

MB - Príklad 4

V jednostupňovom extrakčnom zariadení sa separuje toluén z kvapalnej zmesi (surovina), obsahujúcej (v hmot. %): 15 % toluénu, 3 % heptánu a anilín, heptánom.

Do zariadenia sa privedú 2 kg extrakčného činidla, obsahujúceho 98 % heptánu a toluén, a 1 kg suroviny. Výsledkom procesu sú extrakt a rafinát. Odchádzajúci extrakt obsahuje 26.5 percenta z množstva anilínu, ktoré vstúpilo do zariadenia v surovine, toluén a heptán. V rafináte je hmotnostný pomer anilínu, toluénu a heptánu 89.3 : 3.3 : 7.4.

Vypočítajte:

1. Hmotnosť a zloženie výsledného extraktu a rafinátu.
2. Výťažok toluénu v extrakte z privedenej suroviny.

EXTRAKCIA Z KVAPALNEJ ZMESI

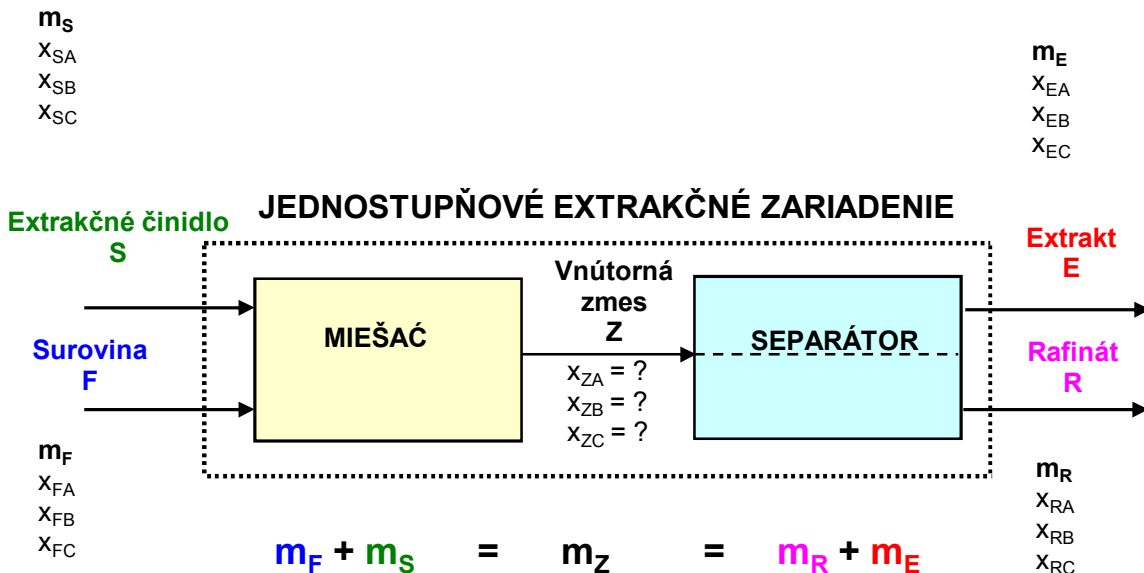
Extrakcia z kvapalnej zmesi je deliaci proces založený na rozdielnej rozpustnosti zložiek kvapalnej zmesi selektívnym rozpúšťadlom (extrahovadlom), ktoré je buď úplne nemišateľné alebo len čiastočne miešateľné s pôvodným rozpúšťadlom a prednostne rozpúšťa extrahovanú zložku z kvapalnej zmesi.

Proces prebieha v dvoch stupňoch:

1 - Privedená surovina sa najprv intenzívne mieša v miešači s extrakčným činidlom, pričom dochádza zároveň aj k prestupu látky, najmä extrahovanej zložky medzi pôvodným a novým rozpúšťadlom (extrahovadlom). Vytvára sa heterogénna vnútorná zmes, ktorá zatiaľ nie je rozdelená medzifázovým rozhraním na na extrakt a rafinát.

