

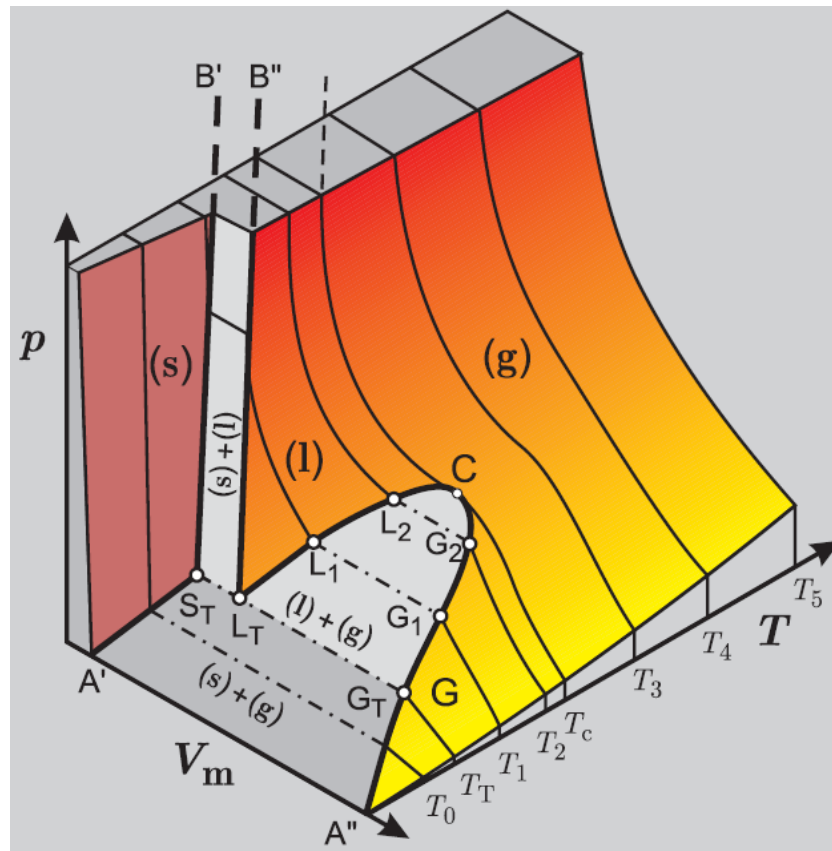
Stavové správanie ideálneho plynu

Prednáška 4.

Vypracoval: Ing. Martin Juriga, PhD.

