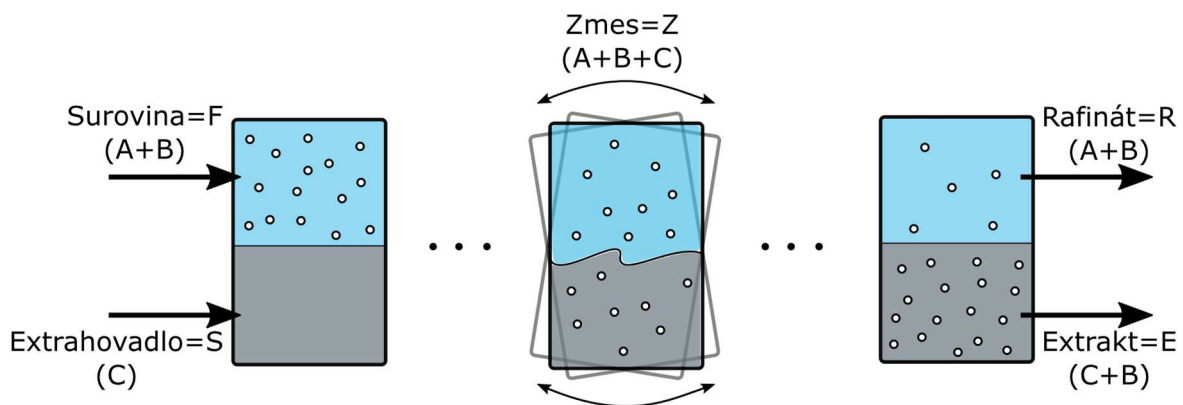


LABORATÓRNE CVIČENIA ZO SEPARAČNÝCH PROCESOV

Práca č.12
Kvapalinová extrakcia

V KOCKE

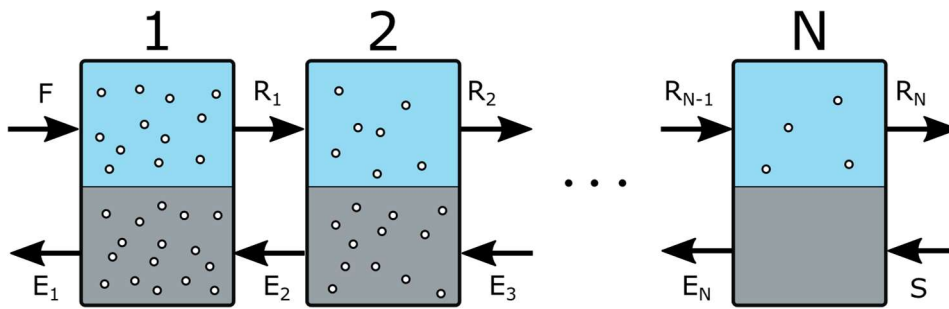
Extrakcia je difúzny separačný proces, ktorým sa oddeľujú zložky z homogénnych kvapalných zmesí. Používa sa v prípade, ak delenie kvapalnej zmesi destiláciou nie je efektívne, t.j. ak je hodnota relatívnej prchavosti zložiek delenej zmesi blízka, prípadne rovná jednej (delenie látok s podobnou teplotou varu, zriedených roztokov alebo azeotropických zmesí). Extrakcia má široké uplatnenie pri separácii produktov biotechnologickej výroby, kedy je potrebné vyhnúť sa vyšším teplotám, pri ktorých hrozí degradácia termolabilných zložiek. Oproti destilačným procesom, kde k oddeleniu zložiek dochádza na základe rozdielnej prchavosti, je princíp extrakcie založený na rozdielnej rozpustnosti extrahovanej zložky v dvoch rôznych rozpúšťadlách. Extrakcia sa najčastejšie realizuje ako proces s prerušovaným kontaktom fáz (stupňová extrakcia). Stupňová extrakcia sa zvyčajne uskutočňuje v zariadeniach typu miešač – usadzovač. Surovina (prúd F), pozostávajúca z extrahovanej zložky (B) a pôvodného rozpúšťadla (A), sa jednorázovo nadáva do miešača – usadzovača. Na extrakciu sa používa extrakčné rozpúšťadlo (prúd S), ktorým je čistá alebo takmer čistá zložka (C). Extrahovadlo je za ideálnych podmienok nemiešateľné, alebo málo miešateľné s pôvodným rozpúšťadlom, preto sa vytvorí heterogénna zmes (Z) pozostávajúca z dvoch kvapalných fáz. Premiešavaním suroviny s extrakčným rozpúšťadlom dochádza k prestupu extrahovanej zložky z pôvodného rozpúšťadla do extrahovadla. Pri dostatočne dlhom a intenzívnom kontakte fáz sa dosiahne stav blízky rovnováhe. Po ukončení miešania sa v dôsledku rozdielnej hustoty oddelia extraktová a rafinátová fáza. Extraktová fáza obsahuje v prevažnej miere extrahovadlo (C) a vyextrahovanú zložku (B). Rafinát obsahuje predovšetkým pôvodné rozpúšťadlo (A) a zvyšok extrahovanej zložky (B). Okrem toho, v prípade obmedzenej miešateľnosti extrahovadla a pôvodného rozpúšťadla, extrakt môže obsahovať aj malé množstvo pôvodného rozpúšťadla a rafinát extrahovadlo.



