

**Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije
Sveučilišta u Zagrebu**

Seminar 06

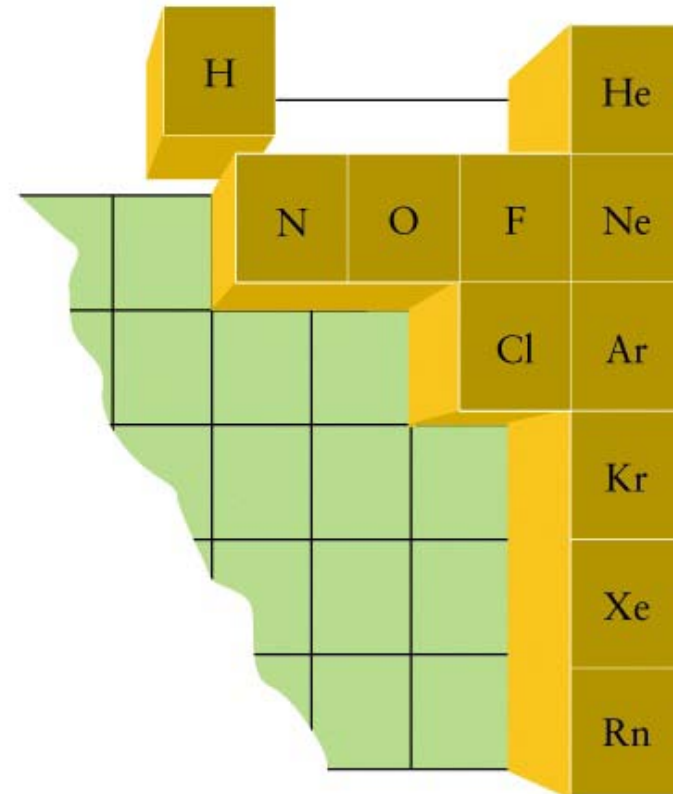
Plinski zakoni

**dr. sc. Biserka Tkalčec
dr. sc. Lidija Furač**

PLINSKI ZAKONI

Pri normalnim uvjetima
tlaka i temperature :

11 elemenata su plinovi
koji se pojavljuju u
monoatomnom ili
dvoatomnom obliku



PLINSKI ZAKONI

➤ Plin

- tvar koja poprima oblik i volumen posude (prostora) u kojoj se nalazi
- lako se komprimira i ekspandira
- puno je manje gustoće od čvrstih tvari i tekućina, npr:

$$\rho (\text{Cu})_{20\text{ }^{\circ}\text{C}} = 8\,850 \text{ g/dm}^3$$

$$\rho (\text{H}_2\text{O})_{20\text{ }^{\circ}\text{C}} = 998,2 \text{ g/dm}^3$$

$$\rho (\text{zrak})_{20\text{ }^{\circ}\text{C}, 1 \text{ bar}} = 1,184 \text{ g/dm}^3$$

PLINSKI ZAKONI

➤ Idealni plin - značajke

1. V (plina) $\gg \Sigma V$ (pojedinih molekula plina)
2. V (1 molekule plina) ≈ 0



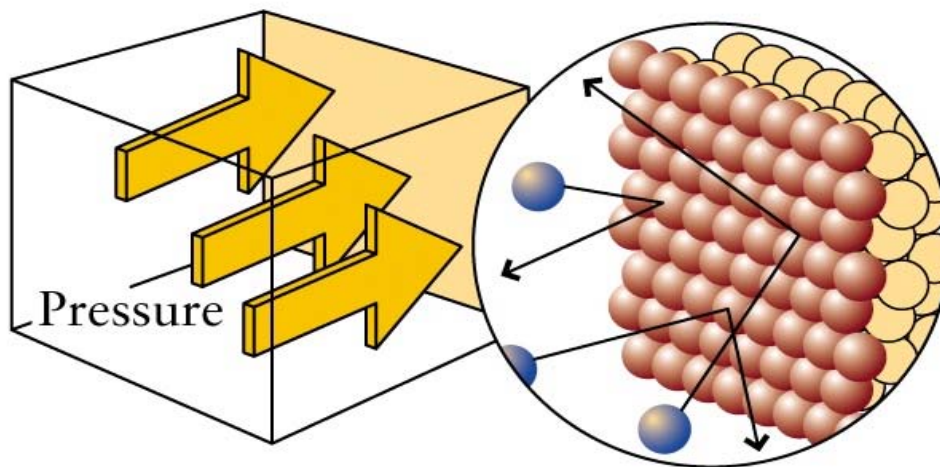
intermolekulske sile (Van der Waalsove sile) = 0

