Termodinâmica e Estrutura da Matéria

13/Fev/2013 – Aula 1

Temperatura e a Lei Zero da Termodinâmica

Sistema Termodinâmico

Termómetros e Escalas de Temperatura

Descrição macroscópica dos gases ideais

Equação dos gases ideais

Temperatura e a Lei Zero da Termodinâmica

Calor

Energia transferida entre dois objectos que estão a temperaturas diferentes.

Contacto térmico

Dois objectos estão em contacto térmico se puder existir transferência de calor entre eles

Equilíbrio térmico

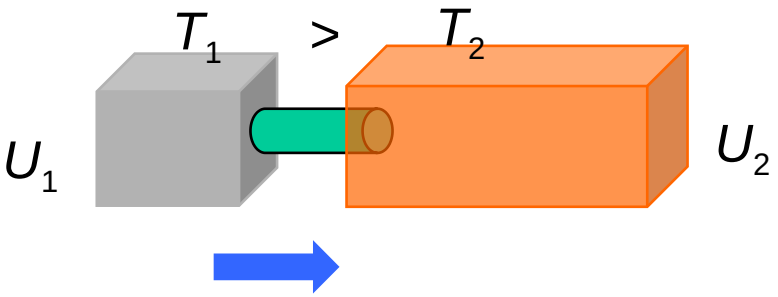
Dois objectos em contacto (térmico) estarão em equilíbrio térmico se não existirem trocas de calor entre si.

Temperatura

Medida do movimento dos átomos e moléculas individuais num gás, líquido ou sólido.

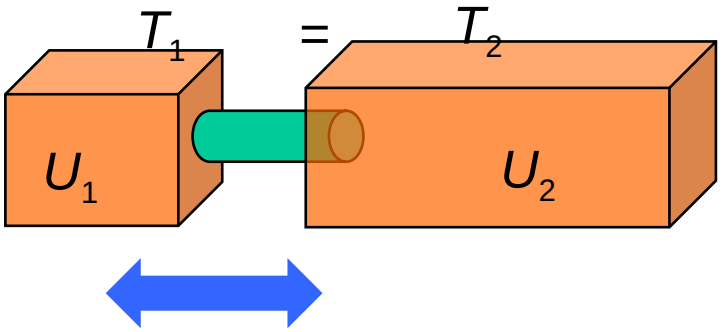
Temperatura

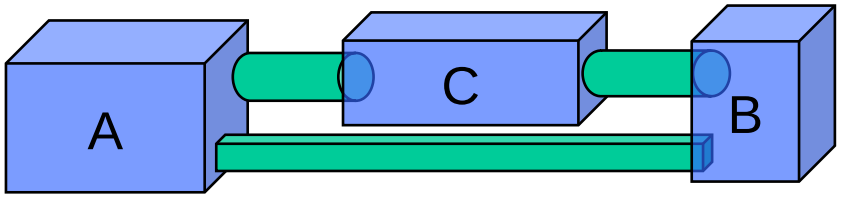
É a "característica" que determina se dois objectos poderão estar em equilíbrio térmico.



Lei Zero da Termodinâmica

Se dois objectos A e C estiverem em equilíbrio térmico com um objecto B, então estão em equilíbrio entre si.

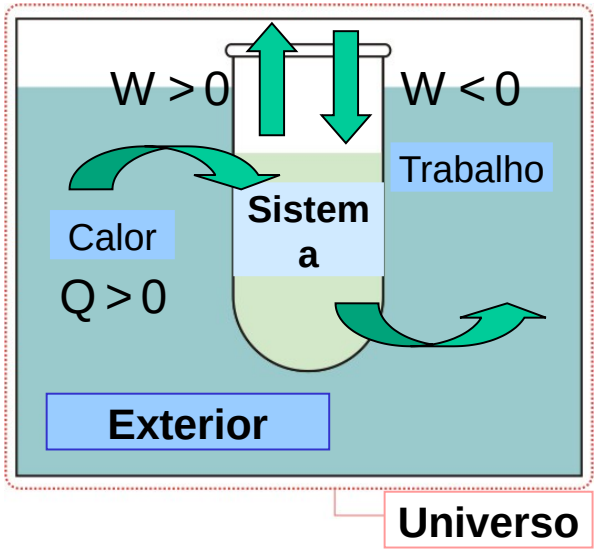




Sistema Termodinâmico

Sistema (termodinâmico)

Conteúdo material no interior de uma superfície.



