

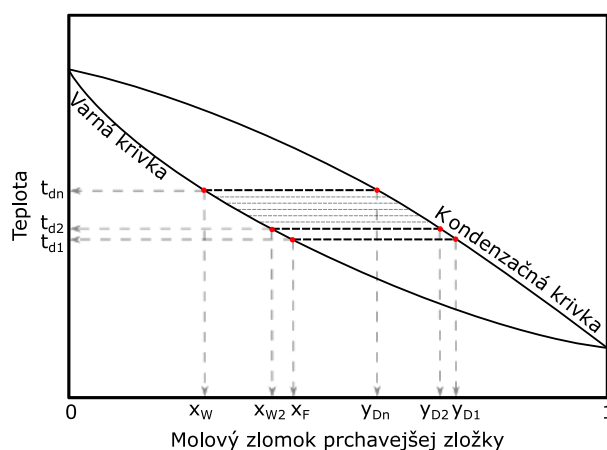
LABORATÓRNE CVIČENIA ZO SEPARAČNÝCH PROCESOV

Práca č.9
Diferenciálna destilácia binárnych zmesí

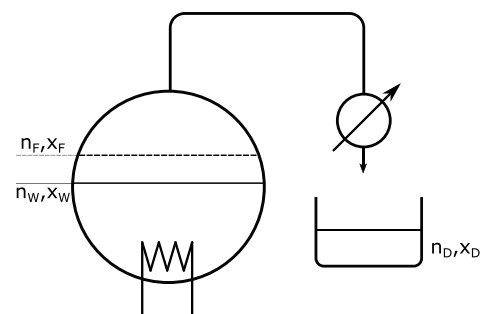


V KOCKE

Destilácia je jeden zo spôsobov ako od seba oddeliť zložky z kvapalnej homogénnej zmesi. Jedná sa o difúzny separačný proces, ktorého princíp je založený na rozdielnej prchavosti separovaných zložiek, pričom do destilátu prechádza vo väčšej miere prchavejšia zložka. Diferenciálna destilácia je vsádzkový proces, ktorý je v porovnaní s prietokovými destiláciami jednoduchší na realizáciu. Preto sa s ňou môžete stretnúť aj v bežnom živote a asi najtypickejšou aplikáciou diferenciálnej destilácie je tradičná dvojstupňová (aj viacstupňová) pálenica ovocných kvasov. Pre lepšie pochopenie diferenciálnej destilácie si priebeh procesu predstavme v čase (Obr. 1). Surovinu s látkovým množstvom n_F a zložením x_F nalejeme do varáka a začneme ju zahrievať až dosiahneme teplotu t_{d1} , pri ktorej začne zmes vriieť. Pri tejto teplote vznikajú pary, ktoré sú v rovnováhe s vriacou zmesou. Ich zloženie y_{D1} môžeme odčítať na kondenzačnej krivke t-x,y diagramu. Ako vidíme, v parách je väčšie zastúpenie prchavejšej zložky ako v surovine. Vzniknutá para sa odvádza do kondenzátora, kde úplne skondenzuje a odchádza zo zariadenia ako prvá kvapka destilátu. Táto kvapka má rovnaké zloženie ako para z ktorej vznikla, preto platí $y_{D1} = x_{D1}$. Vo varáku zostala zmes, už ju môžeme nazývať aj zvyšok, w_2 , v ktorej je práve o toľko menej prchavejšej zložky, koľko jej odišlo v prvej kvapke destilátu. To znamená, že zloženie zvyšku x_{w2} sa po varnej krivke t-x,y diagramu posunie o kúsok doľava. Súčasne pozorujeme aj mierny nárast destilačnej teploty t_{d2} . Odborne sa takéto zmeny v malom časovom úseku nazývajú diferenciálne zmeny, z čoho vyplýva aj názov diferenciálnej destilácie. Pôvodná rovnováha sa narušila a pary ktoré odchádzajú v ďalšom okamihu, budú mať už menší obsah prchavejšej zložky y_{D2} , zodpovedajúci novému rovnovážnemu stavu s vriacim zvyškom w_2 . Pri diferenciálnej destilácii sa teda rovnováha ustavične porušuje, pričom obsah prchavejšej zložky sa v destiláte a zvyšku ustavične zmenšuje. Ak počas celej destilácie zachytávame destilát do jednej nádoby (predlohy), tak jeho zloženie (x_D) je dané priemernou hodnotou zloženia prvej (y_{D1}) a poslednej kvapky destilátu (y_{Dn}). Množstvo ako aj zloženie výsledného destilátu môžeme regulovať iba množstvom oddestilovanej zmesi. Preto destiláciu ukončíme, keď dosiahneme požadované zloženie výsledného destilátu x_D , pričom vo varáku ostane zvyšok s látkovým množstvom n_W a zložením x_W (Obr. 2).



