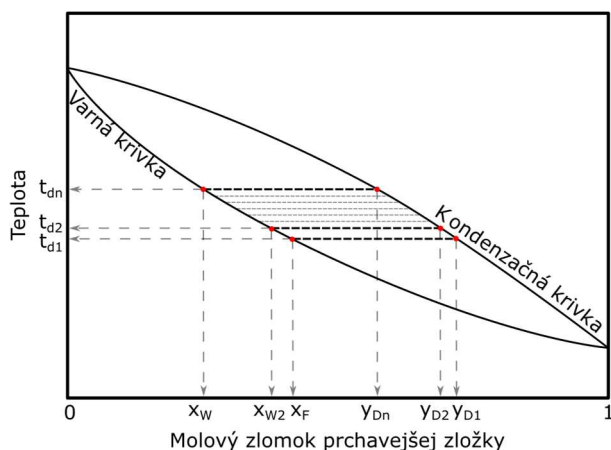


LABORATÓRNE CVIČENIA ZO SEPARAČNÝCH PROCESOV

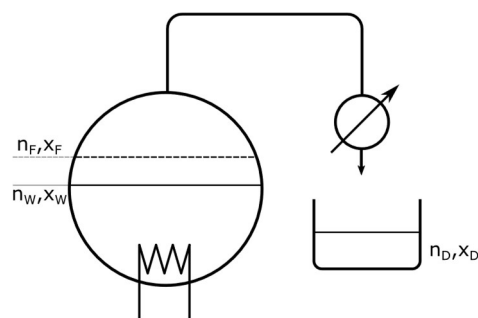
Práca č.9
Diferenciálna destilácia binárnych zmesí

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_1 , 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_2 . 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 (y_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 y_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:

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

kde $\bar{c}_p$ 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

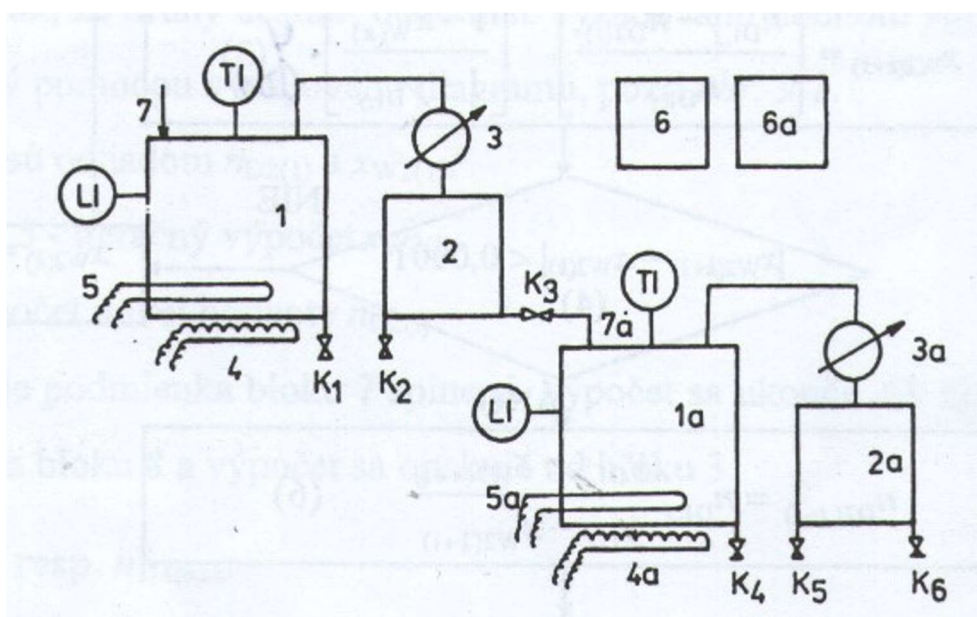
1. Zadané látkové množstvo binárnej zmesi známeho zloženia podrobiť diferenciálnej destilácii pri atmosférickom tlaku. Výpočtom určiť látkové množstvá aj zloženia destilátu a zvyšku a porovnať vypočítané a namerané údaje.
2. Z nameraných údajov vypočítať stupeň využitia dodaného tepla na destiláciu.