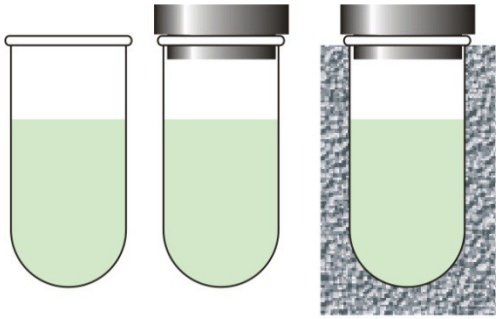
Classificação dos sistemas termodinâmicos

Aberto: troca matéria (e energia) com o exterior.

Fechado: não troca matéria com o exterior (pode trocar energia).

Mecanicamente isolado: encontra-se livre de qualquer acção exterior.

Termodinamicamente isolado: não troca trabalho, calor ou matéria com o exterior.



Aberto Fechado Isolado

Sistema estacionário

Os parâmetros macroscópicos que definem o seu estado não variam no tempo.

Sistema isolado em equilíbrio termodinâmico

Sistema (isolado) em estado estacionário:

T = constante $\rightarrow$ distribuição uniforme

p = constante $\rightarrow$ distribuição uniforme.

Sistema fechado em equilíbrio termodinâmico

Sistema (fechado) em equilíbrio:

térmico, $T = T_{ext}$ = constante

mecânico, $p = p_{ext}$ = constante .

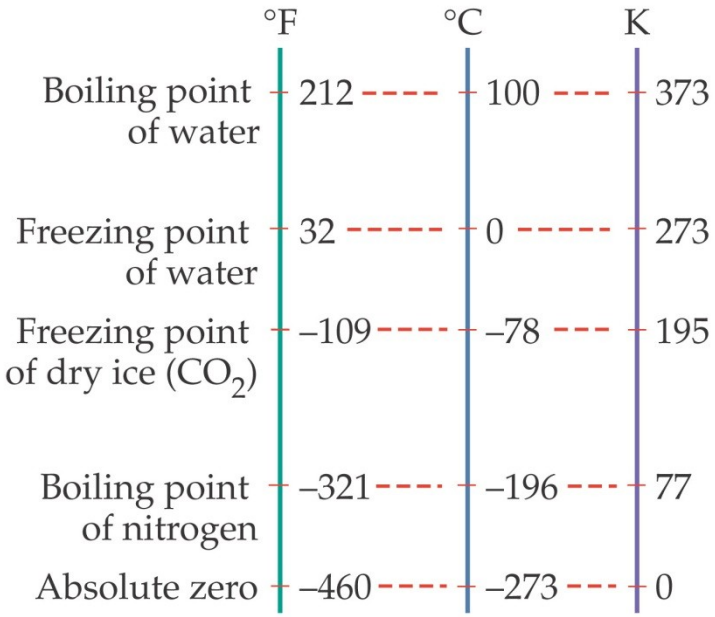
Escalas de Temperatura

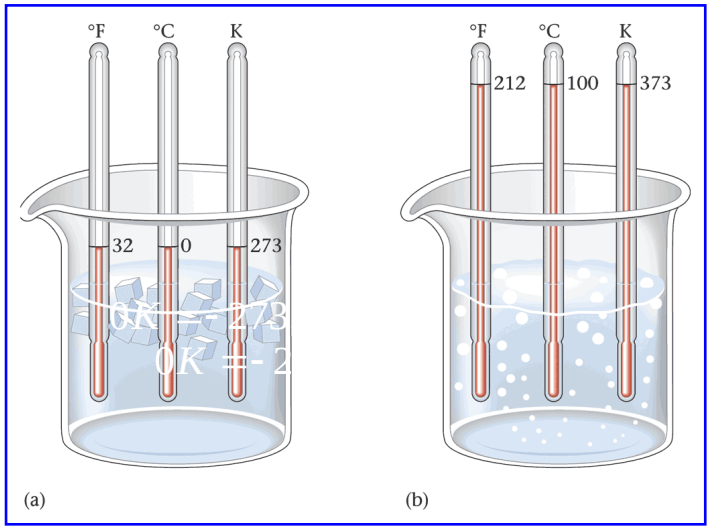
Celsius - a água congela a 0 ºC e ferve a 100 ºC.

Fahrenheit - a água congela a 32ºF e ferve a 212 ºF.

Kelvin - a água congela a 273,15K e ferve a 373,15K.

Zero Absoluto - temperatura mais baixa possível: 0 K = -273,15 ºC.