Obr. 1 t- x,y diagram binárnej zmesi



Obr. 2 Prúdová schéma diferenciálnej destilácie so znázornením začiatočného a konečného stavu

Ak chceme dosiahnuť vyššiu čistotu destilátu, tak destiláciu môžeme opakovať vo viacerých stupňoch. Pričom získaný destilát sa používa ako surovinu v nasledujúcom destilačnom stupni. Teraz už vieme z čoho vyplýva názov diferenciálnej destilácie a zapamätáme si, že sa pri tomto procese s časom diferenciálne mení teplota varu, zloženie ako aj množstvo destilátu a zvyšku.

• TEÓRIA

Z hľadiska materiálovej bilancie môžeme tento typ destilácie opísať tromi rovnicami. Pre diferenciálnu destiláciu platí celková materiálová bilancia ako aj bilancia pre prchavejšiu zložku, ktoré môžeme zapísať v tvare:

$$n_F = n_D + n_W \quad (1)$$

$$n_F x_F = n_D x_D + n_W x_W \quad (2)$$

Kde n_F je látkové množstvo suroviny, n_D a n_W sú látkové množstvo destilátu a zvyšku. Mólové zlomky v rovnici (2) vyjadrujú zastúpenie prchavejšej zložky v surovine, destiláte a zvyšku.

Bilancovaním prchavejšej zložky v diferenciálnom časovom období môžeme odvodiť Rayleighovu rovnicu, ktorá vyjadruje vzťah medzi látkovým množstvom kvapaliny na začiatku (n_F) a na konci procesu (n_W) a jej zložením.

$$\ln \frac{n_F}{n_W} = \int_{x_W}^{x_F} \frac{dx}{y - x} \quad (3)$$

Pri výpočtoch sa vychádza z predpokladu, že vriaca kvapalina vo varáku je v okamžitej rovnováhe s parou odchádzajúcou do kondenzátora.

$$y = f(x) \quad (4)$$

Rovnováhu je možné vyjadriť pomocou príslušných rovnovážnych vzťahov, alebo pomocou experimentálnych dát.

Okrem uvedených troch rovníc materiálových bilancií môžeme pre tento typ destilácie napísať aj entalpickú bilanciu v tvare:

$$n_F h_F + Q_{DOD} = n_D h_D + n_W h_W + Q_{STR} \quad (5)$$

kde členy s indexami F , D a W reprezentujú entalpiu suroviny, pár destilátu resp. zvyšku, Q_{DOD} je celkovo dodaná energia do systému potrebná na realizáciu destilácie Q_{STR} je energia stratová (predstavuje hlavne ohrev destilačnej aparatury a straty tepla prúdením a sálaním do okolia počas procesu destilácie).

V prípade, že v rovnici (5) zvolíme referenčný stav kvapalné skupenstvo, atmosférický tlak a teplotu privedenej suroviny, prvý člen na ľavej strane rovnice (5) bude nulový a potom rovnica (5) hovorí, že celkovo dodaná energia do systému sa rozdelí na 3 časti: entalpia odchádzajúceho destilátu resp. zvyšku a straty energie zo systému do okolia.

Termická účinnosť procesov je vo všeobecnosti definovaná rovnicou:

$$\eta_T = \frac{Q_{U\check{Z}}}{Q_{DOD}} \quad (6)$$

Kde $Q_{U\check{Z}}$ je množstvo energie užitočne použité pri procese a Q_{DOD} je celkovo dodané množstvo energie do systému potrebné na realizáciu procesu.

Pri diferenciálnej destilácii za užitočnú energiu považujeme tú časť dodanej energie, ktorá sa využije na ohrev suroviny z počiatočnej teploty $t_{F,poc}$ na teplotu destilácie t_D a na vyparenie príslušného množstva destilátu. V laboratórnom meradle sa celkovo dodané množstvo energie v prípade použitia elektrického ohrevu zmeria elektromerom. Potom rovnica (6) nadobudne tvar:

$$\eta_T = \frac{n_F \overline{c_p}_F (t_d - t_{F,poc}) + n_D \Delta_{vyp} h_D}{Q_{DOD}} \quad (7)$$

kde $\overline{c_p}$ je stredná mólová tepelná kapacita a $\Delta_{vyp} h_D$ je mólová výparná entalpia.

