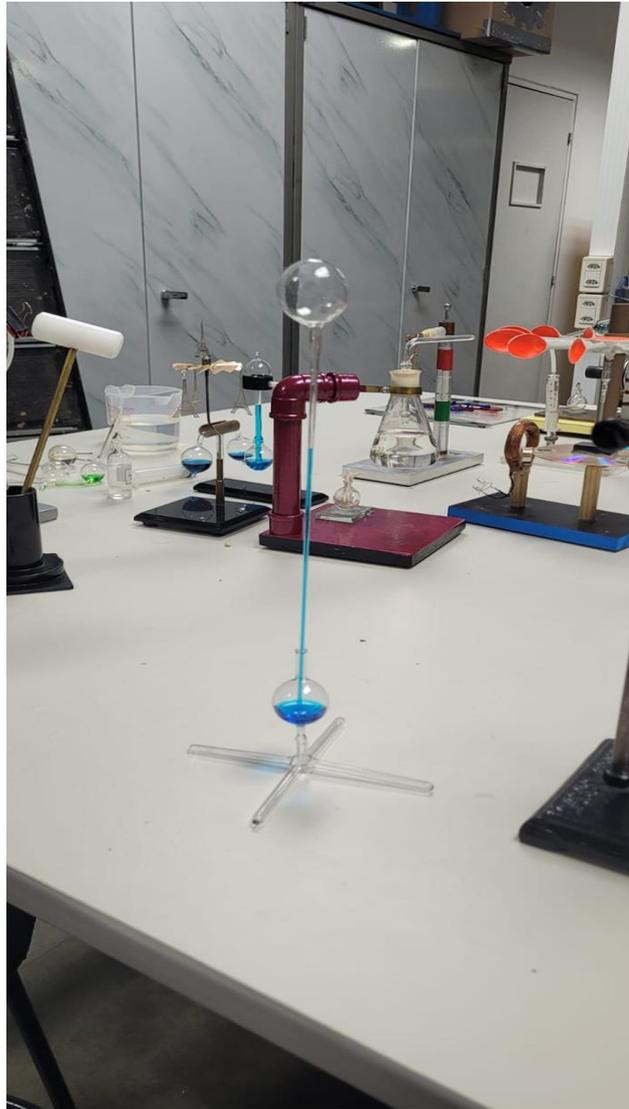
Acesse o site:

https://phet.colorado.edu/sims/html/masses-and-springs/latest/masses-and-springs_all.html

Temperatura e Calor

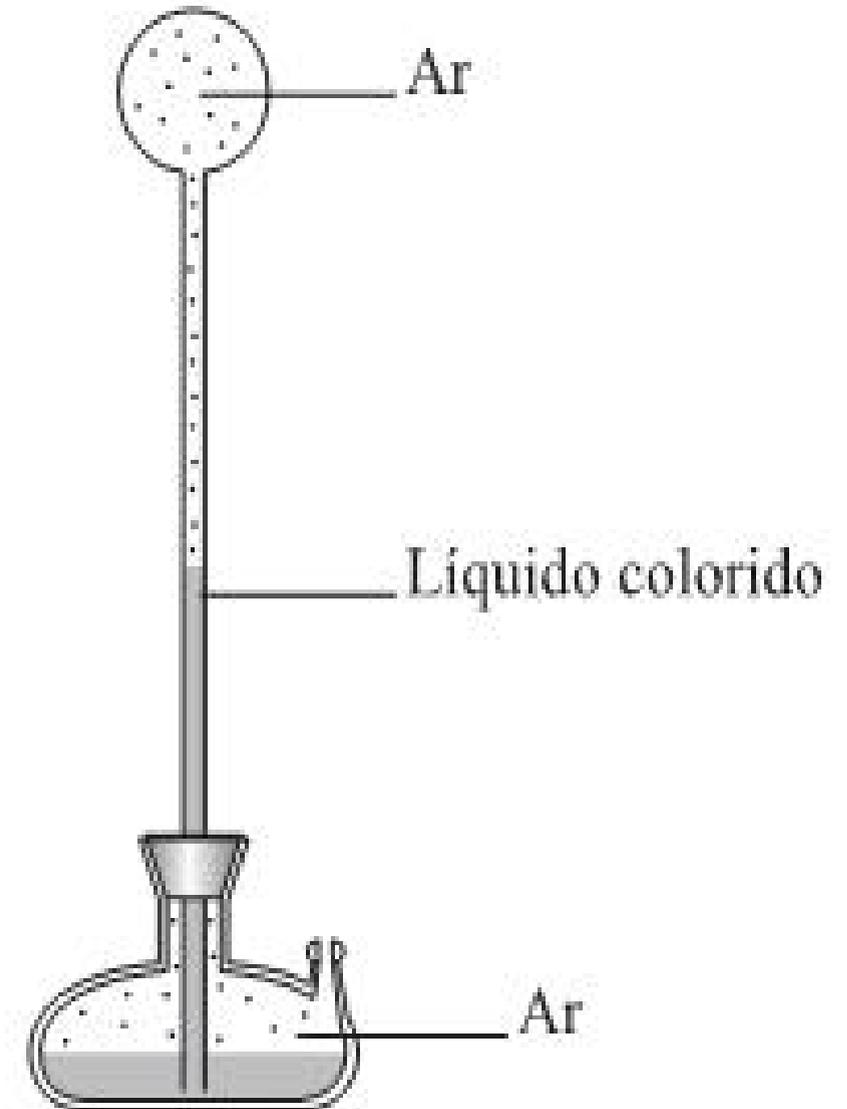


Termoscópio de Galileu

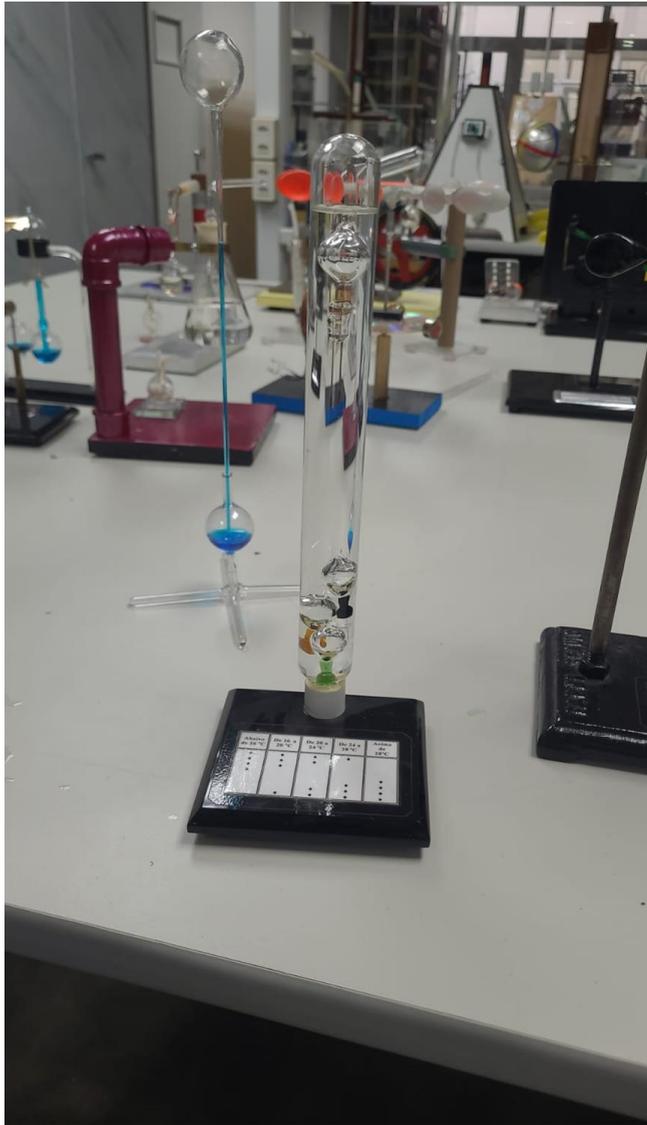


O termoscópio de Galileu opera com base na expansão térmica das substâncias, um princípio ainda relevante na atualidade.

No entanto, devido aos avanços tecnológicos, termômetros mais contemporâneos foram criados, explorando propriedades como volume, pressão, resistência elétrica, diferença de potencial e cristais líquidos, entre outras.