Conversão entre as escalas Celsius e Fahrenheit:

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

Conversão entre graus Celsius e Kelvin:

$$T_C = T_K - 273{,}15$$

Termómetros e Escalas de Temperatura

Os termómetros utilizam propriedades físicas que se modificam com a temperatura:

1) volume de um líquido
2) dimensões de um sólido
3) pressão de um gás a volume constante
4) volume de um gás a pressão constante
5) resistência eléctrica de um condutor ou semicondutor
6) cor de um objecto
7) cor transmitida ou reflectida por um cristal líquido
8) intensidade da radiação térmica

…etc.

$$T_{°F} = (9\,°F/°C)T_{°C} + 32\,°F$$

No entanto, as substâncias de que são feitos os termómetros podem não ter um comportamento linear em toda a gama de temperaturas. E quando ultrapassam determinados limites de temperatura podem mudar de estado.

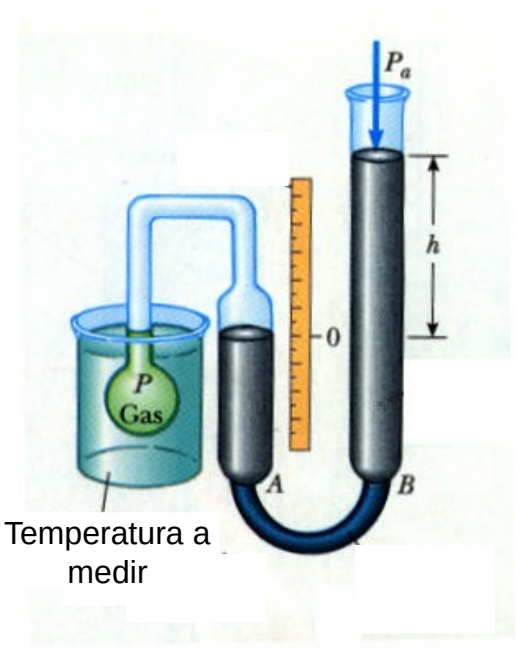
Características mais importantes

- ✓ **sensibilidade**
- ✓ **precisão**
- ✓ **reprodutibilidade**
- ✓ **velocidade**

Termómetro de gás a Volume constante

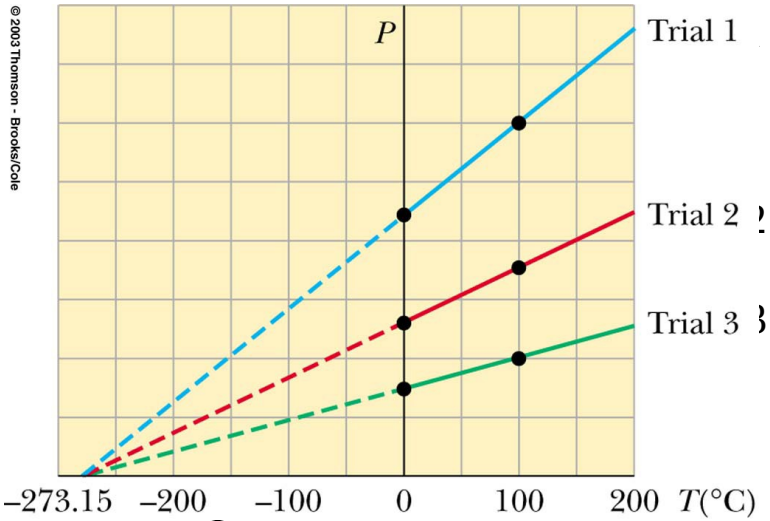
Mantém o nível de referência fixo ⊣ mantém o volume de gás constante:

- **quando a temperatura do gás varia, a altura *h* varia**
- **a pressão do gás é proporcional a *h*.**



$$P = P_0 + \rho\, g\, h$$

Para termómetros de gás a volume constante compostos por diferentes gases, obtém-se curvas com declives diferentes mas a mesma ordenada na origem.



0 K

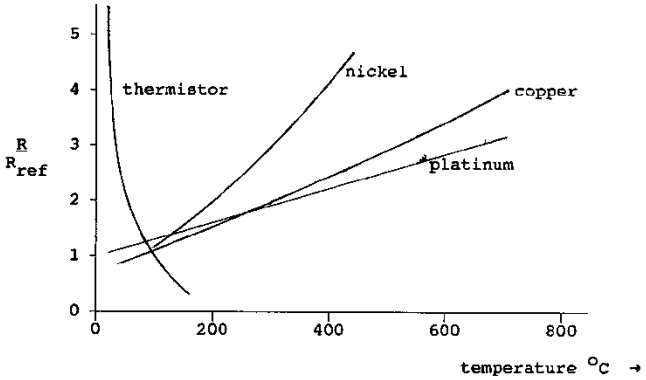
Foi com base em curvas deste tipo que se chegou à escala de Kelvin: a ordenada na origem corresponde ao zero absoluto.