Obr. 1 Schematické znázornenie jednostupňovej extrakcie.

• TEÓRIA

Extrakciu je možné realizovať v jednom aj vo viacerých stupňoch. Pri viacstupňovej extrakcii to znamená, že rafinát z prvého stupňa sa použije ako surovina do ďalšieho, ku ktorému sa pridá čerstvé rozpúšťadlo. Premiešajú sa, pričom sa ustáli nová rovnováha medzi extraktom a rafinátom druhého stupňa. V praxi sa používa aj kontinuálna protiprúdová extrakcia s viacerými kontaktmi.



Obr. 2 Schematické znázornenie protiprúdovej extrakcie s N kontaktormi.

Výber extrakčného rozpúšťadla sa riadi niekoľkými požiadavkami:

- pôvodné a extrakčné rozpúšťadlo musia byť obmedzene miešateľné, v optimálnom prípade vzájomne nemiešateľné
- extrahovaná zložka sa má lepšie rozpúšťať v extrahovadle než v pôvodnom rozpúšťadle
- extrahovadlo má mať inú hustotu ako pôvodné rozpúšťadlo
- extrahovadlo má mať nízku viskozitu, má byť lacné, nekorozívne, nehorľavé, nemá byť zdraviu škodlivé, prchavé a jeho výpary nemajú byť výbušné

Priebeh každého stupňa extrakcie (Obr. 1), pozostávajúceho z miešania suroviny s extrahovadlom a oddeľovania extraktu a rafinátu, zapíšeme rovnicami celkovej materiállovej bilancie a bilanciou extrahovanej zložky:

$$m_F + m_S = m_Z = m_E + m_R \quad (1)$$

$$m_F w_{FB} + m_S w_{SB} = m_Z w_{ZB} = m_E w_{EB} + m_R w_{RB} \quad (2)$$

Kde zastúpenie zložky i v prúde j je vyjadrené hmotnostným zlomkom w_{ji}

Rýchlosť prestupu látky pri kvapalinovej extrakcii (rovnako ako pri všetkých difúznych separačných metódach) môžeme opísať rýchlostnou rovnicou vo všeobecnom tvare:

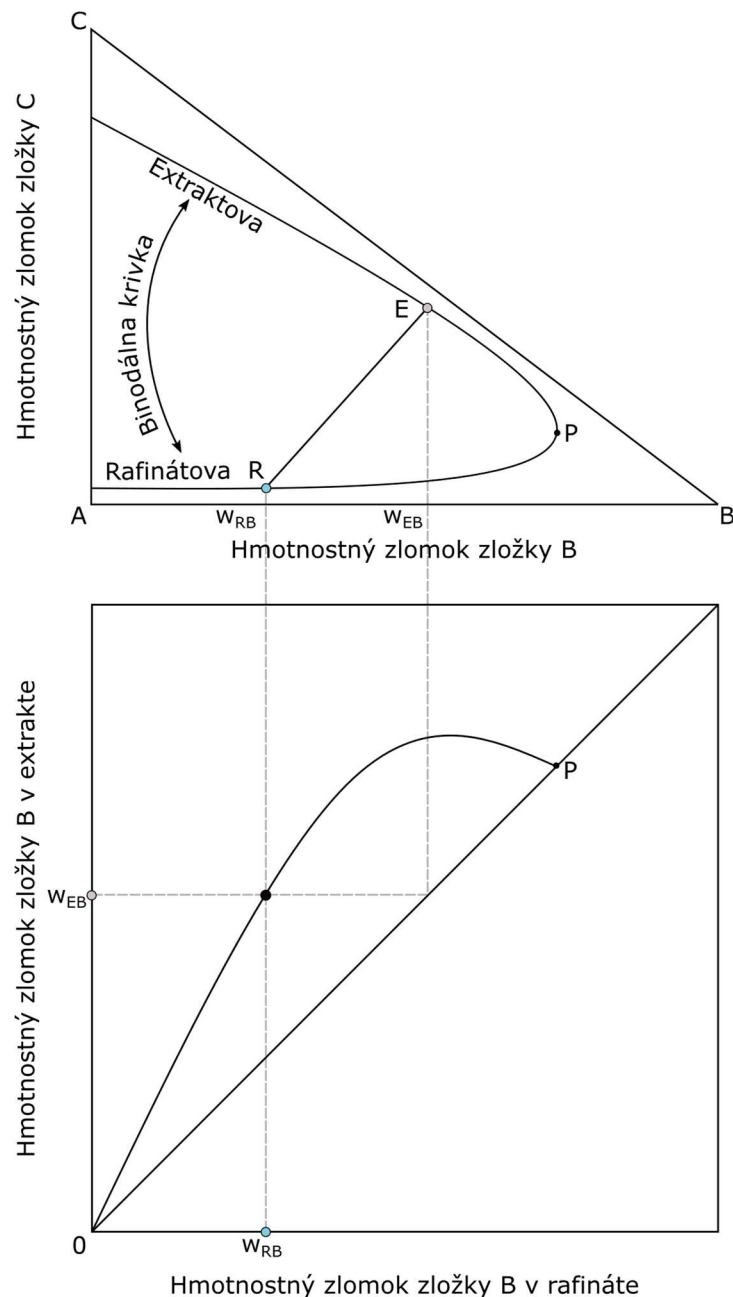
$$\text{Rýchlosť prestupu látky} = \frac{\text{Plocha fázového rozhrania} \times \text{Hnacia sila}}{\text{Odpor proti prestupu látky}} \quad (3)$$

Prestup látky a teda aj čas potrebný na dosiahnutie rovnováhy dokážeme urýchliť tak, že:

- Zväčšíme plochu fázového rozhrania, napríklad intenzívnejším miešaním fáz.
- Zväčšíme hodnotu hnacej sily, opakovaným pridávaním čerstvého rozpúšťadla.
- Zmenšením odporu proti prestupu látky, ktoré dosiahneme napríklad intenzívnejším miešaním heterogénnej zmesi.

Aby sme dokázali vypočítať množstvo a zloženie extraktu a rafinátu potrebujeme poznať množstvá a zloženie suroviny a extrahovadla a tiež rovnováhu kvapalina–kvapalina príslušnej trojzložkovej zmesi A–B–C. Riešenie sa realizuje graficky, v pravouhlom rovnovážnom

