

Cap. 6 – Convecção:

Definição do problema

Fluxo de calor local

$$q'' = h(T_s - T_\infty)$$

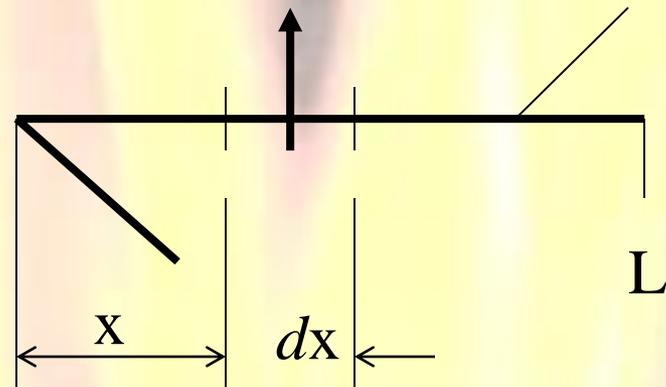


U_∞, T_∞

A_s, T_s

Taxa total de transferência de calor

$$q = \int_{A_s} q'' dA_s$$



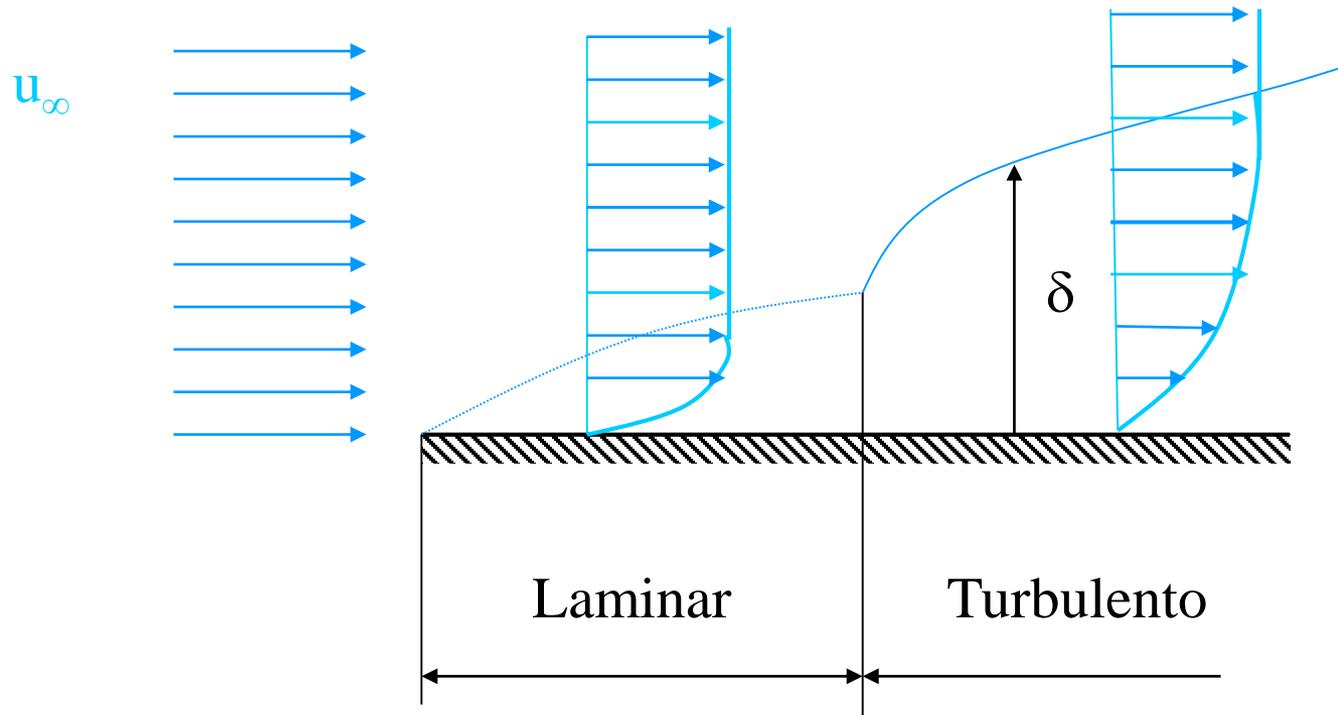
Coefficiente médio de convecção

$$\bar{h} = \frac{1}{A_s} \int_{A_s} h dA_s$$

$$q = \bar{h} A_s (T_s - T_\infty)$$

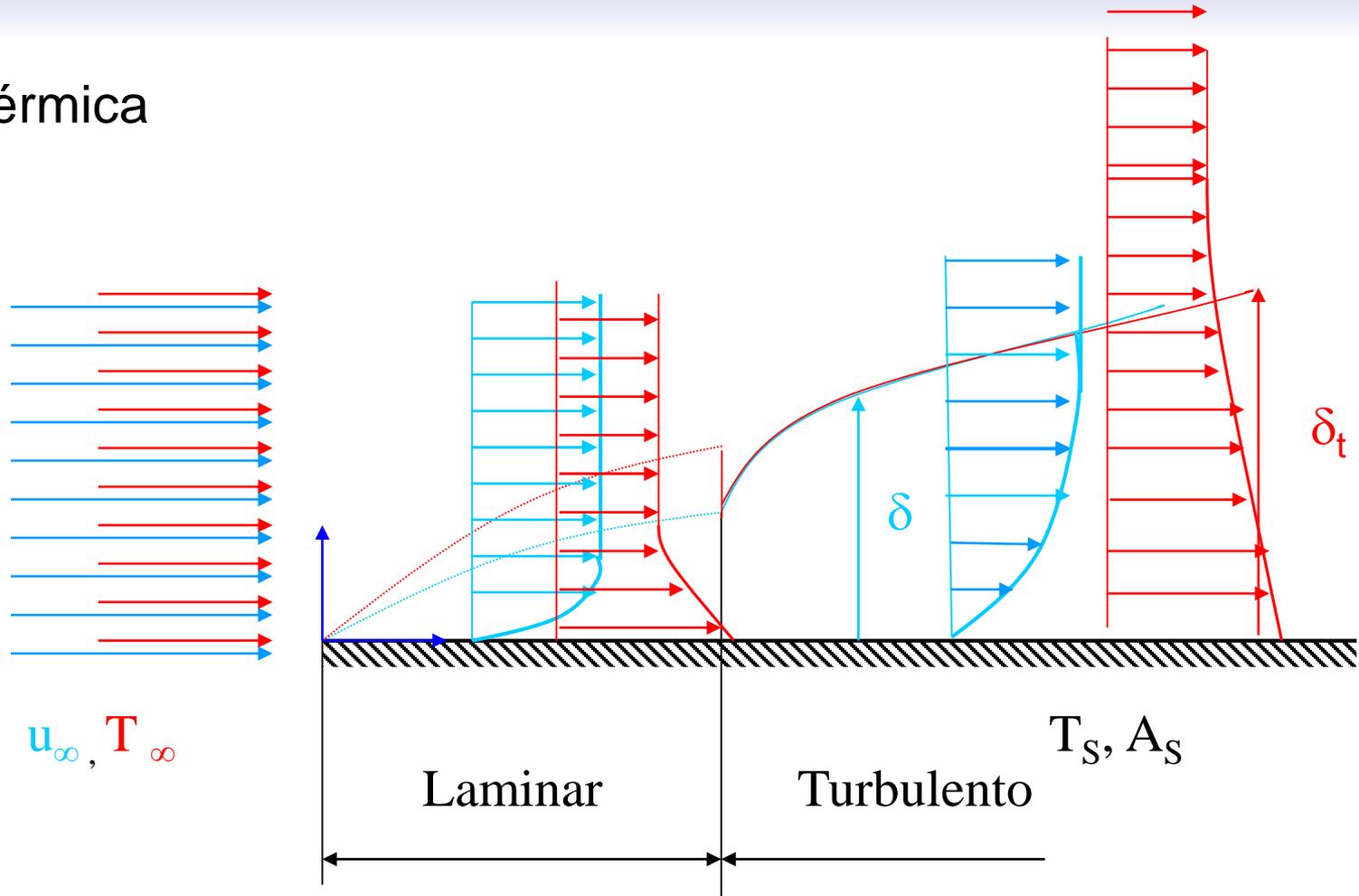
Transferência de Calor por Convecção

- Hidrodinâmica



Transferência de Calor por Convecção

- Térmica



Transferência de Calor por Convecção

- Fluxo de Calor local: $q''=h(T_S-T_\infty)$ [W/m²]
 - h: Coeficiente de convecção local ou coeficiente de película local [W/m²K]

- Fluxo de Calor total: $q = \int_{A_s} q'' dA_s$ [W]

$$q = (T_S - T_\infty) \int_{A_s} h dA_s$$

Transferência de Calor por Convecção

$$\bar{h} = \frac{1}{A_S} \int_{A_S} h dA_S$$

$$q = \bar{h} A_S (T_S - T_\infty)$$

- \bar{h} : Coeficiente de convecção médio ou coeficiente de película médio
[W/m²K]