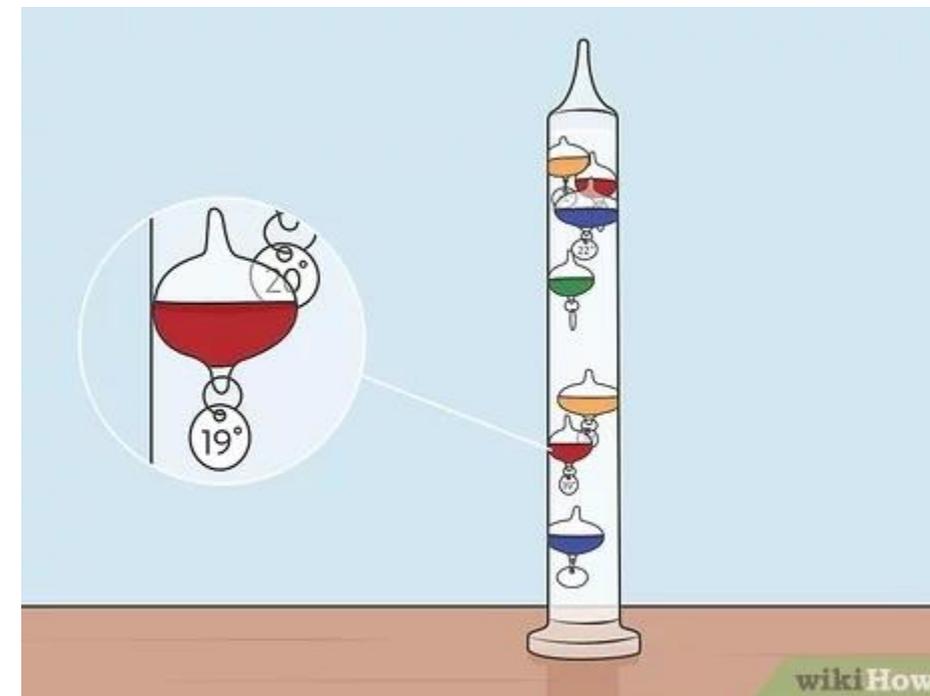
Termômetro de Galileu



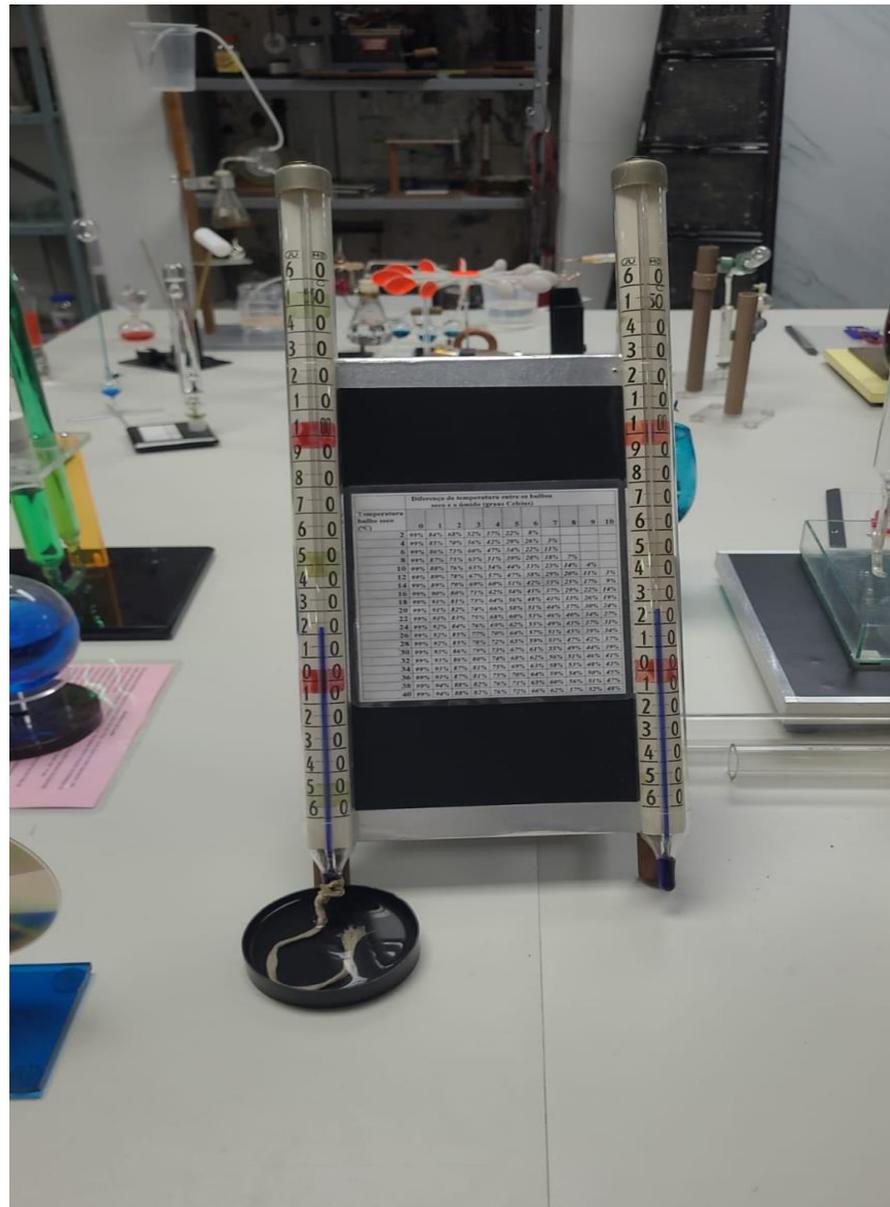
O termômetro de Galileu é famoso por sua engenhosa simplicidade.

Ele é composto por uma coluna vertical de vidro contendo várias esferas, cada uma preenchida com um líquido que responde às variações de temperatura.

Cada esfera é fixada por um peso e contém uma quantidade precisa de líquido colorido.



Termômetro de Álcool



Um termômetro simples de álcool, mas em comparação dos dois termômetros conseguimos calcular a umidade relativa do ar. Por que a temperatura do termômetro úmido é menor ?

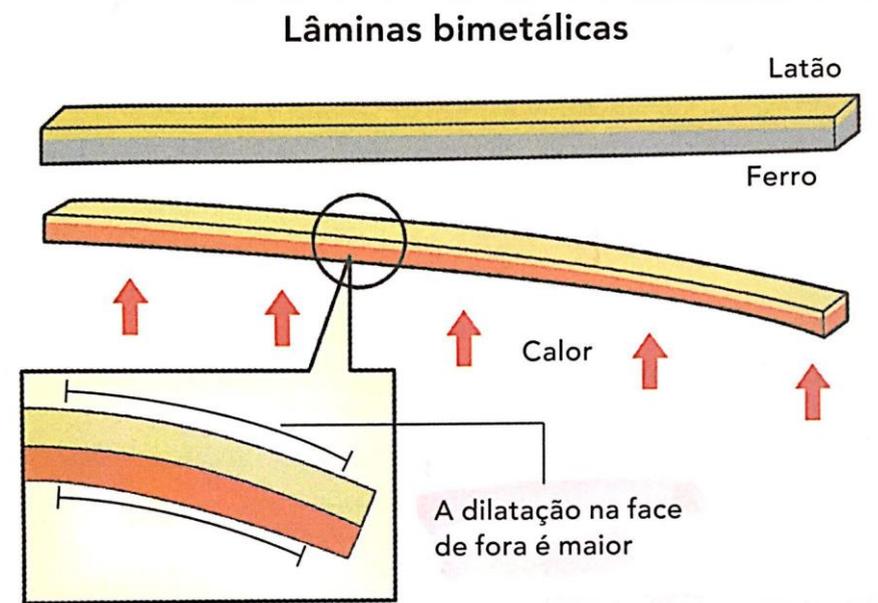
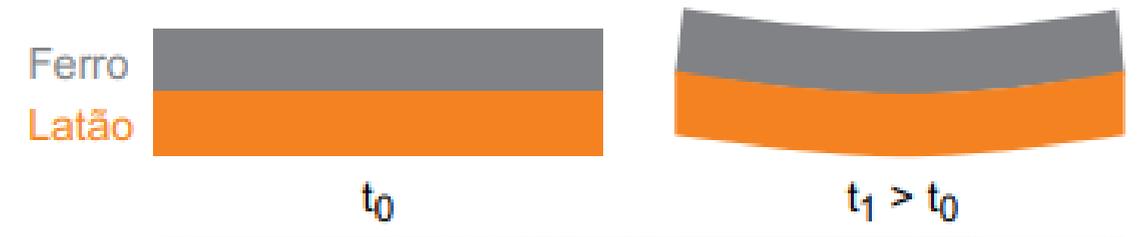
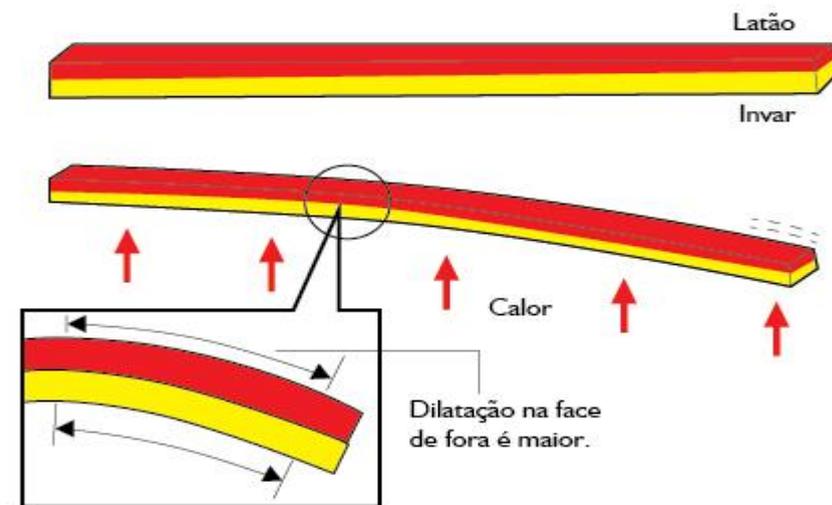
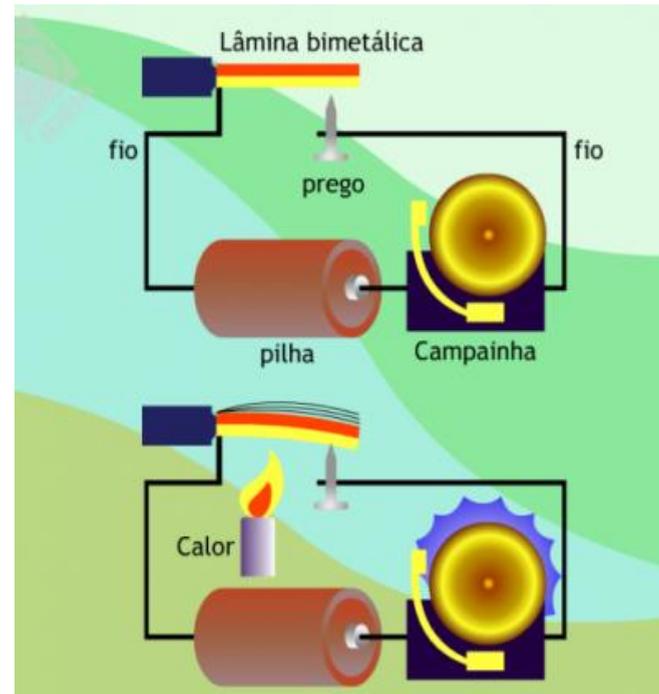
Anel de Gravesande



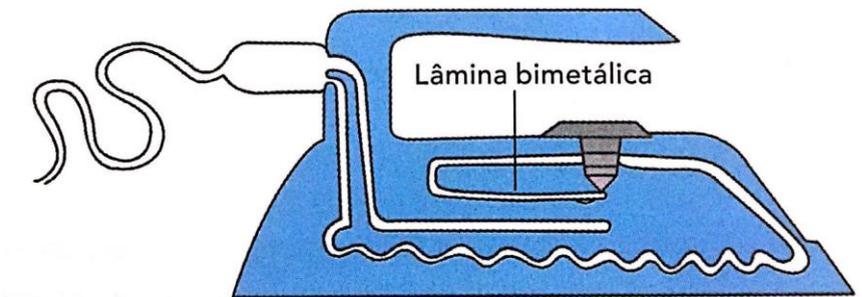
Consiste em um anel metálico com uma pequena folga entre suas extremidades. Quando aquecido, o anel se expande de forma que a folga entre as extremidades desaparece.

Essa aparente magia é explicada pela dilatação térmica do metal. Quando o anel é aquecido, suas moléculas se agitam mais rapidamente, resultando em um aumento do espaçamento intermolecular e, portanto, em uma expansão do próprio anel.

Par bimetálico



Como o coeficiente de dilatação linear do latão é maior do que o do ferro, ele dilatará mais que o ferro.



O que é a Temperatura ?

Conceito fundamental → **TEMPERATURA**

Desde pequenos estamos acostumados com o conceito de temperatura.

Precisamos de um método confiável e reprodutível para estabelecer a “*quentura*” ou a “*frieza*” relativa dos corpos que esteja relacionado somente com a *temperatura* do corpo e não com sua propriedade de transferência de calor

Conceito de temperatura

Em geral associamos o conceito de temperatura com o grau de calor ou frio de um corpo quando o tocamos.