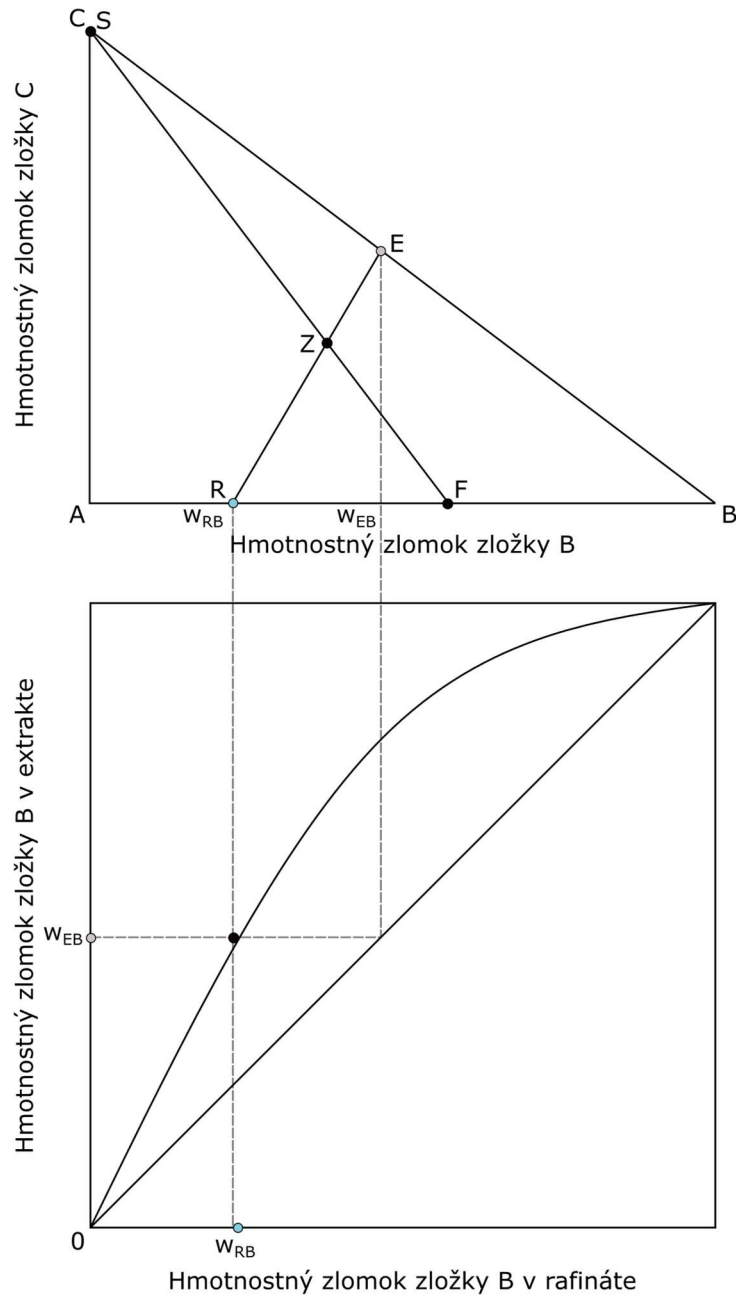
trojuholníkovom diagrame (Obr. 3). Zloženie extrahovanej zložky (B) sa odčítava na odvesne AB a zloženie zložky C na odvesne AC, pričom zastúpenie zložky A sa dopočíta z väzbového pravidla $w_{jA} = 1 - (w_{jB} + w_{jC})$. Rovnováhu v trojuholníkovom diagrame znázorňuje binodálna krivka, ktorá je spojnicovým bodom (P) rozdelená na extraktovú a rafinátovú vetvu. Rovnovážne zloženie extrahovanej zložky (C) v extrakte a v rafináte vyjadrujeme pomocou distribučného diagramu. Pre každý bod distribučného diagramu vieme zostrojiť konódu, ktorá spája rovnovážny extrakt a rafinát.



Obr. 3 Rovnovážny trojuholníkový diagram a distribučný diagram pre obmedzene miešateľné rozpúšťadlá (A, C).

VÝPOČET EXTRAKCIE S NEMIEŠATEĽNÝMI ROZPÚŠŤADLAMI

V našom prípade je pôvodné rozpúšťadlo a extrahovadlo nemiešateľné, preto binodálna krivka rafinátová splýva so stranou trojuholníka AB a binodálna krivka extraktová splýva s odvesnou BC (Obr. 4).



Obr. 4 Rovnovážny trojuholníkový diagram a distribučný diagram pre nemiešateľné rozpúšťadlá (A,C).

Do rovnovážneho diagramu zakreslíme bod F, zodpovedajúci surovine, so súradnicami $[w_{FB}; w_{FC}]$, a extrahovadlo $S = [w_{SB}; w_{SC}]$. Na základe známeho množstva a zloženia suroviny a extrahovadla dokážeme určiť zloženie heterogénnej zmesi, ktorá je prítomná extraktore, bod $Z = [w_{ZB}; w_{ZC}]$. Súradnice bodu Z vypočítame riešením celkovej materiálovej bilancie a bilancie zložky B:

$$m_F + m_S = m_Z \quad (4)$$

$$m_F w_{FB} + m_S w_{SB} = m_Z w_{ZB} \quad (5)$$

Nakoľko materiálová bilancia je lineárna závislosť, bod Z musí ležať na priamke prechádzajúcej bodmi F a S. Preto postačuje vypočítať jednu z jeho súradníc, napr.:

$$w_{ZB} = \frac{m_F w_{FB} + m_S w_{SB}}{m_Z} = \frac{m_F w_{FB} + m_S w_{SB}}{m_F + m_S} \quad (6)$$

prípadne, podľa pravidla o rovnováhe síl pôsobiacich na páke (pákové pravidlo), platí

$$m_Z |SZ| = m_F |FS| \Rightarrow |SZ| = \frac{m_F |FS|}{m_Z} \quad (7)$$

takže lineárna vzdialenosť bodov S a Z v rovnovážnom diagrame je úmerná vzdialenosti bodov F a S a pomeru hmotností suroviny a vzniknutej heterogénnej zmesi.