Destilačná teplota v prípade diferenciálnej destilácie nie je konštantná, ale za predpokladu jej lineárneho nárastu ju môžeme počítať ako priemernú hodnotu destilačnej teploty na začiatku ($t_{D,poc}$) a konci destilácie ($t_{D,kon}$).

$$t_d \approx t_{\bar{d}} = \frac{(t_{d,poc} + t_{d,kon})}{2} \quad (8)$$

• CIELE PRÁCE

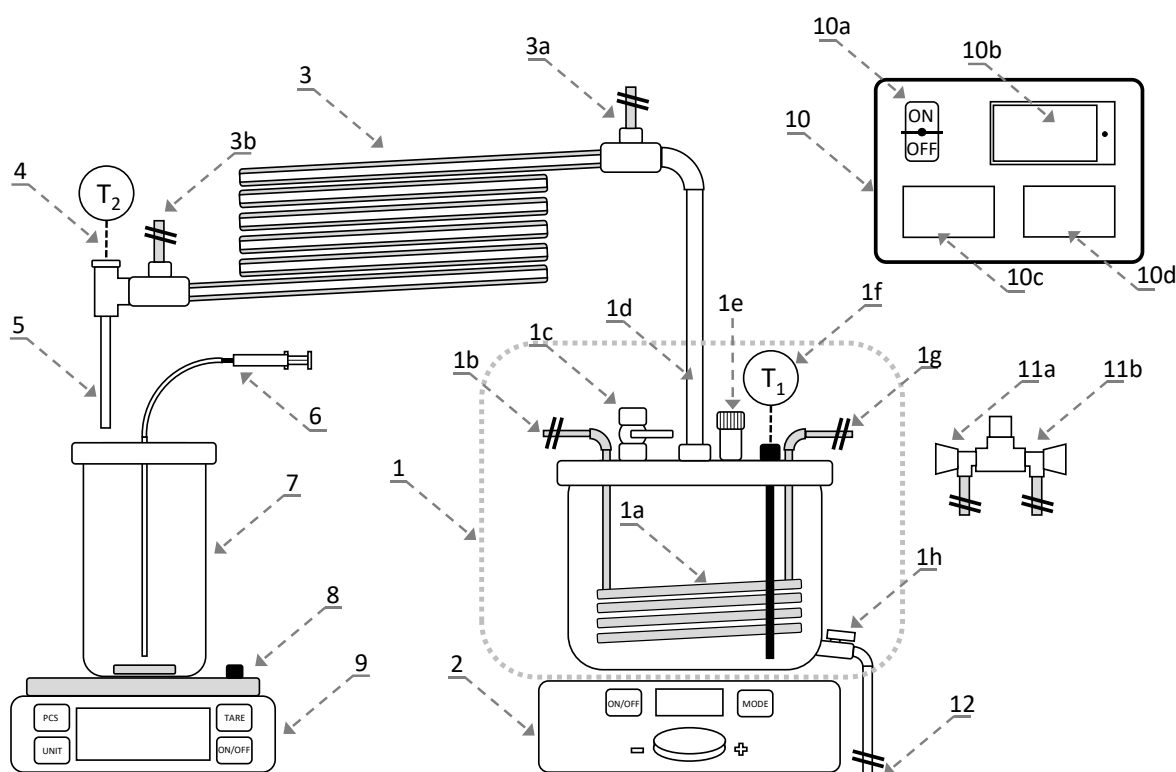
1. Zadané látkové množstvo binárnej zmesi známeho zloženia podrobiť diferenciálnej destilácii pri atmosférickom tlaku. Výpočtom určiť látkové množstvá aj zloženia destilátu a zvyšku a porovnať vypočítané a namerané údaje.
2. Z nameraných údajov vypočítať stupeň využitia dodaného tepla na destiláciu.

• ZADANIE PRÁCE

Vykonajte dvojstupňovú diferenciálnu destiláciu binárnej zmesi metanol-etanol s látkovým množstvom suroviny molov. Destiláciu vedzte tak, aby v prvom stupni prešlo do destilátu% z látkového množstva suroviny. Látkové množstvo destilátu z druhého stupňa má predstavovať% látkového množstva destilátu z prvého stupňa. Výkon ohrevu v prvom stupni nastavte naW a v druhom naW. Porovnajzte namerané a vypočítané zloženie destilátu a zvyšku pre obidva stupne destilácie. Z nameraných údajov vypočítajte stupeň využitia tepla v obidvoch destilačných stupňoch.

• OPIS ZARIADENIA

Experiment sa uskutočňuje v laboratórnej destilačnej aparátúre, ktorá je schematicky znázornená na Obr. 3. V schéme sú všetky zariadenia zdvojené



Obr. 3 Schéma destilačnej aparátúry na diferenciálnu destiláciu binárnych zmesí.