- pri niskom tlaku, p , i visokoj temperaturi, T , → može se pretpostaviti da se plinovi ponašaju kao idealni plinovi

PLINSKI ZAKONI

➤ Tlak plina

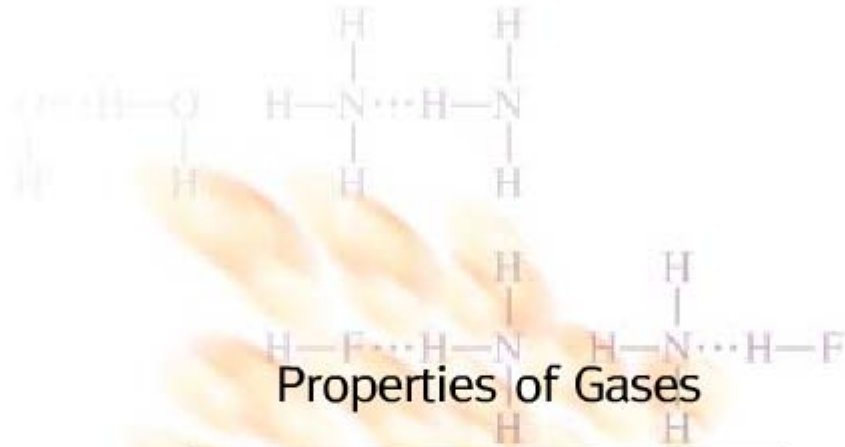
$$p = F / A \quad [\text{Nm}^{-2} = \text{Pa}]$$



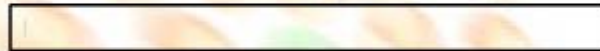
-Tlak plina, p , je posljedica udaranja molekula plina, koje su u stalnom gibanju, o stijenku posude

-Tlak plina, p , ovisi o broju i brzini gibanja molekula plina

PLINSKI ZAKONI



Properties of Gases



PLINSKI ZAKONI

1. **BOYLE – MARIOTTEOV ZAKON**: ovisnost između tlaka plina, p , i volumena plina, V , uz stalnu temperaturu, T , i množinu, n , plina

$$(p \times V)_{T,n} = \text{konstanta}$$

Umnožak tlaka i volumena plina uz konstantnu temperaturu i količinu plina je stalan tj.

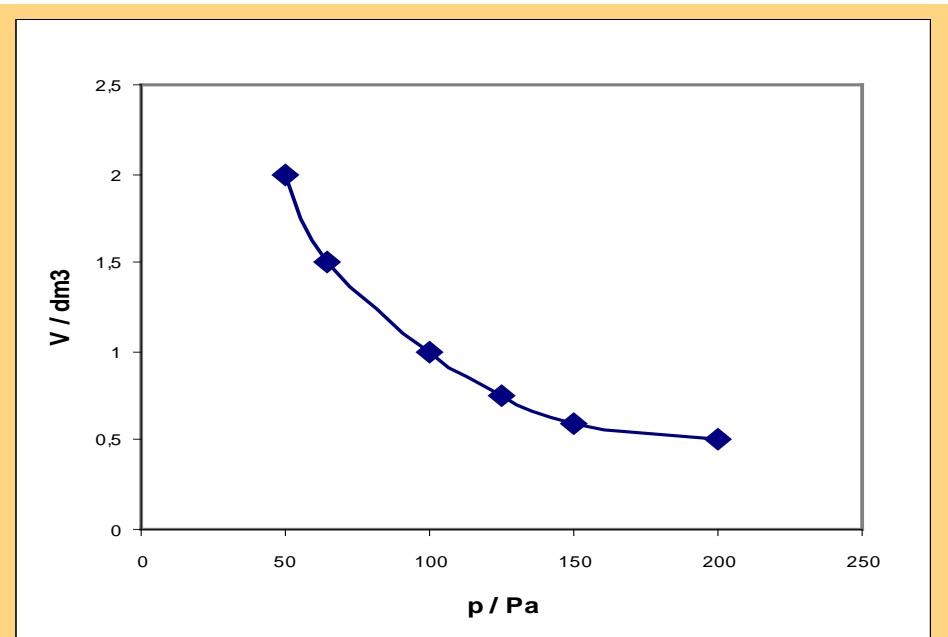
Volumen plina pri stalnoj temperaturi i množini plina obrnuto je proporcionalan tlaku!