Bratislava, október 2020

Stavov správanie ideálneho plynu -SSIP



Ideálny plyn

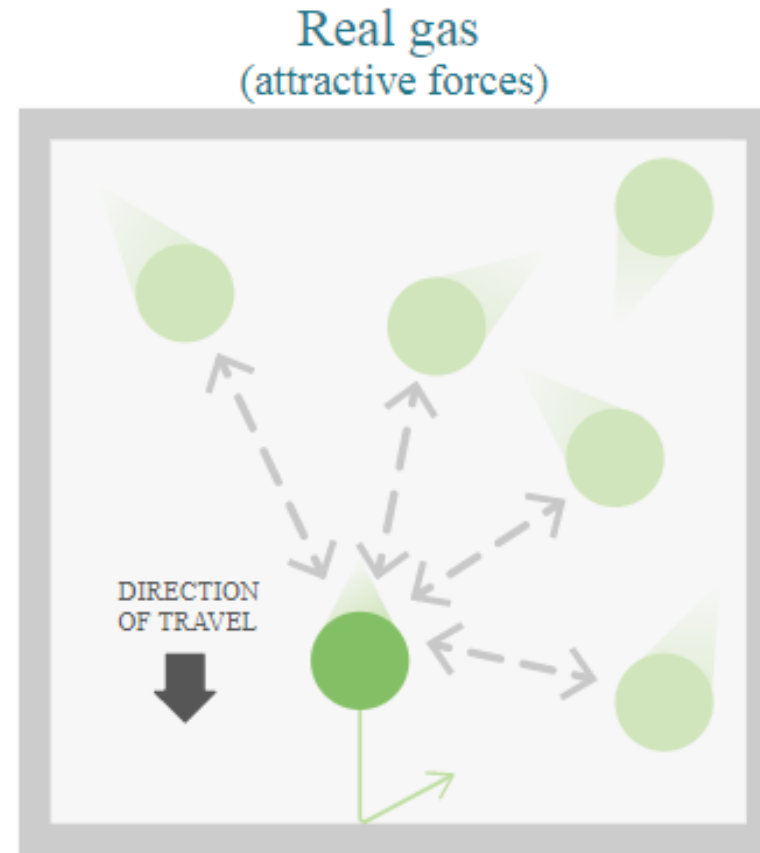
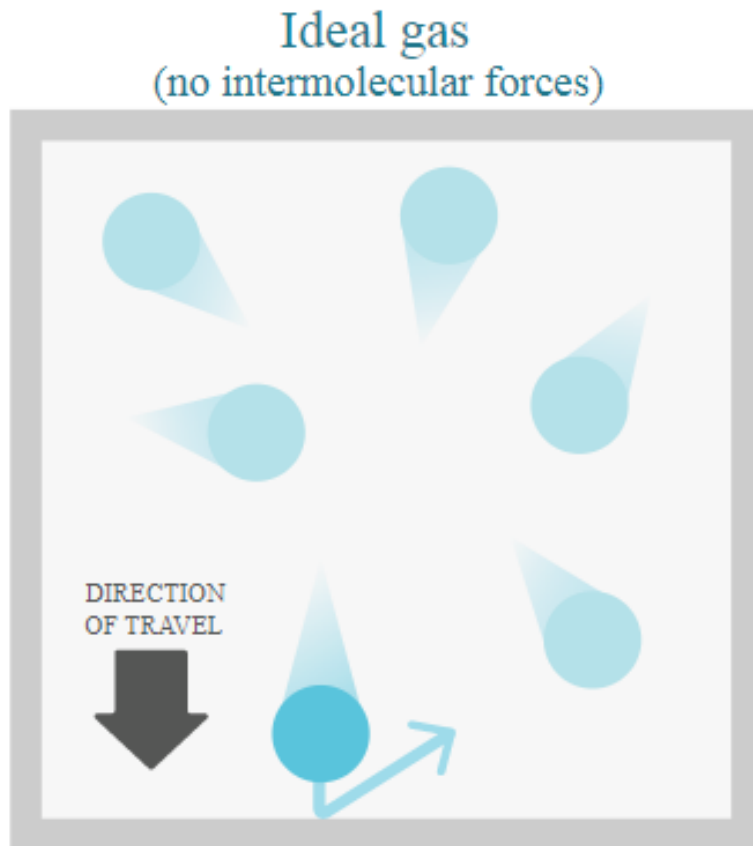
Fyzikálna abstrakcia reálneho plynu.

- Jednotlivé molekuly plynu majú nulový objem vzhľadom na objem sústavy.
- Medzi molekulami po zrážke nie sú žiadne príťažlivé ani odpudivé sily.