Nossos sentidos (nesse caso o tato) fornece uma indicação qualitativa da temperatura

Mas será que podemos confiar nos nossos sentidos?



Cientistas desenvolverão uma variedade de instrumentos desse tipo que podem fazer este trabalho → ***Termômetros***

Para entender o princípio de funcionamento de um termômetro, precisamos ter claro alguns conceitos:

Sistemas termodinâmicos

Contato térmico

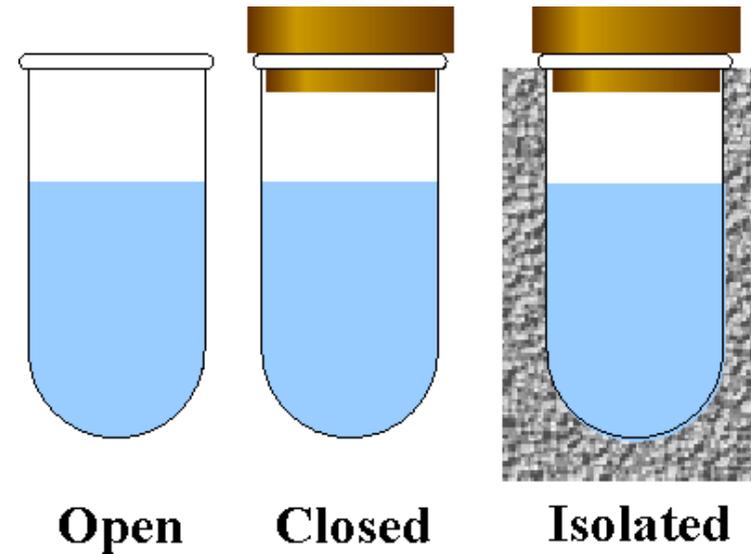
Equilíbrio térmico

Sistemas termodinâmicos

Sistemas abertos podem trocar tanto matéria quanto energia com o ambiente.

Sistemas fechados trocam energia, mas não matéria com o ambiente.

Sistemas isolados não trocam nem energia nem matéria com o ambiente.



Parâmetros macroscópicos internos e externos: temperatura, volume, pressão, energia, campos eletromagnéticos, etc

(valores médios, flutuações são ignoradas)

Não importa qual o estado inicial de um sistema isolado, eventualmente ele chegará ao estado termodinâmico de equilíbrio (nenhum processo macroscópico, apenas movimento microscópico molecular)

Contato térmico e Equilíbrio térmico

Estamos acostumados com o fato que dois objetos em diferentes temperaturas iniciais, atingem alguma temperatura intermediária quando colocados em contacto um com outro.

Ex. Água quente misturada com água fria, coca-cola quente misturada com gelo



Contato térmico: Dois corpos são colocados em uma caixa isolante. Se a temperatura de cada corpo é diferente → **energia é trocada entre eles** (mesmo que eles não estejam em contacto físico) .

Transferência de energia ocorre por calor ou radiação eletromagnética

Sistemas termodinâmicos

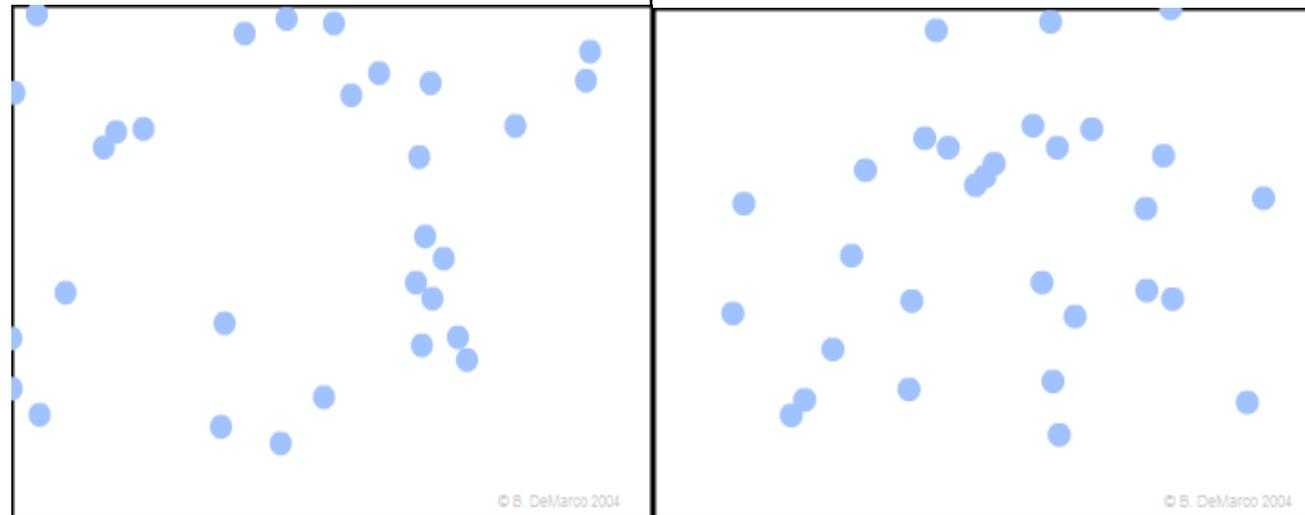
Parede Adiabática



A “quente”

B “frio”

Parede diatérmica



Você pode ser mais realista ?

Parede adiabática

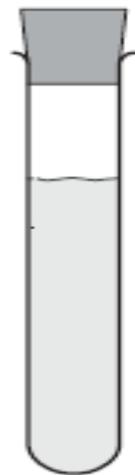
Parede diatérmica



Equilíbrio termodinâmico

Estado do sistema: conjunto de coordenadas que definem a condição do sistema a um dado instante

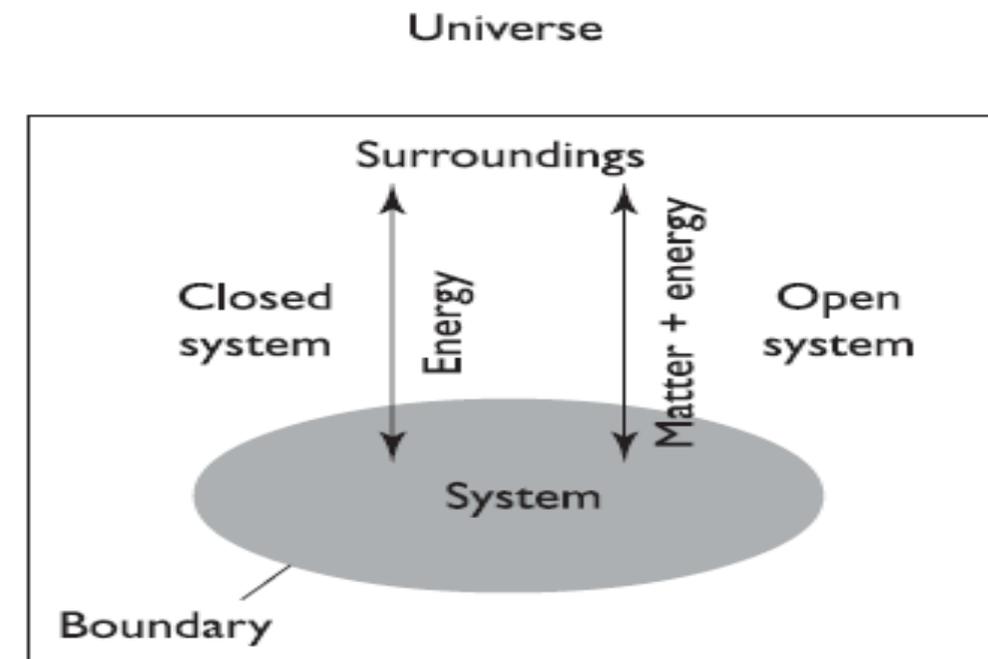
Equilíbrio térmico: é a situação na qual dois objetos *não trocam energia* por calor ou radiação eletromagnética se eles são colocados em contato térmico



(A)

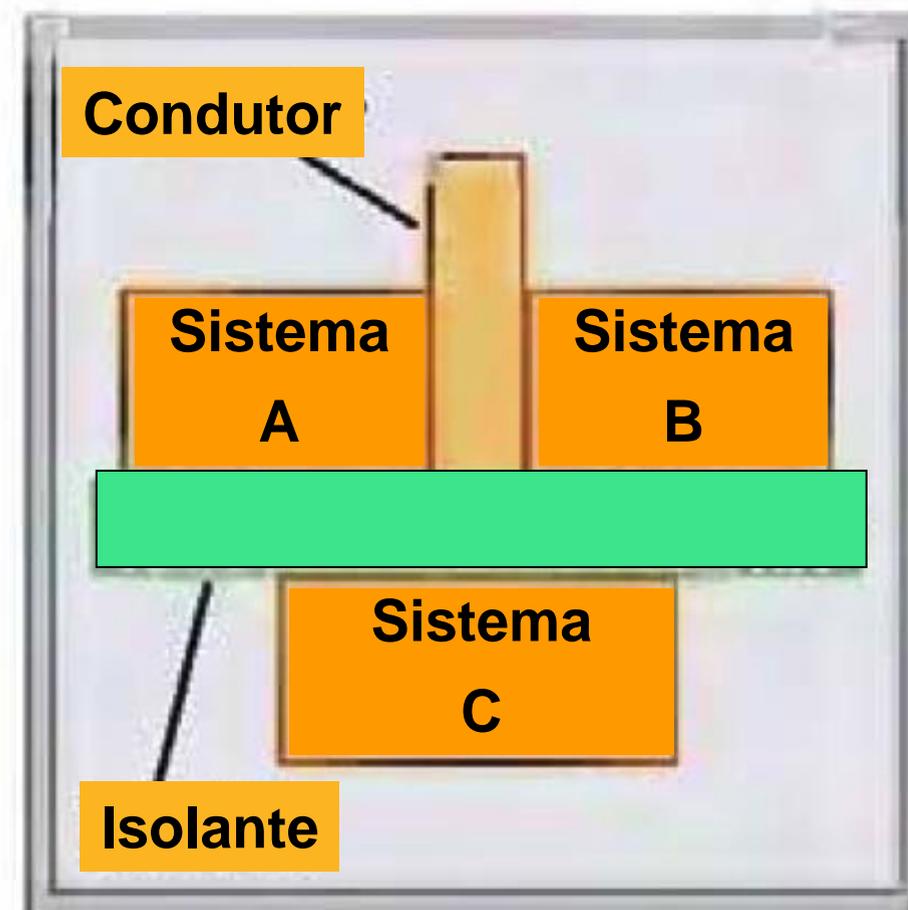
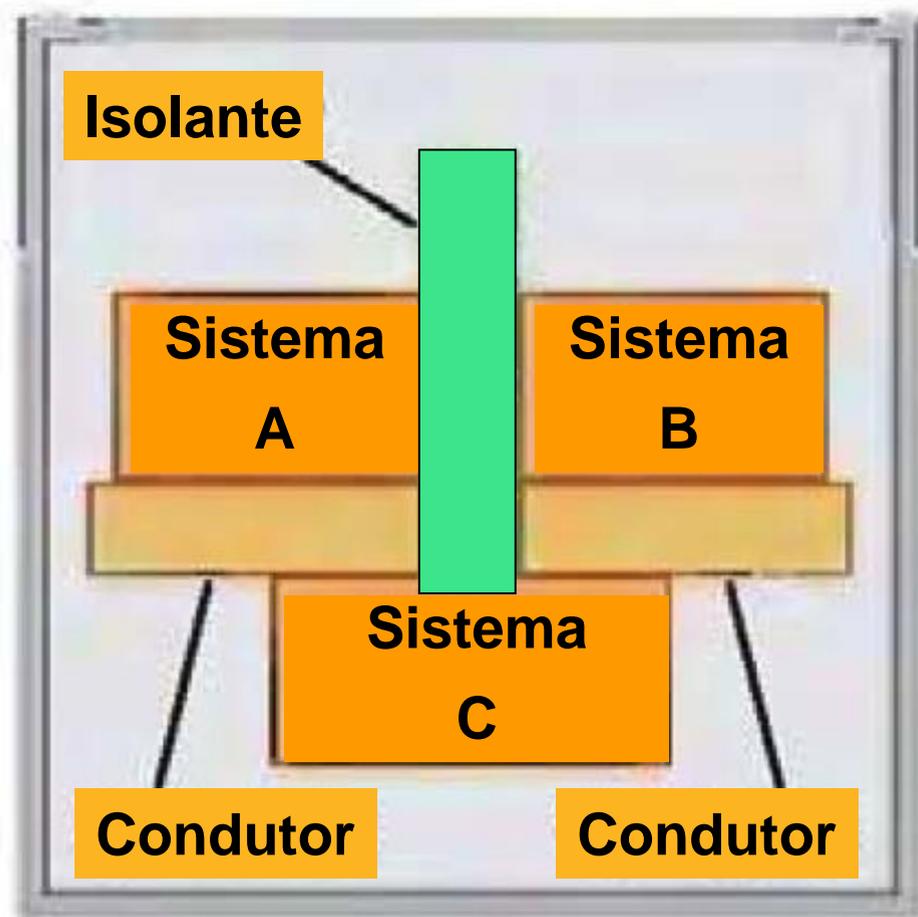


