

## Szakaszos rektifikálás üveg harangtányéros kolonnán

A laboratóriumi méretű, üveg harangtányérokka l ellátott rektifikáló kolonnán heptán-toluol elegy szétválasztásának vizsgálata, valamint az oszlop hatásfokának meghatározása a cél. A készülék szakaszos üzemu. A mérés célja, hogy a hallgató a mérés elvégzése után **az alábbi tanulási eredményeket elérje**:

Minimum szint:

A hallgató

- érti a szakaszos rektifikálás műveletét
- tudja, hogyan kell szakaszos rektifikálást állandó refluxarány mellett üzemeltetni;
- képes egy laboratóriumi méretű, több alegységből álló készüléken eligazodni, a sematikus rajz alapján a főbb egységeket és a mérőműszereket azonosítani;
- meg tudja állapítani a stacionárius üzemállapotot (teljes reflux alkalmazása esetén);
- rálátással rendelkezik az oszlop elválasztó képességét befolyásoló fontosabb paraméterekre;
- ismeri és el tudja magyarázni a kondenzátor, a refluxszabályozó, a harangsapkás tányér, a refraktométer működési elvét és legalább egy műszaki kialakítását;
- a mérés során a mérési adatokat jól dokumentáltan jegyzi fel és átlátható formában összesíti;
- mérési adatait más szakember számára érthető formában, a megfelelő egyenletek kiválasztásával és a mértékegységek helyes használatával értékeli ki és átlátható kivitelű jegyzőkönyvet készít;
- a számítási eredményeit összeveti a tapasztalati értékekkel és jelentős eltérés esetén keresi és értékeli a hiba okát.

Optimális szint (a minimum szint felett):

A hallgató:

- ismeri a szakaszos rektifikálás két jellemző üzemletetési módját és azok előnyeit és hátrányait;
- képes a cél (számítási feladat) ismeretében a szükséges mérési feladatok meghatározására;
- az egyes módszerek mérési bizonytalanságának ismeretében és a számításához szükséges pontosság figyelembevételével választ mérési/mintavételezési módszert és gyakoriságot;
- átlátja egy elválasztási művelet során az egyes mérhető értéket befolyásoló folyamatokat és azok kapcsolatait;
- az eredményeket összefüggéseiben, a gyakorlati tapasztalatai figyelembevételével értékeli.

**A mérés során az alábbi alapismeretekre építünk**, ezek szükségesek a mérési feladat elvégzéséhez, a mérés céljának és a számításoknak a megértéséhez és ezért számon is kérhetők:

- anyagmérlegek felírása a szakaszos üzemu berendezés teljes üzemidejére;

- hőmérleg (energiamérleg) felírása szakaszos üzemű berendezésre;
- elméleti tényér fogalma;
- egyensúlyi és forrpoint-harmatpont diagram értelmezése;
- állandó moláris párolgás és túlfolyás tétele;
- az oszlop nyomásesésének meghatározása;
- törésmutató vizsgálat elvégzése;
- McCabe-Thiele féle tényérszerkesztés szakaszos rektifikálás esetén (Vegyipari műveletek 2 elektronikus jegyzet 1.3.2.3.6 fejezet).

A leiratban a felkészülést és a mélyebb megértést elősegítő **elgondolkodtató kérdések zölddel vannak szedve**.

## **1. Elméleti összefoglaló**

Az elméleti összefoglaló a Vegyipari Műveletek 2. digitális jegyzet alapján készült.

A mérés célja: laboratóriumi üveg buboréksapkás kolonnán a szakaszos rektifikálás gyakorlati kivitelezése és számítása.

A szakaszos műveleteket gyakran a folyamatos technológiához vezető út egyik lépésének tekintik és alkalmazzák, aminek a célja adatok és tapasztalatok gyűjtése a kérdéses rendszerről, melyek alapján a folyamatos technológia biztonságosan megtervezhető.

Meg kell azonban jegyezni, hogy a szakaszos műveleteknek, folyamatoknak számos előnye és persze hátránya van a folyamatos műveletekhez, folyamatokhoz képest, amely gyakorta abból ered, hogy egy plusz üzemeltetési tényezővel rendelkeznek, és ez az idő. Amíg a folyamatos technológiában az egy műveletre fordított időt nem változtathatjuk, addig a szakaszos műveleteknél ezt is szabadon változtathatjuk, ha erre valamilyen okból szükség van. Ez jelentős flexibilitást és üzemeltetési szabadságot eredményez azok működtetésében. A szakaszos folyamatoknak szintén előnye, hogy gyorsabban kialakíthatók, mint a folyamatosak, ami új termékek előállításánál fontos szempont. A szakaszos folyamatok beruházási igénye általában kisebb, mint a hasonló kapacitású folyamatosoké, de a munkaerőköltsége viszont nagyobb. A folyamatos üzemek nagyobb technológiai fegyelmet is követelnek, mint a szakaszos üzemek. Ugyanakkor a szakaszos műveletek, folyamatok alkalmazásának fontos indoka a termelési kapacitás, ugyanis kis mennyiségek feldolgozása, termelése esetén szakaszos technológiát tervezünk. E mellett vannak olyan speciális iparágak, ahol többnyire szakaszos technológiákat alkalmaznak, pl. gyógyszeripar, aromaanyagok gyártása, finomkémiai termékek.