Transferência de Calor por Convecção

- Para uma placa plana

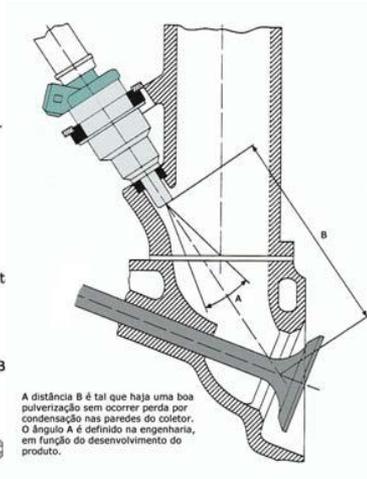
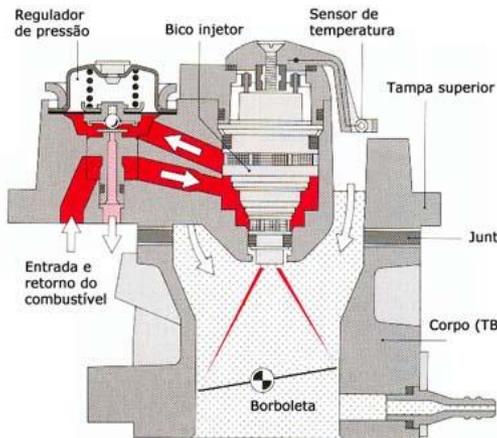
$$\bar{h} = \frac{1}{wL} \int_0^L h w dx = \frac{1}{L} \int_0^L h dx$$

Análise de Sistemas Multicomponentes

- Exemplos:

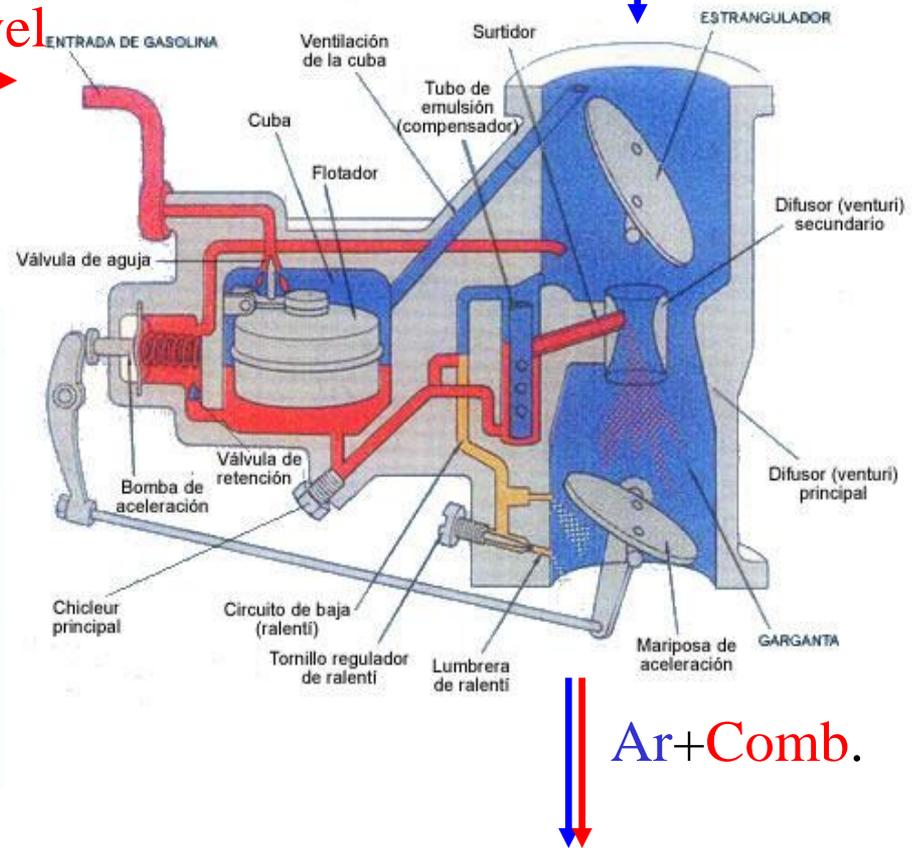
- Ar
- Ar + vapor
- Ar + combustível

combustível



A distância B é tal que haja uma boa pulverização sem ocorrer perda por condensação nas paredes do coletor. O ângulo A é definido na engenharia, em função do desenvolvimento do produto.

www.oficinaecia.com.br/bibliadocarro/biblia.a...