• 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. Porovnajme 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, 1a – varák, (destilačný kotlík), 2, 2a – predloha na destilát, 3, 3a – kondenzátor a chladič destilátu, 4, 4a – vonkajší ohrev varáka (varič), 5, 5a – vnútorný ohrev varáka (ponorná špirála), 6, 6a – panel s elektromerom, vypínačom a reguláciou ohrevov, 7, 7a – plniaci otvor varáka, TI – indikácia teploty kvapaliny vo varáku, K1 až K6 – vypúšťacie ventily.

Destilačný stupeň pozostáva z varáka 1, ktorý je vybavený vonkajším ohrevom 4 (elektrický varič s regulovateľným príkonom) a vnútorným ohrevom 5 (elektrické ohrevné špirály ponorené do ohrievanej kvapaliny s regulovaným príkonom). Pary z varáka postupujú do kondenzátora pár a chladiča destilátu 3 a destilát sa zachytáva v sklenenej okulibrovannej nádobe 2. Varák má v hornej časti plniaci otvor 7 a v dolnej časti ventil slúžiaci na jeho vyprázdnenie. Je vybavený aj teplomerom TI na meranie teploty kvapaliny v ňom. Destilačná predloha (sklená nádoba na destilát) je tiež opatrená kohútom K2, ktorý slúži počas práce na odber vzorky a ventilom K3 na vypustenie destilátu po skončení práce. Destilačný stupeň má

svoj elektrický panel 6, kde sa nachádza elektromer ako aj vypínače na vnútorný a vonkajší ohrev.

• 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 !
2. Ak objem kvapaliny vo varáku klesne pod 500 ml, úplne vypneme vnútorný ohrev (ponornú špirálu) a ohrievame iba vonkajším ohrevom (varičom). V takomto prípade ohrevná špirála nemusí byť dostatočne ponorená do kvapaliny a hrozí jej prehriatie, deštrukcia, prípadne požiar !

PRÍPRAVA NA MERANIE

Poznámka: Všetky hodnoty parametrov uvedených v zátvorkách zapíšete do 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 molový objem suroviny ($V_{M,F}$). Pomocou známeho molového objemu je možné látkové množstvo suroviny jednoducho prepočítať na objem suroviny (V_F) ktorú je potrebné naliať do varáku na destiláciu.

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

3. Výpočet diferenciálnej destilácie podľa zadania práce
Látkové množstvo destilátu je dané percentuálne z látkového množstva suroviny. Využitím celkovej materiálovej 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

$$\ln \frac{n_F}{n_W} = \int_{x_W}^{x_F} \frac{dx}{y-x} = \int_{0,01}^{x_F} \frac{dx}{y-x} - \int_{0,01}^{x_W} \frac{dx}{y-x} \quad (10)$$

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 (10), kde od ľavej strany rovnice odčítame hodnotu prvého integrálu:

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

Neznámu hodnotu zloženia zvyšku (x_W) späťne určíme pomocou Tabuľky integrálov pre vypočítanú hodnotu integrálu z rovnice (11).

4. Následne z materiálovej bilancie pre prchavejšiu zložku (2) vypočítame molový zlomok (x_D). Pri výpočte objemu destilátu postupujeme ako v bode 2 Prípravy na meranie. Teplotu destilátu vopred nepoznáme preto budeme uvažovať, že má 20 °C. Objem celkového destilátu upresníme počas merania, keď už budeme poznať jeho skutočnú teplotu.
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. Zaznamenáme si počiatočný stav na počítadle elektromeru ($E_{\text{poč}}$), zmeriame začiatočnú teplotu suroviny ($t_{F,\text{poč}}$) a zapneme ohrevy – podľa pokynov v dokumentácii k cvičeniu (PRÍLOHA).
2. Do chladiča pustíme chladiacu vodu z vodovodu (primeraným prietokom). Sledujeme rýchlosť nárastu teploty suroviny vo varáku, pričom intenzitu ohrevu regulujeme podľa pokynov v dokumentácii (Príloha). Zaznamenáme teplotu varu ($t_{d,\text{poč}}$) vo varáku v okamihu, keď sa objaví prvá kvapka destilátu.
3. Počas destilácie sledujeme nárast objemu destilátu ako aj destilačnej teploty v kotlíku. Po vydestilovaní každých 200 ml destilátu celý objem destilátu zhomogenizujeme. odoberieme vzorku. Vzorky odoberáme tak, že najskôr vypustíme do kadičky niekoľko kvapiek. Potom do pripravenej skúmavky necháme natiecť potrebné množstvo vzorky na stanovenie indexu lomu (IL_D). Index lomu prepočítame na mólový zlomok prchavejšej zložky (x_D) a zaznamenáme destilačnú teplotu vo varáku (t_d).
4. Po vydestilovaní približne polovice predbežne vypočítaného objemu destilátu si zaznamenáme teplotu destilátu (t_D) v predlohe. Teplotu destilátu použijeme na výpočet mólového objemu destilátu, pomocou ktorého upresníme požadovaný objem destilátu.