(B)



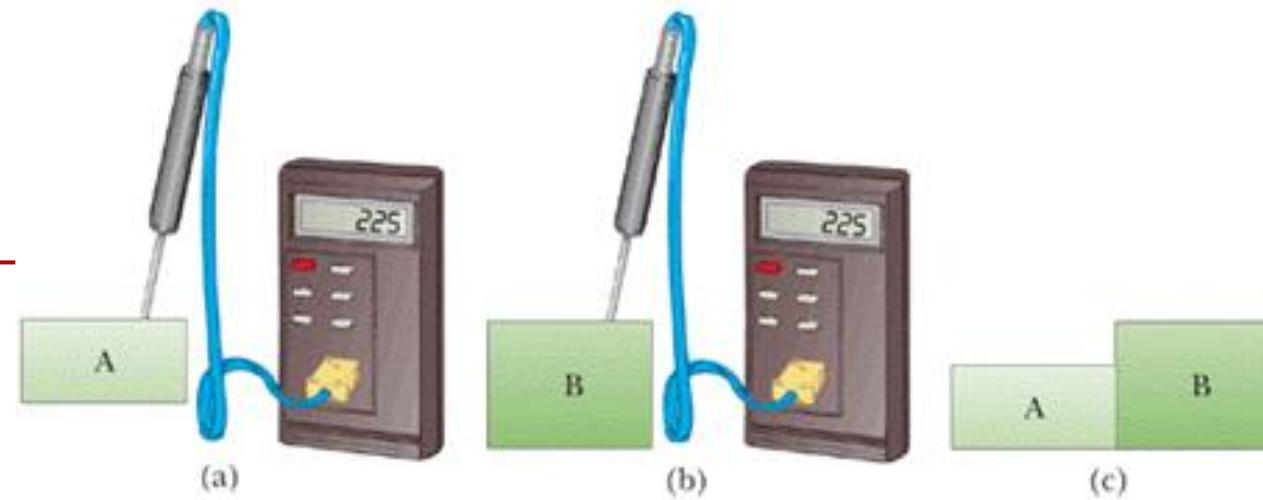
(C)

Equilíbrio térmico



Se dois sistemas estão em contato térmico, o resultado desse contato é que as coordenadas termodinâmicas dos 2 sistemas se alteram até atingir um estado combinado de equilíbrio (equilíbrio térmico)

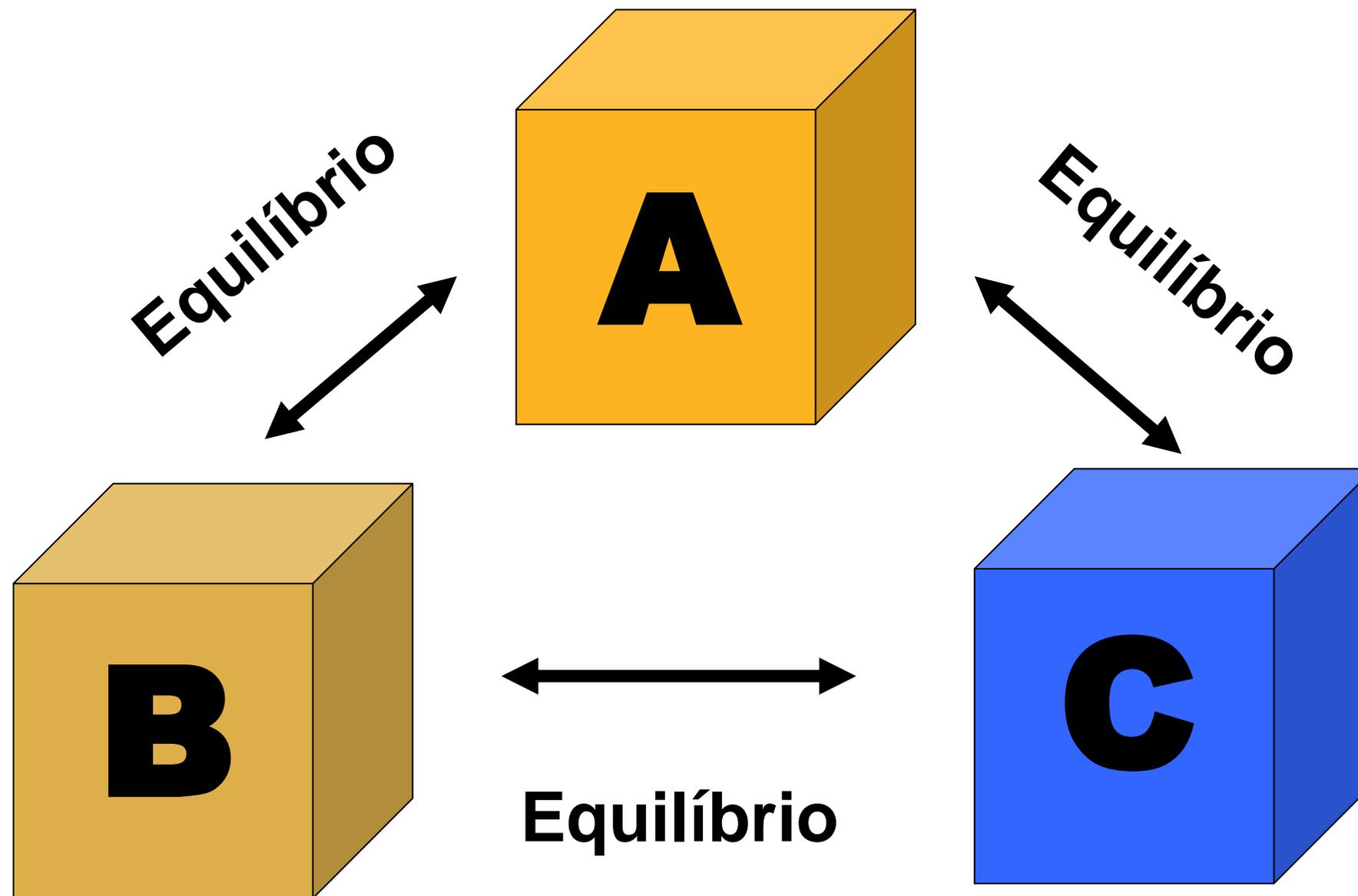
A Lei Zero da Termodinâmica



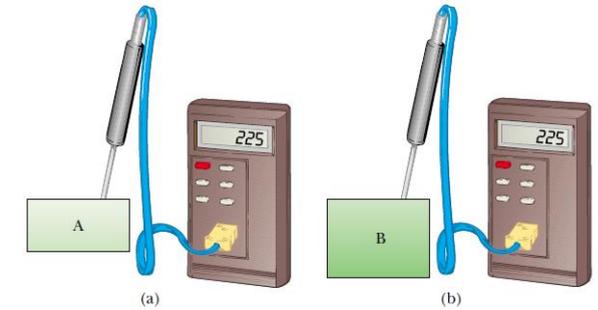
- A) O termômetro T é colocado em contato com o corpo A que está isolado (caixa é feita de um material isolante) – Números variam até estabilizar em “22,5”
- B) Repetimos a operação com o corpo B (figura b). Verificamos que B e T entram em equilíbrio térmico para a mesma leitura
- c) Quando colocamos A e B em contato (figura C). Eles já estão em equilíbrio térmico.

Lei Zero: Se dois corpos A e B estão separadamente em equilíbrio térmico com um terceiro corpo T, A e B estão em equilíbrio térmico entre si

Lei zero da termodinâmica



Em uma linguagem menos formal, a lei zero diz que:



Todo corpo possui uma propriedade chamada **TEMPERATURA**. Quando dois corpos estão em equilíbrio térmico, suas temperaturas são iguais e vice-versa.

No laboratório usamos constantemente a Lei Zero.

Quando queremos saber se dois líquidos em dois recipientes estão à mesma temperatura, medimos isoladamente a temperatura de cada um → sem necessidade de colocá-los em contato térmico.

Termômetros e escalas de temperatura

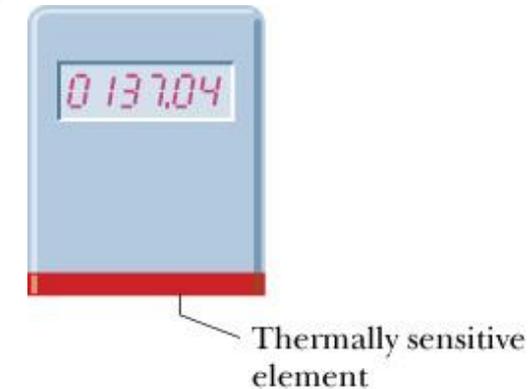
Corpos sofrem mudanças consideráveis quando: são aquecidos ou resfriados. Por exemplo quando aquecemos

Líquido → aumenta de volume

Barra de metal → fica mais comprida (dilata)

Resistência elétrica em um fio → aumenta

Pressão de gás confinada → aumenta



Qualquer dessas propriedades podem ser usada como base para um instrumento que mede temperatura .