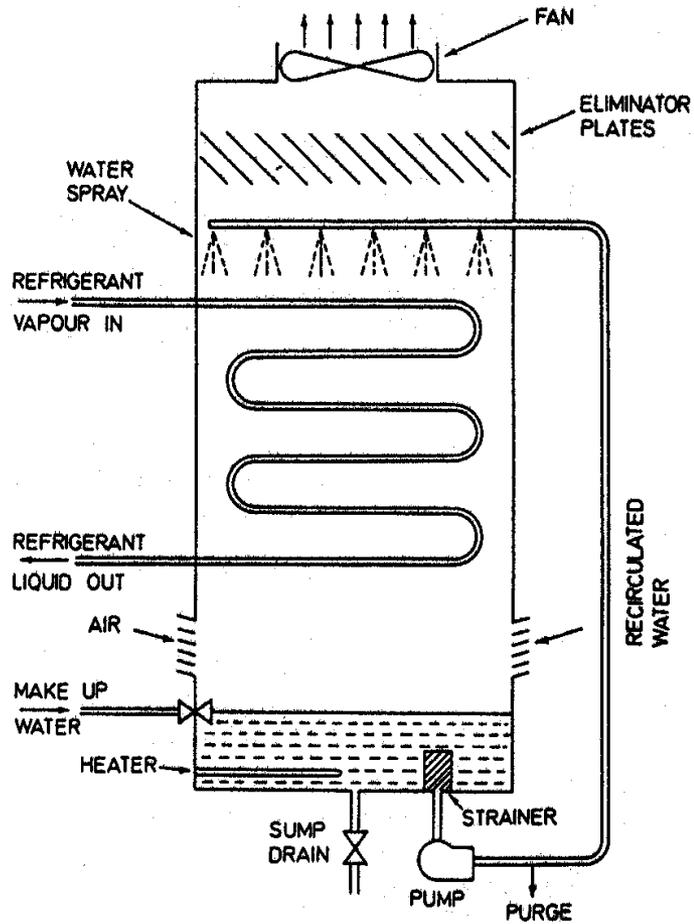
www.mecanicavirtual.org/carburador2.htm

Resfriamento Evaporativo

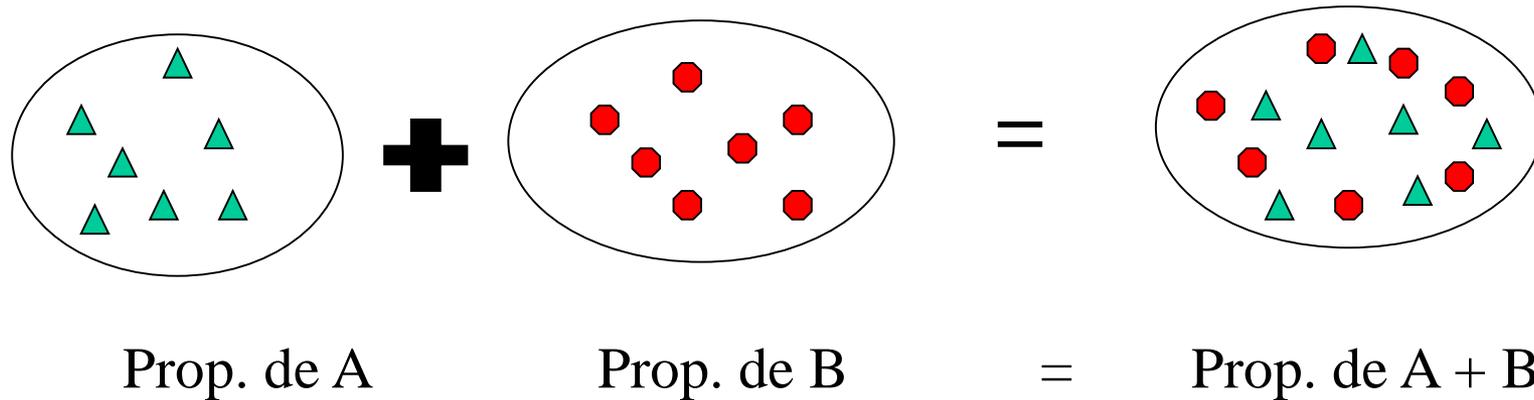


ac500_video1.wmv

Torres de Arrefecimento



- Tendo as propriedades termodinâmicas das substâncias puras, como calcular as propriedades da mistura?