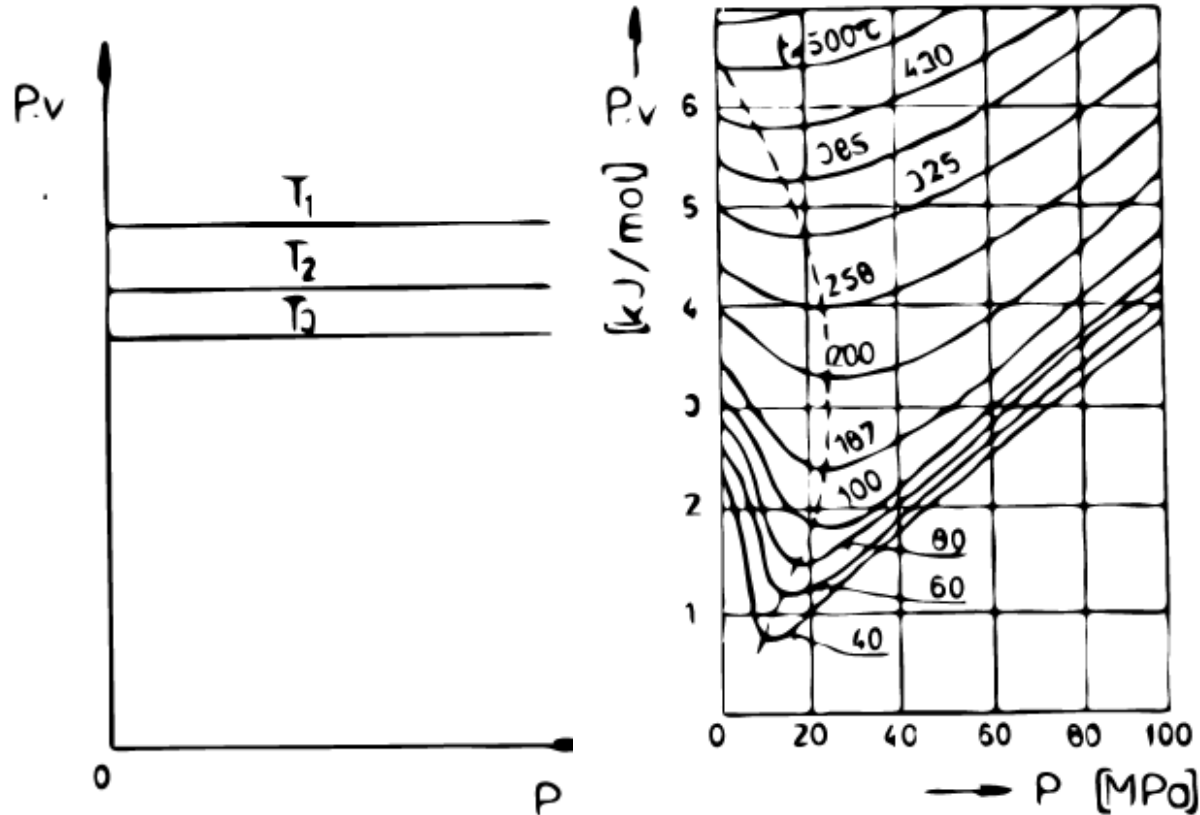
Definícii ideálneho plynu nevyhovuje žiadny reálny plyn.

Dá sa však predpokladať, že reálny plyn sa v určitých oblastiach správa ako ideálny.