Actualmente, as escalas de temperatura são estabelecidas com base num único ponto, o ponto triplo da água, que corresponde à temperatura para a qual a água líquida, o vapor de água e o gelo coexistem em equilíbrio: 273,16 K.

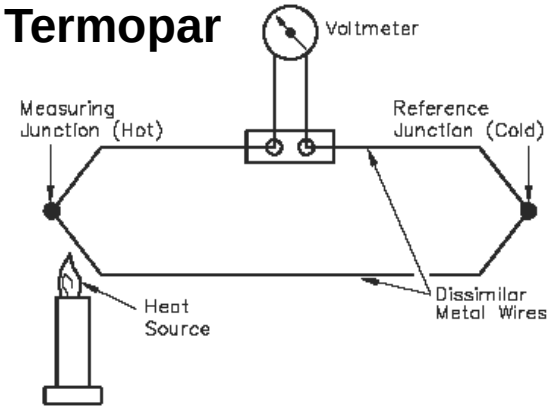
Exemplos de termómetros

Álcool

RTD



Termopar



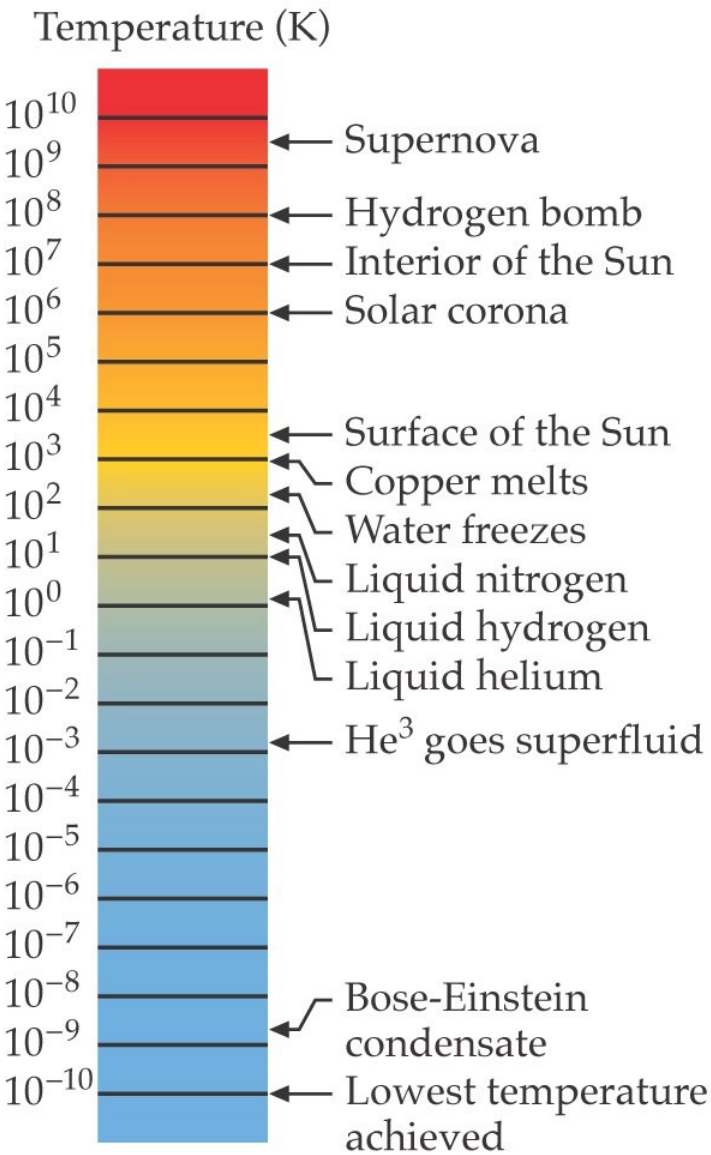
Pirómetro IR

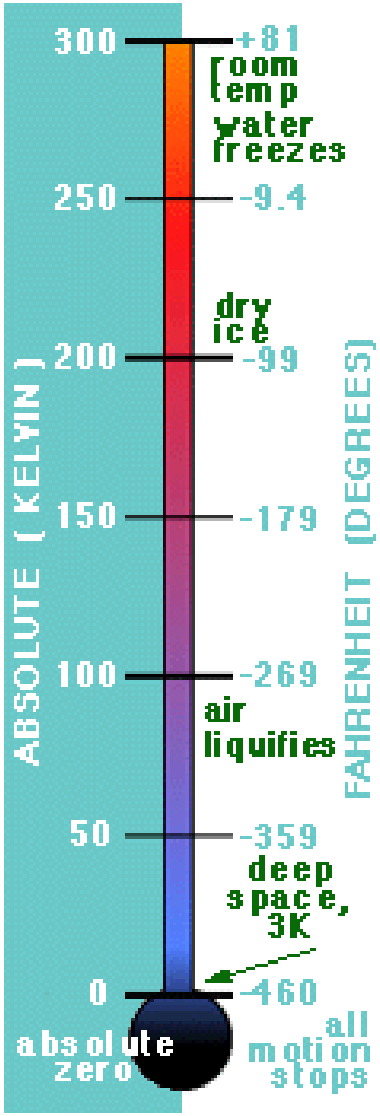
Um termómetro de gás a volume constante apresenta uma pressão de 5000 Pa quando a temperatura do gás é de 0º C.

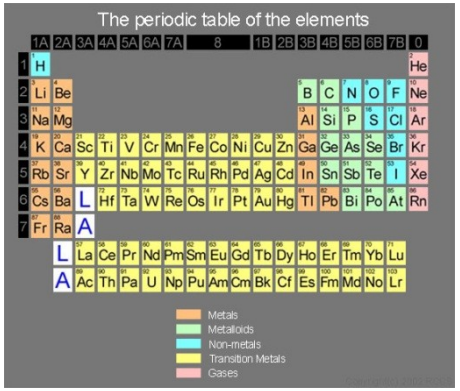
Qual é a temperatura quando a pressão é de 2000 Pa?

$$\frac{T_2}{T_1} = \frac{P_2}{P_1} \quad \Rightarrow \quad \frac{T_2}{273{,}15} = \frac{2000}{5000}$$