O instrumento na figura possui essa capacidade, quando:

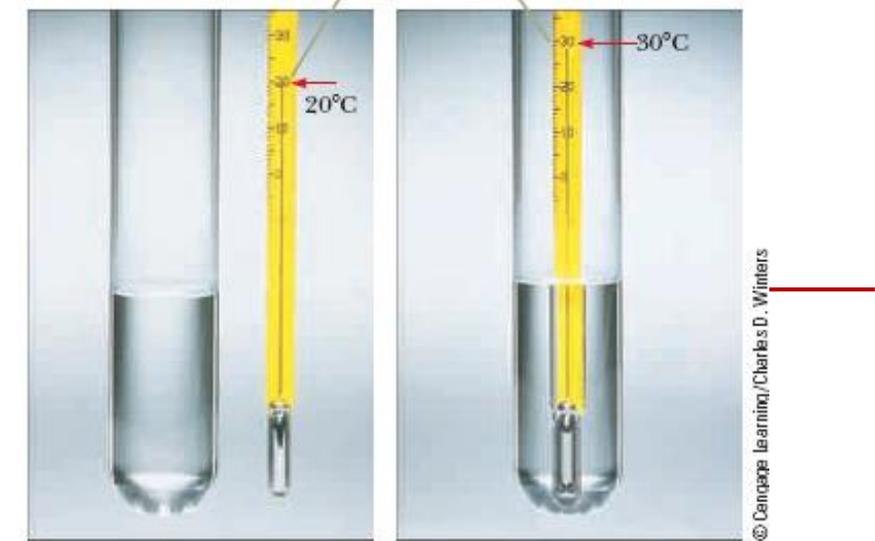
Aquecido → o número no mostrador aumenta

Resfriado → o número no mostrador diminui

O instrumento ainda não está calibrado (números sem significado físico) nome → termoscópio (não é um termômetro ainda!)

→ Um termômetro comum consiste em um fluido, geralmente mercúrio ou álcool que se expande em um tubo capilar quando sua temperatura aumenta.

Propriedade física que muda neste caso é o volume



→ Qualquer variação de temperatura pode ser definida como sendo proporcional ao comprimento da coluna de fluido

→ O termômetro pode ser calibrado colocando-o em contato térmico com um sistema que esteja em equilíbrio térmico.

Exemplo: Água e gelo em equilíbrio térmico na pressão atmosférica.

Água e vapor em equilíbrio térmico na pressão atmosférica.

→ **A escala Celsius de temperatura é definida como tendo seu**

0°C → ponto de congelamento da água (ponto de gelo)

100 ° C → ponto de ebulição da água (ponto de vapor)

→ **Escala Celsius é criada dividindo 100 segmentos iguais → definição de 1° C.**

Escalas de temperatura

$$\theta = (L - L_0) / (L_{100} - L_0)$$

A - Escala Celsius (Anders Celsius 1701-1744)

Pontos de referência:

1. Água congela a Zero graus Celsius 0°C
2. Água evapora a 100 graus Celsius 100 °C

Entre pontos de ref 1 e 2, 100 divisões iguais.

B - Escala Fahrenheit (Fahrenheit 1686-1736)

Pontos de referência:

1. Menor "temperatura" que ele achou em seu lab
2. Temperatura do corpo humano (96 °F)

Água congela a 32°F e evapora a 212°F

Correspondência entre algumas Temperaturas

TABLE 18-1

Some Corresponding Temperatures

Temperature	°C	°F
Boiling point of water ^a	100	212
Normal body temperature	37.0	98.6
Accepted comfort level	20	68
Freezing point of water ^a	0	32
Zero of Fahrenheit scale	≈ -18	0
Scales coincide	-40	-40

^aStrictly, the boiling point of water on the Celsius scale is 99.975°C, and the freezing point is 0.00°C. Thus, there is slightly less than 100 C° between those two points.

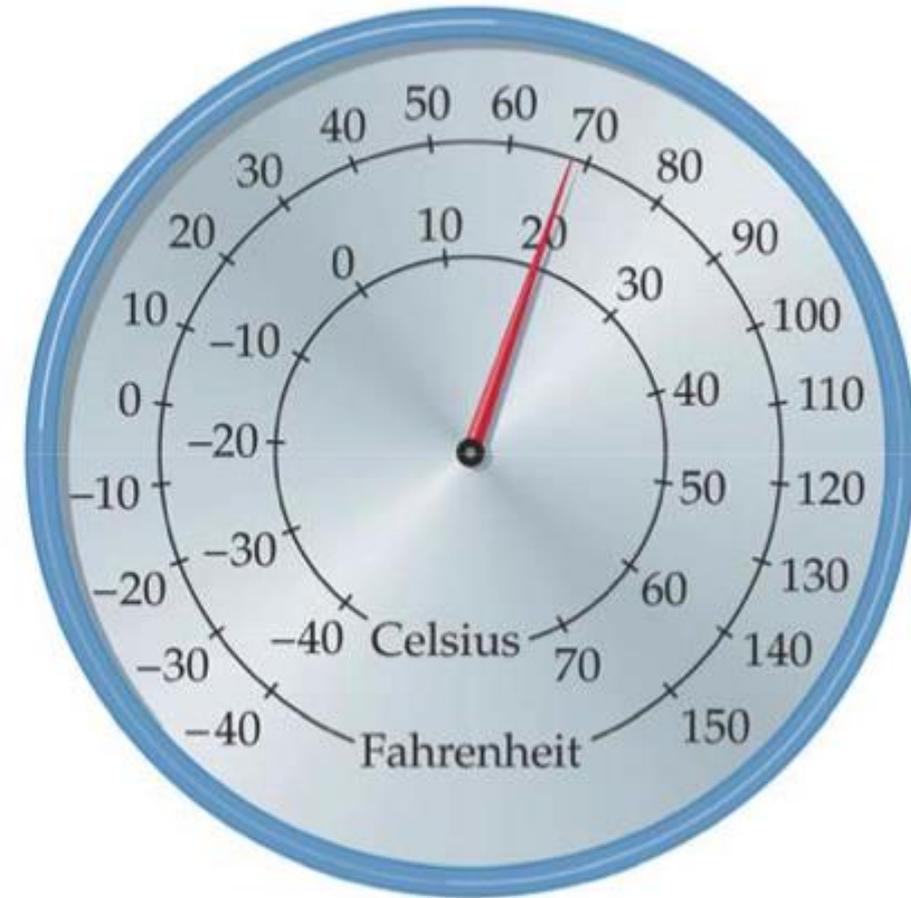
Conversão: apenas útil se for para os EUA

Celsius → Fahrenheit

$$T_F = \frac{9F^\circ}{5C^\circ} T_C + 32^\circ C$$

Fahrenheit → Celsius

$$T_C = \frac{5C^\circ}{9F^\circ} T_F - 32^\circ C$$



NOTE: 1 grau não é 1 grau ? Mas quando coincidem ?

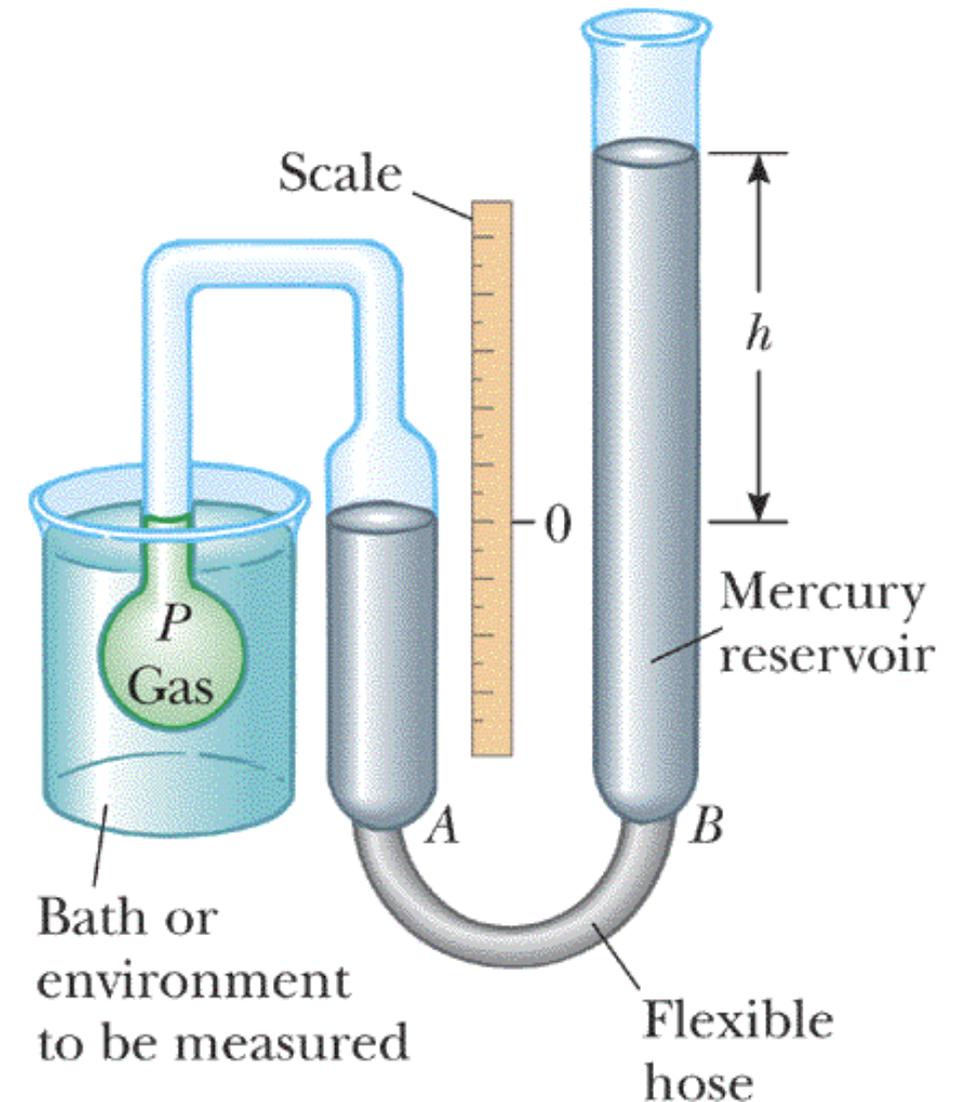
Termômetro de gás a volume constante

•Embora seja prático, o termômetro de mercúrio e álcool não definem a temperatura de uma maneira fundamental (unívoca).

PROBLEMA: As medidas feitas com termômetros com diferentes fluidos, apresentam variações.