$$(p \times V)_{T,n} = \text{konst.}$$



$$(p \times V)_{T,n} = (p_1 \times V_1)_{T,n}$$



PLINSKI ZAKONI

2. CHARLES GAY – LUSSACOV ZAKON:

- a) Promjena volumena plina, ovisno o promjeni temperature, uz stalni tlak i množinu plina:

Volumen određene količine plina pri stalnom tlaku povećava se zagrijavanjem za svaki °C za 1/273 volumena što ga je plin imao pri 0 °C:

$$V_{p,n} = V_0 + \frac{V_0}{273,15 \text{ } ^\circ\text{C}} \cdot t_{p,n} = \frac{V_0}{273,15 \text{ } ^\circ\text{C}} (273,15 \text{ } ^\circ\text{C} + t_{p,n})$$

$$\frac{V_0}{273,15 \text{ } ^\circ\text{C}} = \text{konst.}$$

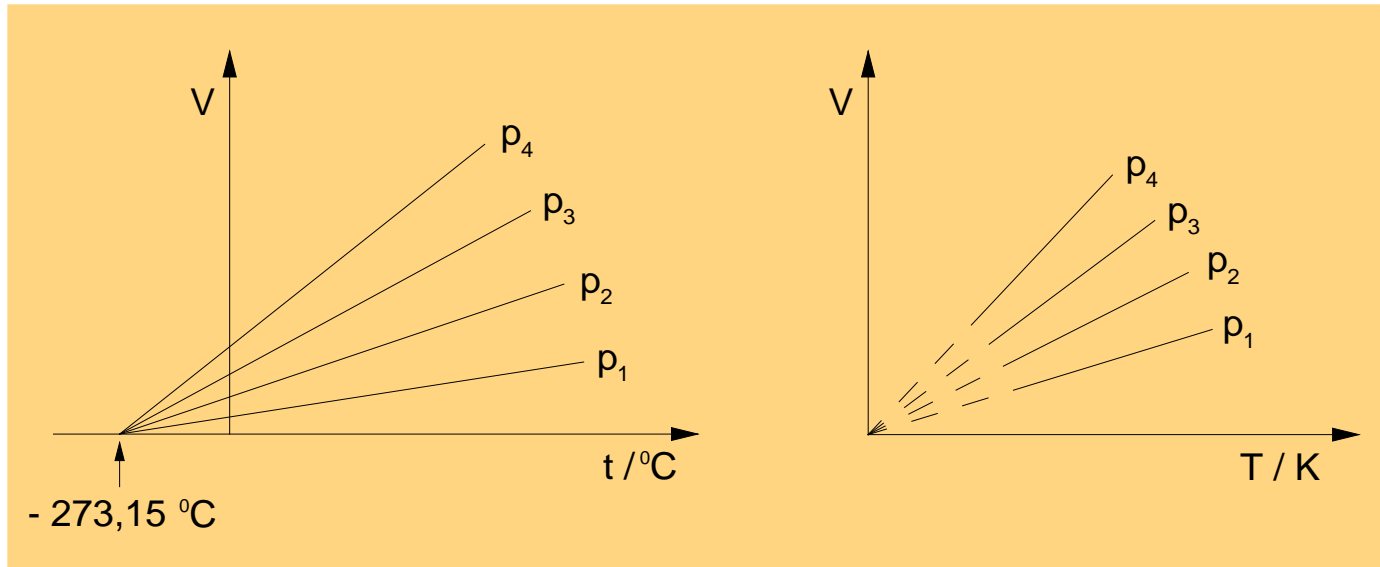
kako je:

$$273,15 \text{ } ^\circ\text{C} + t_{p,n} = T_{p,n}$$

$$V_{p,n} = \text{konstanta} \times T_{p,n}$$

$$\left(\frac{V}{T}\right)_{p,n} = \left(\frac{V_1}{T_1}\right)_{p,n}$$

PLINSKI ZAKONI



Volumen, V , određene množine plina, n , pri konstantnom tlaku, p , **upravno je proporcionalan** termodinamičkoj temperaturi, T , pri tom tlaku i množini plina!