Stavov správanie ideálneho plynu -SSIP



Stavov správanie ideálneho plynu - SSIP

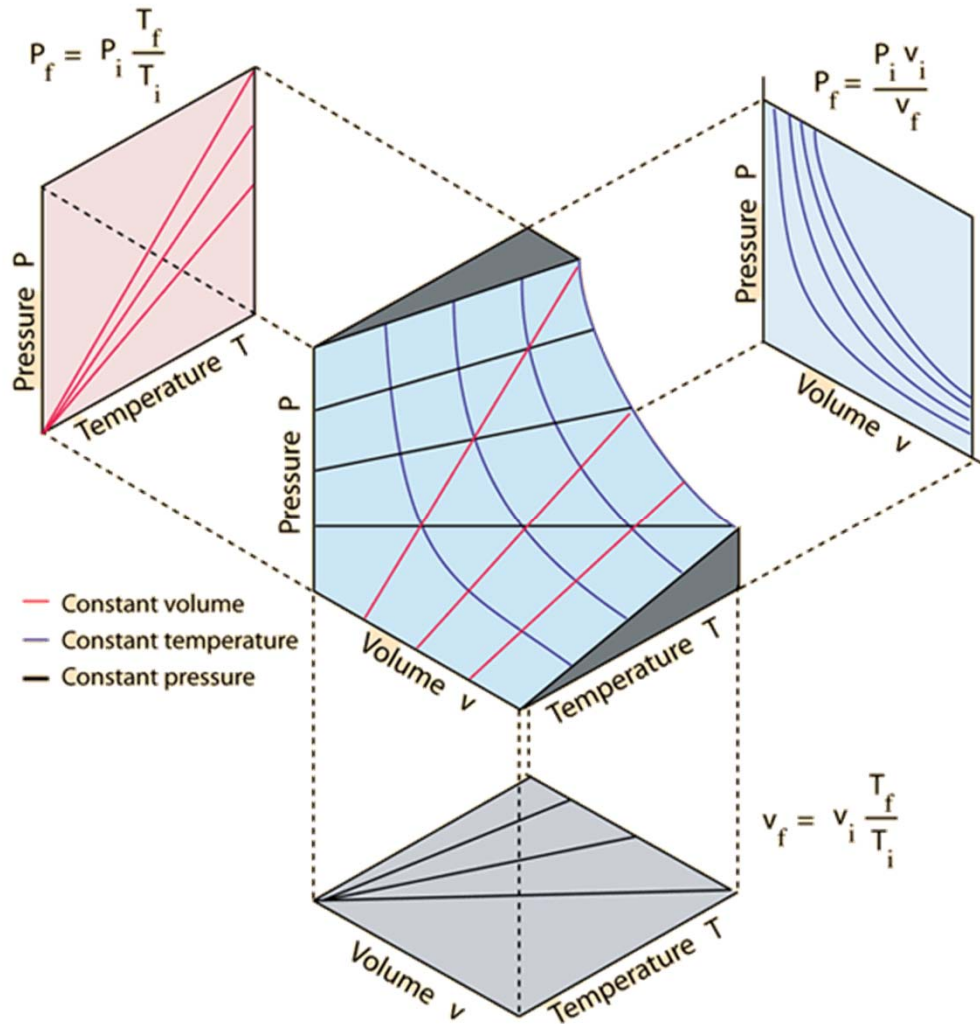


V určitých oblastiach je nie je možné zanedbať vlastný objem molekúl ako ak silové pôsobenie medzi molekulami. /jedná sa hlavne o oblasť nízkych teplôt a vysokých tlakov. /

Treba poznať konkrétny tvar funkcie

$$f(T, p, V_m) = 0$$

Stavov správanie ideálneho plynu -SSIP



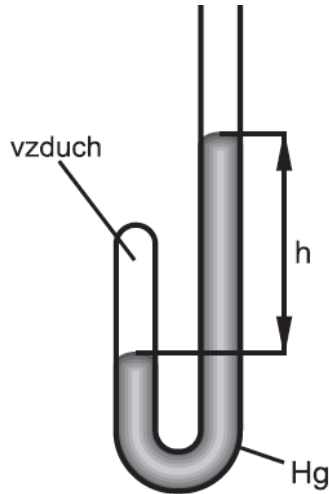
Treba si uvedomiť že pre IP nemá žiadne individuálne látkové parametre. IP sa teda vzťahuje na všetky látky v plynnom skupenstve.

Odvození SRIP predchádzala množstvo experimentov a matematických zovšeobecnení.

Najdôležitejšie sú:

- 1, Boylov zákon
- 2, Charlesov zákon
- 3 Gay-Lussacov zákon
- 4, Avogadrov zákon