$$\Rightarrow \quad T_2 = 109{,}26\,K = -163{,}9\,^{o}C$$







Temperaturas de fusão

simulação

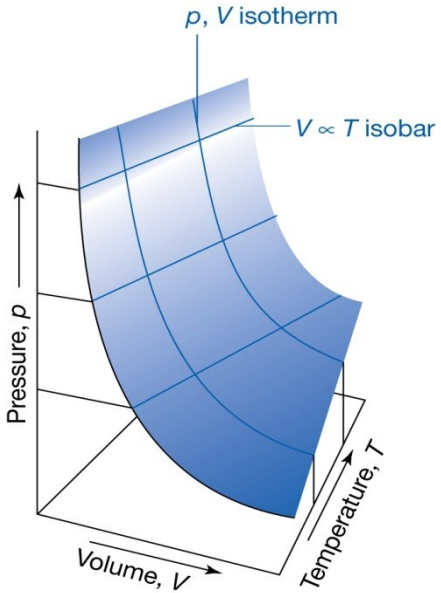
Descrição macroscópica de um gás ideal

① ***T*** **= temperatura**

 n **= quantidade de material**

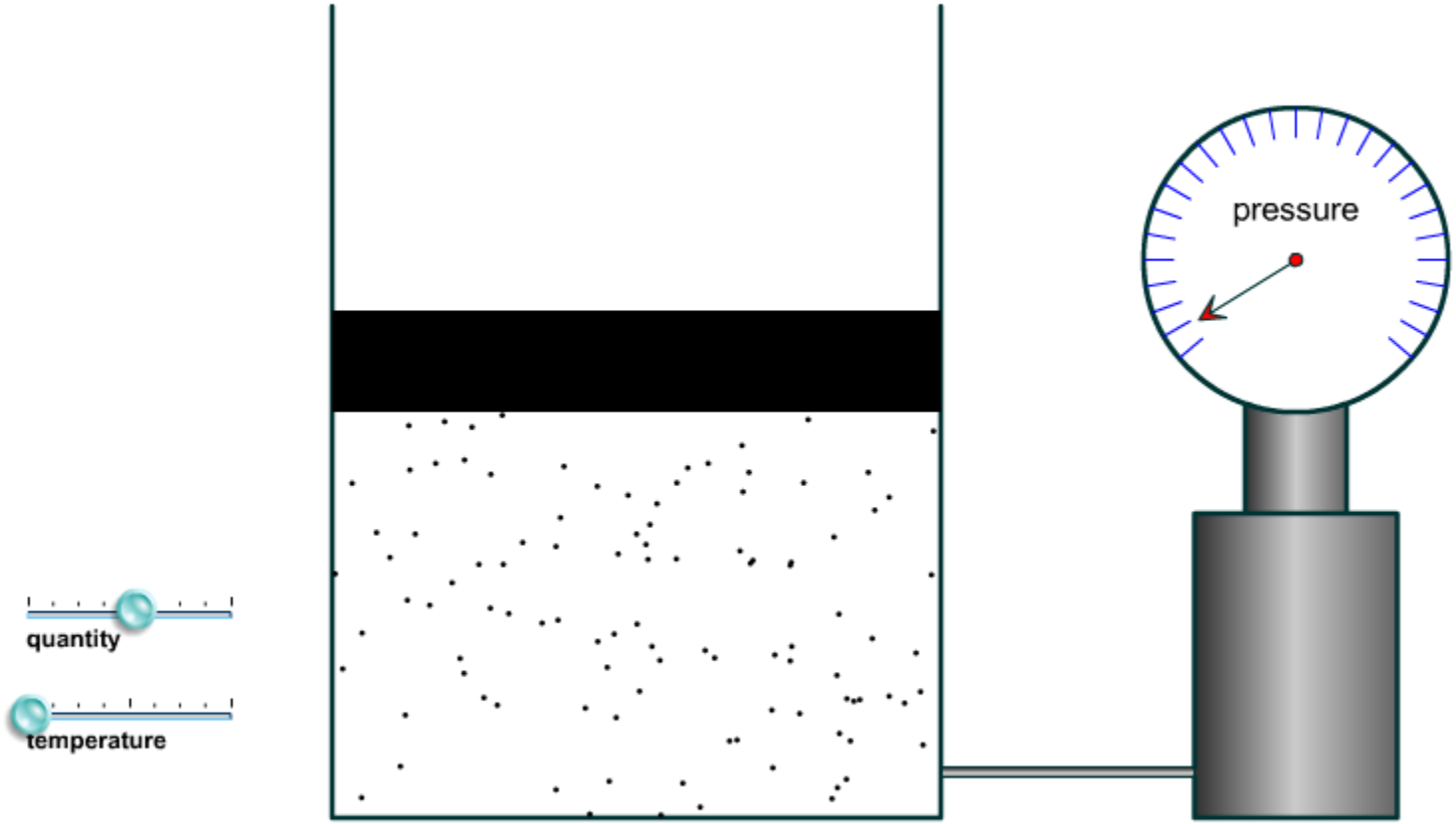
❼ ***P*** **= pressão**

 V **= volume**



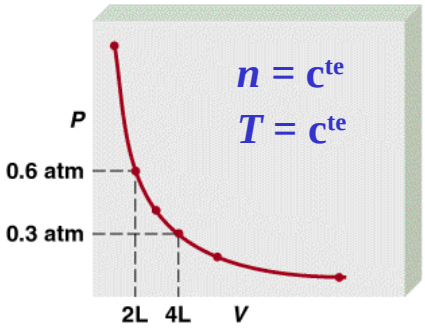
simulação

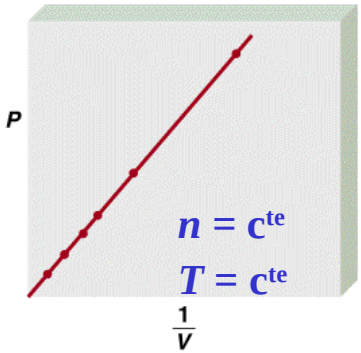
As Leis de Boyle, de Charles e Gay-Lussac e o princípio de Avogadro conduzem a um modelo