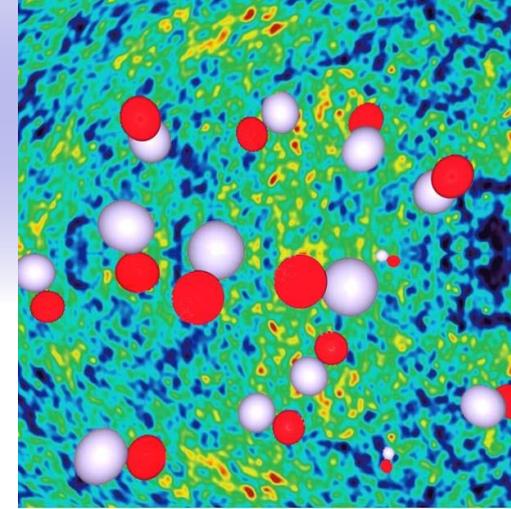
MOL

- Mol: 1 mol possui a massa de uma substância equivalente ao seu peso molecular
- 1 mol = N° de moléculas / n° de Avogrado
- n° de Avogrado = $6,02217 \times 10^{23}$

Hipótese de Avogadro :

"Volumes iguais de gases diferentes à mesma temperatura e pressão contêm o mesmo número de moléculas"

$$n_i = \frac{m_i}{M_{mol_i}}$$



aramis.obspm.fr/MOL05/index.php?body=proc.html



conde **Lorenzo Romano Amedeo Carlo Avogadro di Quaregua e Cerreto**
(Turín, 9 de agosto de 1776 - 9 de xullo de 1856),
advogado e físico italiano

gl.wikipedia.org/wiki/Amedeo_Avogadro

- Fração Molar (y_i):

$$\bar{y}_i = \frac{n_i}{n_{total}}$$

$$\sum \bar{y}_i = 1$$

- Fração em massa (mf_i):

$$mf_i = \frac{m_i}{m_{total}}$$

$$\sum m_i = m_{total}$$

- Volume Molar

$$\bar{V}_{molar_i} = \frac{V}{n_i} \quad \left[\frac{m^3}{mol} \right]$$

- Concentração

$$\bar{c}_i = \frac{\rho_i}{M_{mol_i}} = \frac{n_i}{V} \quad \left[\frac{mol}{m^3} \right]$$

$$\bar{c} = \sum \bar{c}_i$$

- Massa molar média:
$$M_{mol} = \frac{m}{n} = \frac{\sum m_i}{n} = \sum \bar{y}_i M_{mol\ i}$$

- Gás ideal

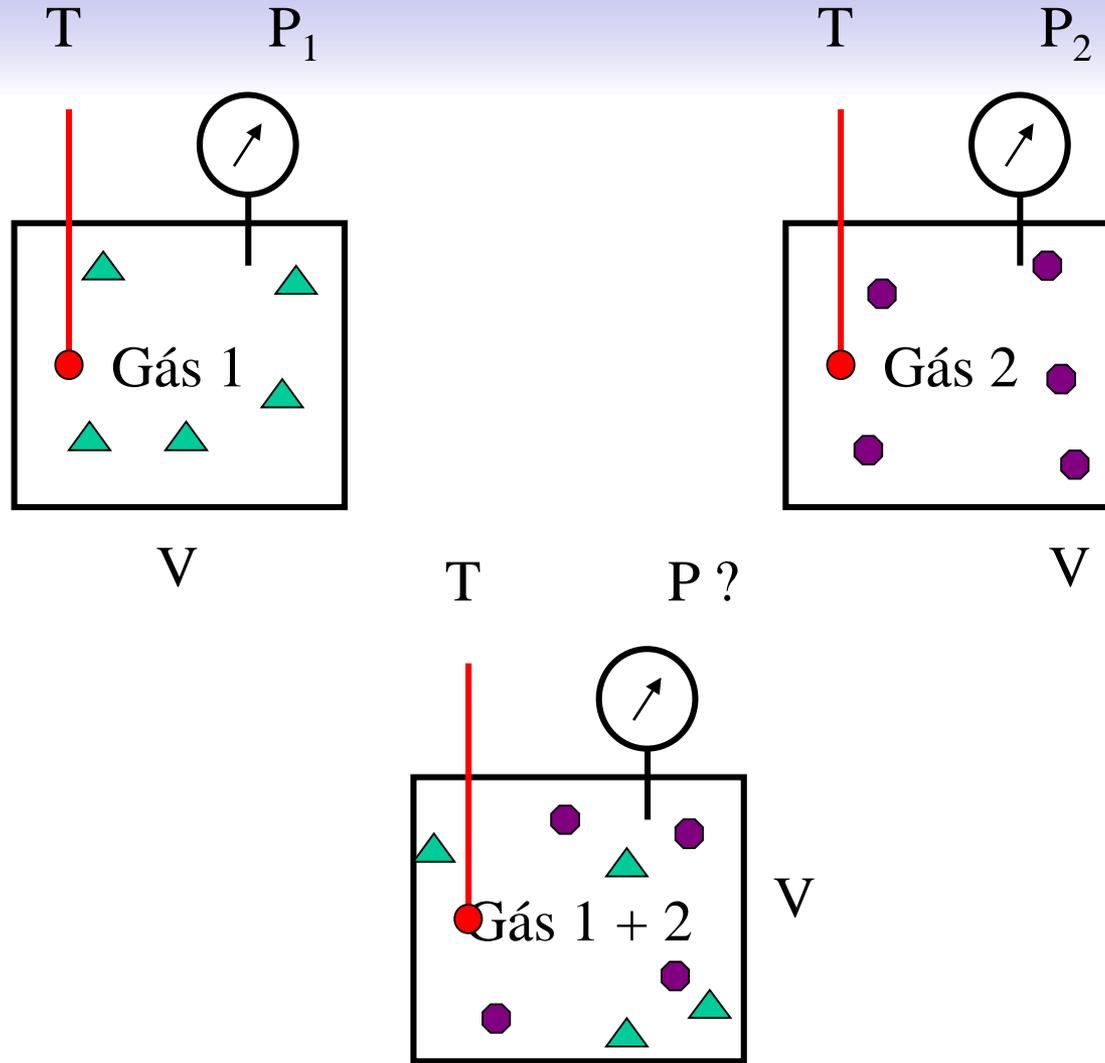
$$pV = mRT \ ; \ n = \frac{m}{M_{mol}} \ ; \ \bar{R} = RM_{mol}$$