Stavov správanie ideálneho plynu -SSIP

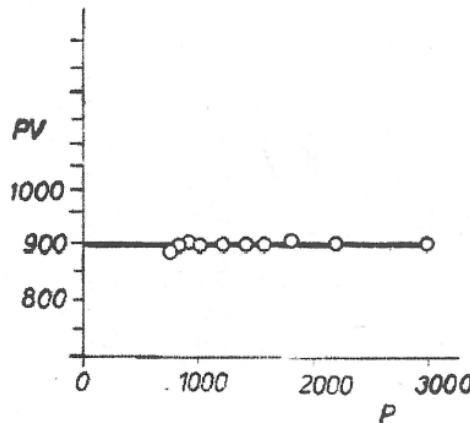
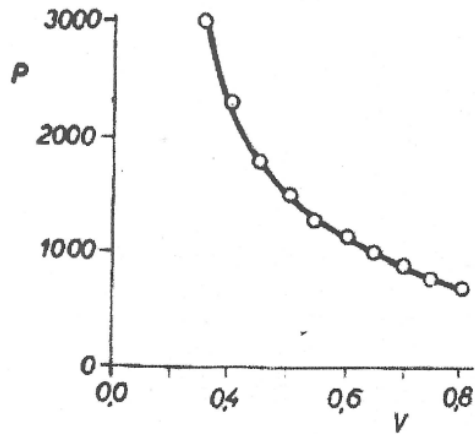


Boylov zákon

Robert Boyle (1627-1691)

Nezávisle na ňom vo Francúzku
Edme Marriotte (1620-1684)

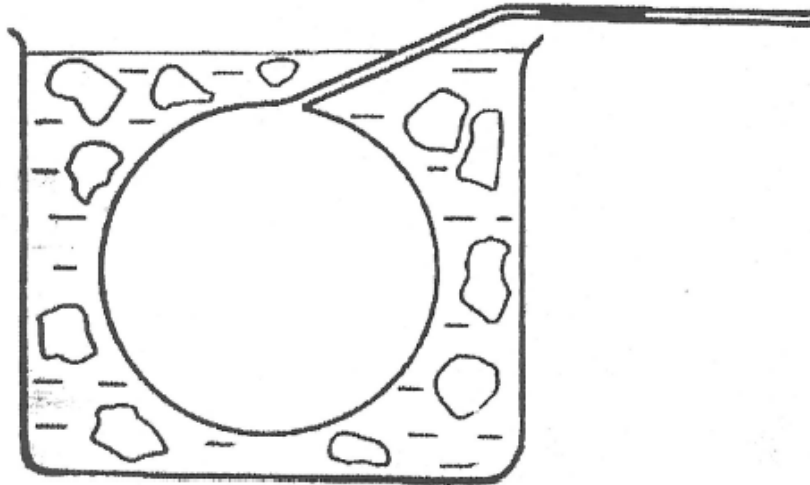
Experiment zo stlačeným
vzduchom v U-trubici