empírico simples para os gases monomoleculares a baixas densidades, sem forças intermoleculares.


pressure
quantity
temperature

Lei de Boyle

O volume de uma quantidade fixa de gás mantido a temperatura constante é proporcional à pressão do gás.





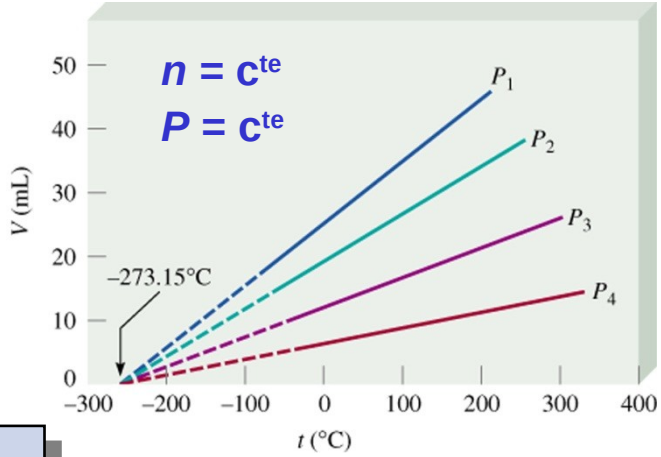
$$P_1V_1 = P_2V_2$$

$$V_2 = \left(\frac{P_1V_1}{P_2}\right)$$

simulação

Lei de Charles e Gay-Lussac

O volume de uma quantidade fixa de gás mantido a pressão constante é proporcional à temperatura do gás.