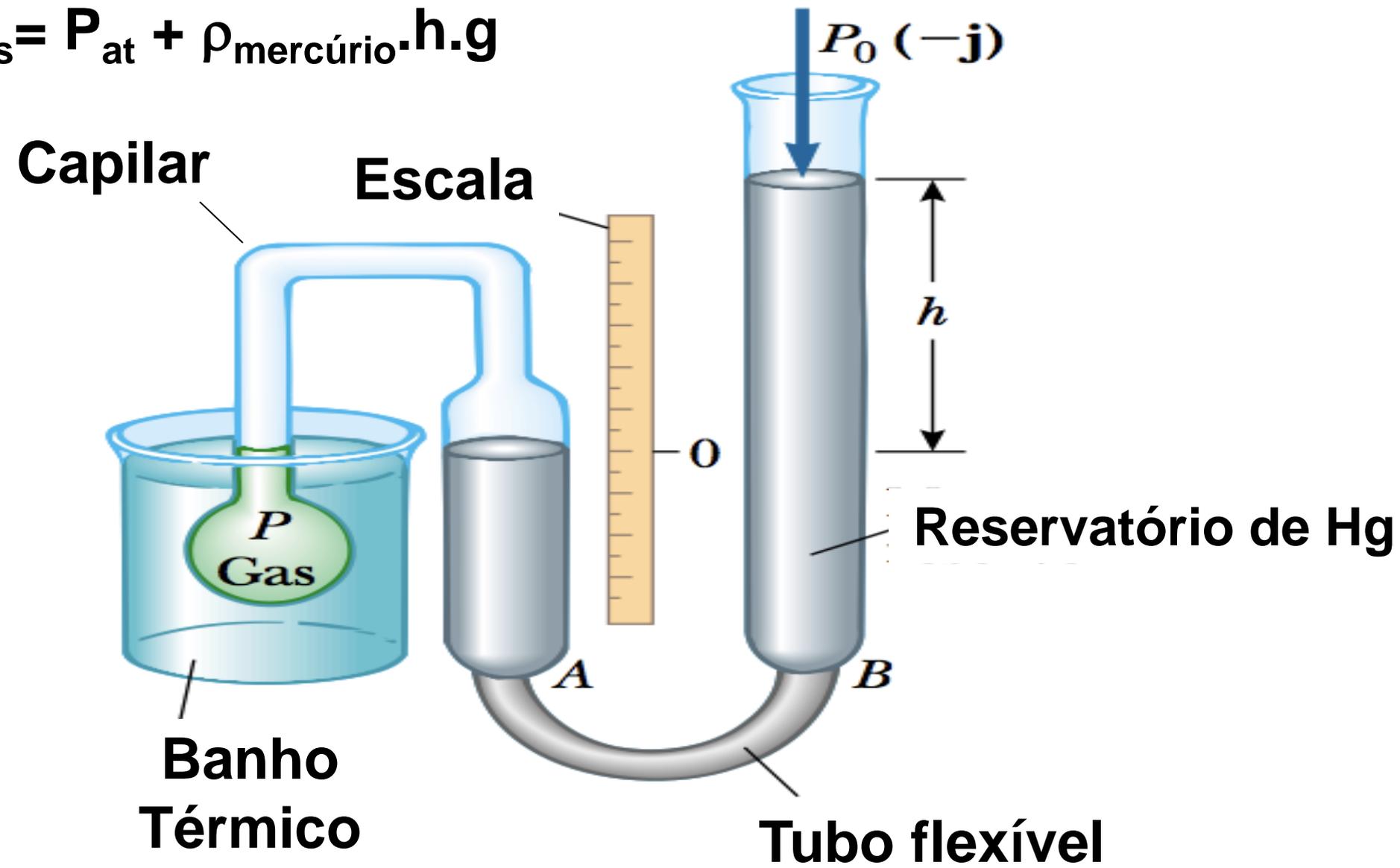
•Somente o termômetro de gás consegue relacionar a temperatura à energia interna e suas leituras são quase independentes da substância (gás) utilizada nele.

O que observamos neste dispositivo é a variação da pressão com a temperatura a volume constante



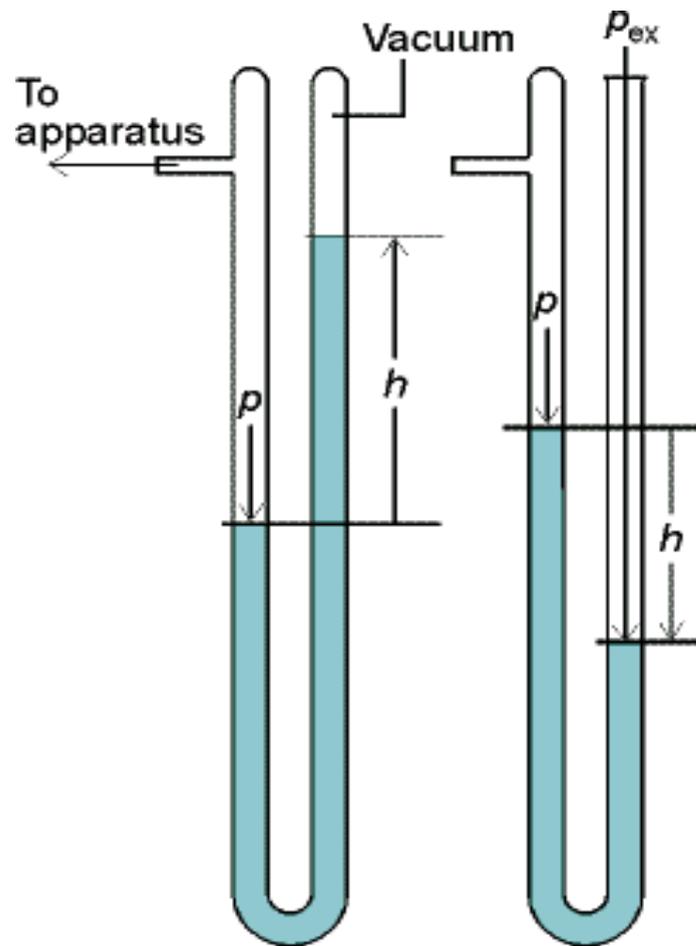
Termômetro a gás a Volume cte.

$$P_{\text{gás}} = P_{\text{at}} + \rho_{\text{mercúrio}} \cdot h \cdot g$$



Pressão

Equilíbrio mecânico, condição de igualdade de pressão em ambos os lados de uma parede móvel.



manômetro:

$$P = P_{ex} + \rho gh$$

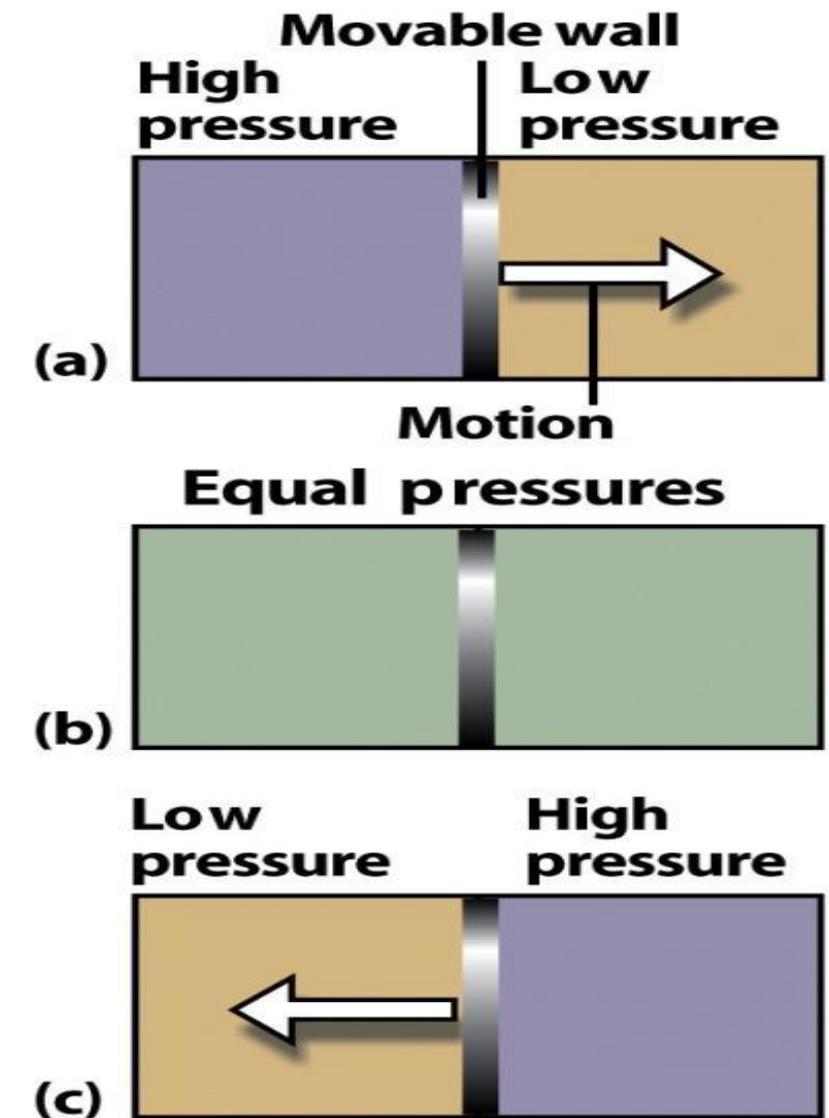
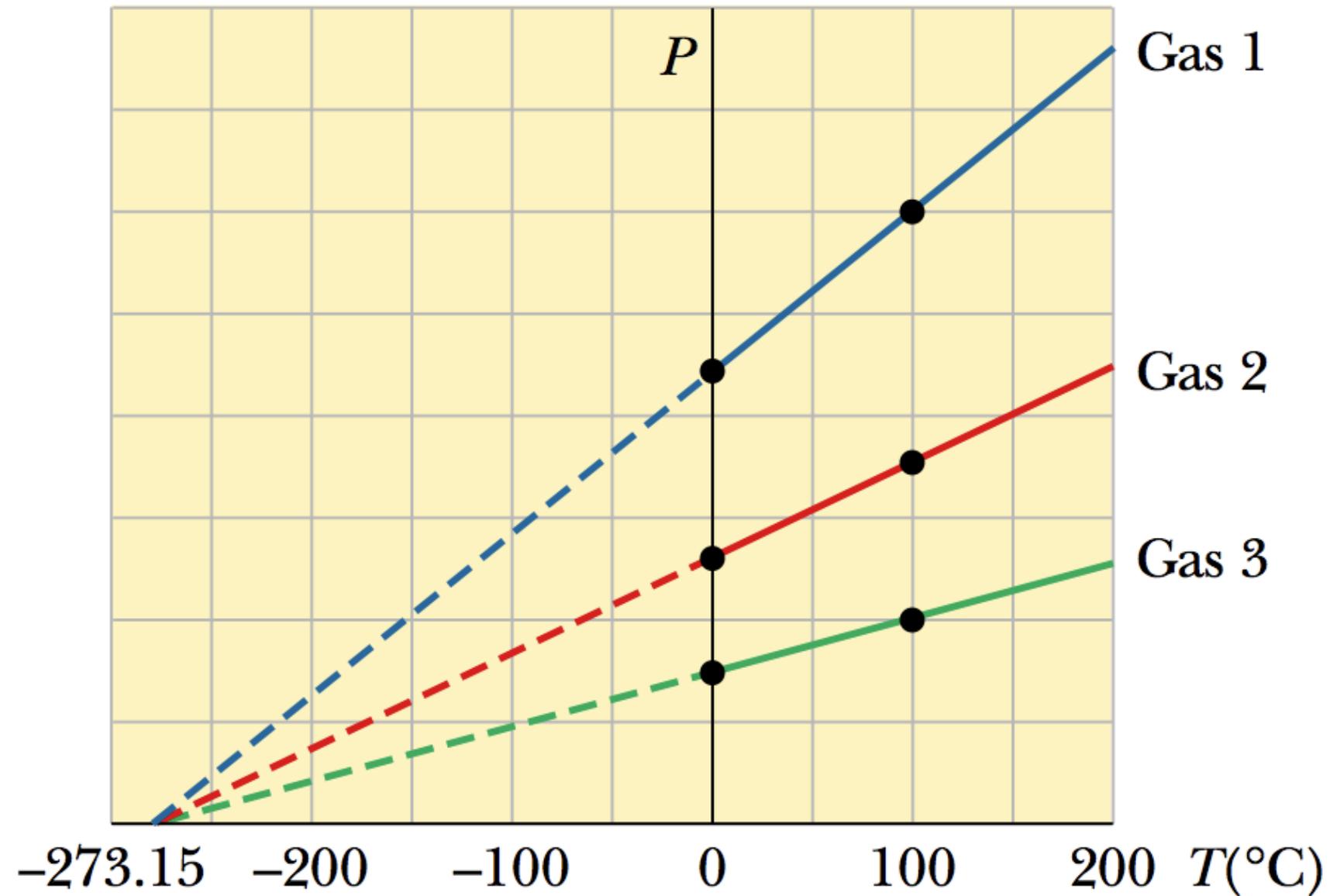