PLINSKI ZAKONI

- b) Promjena tlaka plina, ovisno o promjeni temperature, uz stalni volumen i množinu plina:

Tlak određene količine plina pri stalnom volumenu povećava se zagrijavanjem za svaki °C za 1/273 tlaka što ga je plin imao pri 0 °C:

$$p_{V,n} = p_0 + \frac{p_0}{273,15 \text{ } ^\circ\text{C}} \cdot t_{V,n} = \frac{p_0}{273,15 \text{ } ^\circ\text{C}} (273,15 \text{ } ^\circ\text{C} + t_{V,n})$$

$\frac{p_0}{273,15 \text{ } ^\circ\text{C}} = \text{konst.}$ kako je: $273,15 \text{ } ^\circ\text{C} + t_{V,n} = T_{V,n}$

$$p_{V,n} = \text{konstanta} \times T_{V,n}$$

$$\left(\frac{p}{T}\right)_{V,n} = \left(\frac{p_1}{T_1}\right)_{V,n}$$

Tlak, p , određene količine plina, n , pri konstantnom volumenu, V , **upravno je proporcionalan** termodinamičkoj temperaturi, T , pri tom volumenu i množini plina!

PLINSKI ZAKONI

3. **AVOGADROV ZAKON**: ovisnost između volumena plina, V , i množine plina, n , uz stalnu temperaturu, T , i tlak, p

a) Volumen plina pri konstantnoj temperaturi, T , i tlaku, p , određen je množinom plina, n



$$V = \text{konstanta} \cdot n$$

b) **Jednaki volumeni različitih plinova** pri istom tlaku, p , i temperaturi, T , sadrže **jednaku količinu (množinu) plina, n** , odnosno, pri jednakim uvjetima tlaka, p , i temperature, T , **različiti plinovi** zauzimaju **jednaki volumen, V** .

PLINSKI ZAKONI

PLINSKI ZAKONI

1. Boyle – Mariotteov zakon
2. Gay - Lussacov zakoni
3. Avogadrov zakon



Jednadžba stanja idelanog plina

PLINSKI ZAKONI

JEDNADŽBA STANJA IDEALNOG PLINA

$$p \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

$$T^0 = 273,15 \text{ K}$$
$$p^0 = 101325 \text{ Pa}$$

standardni ili
normalni uvjeti
tlaka i temperature
za plinovito stanje

$$n \text{ (plin)} = 1 \text{ mol}$$

$$V_m^0 = \frac{V^0}{n} = 22,414 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1}$$

Standardni molarni volumen plina, $V_m^0 = 22,414 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1}$

PLINSKI ZAKONI

R → MOLARNA PLINSKA KONSTANTA, dobije se uvrštenjem p^0 , T^0 i V_m^0 u jednadžbu stanja idealnog plina

$$R = \frac{p^0 \cdot V^0}{T^0}$$

$$R = \frac{101325 \text{ kg m}^{-1} \text{ s}^{-2} \cdot 22,314 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \text{ mol}^{-1}}{273,15 \text{ K}}$$

$$R = 8,314 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1} = 8,314 \text{ Pa m}^3 \text{ K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$$

PLINSKI ZAKONI

VOLUMEN - MNOŽINA

Avogadro

Volumen 1 mola plina

Ideal gas	22.41
Argon	22.09
Carbon dioxide	22.26
Nitrogen	22.40
Oxygen	22.40
Hydrogen	22.43