$$\left(\frac{V_1}{T_1}\right) = \left(\frac{V_2}{T_2}\right)$$

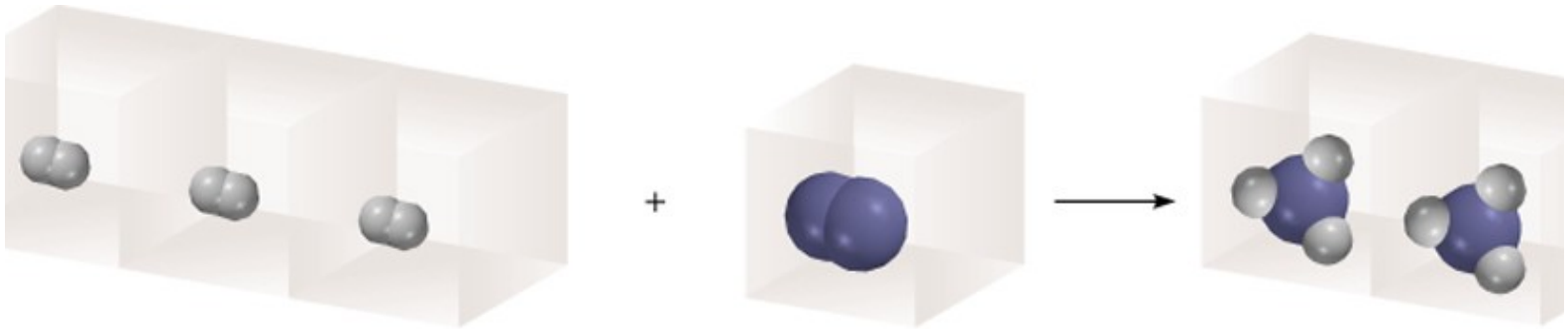
$$V_2 = \left(\frac{V_1T_2}{T_1}\right)$$

Princípio de Avogadro

O volume ocupado por um gás mantido a pressão e temperatura constantes é proporcional à quantidade de gás, expressa em moles.

$$\left(\frac{V_1}{n_1}\right) = \left(\frac{V_2}{n_2}\right)$$

$$V_2 = \left(\frac{V_1 n_2}{n_1}\right)$$



$P = c^{te}$

$T = c^{te}$

$3H_2\ (g)$	+	$N_2\ (g)$	$\longrightarrow$	$2NH_3\ (g)$
3 molecules	+	1 molecule	$\longrightarrow$	2 molecules
3 moles	+	1 mole	$\longrightarrow$	2 moles
3 volumes	+	1 volume	$\longrightarrow$	2 volumes

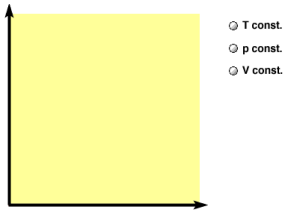
Equação dos gases ideais

① **Lei de Boyle:** $V \propto \frac{1}{P}$ (*n*, *T* constantes)

Lei de Charles: $V \propto T$ (*n*, *P* constantes)

❼ **Princípio de Avogadro:** $V \propto n$ (*P*, *T* constantes)

$$V \propto \frac{nT}{P}$$



simulação

$$PV = nRT$$

Constante dos Gases Ideais

$R = 8{,}31\ \mathrm{J\,mol^{-1}\,K^{-1}}$

Nota: constante de Boltzmann

$$k_B = \frac{R}{N_A} = 1{,}38 \cdot 10^{-23}\ \mathrm{J\,K^{-1}}$$

Gás Ideal

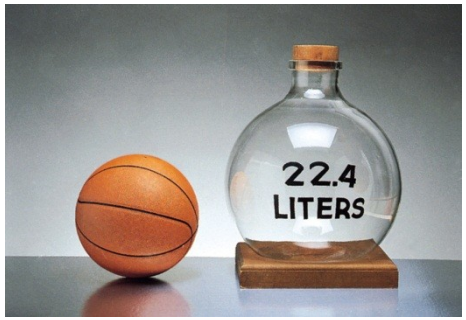
Qualquer gás que possa ser descrito pela equação dos gases ideais.

Condições de Pressão e Temperatura Normais (PTN ou *STP*)

T = 0 ºC, P = 1 atm

Uma mole de um gás ideal ocupa 22,4 l

(*volume molar dum gás nas condições PTN*).