1 – varák (destilačný kotlík), 1a – chladiaci had, 1b – výstup chladiacej vody, 1c – plniaci ventil, 1d – odvod vnikajúcich pár, 1e – bezpečnostný pretlakový ventil, 1f – teplomer T_1 (destilačná teplota), 1g – vstup chladiacej vody, 1h – výpustný ventil destilačného zvyšku, 2 – Indukčný ohrev, 3 – kondenzátor (výmenník tepla rúrka v rúrke), 3a – výstup chladiacej vody z kondenzátora, 3b – vstup chladiacej vody do kondenzátora, 4 – teplomer T_2 (teplota destilátu), 5 – výstup destilátu z kondenzátora, 6 – odber vzoriek destilátu, 7 – predloha na destilát s magnetickým miešadlom, 8 – magnetické miešadlo, 9 – digitálne váhy, 10 – ovládací panel, 10a – hlavný vypínač, 10b – wattmeter, 10c – zobrazenie destilačnej teploty (teplomer T_1), 10d – zobrazenie teploty destilátu (teplomer T_2), 11a – ventil chladiacej vody

kondenzátora, 11b – ventil chladiacej vody do chladiaceho hada varáku, 12 – v dolnej časti aparatury sa nachádza predloha na destilačný zvyšok.

• PRACOVNÝ POSTUP

BEZPEČNOSTNÉ OPATRENIA

1. Počas práce, najmä pri manipulácii so vzorkami, si treba počínať opatrne, lebo látky s ktorými sa pracuje sú horľaviny 1. triedy a metanol je nebezpečný jed !

PRÍPRAVA NA MERANIE

Poznámka: Všetky hodnoty parametrov uvedených v zátvorkách zapíšte do Tab. 1 pre prvý stupeň a Tab. 2 pre druhý stupeň.

1. Oboznámime sa so zariadením a skontrolujeme jeho úplnosť. Pripravíme digitálny refraktometer na meranie.
2. Výpočet objemu suroviny na destiláciu

Odoberieme vzorku suroviny a odmeriame jej index lomu (n_F). Z kalibračného grafu v dokumentácii určíme mólový zlomok prchavejšej zložky v surovine (x_F). Ďalej je potrebné zmerať teplotu suroviny (t_F) a z týchto dvoch údajov o surovine treba určiť pomocou informácií z dokumentácie mólový objem suroviny ($V_{M,F}$). Pomocou známeho molového objemu je možné látkové množstvo suroviny jednoducho prepočítať na objem suroviny (V_F) a hmotnosť (m_F) ktorú je potrebné naliať do varáku na destiláciu.

$$V_F = n_F V_{M,F} \quad (9)$$

$$m_F = (x_F M_{FA} + (1 - x_F) M_{FB}) n_F \quad (10)$$

3. Výpočet diferenciálnej destilácie podľa zadania práce

Látkové množstvo destilátu je dané percentuálne z látkového množstva suroviny. Využitím celkovej materiálnej bilancie destilácie (1) jednoducho vypočítame látkové množstvo zvyšku. Na základe týchto údajov môžeme riešiť rovnicu (3). ktorej ľavú stranu,

$\ln \frac{n_F}{n_W}$, už vieme vyčíslieť. Na pravej strane rovnice (3) je však neznáma hranica integrálu

x_W . Pre získanie hodnoty x_W postupujeme pri ďalšom výpočte nasledovne: Integrál na pravej strane rovnice (3) rozdelíme na dva integrály

$$\ln \frac{n_F}{n_W} = \int_{x_W}^{x_F} \frac{dx}{y-x} = \int_{0,01}^{x_F} \frac{dx}{y-x} - \int_{0,01}^{x_W} \frac{dx}{y-x} \quad (11)$$

Hodnotu prvého integrálu $\int_{0,01}^{x_F} \frac{dx}{y-x}$ pre uvažovanú binárnu zmes metanol-etanol nájdeme v prílohe Tabuľka integrálov, pre zloženie $x_i = x_F$. Hodnotu druhého integrálu

$\int_{0,01}^{x_W} \frac{dx}{y-x}$ vypočítame z rovnice (11), kde od ľavej strany rovnice odčítame hodnotu prvého integrálu:

$$\int_{0,01}^{x_W} \frac{dx}{y-x} = \int_{0,01}^{x_F} \frac{dx}{y-x} - \ln \frac{n_F}{n_W} \quad (12)$$

Neznámu hodnotu zloženia zvyšku (x_W) späťne určíme pomocou Tabuľky integrálov pre vypočítanú hodnotu integrálu z rovnice (12).

4. Následne z materiálovej bilancie pre prchavejšiu zložku (2) vypočítame molový zlomok (x_D). Pri výpočte hmotnosti destilátu postupujeme ako v bode 2 Prípravy na meranie.
5. Správnosť výpočtu skontroluje vedúci cvičenia. Po udelení povolenia na meranie odmeriame vypočítaný objem suroviny a nalejeme ju do destilačného kotlíka.