A szakaszos műveletek közül az egyik legjellegzetesebb a rektifikálás. A szakaszos rektifikálás és folyamatos rektifikálás, bár műveleti alapjaik azonosak, mégis alkalmazásukban és működtetésükben eltérnek egymástól.

Szakaszos rektifikálást általában akkor alkalmazunk, ha kisebb anyagmennyiséget kell feldolgoznunk, de éles elválasztást akarunk. Ilyenkor a már megismert szakaszos desztilláció nem célravezető, és rektifikálásra van szükség. Ugyanakkor elképzelhető, hogy csak kis tényérszámú kolonnával rendelkezünk és az elválasztás élességét a refluxarányal akarjuk biztosítani. Az éles elválasztás és a kis tényérszám azzal jár, hogy a refluxarány magasabb értéket is felvehet, mint ami egy jól megtervezett oszlop esetében szokásos. Ezzel egyidejűleg a nagy refluxarány a desztillátum áramának jelentős csökkenését jelenti, ugyanis a kolonna, és így a benne

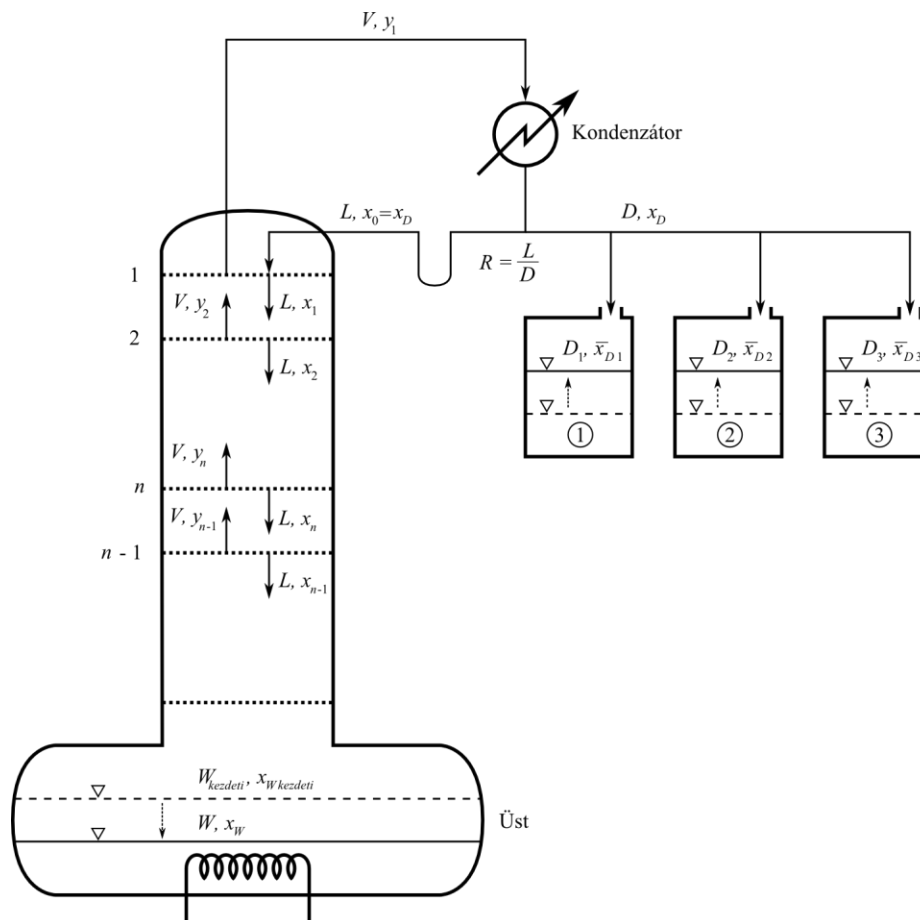
megengedhető maximális gőzárám, mérete adott és állandó. Másképp mondva a desztillátum elvétele, azaz az anyag feldolgozása lassú lesz. Itt előjön a már említett időtényező, amely folyamatos üzemenél nem alkalmazható.