Mólový objem pri teplote destilátu potrebujeme aj na prepočet objemov destilátu jednotlivých meraní na látkové množstvo destilátu (n_D).

5. Keď vydestilujeme vypočítaný (konečný) objem destilátu, zaznamenáme si konečnú hodnotu destilačnej teploty ($t_{d,kon}$), vypneme ohrevy, zaznamenáme konečný stav na elektromere (E_{kon}), zhomogenizujeme celý destilát, odoberieme vzorku a stanovíme mólový zlomok prchavejšej zložky ($x_{D,kon}$).
6. Rovnako odoberieme aj vzorku kvapaliny vo varáku a stanovíme mólový zlomok prchavejšej zložky vo zvyšku ($x_{W,kon}$).
7. V prípade, ak predmetom zadania je dvojstupňová destilácia, destilát získaný v prvom stupni nalejeme ako surovinu do varáka druhého stupňa. 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 celkového destilátu druhého stupňa. Pri výpočte a meraní postupujeme rovnako ak opri jednostupňovej destilácii s jediným rozdielom, že v druhom stupni odoberáme vzorku zhomogenizovaného destilátu po vydestilovaní každých 100 ml.

UKONČENIE MERANIA

Po skončení destilácie vyprázdňime varák, zmeriame objem zvyšku, vyprázdňime aj predlohu (sklenú nádobu) na destilát. Získaný destilát aj zvyšok vlejeme späť do nádoby pre surovinu. Odstavíme prietok chladiacej vody a vypneme vypínače elektrických ohrevov.

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 aparatury.
- Vysvetlite čo budete merať, ako a prečo.

• SPRACOVANIE NAMERANÝCH ÚDAJOV

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

$$\bar{c}p_F = x_F \bar{c}p_A + (1 - x_F) \bar{c}p_B \quad (12)$$

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

Stredné tepelné kapacity zložiek určíme pri určujúcej teplote:

$$t_{urč} = 0,5 \times (t_{F,poc} + t_{\bar{d}}) \quad (13)$$

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

$$\Delta_{\text{vyp}} h_D = x_{D,\text{kon}} \Delta_{\text{vyp}} h_A + (1 - x_{D,\text{kon}}) \Delta_{\text{vyp}} h_B \quad (14)$$

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

• TABUĽKY

Tab. 1 Údaje získané pred meraním pre prvý stupeň

$t_F =$	$^{\circ}\text{C}$	$x_W =$	
$IL_F =$		$x_D =$	
$x_F =$		$t_D =$	$^{\circ}\text{C}$
$V_{M,F} =$	1 mol^{-1}	$V_{M,D} =$	1 mol^{-1}
$V_F =$	1	$V_D =$	1

Tab. 2 Údaje získané pred meraním pre druhý stupeň

$x_W =$	
$x_D =$	
$t_D =$	$^{\circ}\text{C}$
$V_{M,D} =$	1 mol^{-1}
$V_D =$	1

Tab. 3 Záznam nameraných údajov prvého stupňa destilácie

Č. merania	V_D (ml)	n_D (mol)	t_d ($^{\circ}\text{C}$)	IL_D	x_D
1	200				
2	400				
3	600				
4	800				
5	1000				
6	1200				
7	1400				
8	1600				
9	1800				
10	2000				
$t_{F,\text{poč}} =$		$^{\circ}\text{C}$	$t_{d,\text{kon}} =$		$^{\circ}\text{C}$
$E_{\text{poč}} =$		kWh	$E_{\text{kon}} =$		kWh
$t_{d,\text{poč}} =$		$^{\circ}\text{C}$	$x_{D,\text{kon}} =$		
$t_D =$		$^{\circ}\text{C}$	$x_{W,\text{kon}} =$		