MERANIE

Poznámka: Všetky hodnoty parametrov uvedených v zátvorkách zapíšte do Tab. 3 pre prvý stupeň a Tab. 4 pre druhý stupeň

1. Hlavným vypínačom [10a] zapneme prívod elektrickej energie do laboratórnej aparatury. Zapneme váhy [9] a na indukčnom variči [2] stlačíme tlačidlo ON/OFF.
2. Pomocou odmerného valca si pripravíme potrebný objem suroviny. Hmotnosť suroviny (m_F) si zvážime pomocou prázdnej kadičky.
3. Cez plniaci ventil [1c] nalejeme predpísané množstvo suroviny do varáku. Ventil uzavrieme!
4. Na váhy umiestnime predlohu s magnetickým miešadlom [7], vynulujeme ich stlačením tlačidla TAR. Zaznamenáme si počiatočný stav Wh ($E_{\text{poč}}$) na wattmetri [10b], na displeji [10c] odčítame začiatočnú teplotu suroviny ($t_{F,\text{poč}}$), zapneme indukčný ohrev variča [2] stlačením tlačidla MODE a pomocou otočného meniča nastavíme požadovaný výkon ohrevu. Do kondenzátora [3] pustíme ventilom [11a] chladiacu vodu z vodovodu (primeraným prietokom). Sledujeme rýchlosť nárastu teploty suroviny vo varáku. Zaznamenáme teplotu varu ($t_{d,\text{poč}}$) vo varáku v okamihu, keď sa objaví prvá kvapka destilátu.
5. Počas destilácie sledujeme nárast hmotnosti destilátu ako aj destilačnej teploty v kotlíku. Zapneme magnetické miešadlo [8], čím zabezpečíme homogenizáciu destilátu v predlohe. Po vydestilovaní každých 200 g destilátu odoberieme pomocou striekačky [6] vzorku na stanovenie zloženia destilátu a zaznamenáme destilačnú teplotu vo varáku (t_d). Vzorky odoberáme tak, že najskôr premyjeme odberový port a až potom odoberieme približne 0,5 ml destilátu na stanovenie indexu lomu. Index lomu prepočítame na mólový zlomok prchavejšej zložky (x_D). Aktuálnu hmotnosť destilátu prepočítame na moly, vychádzame zo vzťahu (10).

- Keď vydestilujeme vypočítanú (konečnú) hmotnosť destilátu ($m_{D,kon}$) vypneme indukčný ohrev, zaznamenáme si konečnú hodnotu destilačnej teploty ($t_{d,kon}$) ako aj konečný stav na wattmetri (E_{kon}). Predlohu s destilátom vymeníme za prázdnu kadičku, do ktorej zachytíme výstup z kondenzátora. Z destilačnej predlohy odoberieme poslednú vzorku destilátu a stanovíme mólový zlomok prchavejšej zložky ($x_{D,kon}$).
- Ventilom [11b] Pustíme chladiacu vodu do chladiaceho hada varáka, počkáme kým klesne teplota vo varáku na 45°C. Otvorením ventilu [1h] vypustíme zvyšok do vopred odváženej (alebo vynulovanej) predlohy na zvyšok [12]. Do rovnakej predlohy prilejeme aj obsah z kadičky, do ktorej sme zachytávali výstup z kondenzátora. Odmeriame hmotnosť zvyšku ($m_{W,kon}$) a odoberieme vzorku zvyšku, v ktorej stanovíme mólový zlomok prchavejšej zložky ($x_{W,kon}$). Zatvoríme výpustný ventil [1h].
- V prípade, ak predmetom zadania je dvojstupňová destilácia, destilát získaný v prvom stupni nalejeme ako surovinu do varáka. Objem, zloženie, ako aj mólové množstvo suroviny do druhého stupňa sme už vypočítali v príprave na meranie prvého stupňa (destilát z prvého stupňa = surovina do druhého stupňa), takže nám už len ostáva dopočítať zloženie destilátu a zvyšku druhého stupňa, ako aj objem a hmotnosť celkového destilátu druhého stupňa. Pri výpočte a meraní postupujeme rovnako ako pri jednostupňovej destilácii s jediným rozdielom, že v druhom stupni odoberáme vzorku zhomogenizovaného destilátu po vydestilovaní každých 100 g.

UKONČENIE MERANIA

Získaný destilát aj zvyšok vlejeme späť do nádoby pre surovinu. Odstavíme prietok chladiacej vody a laboratórnu aparatúru vypneme hlavným vypínačom.