Aby bola splnená materiálová bilancia oddeľovania extraktu a rafinátu:

$$m_Z = m_E + m_R \quad (8)$$

$$m_Z w_{ZB} = m_E w_{EB} + m_R w_{RB} \quad (9)$$

bod Z musí tiež ležať na priamke, konóde, spájajúcej body E a R, ktoré zodpovedajú rovnovážnemu zloženiu extraktu a rafinátu. V distribučnom diagrame (Obr. 4) musíme nájsť takú dvojicu dát w_{RB} a w_{EB} , aby spojnica bodov R a E (konóda) vnesených na extraktovú a rafinátovú binodálnu krivku prechádzala cez bod Z. Množstvo extraktu a rafinátu potom vypočítame kombináciou rovníc (8) a (9):

$$m_E = m_Z \frac{w_{ZB} - w_{RB}}{w_{EB} - w_{RB}} \quad (10)$$

alebo pomocou pákového pravidla, kde množstvo extraktu je úmerné hmotnosti heterogénnej zmesi v extraktore a podielu vzdialeností bodov $|ZR|$ a $|ER|$, ktoré zodpovedajú zloženiu heterogénnej zmesi, extraktu a rafinátu:

$$m_E = m_Z \frac{|ZR|}{|ER|} \quad (11)$$

V prípade viacstupňovej extrakcie s postupným pridávaním extrakčného rozpúšťadla sa rafinát z prvého stupňa extrakcie stáva surovinou pre druhý stupeň extrakcie. Podobne, rafinát z druhého stupňa surovinou pre tretí stupeň, atď. Výpočet množstva a zloženia extraktu a rafinátu z druhého a ďalších stupňov extrakcie je analógiou riešenia pre prvý stupeň.

- **CIELE PRÁCE**

1. Porovnať účinnosť jednostupňovej extrakcie s viacstupňovou extrakciou s postupným pridávaním rovnakého a rôzneho množstva extrahovadla.

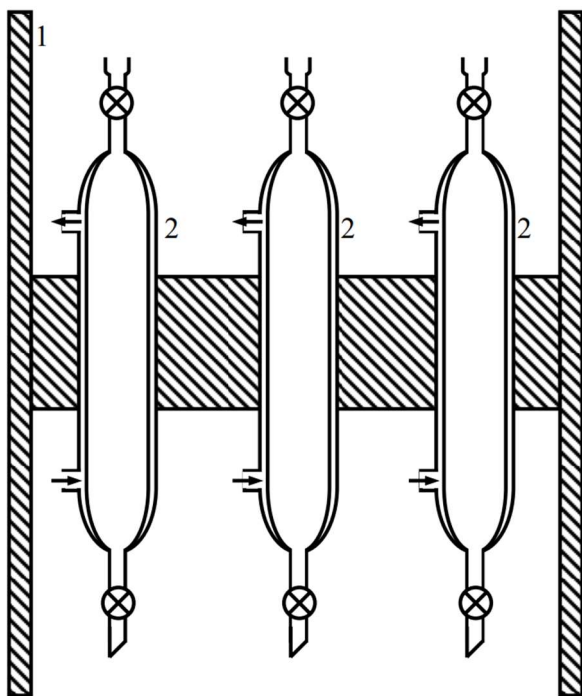
- **ZADANIE PRÁCE**

1. Vykonajte jednostupňovú extrakciu s 80 cm³ suroviny a 80 cm³ extrahovadla. Extrakciu urobte so strojovým premiešavaním ako aj s ručným premiešavaním v oddeľovacom lieviku.
2. Vykonajte dvojstupňovú extrakciu s postupným pridávaním extrahovadla vychádzajúc z 80 cm³ suroviny a to:
 - a) s rovnakými objemami extrahovadla (40 cm³) v prvom a druhom stupni (spolu 80 cm³).
 - b) s rôznymi objemami extrahovadla. Pre 1. stupeň použite 20 cm³ extrahovadla a pre 2. stupeň použite 60 cm³ extrahovadla (spolu 80 cm³).

- Pôvodné rozpúšťadlo: butylacetát (A)
- Extrahovaná látka: acetón (B)
- Extrahovadlo: destilovaná voda (C)
- Čas miešania (extrakcie) je 10 minút.

- **OPIS ZARIADENIA**

Stupňová extrakcia sa v laboratórnych podmienkach uskutočňuje v temperovaných oddeľovacích lievikoch, ktoré sú uchytené v spoločnom ráme (Obr. 5). Na premiešavanie obsahu lievikov sa používa trepačka, do ktorej sa vkladá rám s oddeľovacími lievikmi. Ručne premiešavanú jednostupňovú extrakciu realizujeme v oddeľovacom lieviku (Obr. 6).