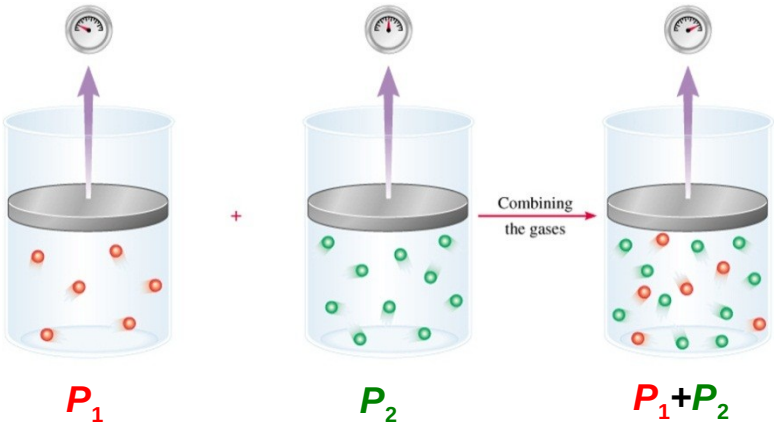
Misturas de gases e pressões parciais (*Lei de Dalton*)

As pressões parciais dependem da fracção molar (X_i) dos gases na mistura. A pressão total é a soma das pressões parciais.

$$P_i = X_i P_t$$

$$P_i = \left(\frac{n_i RT}{V}\right)$$

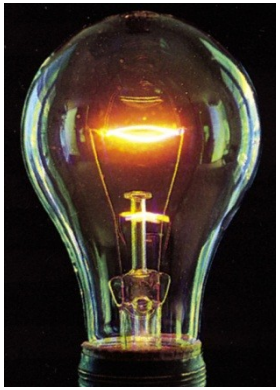
$$P_t = \left(\frac{RT}{V}\right)(n_1 + n_2 + n_3)$$



$$\left(\frac{P_i}{P_t}\right) = \left(\frac{\frac{n_i RT}{V}}{\frac{n_t RT}{V}}\right) = \left(\frac{n_i}{n_t}\right) = X_i$$

O argon é um gás inerte utilizado nas lâmpadas de incandescência para retardar a vaporização do filamento.

Considere uma destas lâmpadas contendo argon à pressão de 1,2 atm e à temperatura de 18ºC. Quando a lâmpada é ligada e a sua temperatura passa para 85ºC, qual é a pressão no seu interior?



Equação dos gases ideais: $PV = nRT$

Neste caso, n e V são constantes ⇒ $\frac{nR}{V} = \frac{P}{T} = cte$

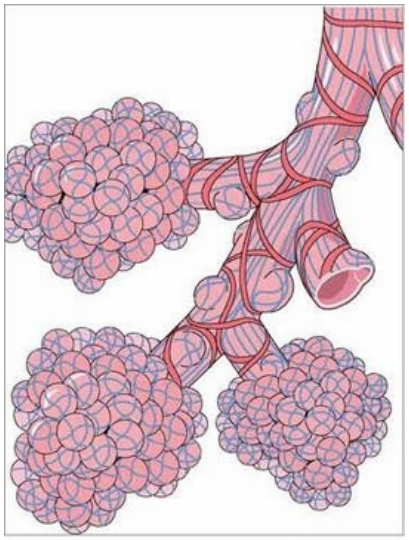
⇒ $\frac{P_i}{T_i} = \frac{P_f}{T_f}$

⇒ $P_f = P_i \times \frac{T_f}{T_i} = 1,2 \times \frac{85+273}{18+273} = 1,48\,atm$

Nos pulmões, a membrana respiratória separa pequenos sacos de ar (alvéolos, à pressão de 1,00x10^{5}Pa) do sangue nos capilares. O raio médio dos alvéolos é 0,125 mm e o ar no seu interior contém 14% de oxigénio.

Admitindo que o ar se comporta como um gás ideal a 310 K, determine o número de moléculas de oxigénio num destes alvéolos.

Equação dos gases ideais: $PV = nRT$



Representação esquemática de alvéolos pulmonares

$$n = \frac{PV}{RT} = \frac{\left(1,00\times10^{5}\right)\left[\frac{4}{3}\pi\left(0,125\times10^{-3}\right)^{3}\right]}{8,31\times310} = 3,17\times10^{-10}\ moles$$

$$N = n\times N_A = 3,17\times10^{-10}\times6,022\times10^{23} = 1,91\times10^{14}\ moléculas$$

$$N_{O_2} = N\times 14\% = 1,91\times10^{14}\times0,14 = 2,67\times10^{13}\ moléculas\ de\ O_2$$