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

<https://www.youtube.com/watch?v=hLhSKn7nUWU&list=PL81QAQg818vjDK7pm9WO6tW36sdBpPGYa&index=2>



• OTÁZKY – ČO SA VÁS MÔŽE OPÝTAŤ VYUČUJÚCI PRED EXPERIMENTOM

- Opíšte jednotlivé časti experimentálnej aparatúry.
- Vysvetlite čo budete merať, ako a prečo.

• SPRACOVANIE NAMERANÝCH ÚDAJOV

- Skontrolujeme, či nám sedí celková materiálová bilancia.

$$m_F = m_{D,kon} + m_{W,kon} \quad (13)$$

2. Určíme relatívnu odchýlku nameraných od vypočítaných hodnôt mólových zlomkov konečného destilátu pre prvý ako aj druhý stupeň destilácie.
3. Ďalej určíme množstvo užitočnej energie ($Q_{už}$) využitej na destiláciu (čitateľ vzťahu(7)). Na to potrebujeme poznať počiatočnú teplotu suroviny ($t_{F,poc}$) a strednú teplotu počas destilácie. Strednú molovú tepelnú kapacitu suroviny vypočítame aditívne podľa zloženia suroviny.

$$\bar{c}p_F = x_F \bar{c}p_A + (1 - x_F) \bar{c}p_B \quad (14)$$

kde dolný index A a B predstavuje prchavejšiu respektíve menej prchavú zložku.

Stredné tepelné kapacity zložiek určíme pri určujúcej teplote:

$$t_{urč} = 0,5 \times (t_{F,poc} + t_{\bar{d}}) \quad (15)$$

Molovú výparnú entalpiu zložiek určíme pre strednú teplotu destilácie $t_{\bar{d}}$ a výparné teplo destilátu vypočítame aditívne podľa zloženia destilátu.

$$\Delta_{vyp} h_D = x_{D,kon} \Delta_{vyp} h_A + (1 - x_{D,kon}) \Delta_{vyp} h_B \quad (16)$$

4. Množstvo energie celkovo dodanej (Q_{DOD}) na destiláciu v danom stupni vypočítame ako rozdiel konečného a počiatočného stavu počítadla elektromeru.
5. Na základe toho môžeme vypočítať stupeň využitia tepla pri destilácii podľa vzťahu (7).
6. Z nameraných údajov nakreslíme graf závislosti $x_D = f(n_D)$.

• TABUĽKY

Tab. 1 Údaje získané pred meraním pre prvý stupeň

$t_F =$	$^{\circ}\text{C}$	$m_F =$	g
$IL_F =$		$x_W =$	
$x_F =$		$x_D =$	
$V_{M,F} =$	l mol^{-1}	$m_D =$	g
$V_F =$	l		

Tab. 2 Údaje získané pred meraním pre druhý stupeň

$x_W =$	
$x_D =$	
$t_D =$	$^{\circ}\text{C}$
$m_D =$	g

Tab. 3 Záznam nameraných údajov prvého stupňa destilácie

Č. merania	m_D (g)	n_D (mol)	t_d ($^{\circ}\text{C}$)	IL_D	x_D
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
$m_F =$		g	$x_{D,\text{kon}} =$		
$t_{F,\text{poč}} =$		$^{\circ}\text{C}$	$m_{D,\text{kon}} =$		
$E_{\text{poč}} =$		kWh	$E_{\text{kon}} =$		
$t_{d,\text{poč}} =$		$^{\circ}\text{C}$	$x_{W,\text{kon}} =$		
$t_{d,\text{kon}} =$		$^{\circ}\text{C}$	$m_{w,\text{kon}} =$		