$$pV = \text{konst} \quad [n, T]$$

$$p_1 V_1 = p_2 V_2 \quad [n, T]$$

Stavov správanie ideálneho plynu - SSIP



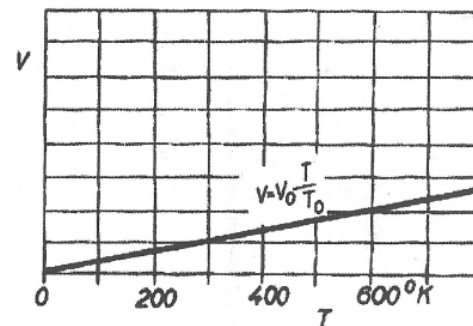
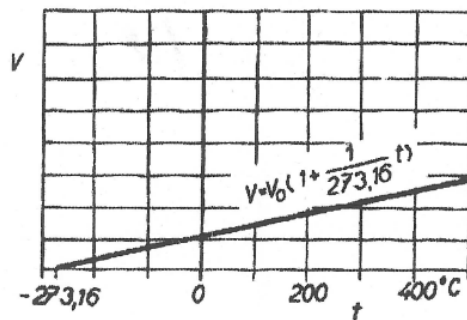
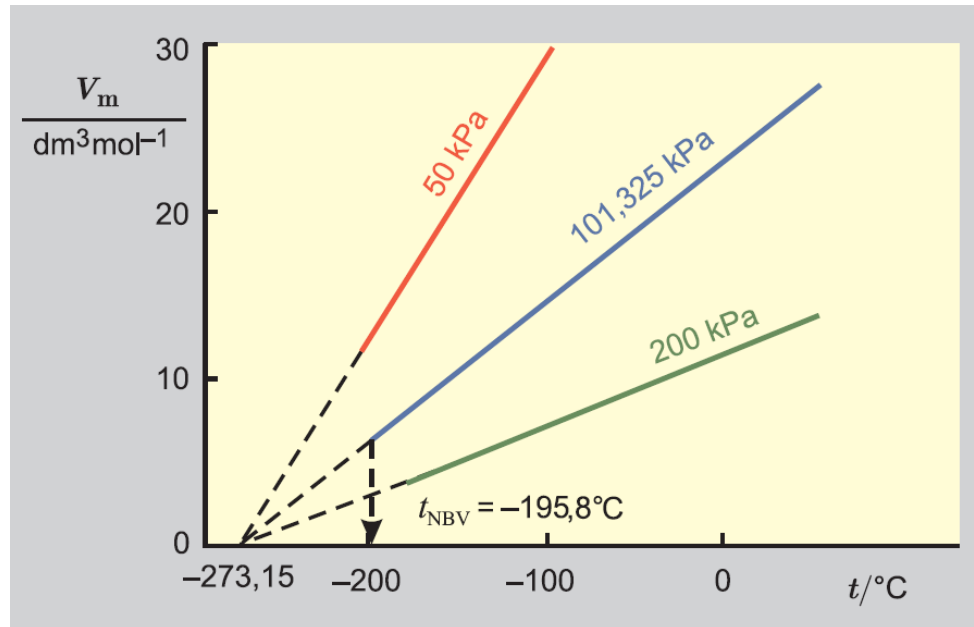
Charlesov zákon

Jacques Charles (1746-1823)

Charlesov zákon (tiež známy ako zákon o objemoch), prvýkrát publikoval prírodný filozof Joseph Louis Gay-Lussac v roku 1802, ale pripísal ho nepochikovanej práci Jacquesa Charlesa a pomenoval zákon na jeho počesť.

U nás a v Čechách sa častejšie uvádza ako Gay-Lussacov zákon.

Stavov správanie ideálneho plynu -SSIP



$$\alpha_p = \frac{1}{V} \left(\frac{\partial V}{\partial T} \right)_p$$

Súčiniteľ izobarickej rozťažnosti

α_p - vyjadruje relatívnu zmenu objemu (x 100 %) odpovedajúcej jednotkovej zmene teploty.