2 - V druhej etape procesu sa vnútorná zmes separuje na dve kvapalné fázy - extrakt a rafinát.

Bilančná schéma:



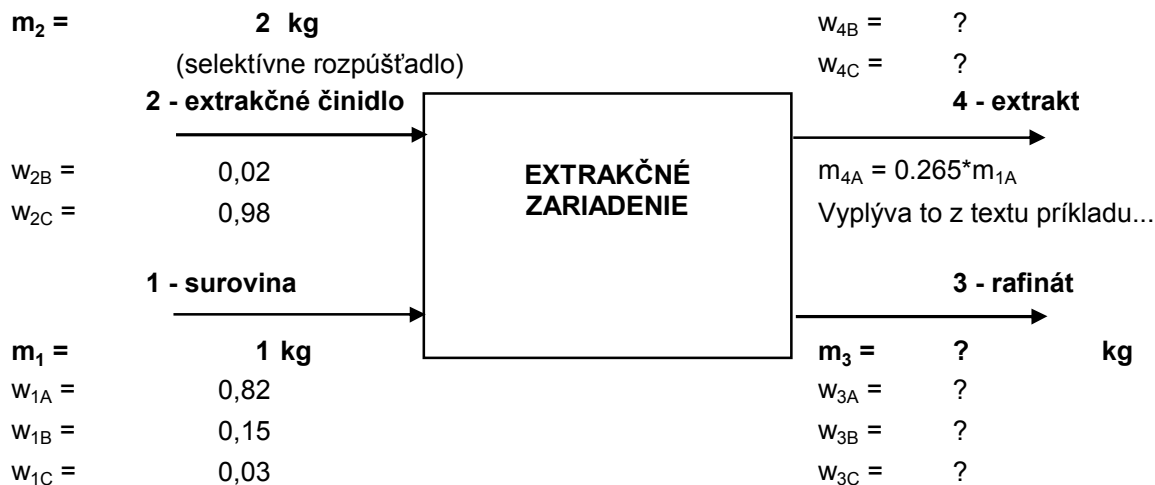
Prúdy:

F - Vstupujúca kvapalná zmes (surovina)
S - Extrakčné činidlo
R - Rafinát
E - Extrakt

Zložky:

A - pôvodné rozpúšťadlo
B - extrahovaná (rozpustená) látka
C - extrahovadlo - selektívne (nové) rozpúšťadlo

Bilančná schéma:



Prúdy:

- 1 - Vstupujúca kvapalná zmes (surovina)
- 2 - Extrakčné činidlo
- 3 - Rafinát
- 4 - Extrakt

Zložky:

- A - anilín
- B - toluén
- C - heptán

Pomer hmotnosti zložiek v rafináte podľa zadania:

$$m_{3A} : m_{3B} : m_{3C} = 89.3 : 3.3 : 7.4.$$

Riešenie:

Bilancovaný systém pozostáva z jedného zariadenia, štyroch prúdov a troch zložiek. Informácie, ktoré sú známe priamo zo zadania, sú zosumarizované do tabuľky materiálovej bilancie.

Materiálová bilancia - prvý zoznamovací "kukuč"....

Prúdy	1	2	3	4
Zložky				
A: Anilín	$m_1 \cdot w_{1A}$ 0,82		$m_3 \cdot w_{3A}$	$m_4 \cdot w_{4A}$
B: Toluén	$m_1 \cdot w_{1B}$ 0,15	$m_2 \cdot w_{2B}$ 0,04	$m_3 \cdot w_{3B}$	$m_4 \cdot w_{4B}$
C: Heptán	$m_1 \cdot w_{1C}$ 0,03	$m_2 \cdot w_{2C}$ 1,96	$m_3 \cdot w_{3C}$	$m_4 \cdot w_{4C}$
Σ	m_1 1	m_2 2	m_3	m_4