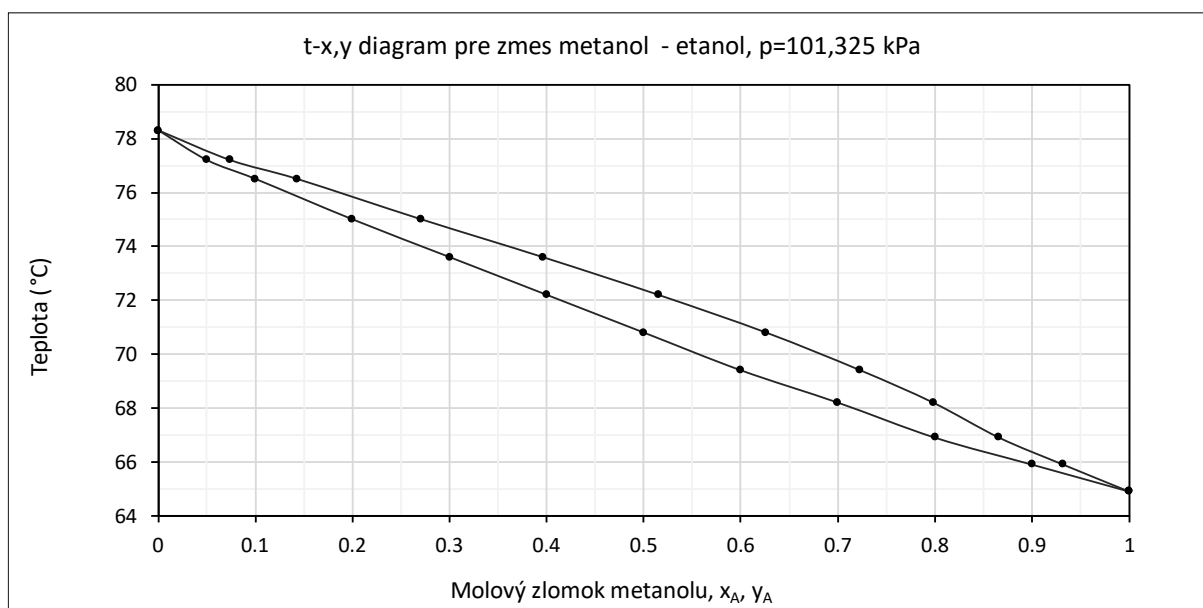
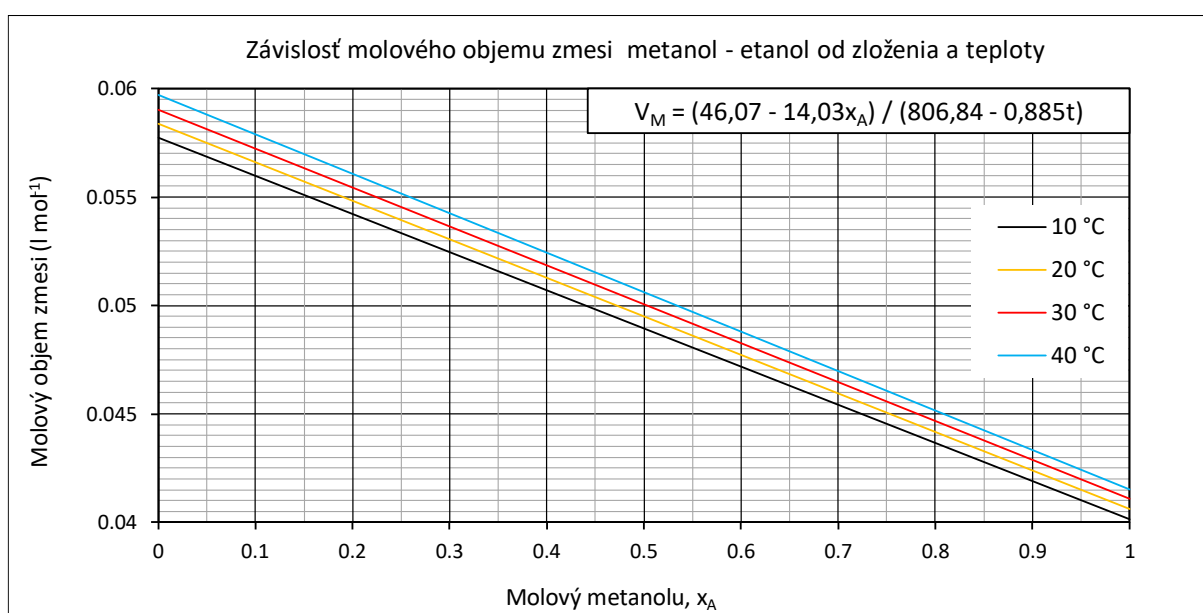
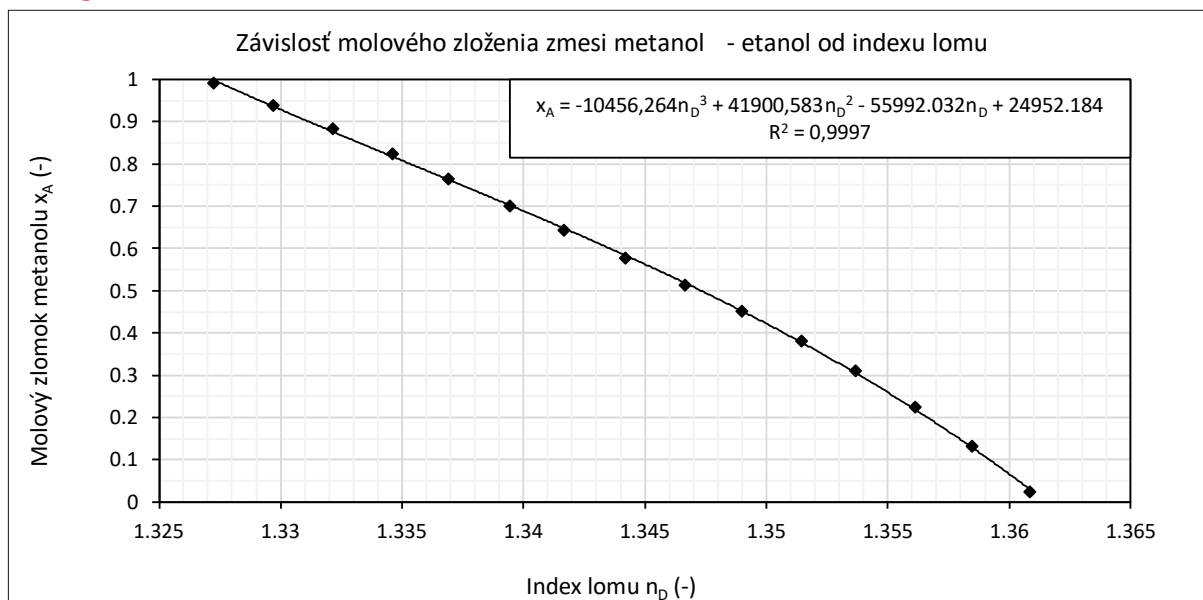
Tab. 4 Záznam nameraných údajov druhého stupňa destilácie