Obr. 5 Schéma laboratórneho zariadenia na extrakciu. Drevený rám na uchytenie oddeľovacích lievikov (1) a temperované oddeľovacie lieviky (2).



Obr. 6 Laboratórny oddeľovací lievik.

• PRACOVNÝ POSTUP

BEZPEČNOSTNÉ OPATRENIA

Používané kvapaliny sú horľaviny, ktorých pary sú zdraviu škodlivé.

PRÍPRAVA NA MERANIE

1. Skontrolujeme úplnosť zariadenia a príslušenstva.
2. Vyžiadame si povolenie na začiatok merania.
3. Zapneme termostat.

MERANIE

1. Pomocou refraktometra určeného na organickú fázu zistíme index lomu (n_D) suroviny a pomocou vzťahu (12) ho prepočítame na hmotnostný zlomok. Podrobnosti k postupu merania na refraktometri sú uvedené v PRÍLOHE.

$$w_{FB} = -29,48148n_D + 41,07655 \quad (12)$$

Nameraný index lomu a hmotnostný zlomok suroviny zapisujeme do Tab. 1 pre jednostupňové extrakcie a Tab. 2 pre dvojstupňové extrakcie.

2. Aby boli výsledky všetkých štyroch experimentov porovnateľné, pri každej extrakcii sa použije rovnaké množstvo suroviny. Aj celkové množstvo extrakčného rozpúšťadla je rovnaké, či už ho použijeme naraz (jednostupňová extrakcia) alebo rozdelené na

- jednotlivé podiely, ktoré pridávame postupne v jednotlivých krokoch (viacstupňová extrakcia).
3. Do odmerného valca nalejeme určené množstvo suroviny a odvážime ho. Surovinu nalejeme do oddeľovacieho lievika a znovu odvážime už prázdny odmerný valec. Z rozdielu hmotností zistíme hmotnosť suroviny, ktorú sme naliali do oddeľovacieho lievika. Postup opakujeme pri všetkých troch oddeľovacích lievikoch (použijeme rovnaký odmerný valec). Navážené hmotnosti zapisujeme do Tab. 1 pre jednostupňové extrakcie a Tab. 2 pre dvojstupňové extrakcie.
 4. Do iného odmerného valca nalejeme určené množstvo extrakčného rozpúšťadla a odvážime ho. Obsah prelejeme do oddeľovacieho lievika. Prázdny odmerný valec znovu odvážime a z rozdielu hmotností určíme presné množstvo použitého extrakčného rozpúšťadla. Navážené množstvá zapisujeme do Tab. 1 pre jednostupňové extrakcie a Tab. 2 pre dvojstupňové extrakcie.
 - Do prvého oddeľovacieho lievika nalejeme objem určený pre jednostupňovú extrakciu (strojovo miešanú). Rovnaký objem nalejeme aj do oddeľovacieho lievika s ručným premiešavaním.
 - Do druhého lievika nalejeme prvý podiel objemu extrakčného rozpúšťadla, ktorý bol zadaný pre extrakciu s postupným pridávaním rovnakého množstva extrakčného rozpúšťadla.
 - Do tretieho oddeľovacieho lievika prelejeme prvý podiel objemu, ktorý sa použije na extrakciu s pridaním rôznych množstiev extrakčného rozpúšťadla v jednotlivých stupňoch extrakcie.
 5. Drevený rám s naplnenými a riadne uzatvorenými oddeľovacími lievikmi presunieme do trepačky. Zapneme trepačku a necháme 10 minút premiešavať obsah oddeľovacích lievikov. Zmes v laboratórnom oddeľovacom lieviku premiešavame ručne približne 4 minúty.
 6. Po 10 minútach rám s oddeľovacími lievikmi presunieme späť do stojana a 3 min počkáme na oddelenie fáz. Po uplynutí času usadzovania uvoľníme zátky oddeľovacích lievikov (platí to aj pre ručne miešanú extrakciu).
 7. Do prázdnej odváženej kadičky vypustíme spodnú (extraktovú) fázu z prvého oddeľovacieho lievika. Kadičku s oddelenou fázou odvážime. Z rozdielu určíme hmotnosť oddelenej fázy. Postup s čistými odváženými kadičkami zopakujeme aj pre zvyšné dva oddeľovacie lieviky (+ručne miešaná).
 8. Zloženie extraktových fáz zo všetkých troch experimentov (+ručne miešaná) stanovíme pomocou refraktometra určeného na vodnú fázu. Indexy lomu prepočítame pomocou závislosti (13) na hmotnostné zlomky.

