

## MB - Príklad 5

V protipúdovej absorpčnej kolóne sa vypiera amoniak čistou vodou, ktorá sa privádza na hlavu kolóny. Pohltí sa v nej 98 percent z množstva amoniaku privádzaného na dno kolóny v plynnej zmesi obsahujúcej vzduch a amoniak. Vzduch je inertnou zložkou, počas procesu sa do vody (absorbent) nerozpúšťa a odchádza, spolu s neabsorbovaným amoniakom, hlavu kolóny. Objemový prietok vstupujúcej plynnej zmesi, obsahujúcej 5 obj. % amoniaku, je  $1000 \text{ m}^3/\text{h}$ , tlak  $100 \text{ kPa}$  a teplota  $20^\circ \text{ C}$ . Hustota vody je  $998.2 \text{ kg/m}^3$ . Kvapalná fáza, odchádzajúca z dna kolóny, obsahuje  $2.27 \text{ mol amoniaku} / 100 \text{ mol vody}$ .

Vypočítajte:

1. Tok látkového množstva a objemový prietok absorpčného činidla privádzaného na hlavu kolóny.
2. Tok látkového množstva kvapalnej fázy odchádzajúcej z dna kolóny.
3. Zloženie pynu odchádzajúceho z hlavy kolóny v hmotnostných zlomkoch.  
(Mólová hmotnosť vzduchu je  $29 \text{ g/mol}$ ).