Figure 1-1
Atkins Physical Chemistry, Eighth Edition
© 2006 Peter Atkins and Julio de Paula

Comparação para diferentes gases



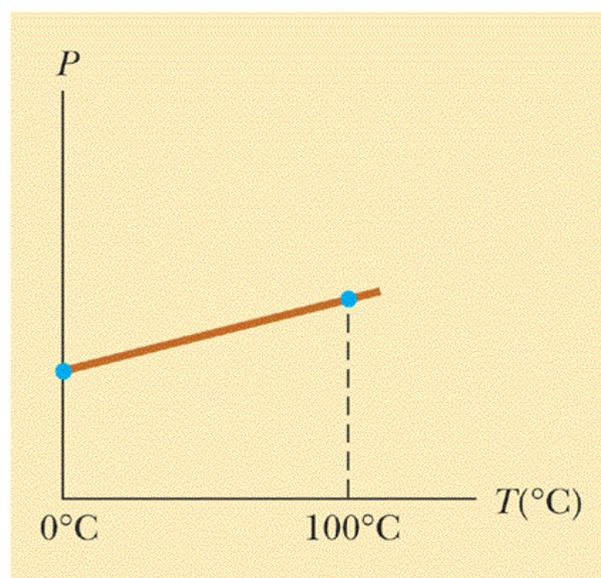
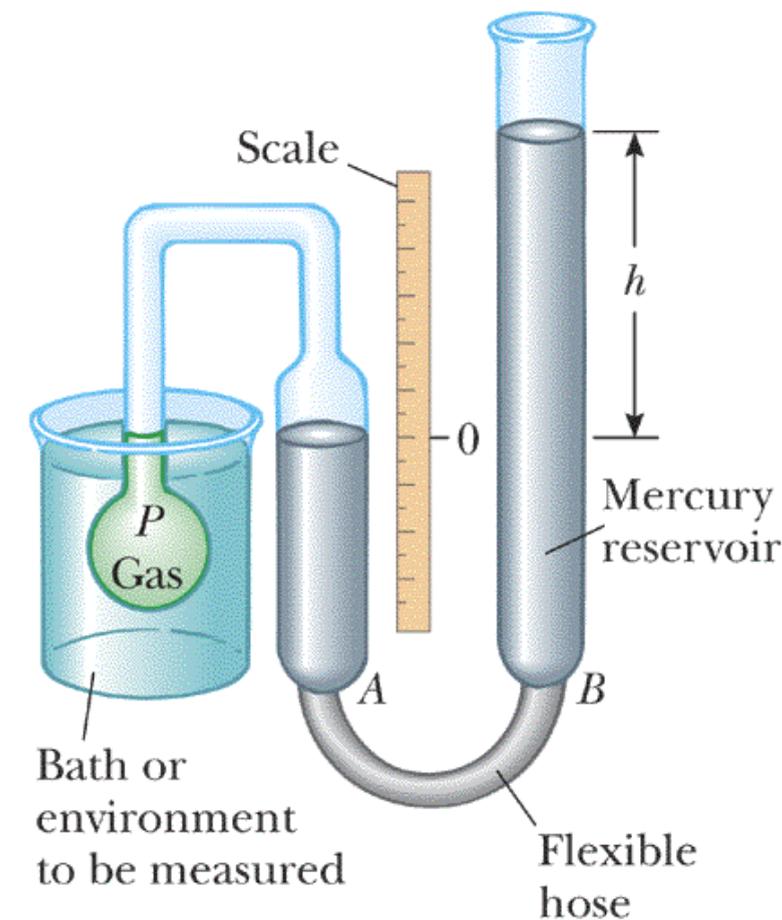
Extrapolação da relação entre Temperatura e Pressão : Zero Absoluto (-273.15 $^{\circ}\text{C}$)

- **Processo de Calibração:** O frasco de gás P é introduzido em um banho de gelo e o reservatório B de mercúrio é levantado ou abaixado até que o volume do gás confinado seja indicado pelo ponto zero da régua.

- A altura h (diferença da altura do reservatório de mercúrio e a coluna A) indica a pressão no frasco a 0° C através da equação.

$$p = p_0 - \rho gh$$

- O mesmo procedimento é repetido, com o banho sendo realizado com a água no ponto de ebulição, resultando em um novo valor para h, indicando assim o valor da pressão a 100 ° C, como mostra o gráfico



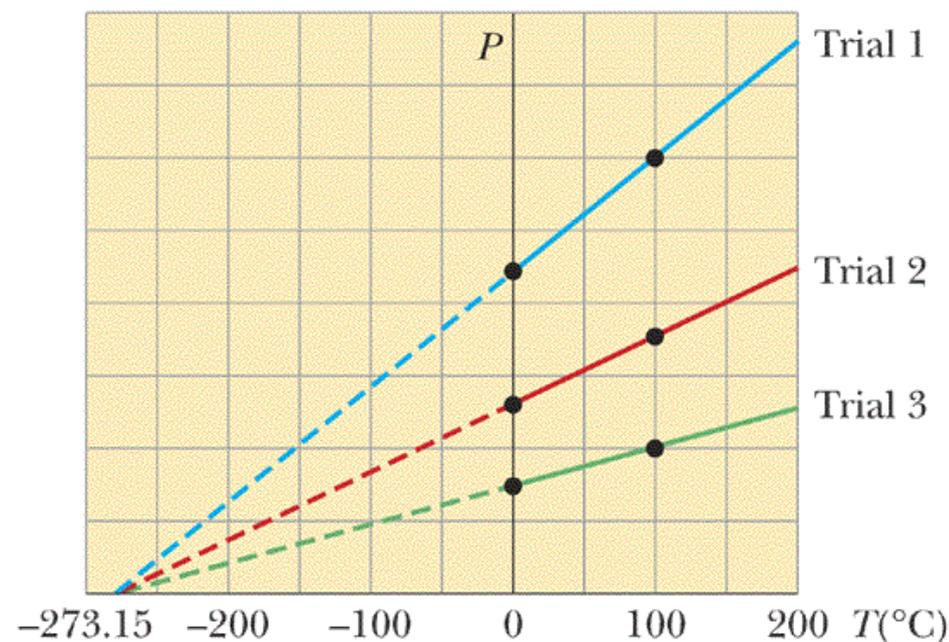
A linha que conecta estes dois pontos é a curva de calibração para medição de temperaturas desconhecidas

No laboratório vocês podem determinar a curva de calibração de um termistor!

O que acontece com a curva de calibração se trocamos o gás que está confinado no frasco ?

→ Experimentos mostram que as leituras dos termômetros são quase independentes do tipo do gás utilizado (desde que a pressão seja baixa e a temperatura esteja bem acima do ponto em que o gás se liquefaz)

→ Podemos executar medidas com um gás no frasco, com diferentes pressões iniciais a 0°C . Geraremos as seguintes curvas de calibração



Se as curvas forem extrapoladas rumo à pressão zero vemos que a temperatura é $273,15^{\circ}\text{C}$ independente do gás ou valor de pressão inicial que está sendo utilizado

Esse resultado sugere que essa **temperatura é universal** (não depende da substância usada no termômetro)

Pressão mais baixa possível é $P=0 \rightarrow$ vácuo perfeito \rightarrow zero absoluto