$$w_{EB} = 13,90648n_D - 18,54012 \quad (13)$$

9. Namerané indexy lomu a hmotnostné zlomky zapisujeme do Tab. 1 pre jednostupňové extrakcie a Tab. 2 pre dvojstupňové extrakcie.
10. V prípade jednostupňovej extrakcie z oddeľovacieho lievika do prázdnej odváženej kadičky vypustíme aj vrchnú (rafinátovú) fázu. Plnú kadičku odvážime, aby sme zistili hmotnosť rafinátu. V prípade viacstupňovej extrakcie vrchnú fázu v oddeľovacom lieviku (rafinátovú) **ponecháme**. Navážené hmotnosti zapisujeme do Tab. 1 pre jednostupňové extrakcie, neskôr aj pre dvojstupňové extrakcie do Tab. 2.
11. Zloženie rafinátovej fázy jednostupňovej extrakcie (+ručne miešaná) stanovíme pomocou refraktometra určeného na organickú fázu. Indexy lomu prepočítame pomocou závislosti (14) na hmotnostné zlomky.

$$w_{RB} = -29,48148n_D + 41,07655 \quad (14)$$

12. Namerané indexy lomu a hmotnostné zlomky zapisujeme do Tab. 1 pre jednostupňové extrakcie, neskôr aj pre dvojstupňové extrakcie do Tab. 2.
13. Pre ručne premiešavanú extrakciu Do oboch oddeľovacích lievikov dvojstupňovej extrakcie navážime druhý (ďalší) podiel extrakčného rozpúšťadla. Pri navažovaní použijeme rovnaký postup ako v bode 3.
14. Zopakujeme postup uvedený v bodoch 4 a 5, s tým rozdielom, že navažujeme druhý podiel.
15. Z druhého a tretieho oddeľovacieho lievika odoberieme a odvážime extraktové fázy druhého stupňa (rovnako ako v bode 6.). Ich zloženie stanovíme podľa bodu 7. a zapíšeme do Tab. 2 pre dvojstupňové extrakcie.
16. Z druhého a tretieho oddeľovacieho lievika odoberieme a odvážime rafinátové fázy druhého stupňa (rovnako ako v bode 8.). Ich zloženie stanovíme podľa bodu 9. a zapíšeme do Tab. 2 pre dvojstupňové extrakcie.
17. Pre každý prúd Tab. 1 a Tab. 2 vypočítame množstvo extrahovanej zložky (m_{jB}), ktorej sa v ňom nachádza. Skontrolujeme, či je splnená celková materiálová bilancia, rovnica (1), ako aj bilancia extrahovanej zložky, rovnica (2) (či sa pravá strana rovnice rovná ľavej).

UKONČENIE MERANIA

Vypneme termostat a refraktometre.

OPIS ZARIADENIA AKO AJ PRACOVNÝ POSTUP SI MÔŽETE POZRIEŤ AJ NA VIDEO:

<https://www.youtube.com/watch?v=CdOYMMdTHaI&list=PL81QAQg818vjDK7pm9WO6tW36sdBpPGYa&index=4>



• OTÁZKY – ČO SA VÁS MÔŽE OPÝTAŤ VYUČUJÚCI PRED EXPERIMENTOM

- Aké podmienky musia byť splnené na dosiahnutie termodynamickkej rovnováhy?
- Ako intenzita miešania ovplyvňuje rýchlosť na dosiahnutie rovnováhy kvapalina – kvapalina?
- Čo je to medzná vrstva pri prestupe látky v kvapalnej fáze?

• SPRACOVANIE NAMERANÝCH ÚDAJOV

1. Na porovnanie nameraných a vypočítaných hodnôt použijeme grafické riešenie extrakcie pomocou trojuholníkového rovnovážneho diagramu a distribučného diagramu (Obr. 4, TEÓRIA, časť VÝPOČET EXTRAKCIE S NEMIEŠATEĽNÝMI ROZPÚŠŤADLAMI). Do výpočtu vstupujeme s reálnymi hodnotami hmotností, zloženia suroviny a extrahovadiel.

Rovnovážne zloženie (distribučný diagram) acetónu v extrakte a rafináte pri teplote 20°C v hmotnostných zlomkoch je daný nasledujúcim vzťahom:

$$w_{EB} = -1,710w_{RB}^2 + 1,1498w_{RB} \quad (15)$$

Pôvodné rozpúšťadlo, butylacetát, a destilovaná voda sú navzájom nemiešateľné. Preto je hmotnostný zlomok vody v rafináte rovný nule ako aj hmotnostný zlomok butylacetátu v extrakte.