PLINSKI ZAKONI

Jednadžba idealnog plina

GUSTOĆA PLINA, ρ

$$pV = nRT$$

$$n = m/M$$

$$pV = (m/M) \cdot RT$$

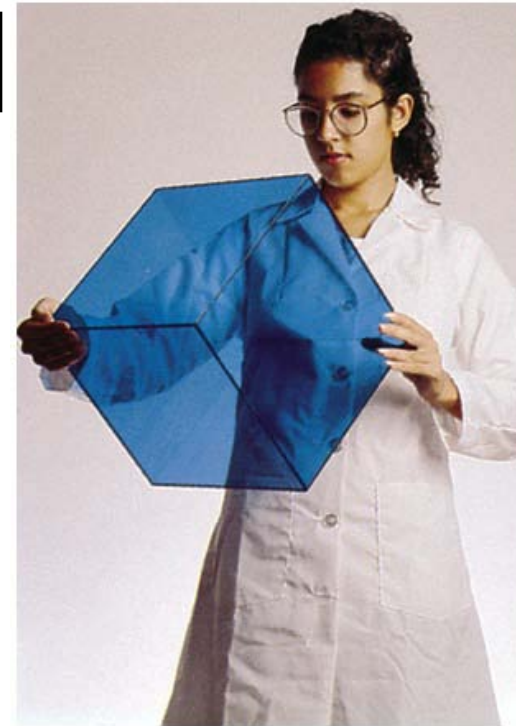
$$pM = (m/V) \cdot RT$$

kako je:

$$m/V = \rho$$

$$pM = \rho RT$$

$$\rho = pM / RT$$



PLINSKI ZAKONI

Plin A

Plin B

$$\rho(\text{A})_{p,T} = p M(\text{A}) / R T$$

:

$$\rho(\text{B})_{p,T} = p M(\text{B}) / R T$$

$$\frac{\rho(\text{A})_{p,T}}{\rho(\text{B})_{p,T}} = \frac{\cancel{p} M(\text{A}) / \cancel{R} T}{\cancel{p} M(\text{B}) / \cancel{R} T}$$

T

$$\frac{\rho(\text{A})_{p,T}}{\rho(\text{B})_{p,T}} = \frac{M(\text{A})}{M(\text{B})}$$

Omjer gustoća dvaju plinova pri jednakom tlaku, p , i temperaturi, T , jednak je omjeru njihovih molarnih masa.

PLINSKI ZAKONI- plinske smjese

4. DALTONOV ZAKON parcijalnih tlakova :

- U smjesi svaki plin zauzima ukupni volumen posude V , jer se plinovi potpuno miješaju.
- Stoga se svakom plinu u smjesi može pripisati određeni tlak, tzv. **parcijalni tlak (p_i)**, odnosno tlak koji bi plin imao kada bi sam ispunjavao taj volumen posude, V .
- Prema tome, **ukupni tlak (p) u posudi jednak je sumi parcijalnih tlakova plinova u smjesi :**

Ukupni tlak plinske smjese



$$p = \sum p_i$$

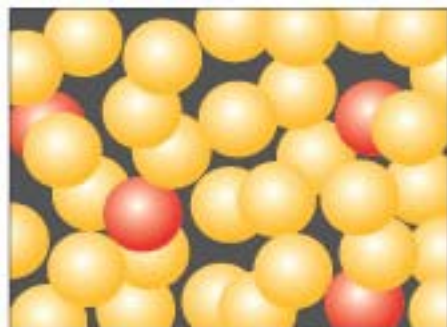
PLINSKI ZAKONI - plinske smjese

DALTONOV ZAKON parcijalnih tlakova

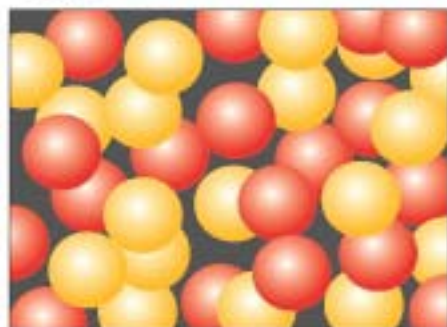
Parcijalni tlak svakog plina, p_i , u smjesi, upravo je proporcionalan množinskom udjelu, x_i , toga plina u smjesi:

$$p_i = x_i \cdot p$$

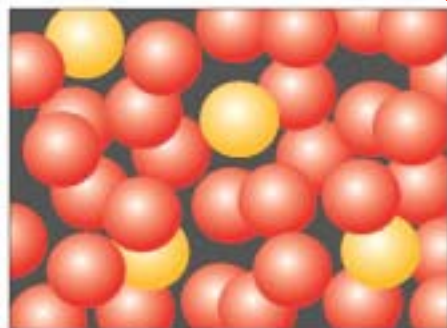
$$p = x (\text{crvene molekule}) \cdot p + x (\text{\u017eute molekule}) \cdot p$$