$$pV = n\bar{R}T \ ; \ \text{onde} \ \bar{R} = 8,31434 \frac{kJ}{mol\ K}$$

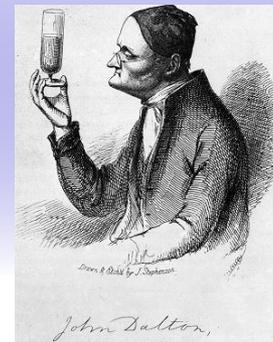
Composição do Ar Atmosférico

Componente	% na base molar
N ₂	78,10
O ₂	20,95
Argônio	0,92
CO ₂	0,03
Outros (Ne, He, CH ₄ ,.....)	0,01

Modelo de Dalton



Modelo de Dalton



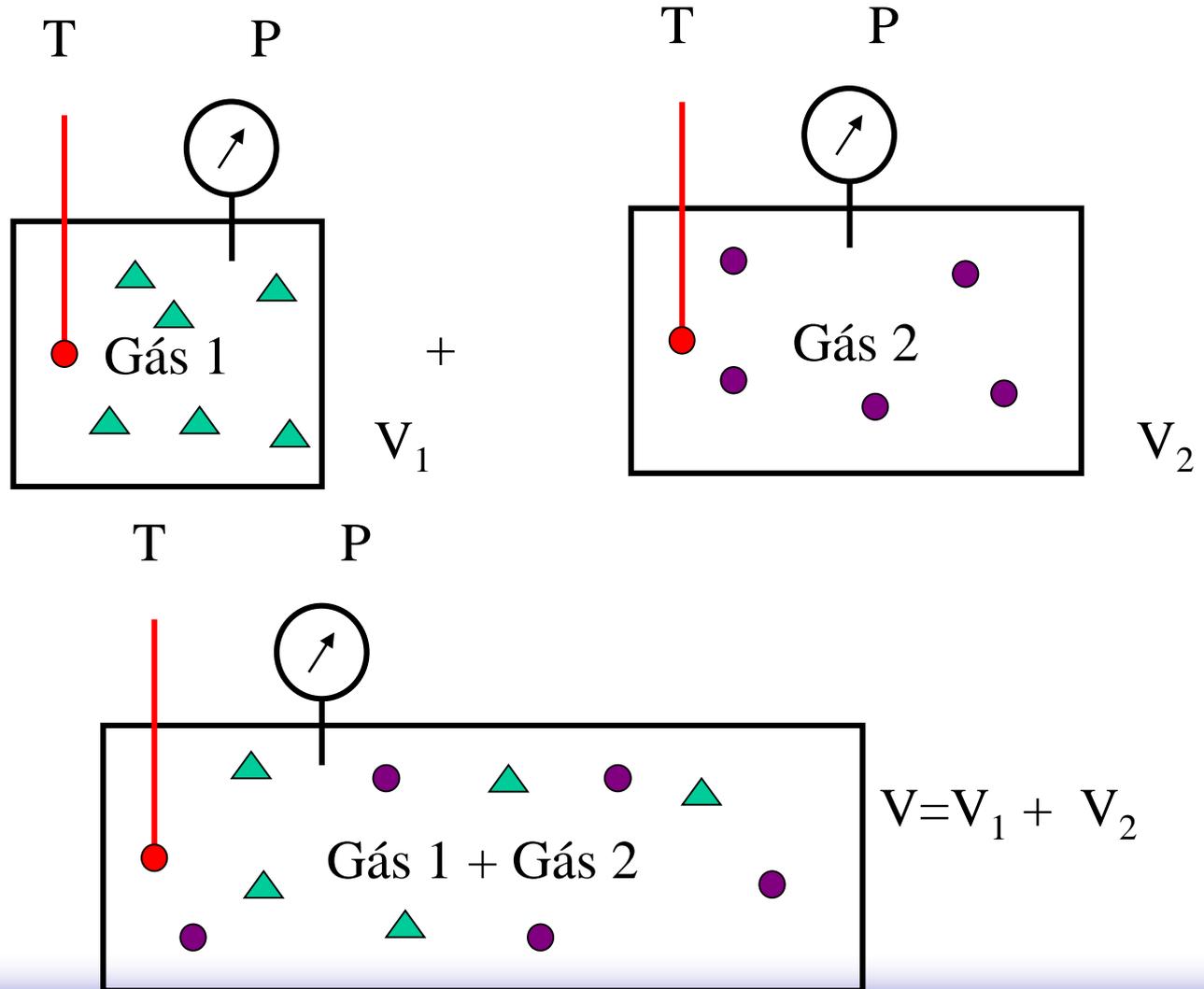
- "Em uma mistura gasosa, a pressão de cada componente é independente da pressão dos demais, a pressão total (P) é igual à soma das pressões parciais dos componentes".
- A Lei de Dalton é uma lei acerca do comportamento dos gases ideais, que defende que se as moléculas de dois gases não se atraem nem se repelem, as colisões de cada um deles não são afetadas pela presença do outro. Por essa razão cada um dos gases exerce mesma pressão na mistura gasosa que exerceria se estivesse sozinho; a isto se chama pressão parcial de um gás. A pressão total exercida sobre as paredes em que a mistura está contida é calculada através da soma das pressões parciais.