2. Vypočítané hodnoty množstva a zloženia prúdov jednostupňových ako aj viacstupňových extrakcií zaznačíme do Tab. 3.
3. Do Tab. 3 prepíšeme z Tab. 1 a Tab. 2 experimentálne stanovené množstvá a zloženia prúdov jednostupňových ako aj viacstupňových extrakcií.
4. V posledných riadkoch Tab. 3 vypočítame výťažok vyextrahovaného acetónu (B) v extrakte z množstva acetónu vstupujúceho v surovine. Pre jednostupňovú extrakciu použijeme na výpočet rovnicu (16) a pre dvojestupňovú rovnicu (17)

$$Y_{EB} = \frac{m_E w_{EB}}{m_F w_{FB}} \times 100\% \quad (16)$$

$$Y_{EB} = \frac{m_{E1} w_{E1B} + m_{E2} w_{E2B}}{m_F w_{FB}} \times 100\% \quad (17)$$

Výťažok počítame pre experimentálne údaje ako aj pre vypočítané hodnoty.

5. Pre každú dvojicu experimentálnych a vypočítaných údajov Tab. 3 určíme relatívnu odchýlku podľa vzťahu:

$$\delta = \frac{\text{Vypočítaná hodnota} - \text{Experimentálna hodnota}}{\text{Vypočítaná hodnota}} \times 100\% \quad (18)$$

• **TABUĽKY**

Tab. 1 Záznam nameraných údajov z jednostupňovej extrakcie

Jednostupňová extrakcia so strojovým miešaním				
Prúd (j)	m_j (g)	n_D	w_{jB}	m_{jB} (g)
F (surovina)				
S (extrah.)		-	0	
E (extrakt)				
R (rafinát)				
Jednostupňová extrakcia s ručným miešaním				
Prúd (j)	m_j (g)	n_D	w_{jB}	m_{jB} (g)
F (surovina)				
S (extrah.)		-	0	0
E (extrakt)				
R (rafinát)				

Tab. 2 Záznam nameraných údajov z dvojestupňovej extrakcie

Dvojestupňová extrakcia s rovnakými podielmi extrahovadla ($m_{S1}=m_{S2}$)				
Prúd (j)	m_j (g)	n_D	w_{jB}	m_{jB} (g)
F (surovina)				
S1 (extrah.)		-	0	0
E1 (extrakt)				
S2 (extrah.)		-	0	0
E2 (extrakt)				
R (rafinát)				
Dvojestupňová extrakcia s postupným pridávaním extrahovadla ($m_{S1}\neq m_{S2}$)				
Prúd (j)	m_j (g)	n_D	w_{jB}	m_{jB} (g)
F (surovina)				
S1 (extrah.)		-	0	0
E1 (extrakt)				
S2 (extrah.)		-	0	0
E2 (extrakt)				
R (rafinát)				

Tab. 3 Porovnanie experimentálne nameraných a vypočítaných údajov

	Jednostupňová extrakcia					
	Strojovo miešaná			Ručne miešaná		
	Experiment.	Vypočítané	δ (%)	Experiment.	Vypočítané	δ (%)
m_E (g)						
m_R (g)						
w_{EB}						
w_{RB}						
Y_{EB} (%)						

	Dvojestupňová extrakcia					
	S rovnakým podielom extrahovadla $m_{S1}=m_{S2}$			S postupne pridávaným extrahovadlom $m_{S1}\neq m_{S2}$		
	Experiment.	Vypočítané	δ (%)	Experiment.	Vypočítané	δ (%)
m_{E1} (g)						
m_{E2} (g)						
m_{R2} (g)						
w_{E1B}						
w_{E2B}						
w_{R2B}						
Y_{EB} (%)						

- **PRÍLOHY**

NÁVOD NA POUŽITIE DIGITÁLNEHO REFRAKTOMETRA KRÜSS DR301-95

1. Pripojte prístroj do siete.
2. Stlačte tlačidlo ON/OFF.
3. Otvorte veko a vyčistite prizmu (ak je potrebné).
4. Na prizmu nakvapkajte cca 3-4 kvapky tak, aby celá plocha prizmy bola zakrytá kvapalinou, dávajte pozor na bublinky.
5. Zavrite veko.
6. Stlačte tlačidlo READ/ENTER.
7. Na displayi sa zobrazí index lomu.
8. Vyčistite a vysušte prizmu vatovou tyčinkou.
9. Prístroj je pripravený na ďalšie merania.
10. Po skončení vypnite refraktomer tlačidlo ON/OFF a odpojte prístroj zo siete.