Termômetro a gás

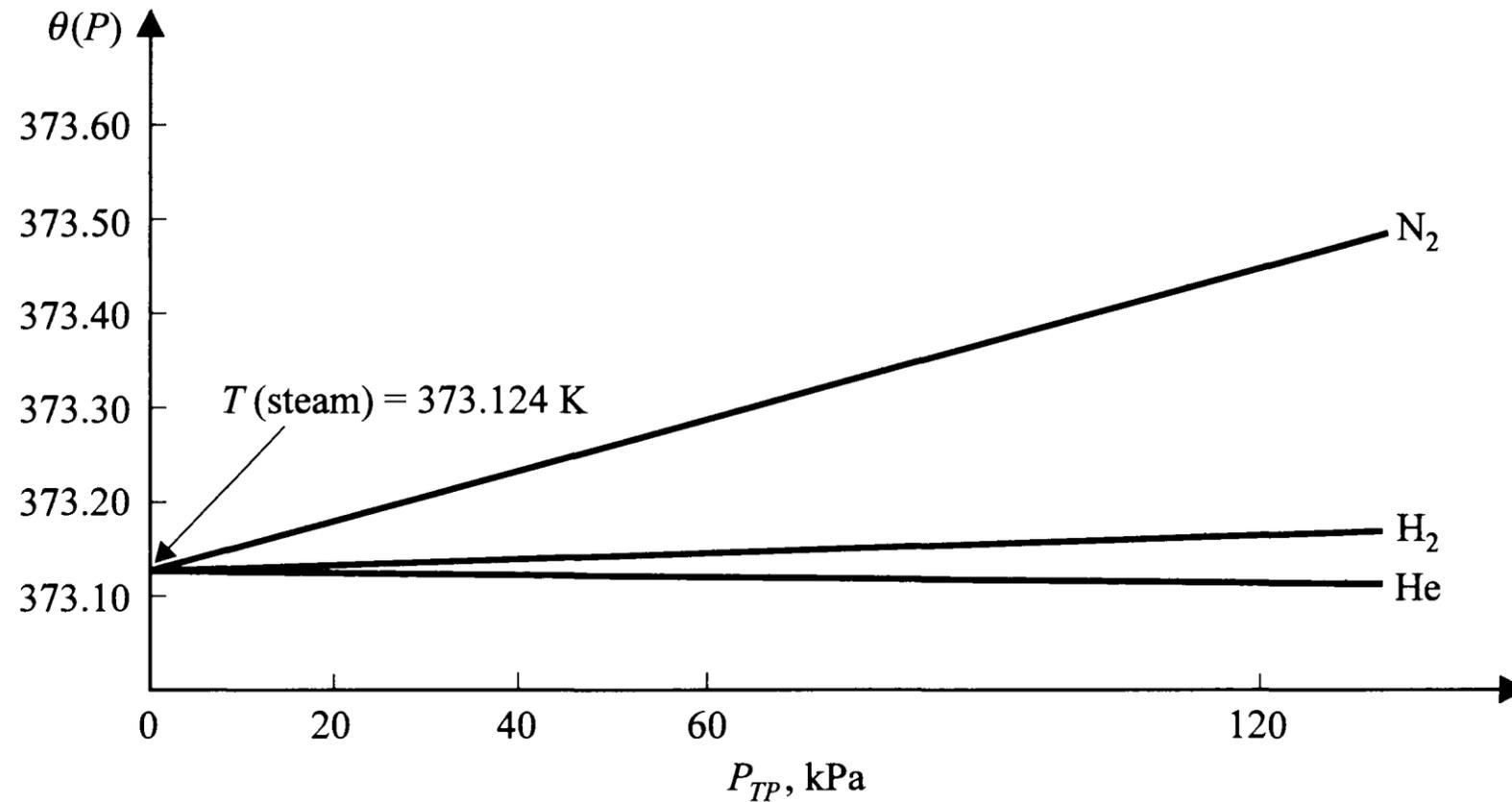
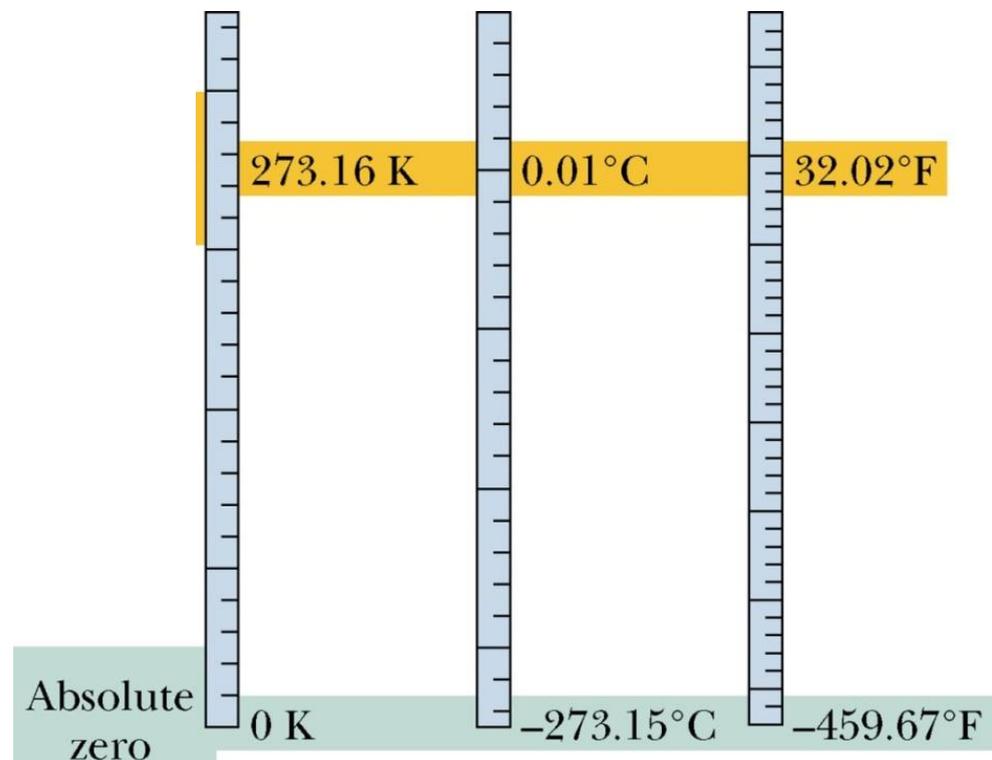


FIGURE 1-7

Readings of a constant-volume gas thermometer for the temperature of steam (NBP of water) when different gases are used at various arbitrary values of P_{TP} . (Limiting value obtained from R. L. Rusby, R. P. Hudson, M. Durieux, J. F. Schooley, P. P. M. Steur, and C. A. Swenson: *Metrologia*, vol. 28, pp. 9–18, 1991.)

As Escalas Celsius, Kelvin e Fahrenheit

Essa temperatura é utilizada como base para a escala Kelvin de temperatura, que estabelece $-273,15^\circ\text{C}$ tem como seu ponto zero (0 k)



A escala de temperatura Kelvin é usada basicamente no trabalho científico. Para aplicações do dia-dia a escala Celsius é mais utilizada. **O grau Celsius tem o mesmo valor numérico que um Kelvin.** O zero da escala Celsius está deslocado

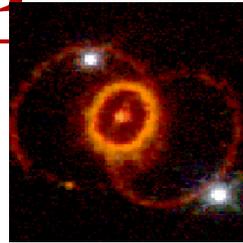
$$T_C = T - 273.15^\circ.$$

A escala Fahrenheit é usada nos EUA e emprega um grau menor que o grau da escala Celsius e um zero de temperatura diferente $0^\circ = 32^\circ\text{F}$.

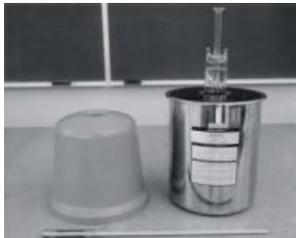
A relação entre as escalas Celsius e Fahrenheit é dada pela equação

$$T_F = \frac{9}{5}T_C + 32^\circ,$$

Temperatura: ordens de grandeza



Núcleo de um Supernova
100,000,000,000 K



Célula de ponto triplo - 273.16 K



lava
1,200 K



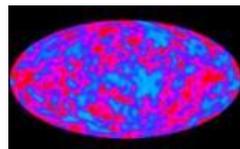
Gelo
273 K



Gelo Seco
164 K

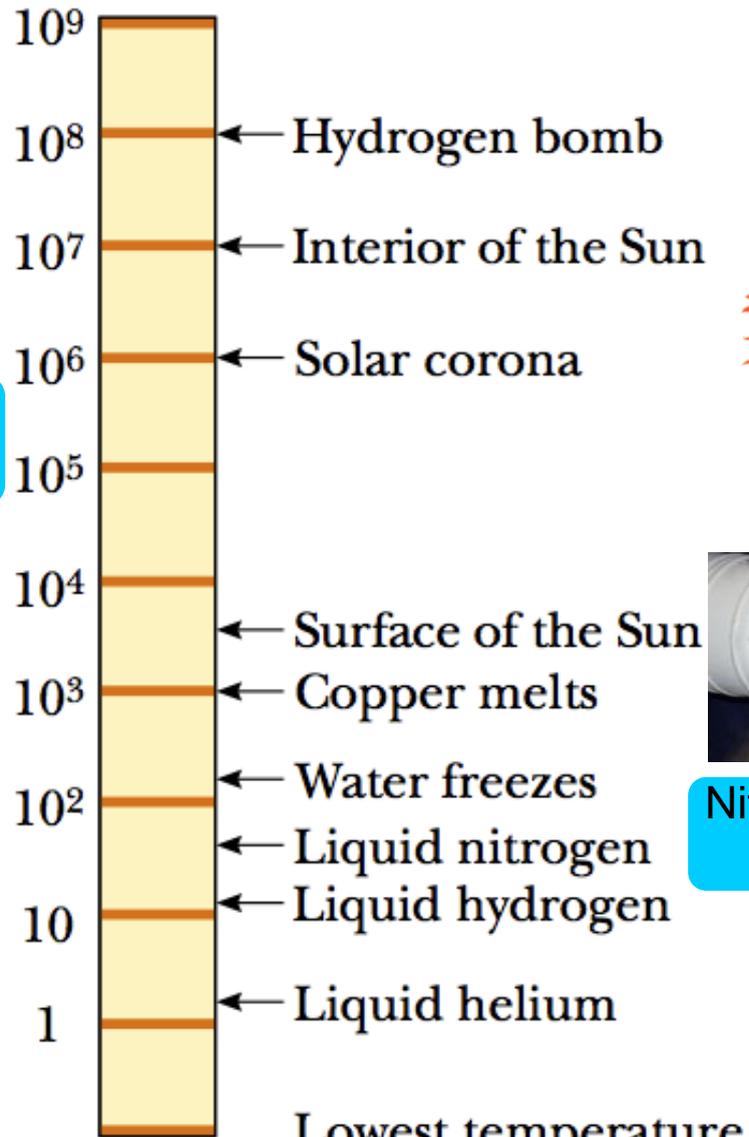


He líquido
4 K



Universo
2.7 K

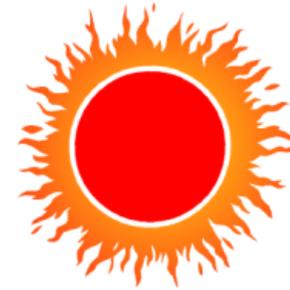
Temperature (K)



Lowest temperature achieved $\sim 10^{-7}$ K

Ponto fixo padrão

Metrologia



Núcleo do Sol
15,000,000 K
Superfície do Sol
6,000 K



Nitrogênio líquido
77 K

Temperatura Ambiente
294 K



Refrigerador a diluição
0.003 K

Resumo da aula

Dois objetos estão em equilíbrio térmico um com o outro se não trocam energia quando estão em contato térmico

Temperatura é a propriedade que determina se um corpo está em equilíbrio térmico com outros. Se eles estão em equilíbrio térmico estão na mesma temperatura. A unidade no SI de temperatura absoluta é o Kelvin.

Enunciado a lei Zero da termodinâmica

Com essa aula vocês já podem fazer os exercícios da parte de Termometria da lista.