Definovaný základ výpočtu:

$$\begin{aligned}
 m_1 &= 1 \text{ kg} \\
 m_2 &= 2 \text{ kg} \\
 w_{1A} &= 0,820 \\
 w_{1B} &= 0,150 \\
 w_{1C} &= 0,03 \\
 w_{2B} &= 0,020 \\
 w_{2C} &= 0,980
 \end{aligned}$$

Počet neznámych je väčší ako počet nezávislých rovníc. Ďalšie informácie transformované do podoby "pomocných" rovníc a vzťahov premených je potrebné získať zo zadania a následne získať ich hodnoty na vyriešenie materiálovej bilancie.

Výpočet hmotnostných zlomkov v rafináte

Zloženie rafinátu môže byť vypočítané z nasledujúcej úvahy:

$$m_{3A} : m_{3B} : m_{3C} = 89.3 : 3.3 : 7.4. \quad \longrightarrow \quad m_3 \cdot w_{3A} : m_3 \cdot w_{3B} : m_3 \cdot w_{3C} = 89.3 : 3.3 : 7.4. \quad \longrightarrow \quad w_{3A} : w_{3B} : w_{3C} = 89.3 : 3.3 : 7.4.$$

Väzbové pravidlo: $w_{3A} + w_{3B} + w_{3C} = 1$

$$\begin{array}{l} w_{3A} : w_{3B} : w_{3C} = \\ 89.3 : 3.3 : 7.4. \\ w_{3A} + w_{3B} + w_{3C} = 1 \end{array} \quad \left| \begin{array}{l} w_{3B} = (3.3/89.3) \cdot w_{3A} \\ w_{3C} = (7.4/89.3) \cdot w_{3A} \end{array} \right. \quad \longrightarrow \quad \begin{array}{l} \text{Dosadiac vyjadrenia hmotnostných zlomkov} \\ \text{zložky B a C ako funkcie hmotnostného} \\ \text{zlomku A do väzbového pravidla:} \\ w_{3A} + 3.3/89.3 \cdot w_{3A} + 7.4/89.3 \cdot w_{3A} = 1 \end{array}$$

$$w_{3A} = 0,893$$

$$w_{3B} = 0,033$$

$$w_{3C} = 0,074$$

Výpočet hmotnosti anilínu v extrakte a rafináte

Zo zadania príkladu priamo (explicitne) vyplýva:

$$m_{4A} = 0.265 \cdot m_{1A} \quad m_{4A} = 0,2173 \text{ kg} \quad m_{1A} = m_1 \cdot w_{1A}$$

$$m_1 = 1 \text{ kg}$$

a nepriamo (implicitne, z úvahy)...

$$w_{1A} = 0,82$$

$$m_{3A} = (1 - 0.265) \cdot m_{1A} \quad m_{3A} = 0,6027 \text{ kg} \quad m_{1A} = 0,82 \text{ kg}$$

Celková materiálová bilancia a bilancie jednotlivých zložiek nám poslúžia na výpočet ďalších neznámych veličín.

Výpočet hmotnosti rafinátu m_3

Aplikujúc definičný vzťah na výpočet hmotnostného zlomku anilínu v rafináte:

$$w_{3A} = m_{3A} / m_3 \quad \longrightarrow \quad m_3 = m_{3A} / w_{3A} = 0,6749 \text{ kg}$$

$$m_{3A} = 0,6027 \text{ kg}$$

$$w_{3A} = 0,893$$

Výpočet hmotnosti extraktu m_4

Aplikujúc celkovú materiálovú bilanciu:

$$m_4 = m_1 + m_2 - m_3 \quad \longrightarrow \quad m_4 = 2,3251 \text{ kg}$$

Materiálová bilancia - kompletný "kukuč"....