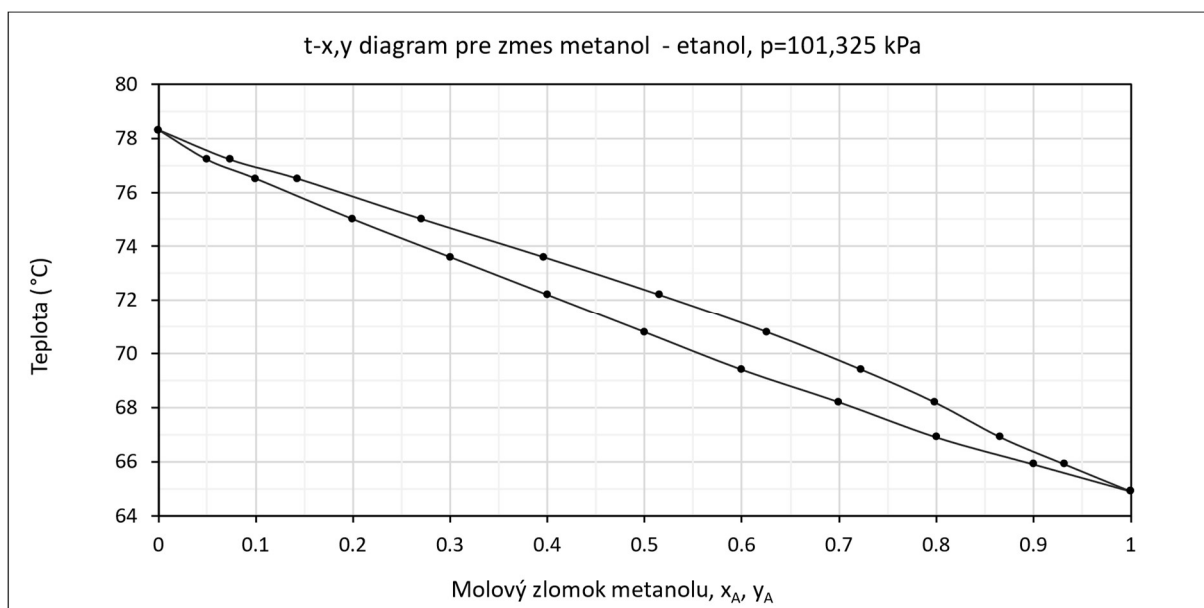
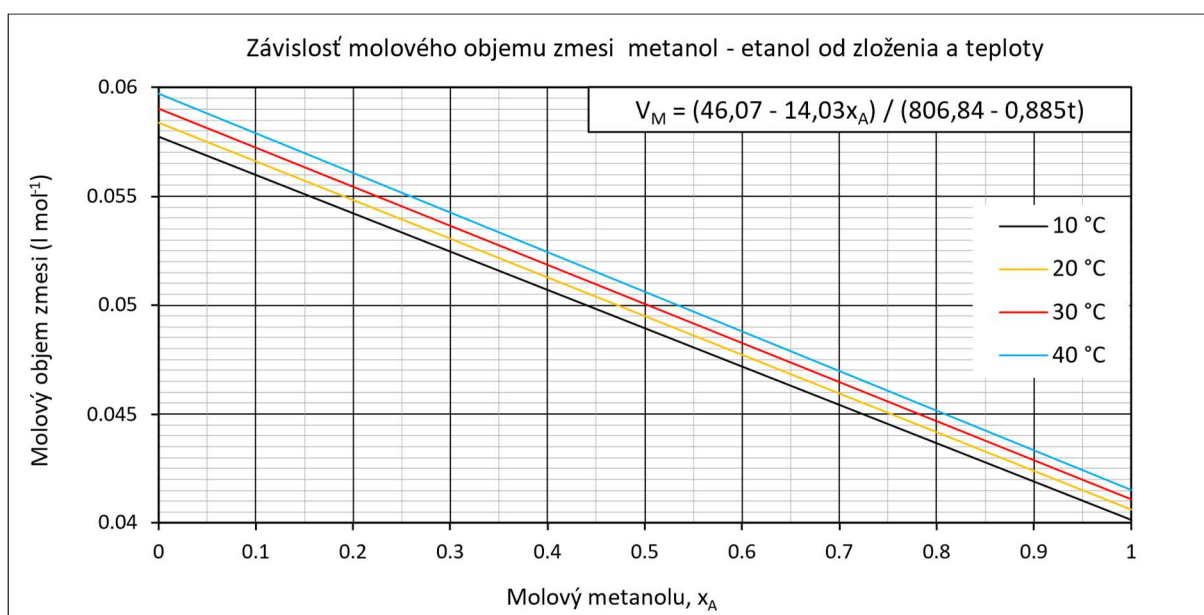
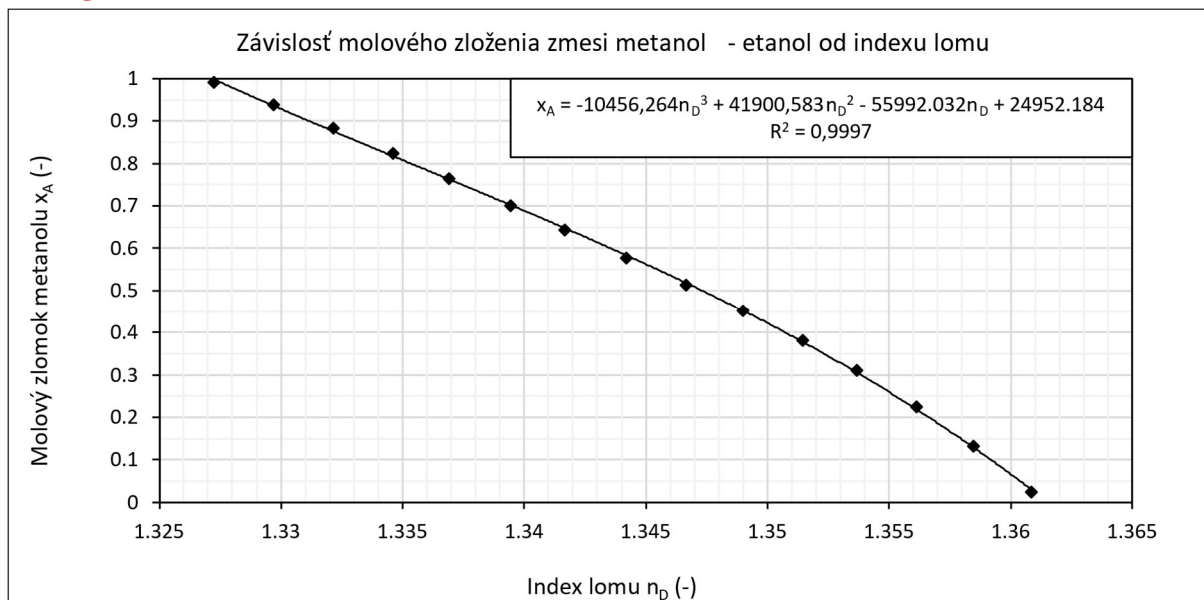
Tab. 4 Záznam nameraných údajov druhého stupňa destilácie