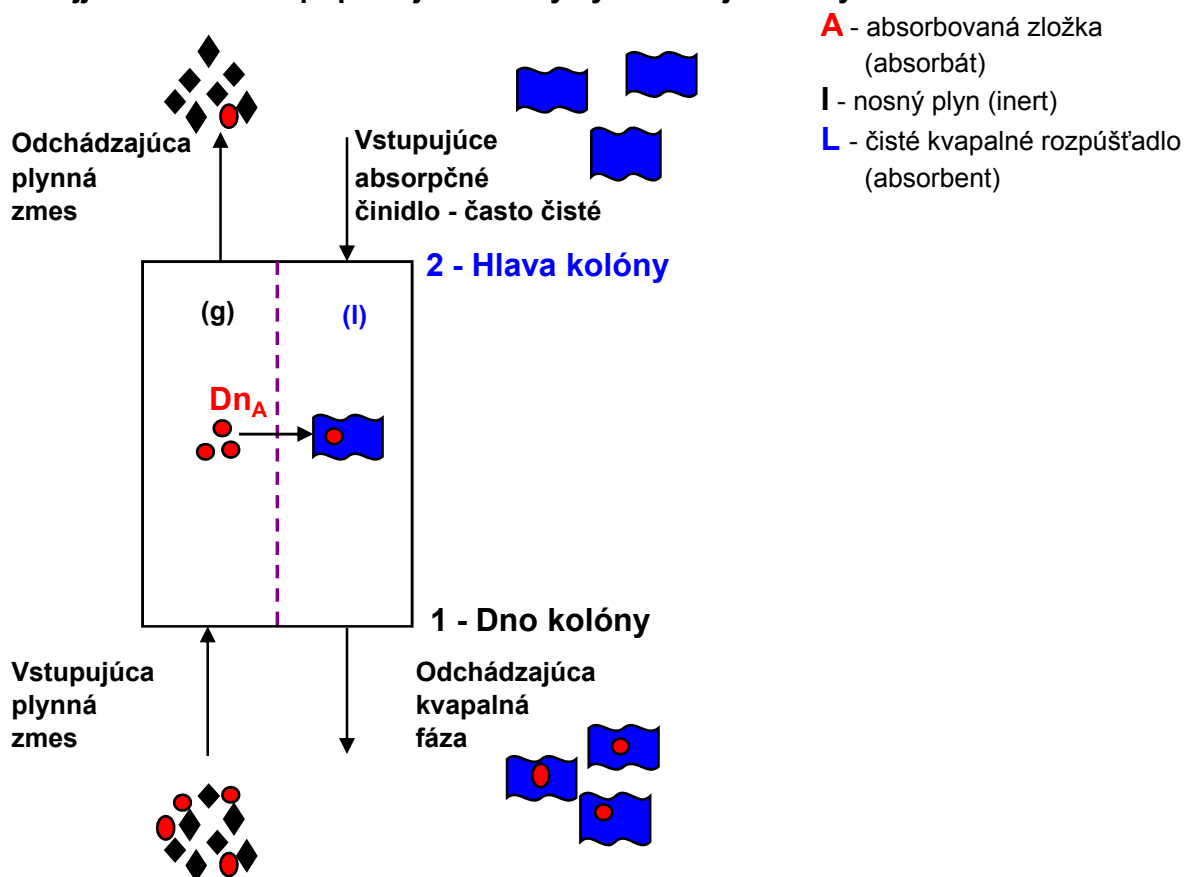
## ABSORPCIA

Absorpcia je separačný proces v ktorom sa jedna alebo aj viacej zložiek z plynnej zmesi rozpúšťa (pohlcuje) kvapalným absorpčným činidlom na základe ich rozdielnej rozpustnosti.

V prípade protiprúdového usporiadania vstupuje plyná zmes na dno absorpčnej kolóny a absorpčné činidlo na hlavu kolóny. Neabsorbované zložky plynnej zmesi odchádzajú na hlavu kolóny a kvapalná fáza, obsahujúca čisté absorpčné činidlo (absorbent) a rozpustené zložky z plynnej zmesi, odchádza na dne kolóny.

Transport látky prebieha len jedným smerom cez medzifázové rozhranie plyn - kvapalina. Rozpustné zložky plynnej zmesi prechádzajú z plynnej do kvapalnej fázy.

V najjednoduchšom prípade je bilančný systém trojzložkový:



## Bilančná schéma

$$n_3 = ? \quad \text{kmol/h}$$

$$x_{3A} = ?$$

$$x_{3B} = ?$$

$$n_2 = ? \quad \text{kmol/h}$$

$$x_{2C} = 1$$

$$M_C = 18 \text{ kg/kmol}$$

$$\rho_C = 998.2 \text{ kg/m}^3$$

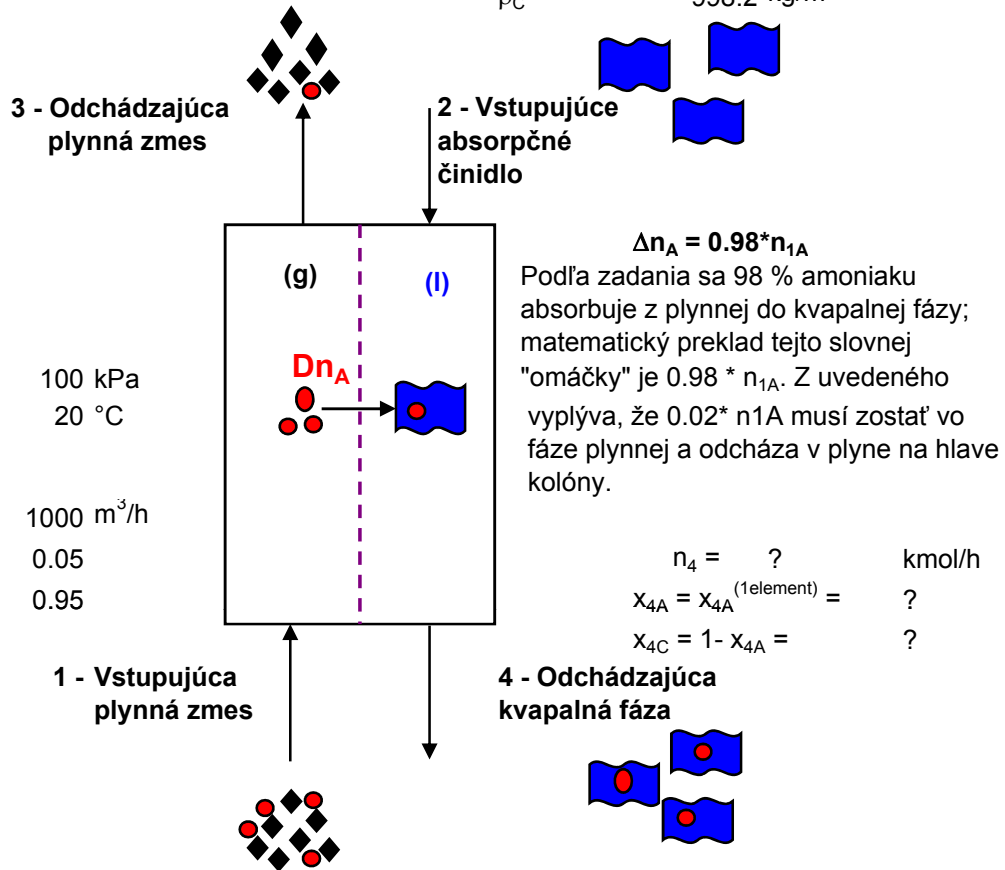
$$P = 100 \text{ kPa}$$

$$t = 20 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$V_1 = 1000 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$x_{1A} = 0.05$$

$$x_{1B} = 0.95$$



### Prúdy:

- 1 - Vstupujúca plynná zmes (zmes vzduchu a amoniaku)
- 2 - Vstupujúce absorpčné činidlo (čistá voda)
- 3 - Odchádzajúci plyn
- 4 - Odchádzajúca kvapalná fáza (zmes vody a rozpusteného amoniaku)

### Zložky:

- A** - amoniak (absorbát)
- B** - vzduch (inert)
- C** - voda (absorbent)

**Riešenie:**

Pred samotným riešením materiálovej bilancie je nevyhnutné vypočítať niektoré veličiny, či už priamo alebo nepriamo vyplývajúce zo zadania.

**Výpočet toku látkového množstva vstupujúcej plynnej zmesi zo stavovej rovnice ideálneho plynu - definovaný základ výpočtu.**

$$n_1 = P \cdot V_1 / R \cdot T$$

	P =	100 kPa	
	t =	20 °C	T = 293.15 K
<b>Základ výpočtu</b>	V <sub>1</sub> =	1000 m <sup>3</sup> /h	
<b>n<sub>1</sub> =</b>	<b>41.03 kmol/h</b>	R =	8.314 kJ/kmol/K

**Výpočet zloženia odchádzajúcej kvapalnej fázy**

$$x_{4A} = x_{4A}^{(1\text{element})} = n_{4A}^{1\text{element}} / n_4^{1\text{element}}$$

	n <sub>4A</sub> <sup>1element</sup> =	2.27 mol
	n <sub>4C</sub> <sup>1element</sup> =	100 mol
	n <sub>4</sub> <sup>1element</sup> = n <sub>4A</sub> <sup>1element</sup> + n <sub>4C</sub> <sup>1element</sup>	
	n <sub>4</sub> <sup>1element</sup> =	102.27 mol

$$x_{4A} = x_{4A}^{(1\text{element})} = \mathbf{0.0222}$$

$$x_{4B} = x_{4B}^{(1\text{element})} = \mathbf{0.9778}$$

**Výpočet toku látkového množstva odchádzajúceho plynu:**

$$n_3 = ?$$

$$n_3 = n_{3A} + n_{3B}$$

Množstvo amoniaku v odchádzajúcej plynnej zmesi n<sub>3A</sub> je možné zistiť nepriamo z informácie, že 98 percent amoniaku sa počas procesu pohltí vo vode.  $\Delta n_A = 0.98 \cdot n_{1A}$   
 Logicky však musia zvyšné dve, vo vode nerozpustené, percentá amoniaku odchádzať v plyne z hlavy kolóny.  $n_{3A} = 0.02 \cdot n_{1A}$

**Vzduch** je inertnou zložkou v plynnej fáze. V akom množstve do systému vstupuje, v takom istom množstve zo systému v tej istej fáze aj vystupuje. Je **spojovacou zložkou**.  $n_{3B} = n_{1B}$