Prúdy	1	2	3	4
Zložky				
A: Anilín	$m_1 \cdot w_{1A}$ 0,82		$m_3 \cdot w_{3A}$ 0,6027	$m_4 \cdot w_{4A}$ 0,2173
B: Toluén	$m_1 \cdot w_{1B}$ 0,15	$m_2 \cdot w_{2B}$ 0,04	$m_3 \cdot w_{3B}$ 0,022272	$m_4 \cdot w_{4B}$ 0,167728
C: Heptán	$m_1 \cdot w_{1C}$ 0,03	$m_2 \cdot w_{2C}$ 1,96	$m_3 \cdot w_{3C}$ 0,049944	$m_4 \cdot w_{4C}$ 1,940056
Σ	m_1 1	m_2 2	m_3 0,6749	m_4 2,3251

1 2 0,674916 2,325084

Definovaný základ výpočtu:

$$m_1 = 1 \quad \text{kg}$$

$$m_2 = 2 \quad \text{kg}$$

$$w_{1A} = 0,820$$

$$w_{1B} = 0,150$$

$$w_{1C} = 0,03$$

$$w_{2B} = 0,020$$

$$w_{2C} = 0,980$$

$$w_{3A} = 0,893$$

$$w_{3B} = 0,033$$

$$w_{3C} = 0,074$$

Poznámka:

Overuj si výsledky v Tabuľke materiálovej bilancie po stĺpcoch aj riadkoch.

Zloženie extraktu je vypočítané z materiálových bilancií jednotlivých zložiek:

$$w_{4A} = 0,093$$

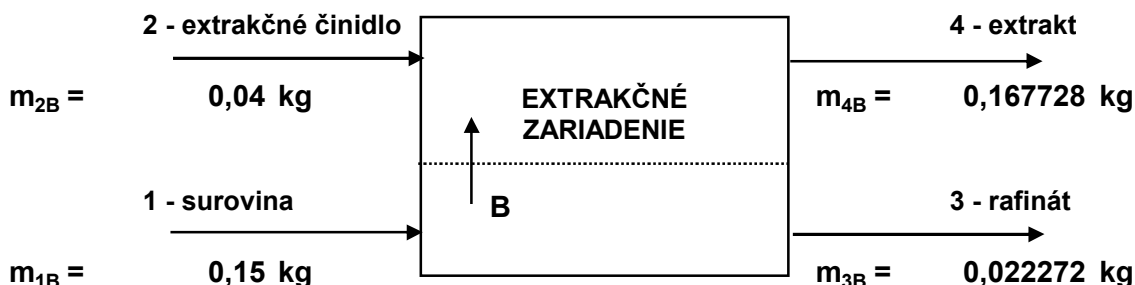
$$w_{4B} = 0,072$$

$$w_{4C} = 0,8344$$

Výťažok toluénu v extrakte z privedenej suroviny:

Výťažok toluénu v extrakte z privedenej suroviny je definované ako pomer množstva toluénu získaného zo suroviny a pôvodného množstva toluénu v surovine krát 100 %.

Teraz sa nám stačí pozrieť v bilančnej schéme len na "bieloskvúce zúbky" extrahovanej zložky - toluénu.



Množstvo vyextrahovaného toluénu zo suroviny sa rovná rozdielu množstva toluénu v surovine a rafináte.

Z materiálovej bilancie zložky B zároveň vyplýva, že vyextrahované množstvo toluénu zo suroviny sa rovná rozdielu množstva toluénu v extrakte a v extrakčnom činidle.

$$\Delta m_B = m_{1B} - m_{3B} = m_{4B} - m_{2B} = 0,12773 \text{ kg}$$

$$\eta = [\Delta m_B / m_{1B}] * 100 \%$$

$$\eta = [(m_{1B} - m_{3B})/m_{1B}] * 100 \% \quad \text{alebo} \quad \eta = [(m_{4B} - m_{2B})/m_{1B}] * 100 \%$$

$$\eta = 85,152 \% \quad \eta = 85,152 \%$$