Č. merania	m_D (g)	n_D (mol)	t_d ($^{\circ}\text{C}$)	IL_D	x_D
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
$m_F =$		g	$x_{D,\text{kon}} =$		
$t_{F,\text{poč}} =$		$^{\circ}\text{C}$	$m_{D,\text{kon}} =$		
$E_{\text{poč}} =$		kWh	$E_{\text{kon}} =$		
$t_{d,\text{poč}} =$		$^{\circ}\text{C}$	$x_{W,\text{kon}} =$		
$t_{d,\text{kon}} =$		$^{\circ}\text{C}$	$m_{w,\text{kon}} =$		

Tab. 5 Výsledky merania

I. stupeň destilácie	II. Stupeň destilácie
$Q_{\text{DOD}} =$	kJ
$Q_{\text{UŽ}} =$	kJ
$\eta_T =$	$\%$
$\delta x_W =$	$\%$
$\delta x_D =$	$\%$

• PRÍLOHY



Tabuľka pre výpočet integrálu $I = \int_{0,01}^{x_i} \frac{dx}{y-x}$

x_i	I	x_i	I	x_i	I	x_i	I
0,02	0,91927	0,26	7,82567	0,51	6,74925	0,76	9,04641
0,03	1,44476	0,27	4,90920	0,52	6,82654	0,77	9,16835
0,04	1,82274	0,28	4,99149	0,53	6,90439	0,78	9,29465
0,05	2,12209	0,29	5,07265	0,54	6,98286	0,79	9,42573
0,06	2,37238	0,3	5,15282	0,55	7,06203	0,8	9,56209
0,07	2,58907	0,31	5,23209	0,56	7,14195	0,81	9,70429
0,08	2,78130	0,32	5,31057	0,57	7,22270	0,82	9,85299
0,09	2,95496	0,33	5,38834	0,58	7,30436	0,83	10,00898
0,1	3,11403	0,34	5,46550	0,59	7,38699	0,84	10,17317
0,11	3,26135	0,35	5,54212	0,6	7,47067	0,85	10,34665
0,12	3,39902	0,36	5,61829	0,61	7,55550	0,86	10,53073
0,13	3,52864	0,37	5,69406	0,62	7,64156	0,87	10,72702
0,14	3,65144	0,38	5,76952	0,63	7,72894	0,88	10,93753
0,15	3,76840	0,39	5,84473	0,64	7,81776	0,89	11,16477
0,16	3,88033	0,4	5,91974	0,65	7,90812	0,9	11,41198
0,17	3,98787	0,41	5,99463	0,66	8,00013	0,91	11,68346
0,18	4,09156	0,42	6,06946	0,67	8,09392	0,92	11,98499
0,19	4,19186	0,43	6,14427	0,68	8,18964	0,93	12,32474
0,2	4,28915	0,44	6,21913	0,69	8,28743	0,94	12,71472
0,21	4,38377	0,45	6,29410	0,7	8,38749	0,95	13,17365
0,22	4,47600	0,46	6,36923	0,71	8,49000	0,96	13,73319
0,23	4,56610	0,47	6,44457	0,72	8,59512	0,97	14,45386
0,24	4,65429	0,48	6,52019	0,73	8,70307	0,98	15,47672
0,25	4,74075	0,49	6,59614	0,74	8,81408	0,99	17,30594
		0,5	6,67248	0,75	8,92843		

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.