**Spojovacou zložkou** v kvapalnej fáze je zase **voda (absorbent)**.

n <sub>3A</sub> = 0.02 * n <sub>1A</sub>	n <sub>1A</sub> = n <sub>1</sub> * x <sub>1A</sub> =	2.051493 kmol/h
<b>n<sub>3A</sub> = 0.041 kmol/h</b>		
n <sub>3B</sub> = n <sub>1B</sub>	n <sub>1B</sub> = n <sub>1</sub> * x <sub>1B</sub> =	38.97837 kmol/h
<b>n<sub>3B</sub> = 38.978 kmol/h</b>		
	<b>x<sub>3A</sub> = n<sub>3A</sub> / n<sub>3</sub> =</b>	<b>0.0011</b>
<b>n<sub>3</sub> = 39.019 kmol/h</b>	<b>x<sub>3B</sub> = n<sub>3B</sub> / n<sub>3</sub> =</b>	<b>0.9989</b>

Dosadiac veličiny známe a vypočítané veličiny do materiálovej bilancie:

Prúdy Zložky	1	2	3	4
A: NH <sub>3</sub>	$n_1 \cdot x_{1A}$ 2.051493		$n_3 \cdot x_{3A}$ 0.04103	$n_4 \cdot x_{4A}$
B: Vzduch	$n_1 \cdot x_{1B}$ 38.97837		$n_3 \cdot x_{3B}$ 38.97837	
C: H <sub>2</sub> O		$n_2 \cdot x_{2C}$		$n_4 \cdot x_{4C}$
$\Sigma$	$n_1$ 41.03	$n_2$	$n_3$ 39.019	$n_4$

Definovaný základ výpočtu:

$$n_1 = 41.02986 \text{ kmol/h}$$

$$n_3 = 39.0194 \text{ kmol/h}$$

$$x_{1A} = 0.05$$

$$x_{1B} = 0.95$$

$$x_{2C} = 1$$

$$x_{3A} = 0.001052$$

$$x_{3B} = 0.998948$$

$$x_{4A} = 0.022196$$

$$x_{4B} = 0.977804$$

Tok látkového množstva kvapalnej zmesi vody a amoniaku sa vypočíta z materiálovej bilancie amoniaku

$$n_{1A} = n_{3A} + n_{4A} \rightarrow n_{4A} = n_{1A} - n_{3A} \rightarrow n_{4A} = 2.0105 \text{ kmol/h}$$

$$n_4 = n_{4A} / x_{4A} \rightarrow n_4 = 90.577 \text{ kmol/h}$$

Tok látkového množstva vody môže byť dopočítaný z celkovej materiálovej bilancie

$$n_1 + n_2 = n_3 + n_4 \rightarrow n_2 = n_3 + n_4 - n_1$$

$$n_2 = 88.567 \text{ kmol/h}$$

Objemový prietok vody privádzaný na hlavu kolóny sa dopočíta z hmotnostného toku a hustoty vody.

$$m_2 = n_2 \cdot M_2 = 1594.2 \text{ kg/h} \rightarrow V_2 = m_2 / \rho_2 = 1.59707 \text{ m}^3/\text{h}$$

Prúdy Zložky	1	2	3	4
A: NH <sub>3</sub>	$n_1 \cdot x_{1A}$ 2.051493		$n_3 \cdot x_{3A}$ 0.04103	$n_4 \cdot x_{4A}$ 2.010463
B: Vzduch	$n_1 \cdot x_{1B}$ 38.97837		$n_3 \cdot x_{3B}$ 38.97837	
C: H <sub>2</sub> O		$n_2 \cdot x_{2C}$ 88.56667		$n_4 \cdot x_{4C}$ 88.56667
$\Sigma$	$n_1$ 41.03	$n_2$ 88.567	$n_3$ 39.019	$n_4$ 90.577

41.02986 88.56667 39.0194 90.57713

### Zloženie plynnej zmesi odchádzajúcej z hlavy kolóny v hmotnostných zlomkoch

Aplikujúc vzťah medzi hmotnostným zlomkom zložky a mólovými zlomkami a mólovými hmotnosťami zložiek v zmesi (prúde)

$$w_{3A} = \frac{x_{3A} \cdot M_A}{x_{3A} \cdot M_A + x_{3B} \cdot M_B}$$

$$M_A = 17 \text{ kg/kmol}$$

$$M_B = 29 \text{ kg/kmol}$$

$$w_{3A} = 0.00062$$

$$w_{3B} = 1 - w_{3A} = 0.99938$$

Aplikujúc väzbové pravidlo.....