$$x_{\text{RED}} = 0.1$$



$$x_{\text{RED}} = 0.5$$

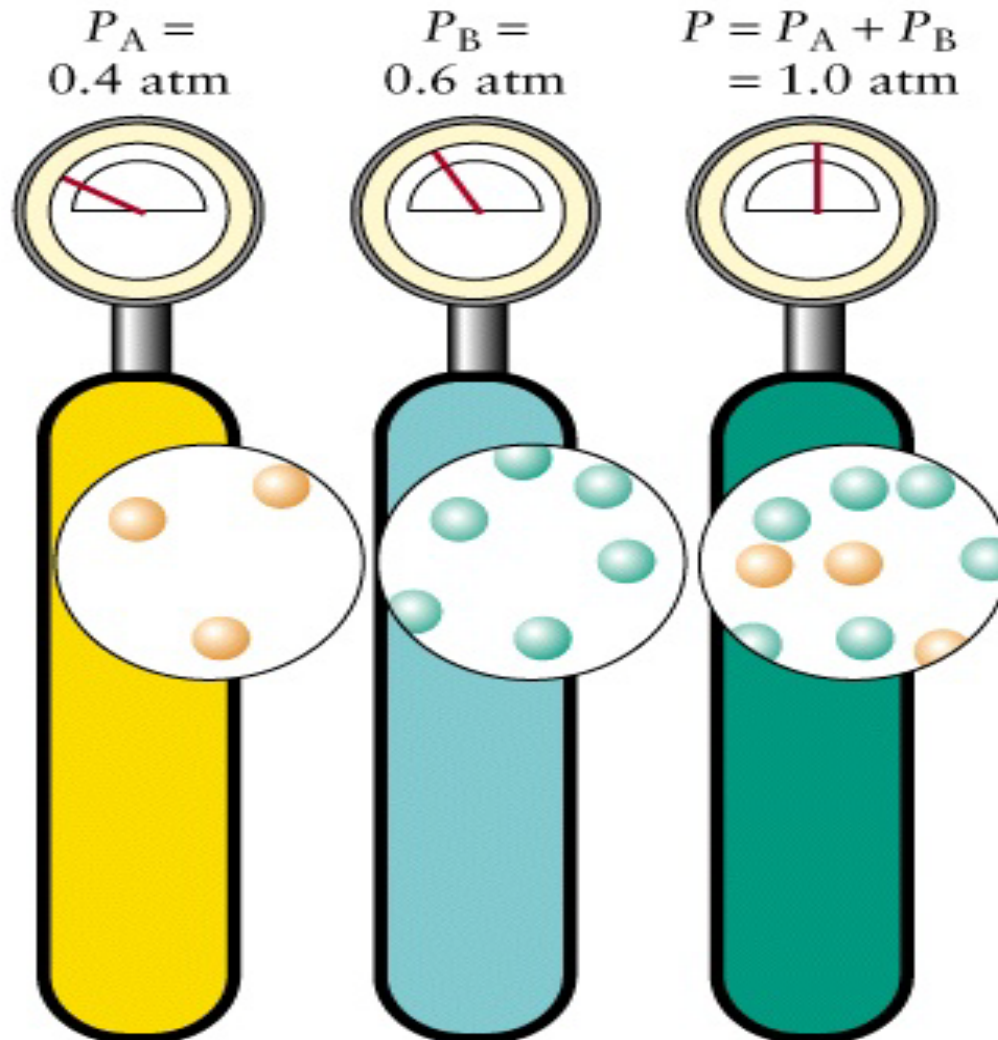


$$x_{\text{RED}} = 0.9$$

Kako koli\u010dinski udio jednog plina u smjesi raste, tako i ukupni tlak plinske smjese sve vi\u0161e ovisi o parcijalnom tlaku toga plina. (Na slici, odozgo prema dolje, to je koli\u010dinski udio i parcijalni tlak plina ozna\u010denog crvenim kuglicama.)