$$V = V_0(1 + \alpha t) \quad [n, p]$$

$$\alpha = 0,003\,6609 = 1/273,15 = 1/T_0$$

$$T = t + 273,15$$

$$V = V_0 \left(1 + \frac{t}{273,15} \right) = V_0 \frac{t + 273,15}{273,15}$$

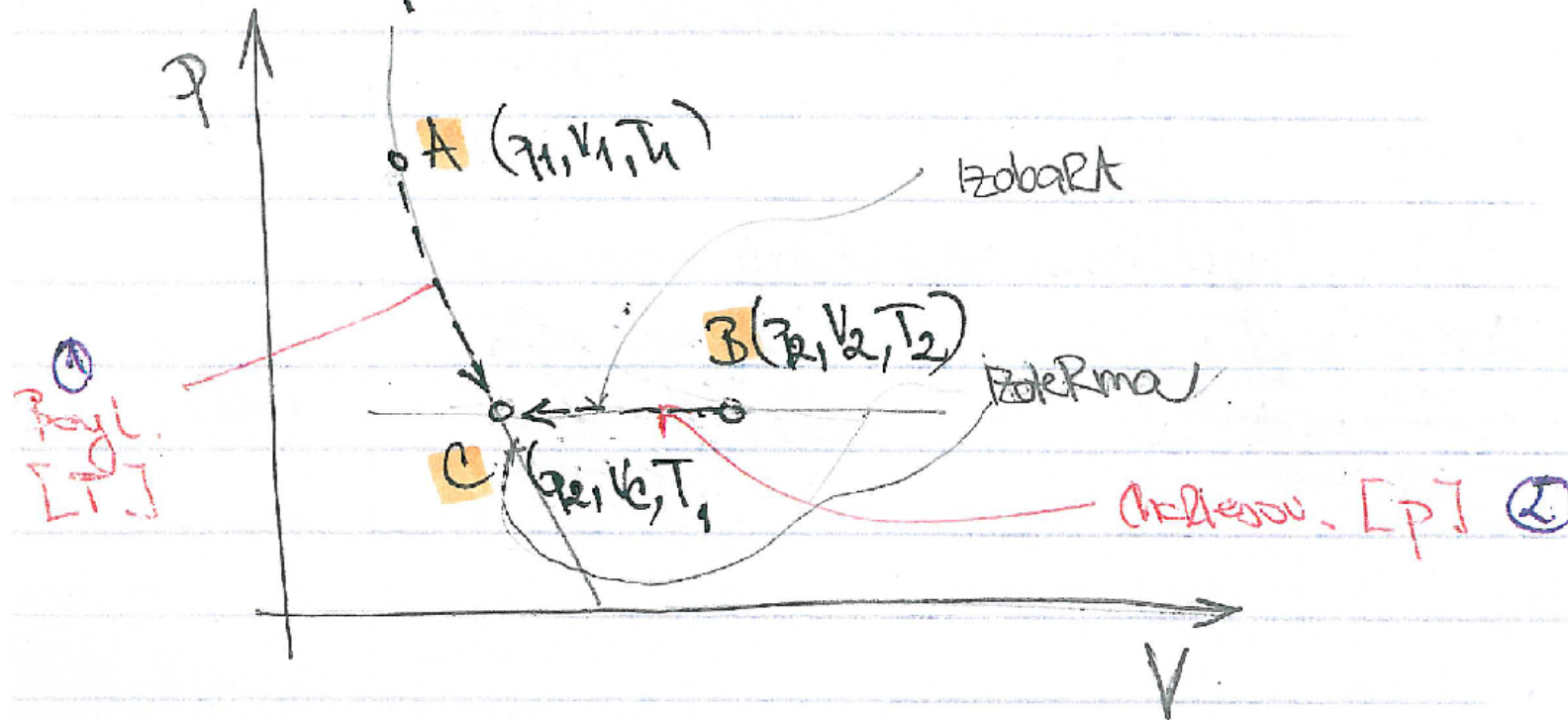
$$\frac{V}{T} = \frac{V_0}{273,15} = \text{konst} \quad [n, p]$$

Stavov správanie ideálneho plynu -SSIP

01

Boyl.: $p \cdot V = \text{konst.} \quad [T, n, *]$

Charles: $\frac{V}{T} = \text{konst.} \quad [p, n, *]$



Stavov správanie ideálneho plynu -SSIP

$$\textcircled{1} \quad p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2 \Rightarrow V_2 = \frac{p_1 \cdot V_1}{p_2}$$

$$\textcircled{2} \quad \frac{V_2}{T_2} = \frac{V_1}{T_1} \Rightarrow V_2 = \frac{V_1 \cdot T_2}{T_1}$$

$$\frac{p_1 \cdot V_1}{p_2} = \frac{V_1 \cdot T_2}{T_1}$$

$$\frac{p_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{V_2 \cdot p_2}{T_2} \rightarrow \text{const}$$

z meraní p_1
 $p = 101\,325 \text{ Pa}$
 $T = 0^\circ \text{ (273,15 K)}$

Avogadro: Rovnaký objem rôznych plynov alebo
 plynov obsahuje pri rovnakej T a p rovnaký počet
 molekúl

Bolo zistené / experiment / že 1 mol plynu
 zaberá $V = 22,414 \text{ dm}^3 \rightarrow$ Avogadrov zákon $\rightarrow \frac{N}{\text{mol}}$

Teda:
$$R = \frac{101\,325 \cdot 22,414 \cdot 10^{-3}}{273,15} = 8,314 \frac{\text{Pa} \cdot \text{m}^3}{\text{mol} \cdot \text{K}} = \frac{J}{\text{mol} \cdot \text{K}}$$