<http://www.mundodoquimico.hpg.ig.com.br/>

- $$P_t = p_1 + p_2 + \dots + p_n$$

Modelo de Amagat



Modelo de Amagat

- “A soma das frações volumétricas é unitária e não há variação de volume se os volumes forem misturados, mantendo pressão e temperatura constantes.”

$$V_1 + V_2 = V_{total}$$

$$\frac{V_1}{V_{total}} + \frac{V_2}{V_{total}} = 1$$

Para gás ideal

Propriedades termodinâmicas de uma mistura de gases

- Uma mistura de gases terá suas propriedades iguais à soma das propriedades dos seus componentes, quando estes ocupam o volume total à temperatura da mistura.

$$m_{total} = m_1 + m_2 + \dots + m_n = \sum_{i=1}^n m_i$$

$$U = U_1 + U_2 + \dots + U_n = \sum_{i=1}^n U_i$$

$$H = H_1 + H_2 + \dots + H_n = \sum_{i=1}^n H_i$$

$$S = S_1 + S_2 + \dots + S_n = \sum_{i=1}^n S_i$$

- Ou em base molar

$$n_{total} = n_1 + n_2 + \dots + n_n = \sum_{i=1}^n n_i$$

$$n\bar{u} = n_1\bar{u}_1 + n_2\bar{u}_2 + \dots + n_n\bar{u}_n = \sum_{i=1}^n n_i\bar{u}_i$$

$$n\bar{h} = n_1\bar{h}_1 + n_2\bar{h}_2 + \dots + n_n\bar{h}_n = \sum_{i=1}^n n_i\bar{h}_i$$

$$n\bar{s} = n_1\bar{s}_1 + n_2\bar{s}_2 + \dots + n_n\bar{s}_n = \sum_{i=1}^n n_i\bar{s}_i$$

- Dividindo por n:

$$\bar{u} = \bar{y}_1 \bar{u}_1 + \bar{y}_2 \bar{u}_2 + \cdots + \bar{y}_n \bar{u}_n = \sum_{i=1}^n \bar{y}_i \bar{u}_i$$

$$\bar{b} = \bar{y}_1 \bar{b}_1 + \bar{y}_2 \bar{b}_2 + \cdots + \bar{y}_n \bar{b}_n = \sum_{i=1}^n \bar{y}_i \bar{b}_i$$

$$\bar{s} = \bar{y}_1 \bar{s}_1 + \bar{y}_2 \bar{s}_2 + \cdots + \bar{y}_n \bar{s}_n = \sum_{i=1}^n \bar{y}_i \bar{s}_i$$