PLINSKI ZAKONI-plinske smjese

Primjer : DALTONOV ZAKON parcijalnih tlakova



PLINSKI ZAKONI-plinske smjese

Iz primjera s prethodnog slajda:



Za plin u plinskoj smjesi također vrijede:

a) Boyle-Mariotteov zakon:

$$p_i \cdot V = p \cdot V_i \quad ||| \quad \frac{p_i}{p} = \frac{V_i}{V}$$

V_i = *parcijalni volumen plina tj. volumen koji bi plin imao da je stlačen na tlak plinske smjese p .*

Ukupni volumen plinske smjese



$$V = \sum V_i$$

PLINSKI ZAKONI-plinske smjese

b) Avogadrov zakon:

$$\begin{array}{ccc} \boxed{V_i = x_i \cdot V} & \text{odnosno} & \boxed{p_i = x_i \cdot p} \\ \updownarrow & & \updownarrow \\ \boxed{V_i = \varphi_i \cdot V} & & \boxed{p_i = \varphi_i \cdot p} \\ & & \boxed{x_i = \varphi_i} \end{array}$$

x_i = *količinski udio plina u smjesi*
 φ_i = *volumni udio plina u smjesi*
 V_i = *parcijalni volumen plina u smjesi*
 p_i = *parcijalni tlak plina u smjesi*
 V = *volumen smjese*
 p = *tlak smjese*

PLINSKI ZAKONI-plinske smjese

Molarna masa, M , plinske smjese

Svaka komponenta plinske smjese, i , doprinosi molarnoj masi, M , plinske smjese svojom molarnom masom, M_i , proporcionalno svojem volumnom udjelu, φ_i , odnosno množinskom udjelom, x_i .

$$M \text{ (plinska smjesa)} = \sum x_i \cdot M_i$$

PLINSKI ZAKONI-plinske smjese

Primjer: Zrak je smjesa plinova: dušika, kisika, plemenitih plinova (uglavnom argona) i ugljikova(IV) oksida. Prosječni množinski (volumni) udjeli pojedinih plinova u čistom zraku su:

$$x(\text{N}_2) = 78,08 \%,$$

$$x(\text{O}_2) = 20,95 \%,$$

$$x(\text{Ar}) = 0,94 \%$$

$$x(\text{CO}_2) = 0,03 \%.$$

Izračunajte prosječnu molarnu masu čistog zraka!

$$M(\text{zrak}) = x(\text{N}_2) \cdot M(\text{N}_2) + x(\text{O}_2) \cdot M(\text{O}_2) + x(\text{Ar}) \cdot M(\text{Ar}) + x(\text{CO}_2) \cdot M(\text{CO}_2)$$



$$M(\text{zrak}) = 0,7808 \cdot 28,01 \text{ g/mol} + 0,2095 \cdot 31,98 \text{ g/mol} + 0,0094 \cdot 39,95 \text{ g/mol} + 0,0003 \cdot 43,99 \text{ g/mol}$$



$$M(\text{zrak}) = 28,96 \text{ g/mol}$$

PLINSKI ZAKONI

Boyle – Mariotteov zakon

Gay - Lussacovi zakoni

Avogadrov zakon



Jednadžba stanja idelanog plina

Standardni molarni volumen plina, V^0

Molarna plinska konstanta, R

Gustoća plina, ρ

Plinske smjese

Daltonov zakon parcijalnih tlakova

Parcijalni tlak plina, p_i

Parcijalni volumen plina, V_i

Količinski udio plina u plinskoj smjesi, x_i

Volumni udio plina u plinskoj smjesi, φ_i

Molarna masa plinske smjese, M

Domaća zadaća

1. M. Sikirica: Stehiometrija:

a) pročitati i proučiti poglavlje IX.: (str. 131 – 141)

b) zadatci: 6.14.;6.52.; 6.86; 6.91.; 6.94.

2. I. Filipović: Opća i anorganska kemija I

a) pročitati i proučiti poglavlje 9.: (str. 481 – 490)

3. Preporuka: M. Sikirica, Stehiometrija, 6.1. – 6.41.; 6.43; 6.47.; 6.53; 6.55.; 6.58.; 6.59.; 6.60.; 6.61.; 6.72.; 6.78.; 6.87.; 6.88.; 6.89.; 6.95.