Stavov správanie ideálneho plynu -SSIP

$$pV_m = RT$$

Stavová rovnica ideálneho plynu

R –Plynová konštanta.
 univerzálna plynová konštanta

Číselná hodnota závisí od jednotiek pre ktoré bola vypočítaná.

teplota	látkové množství	tlak	objem	<i>R</i>
K	mol	Pa	m ³	8,314 472
K	mol	kPa	dm ³	8,314 472
K	mol	MPa	cm ³	8,314 472
K	mol	MPa	dm ³	8,314 472·10 ⁻³
K	kmol	Pa	m ³	8,314 472·10 ³
K	mol	atm	dm ³	82,0575
K	mol	Torr	cm ³	62 363,7

$$R = \frac{101,325 \cdot 10^3 \cdot 22,413 995 \cdot 10^{-3}}{273,15} = 8,314 472 \frac{\text{Pa m}^3}{\text{mol K}} = 8,314 472 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

Stavov správanie ideálneho plynu - SSIP

$$n = \sum_{i=1}^k n_i$$

$$p = n \frac{RT}{V} = \left(\sum_{i=1}^k n_i \right) \frac{RT}{V} = \sum_{i=1}^k \left(n_i \frac{RT}{V} \right)$$

$$p_i = n_i RT/V$$

$$p = \sum_{i=1}^k p_i$$

$$\frac{p_i}{p} = \frac{n_i RT/V}{n RT/V} = \frac{n_i}{n} = x_i$$

$$p_i = x_i p$$

Stavová rovnica ideálneho plynu pre zmes

V sústave sa nachádza viac než jedna látka – viaczložková sústava

Parciálny tlak – je tlak, ktorý by vykazovala zložka, ak by pri danej teplote a v objeme zmesi bola sama.

Matematickým vyjadrením je Daltonov zákon

Stavov správanie ideálneho plynu -SSIP

$$V = n \frac{RT}{p} = \left(\sum_{i=1}^k n_i \right) \frac{RT}{p} = \sum_{i=1}^k \left(n_i \frac{RT}{p} \right)$$

$$V = \sum_{i=1}^k V_i$$

$$V_{mi} = V_i / n_i = RT/p$$

$$\frac{V_i}{V} = \frac{n_i RT/p}{n RT/p} = x_i$$

$$V_i = x_i V$$

Stavová rovnica ideálneho plynu pre zmes

V sústave sa nachádza viac než jedna látka – viaczložková sústava

Parciálny objem – je objem, ktorý by vykazovala zložka, ak by pri danej teplote a tlaku bola sama.

Matematickým vyjadrením je Amagatov zákon

Stavov správanie ideálneho plynu - SSIP

#1) Každý plyn SA v ideálnej zmesi plynov správa tak, ako by bol ~~so~~ v celom objeme, ktorý má zmes plynov k dispozícii.

#2) p_i, v_i - sú hypotetické veličiny, nemžno ich priamo merať!
/Výhodnejšie vpartate koncentráciu složy v systave!

#3) Význam Daltonovho a Amagatovho zákonu je tomu, že c_i^v, p_i, v_i - SA merateľné veličiny, teda dáva do súčtu MERATEĽNÉ A NEMERATEĽNÉ VELIČINY.

Stavov správanie ideálneho plynu - SSIP

Nádoba z objemom 5 litrov, obsahuje 1 mol O_2 , 2 mol H_2 pri 29°C . Aký je celkový tlak $p = ?$ ak sa obe zložky správajú ako ideálny plyn.

$$pV = nRT$$

$$p = \sum p_i = p_A + p_B = n_A \frac{RT}{V} + n_B \frac{RT}{V}$$

$$= (n_A + n_B) \frac{RT}{V} = (1 + 2) \cdot \frac{8,314 \cdot 290}{5 \cdot 10^{-3}} = 1406543 \text{ Pa}$$

$$\underline{1,4 \text{ MPa}}$$