Č. merania	V_D (ml)	n_D (mol)	t_d ($^{\circ}\text{C}$)	IL_D	x_D
1	100				
2	200				
3	300				
4	400				
5	500				
6	600				
7	700				
8	800				
9	900				
10	1000				
$t_{F,\text{poč}} =$		$^{\circ}\text{C}$	$t_{d,\text{kon}} =$		$^{\circ}\text{C}$
$E_{\text{poč}} =$		kWh	$E_{\text{kon}} =$		kWh
$t_{d,\text{poč}} =$		$^{\circ}\text{C}$	$x_{D,\text{kon}} =$		
$t_D =$		$^{\circ}\text{C}$	$x_{W,\text{kon}} =$		

Tab. 5 Výsledky merania

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

• 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		

NASTAVENIE OHREBU VARÁKOV

I. Stupeň destilácie:

- Vonkajší ohrev (varič) a regulátor vnútorného ohrevu nastavíme na maximum.
- Keď teplota v kolti dosiahne 50 °C, vonkajší ohrev nastavíme (maximálne) na stupeň 5.
- Keď do ukončenia destilácie bude chýbať 200 ml destilátu, vonkajší ohrev vypneme.
- Destiláciu ukončíme vypnutím vnútorného ohrevu.

II. Srupeň destilácie:

- Vonkajší ohrev (varič) a regulátor vnútorného ohrevu nastavíme na maximum.
- Keď teplota v kolti dosiahne 50 °C, vonkajší ohrev vypneme a na regulátore vnútorného ohrevu nastavíme (maximálne) stupeň 5.
- Destiláciu ukončíme vypnutím vnútorného ohrevu.

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.