Relações de Maxwell

Entropia $\delta Q = TdS$

Trabalho $\delta W = pdV$

1º Lei $\delta Q - \delta W = dU$

Entalpia $H = U + pV$

$$TdS = dU + pdV$$

$$TdS = dH - Vdp$$

- Normalmente

$$u = f(T, v)$$

$$h = u + pv = f(T, p) ; s = f(T, p)$$

$$du = \left(\frac{\partial u}{\partial T} \right)_v dT + \left(\frac{\partial u}{\partial v} \right)_T dv$$

$$dh = \left(\frac{\partial h}{\partial T} \right)_p dT + \left(\frac{\partial h}{\partial p} \right)_T dp$$

- Para um gás ideal

$$u = f(T)$$

$$h = u(T) + RT = f(T); s = f(T, p)$$

$$du = \left(\frac{\partial u}{\partial T} \right)_v dT = c_v dT$$

$$dh = \left(\frac{\partial h}{\partial T} \right)_p dT = c_p dT$$

- Derivando as expressões para \bar{u} e \bar{h} em relação a T, obtém-se:

$$\bar{c}_v = \sum \bar{y}_i \bar{c}_{v_i}$$

$$\bar{c}_p = \sum \bar{y}_i \bar{c}_{p_i}$$

- Em base massa

$$u = y_1 u_1 + y_2 u_2 + \cdots + y_n u_n = \sum_{i=1}^n y_i u_i$$

$$h = y_1 h_1 + y_2 h_2 + \cdots + y_n h_n = \sum_{i=1}^n y_i h_i$$

$$s = y_1 s_1 + y_2 s_2 + \cdots + y_n s_n = \sum_{i=1}^n y_i s_i$$

$$c_v = \sum y_i c_{v_i}$$

$$c_p = \sum y_i c_{p_i}$$

Misturas reais

- Qualquer propriedade extensiva X

$$X = X(T, p, n_1, n_2)$$

portanto

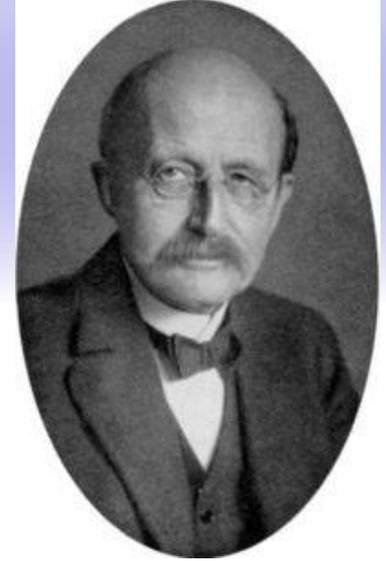
$$dX_{T,p} = \left(\frac{\partial X}{\partial n_1} \right)_{T,p,n_2} dn_1 + \left(\frac{\partial X}{\partial n_2} \right)_{T,p,n_1} dn_2$$

- integrando

$$X_{T,p} = \bar{X}_1 n_1 + \bar{X}_2 n_2$$

$$\bar{X}_1 = \left(\frac{\partial X}{\partial n_1} \right)_{T,p,n_2} ; \bar{X}_2 = \left(\frac{\partial X}{\partial n_2} \right)_{T,p,n_1}$$

Terceira Lei da Termodinâmica



Walther Hermann Nernst nasceu em Briesen, Prússia, 25 de junho de 1864, e faleceu em Ober-Zibelle, 18 de novembro de 1941. Físico-químico alemão.

Seus trabalhos ajudaram a estabelecer a moderna físico-química. Trabalhou nos campos da eletroquímica, termodinâmica, química do estado sólido e fotoquímica. As suas descobertas incluem a Equação de Nernst.

Max Karl Ernst Ludwig Planck (Kiel, 23 de Abril de 1858 - Göttingen, 4 de Outubro de 1947) foi um físico alemão, considerado o pai da teoria quântica.

Em 1913, foi nomeado reitor da Universidade de Berlim. Como consequência do nascimento da Física Quântica, foi premiado em 1918 com o Prêmio Nobel de Física. De 1930 a 1937, Planck foi o presidente da Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften (KWG, Sociedade para o Avanço da Ciência do Imperador Guilherme).

Durante a Segunda Guerra Mundial, Planck tentou convencer Hitler a dar liberdade aos cientistas judeus. O filho de Planck, Erwin, foi executado no dia 20 de julho de 1944, acusado de traição relacionada a um atentado para matar Hitler. Morre em 4 de outubro de 1947 em Göttingen. A seguir o instituto KWG foi renomeado como Max-Planck-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften (MPG, Sociedade Max Planck para o Progresso da Ciência).