Szintén szakaszos rektifikálást alkalmazunk, ha egy kolonnában kettőnél több terméket akarunk nyerni vagy a betáplálás összetétele gyakran változik, ami folyamatosan változó üzemetetést kíván. A jelentősen változó betáplálási összetétel kezelését szintén nehéz lenne folyamatos technológiában megoldani. Viszont általános elv, hogy nagyobb mennyiségek esetén, a tapasztalatok szerint, több mint 5000 t/év termelés mellett, szinte mindig csak folyamatos technológiában gondolkodunk. 500 t/év alatt a szakaszos a jellemző technológia, míg a két érték közt bármelyik elképzelhető (Douglas, 1989).

Az 1. ábra bemutatja egy szakaszos rektifikáló oszlop (kolonna) vázlatos rajzát. A készülék ugyanazokból a főbb elemekből áll, mint egy folyamatos üzemű berendezés: oszlop, tányérok vagy töltet, kondenzátor szedőedénnyel, üst, más néven visszaforráló. A desztillátumok esetében a felülvonás egy átlagértéket jelent, mivel állandó refluxaránynál az összetétel időben változik.

*Mely iparágakban alkalmazzák a szakaszos rektifikálást?*

*Milyen tányér-és töltettípusokat ismer?*



1. ábra: Szakaszos rektifikáló berendezés elvi vázlata

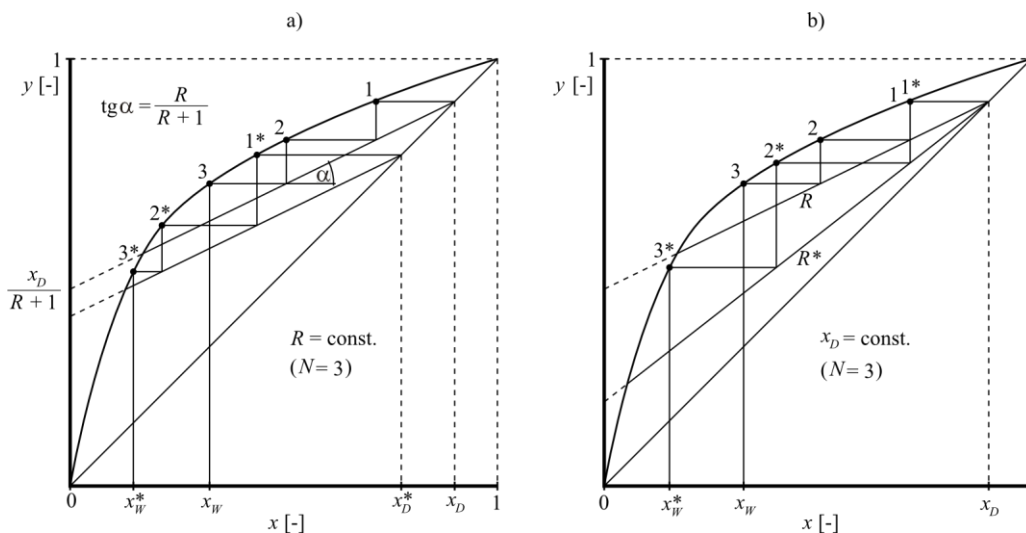
A szakaszos rektifikálás esetén, az egyszerű desztillációhoz hasonlóan, az üstbe töltjük be a kiindulási elegyet és a rektifikálás során már nincs további betáplálás. Az üstöt fűtve az illékony komponens(ek) elpárolog(nak) és azt/azokat a kondenzátorban kondenzáltatjuk. A lekondenzált pára egy részét refluxként visszavejtjük az oszlopba. A rektifikáló oszlopban a pára és a folyadék találkoznak, és megtörténik az anyagátadás, ami a pára illékonyabb komponens(ek)ben való dúsulását jelenti. Az anyagátadáshoz a kolonnába beépített tányérokcal vagy töltettel biztosítunk felületet.

Szakaszos rektifikálásnál fontos annak ismerete, hogy ilyenkor a desztilláló oszlop csak dúsító, azaz rektifikáló oszloprésszel (felső oszloprésszel) rendelkezik. Ez azt jelenti, hogy mivel a szegényítő oszloprész, azaz az alsó oszloprész hiányzik, ezért az üstben maradó folyadék tisztítása nehezebb, mint folyamatos üzemű, középbetáplálásos kolonna esetében, de az is elképzelhető, hogy a kérdéses tisztítást nem is tudjuk megvalósítani. Ezért szakaszos rektifikálásnál célszerű a tiszta terméket a fejből elvenni.

A szakaszos rektifikálás alapvetően két üzemmódban üzemel:

- állandó refluxarány,
- állandó fejtermék, desztillátum-összetétel.

A szakaszos rektifikálás két alapesetét a 2. ábrán szemléltetjük. A gyakorlaton állandó refluxarányal fognak dolgozni.



2. ábra: a szakaszos rektifikálás két alapesete

Állandó refluxarányal történő üzemeltetés esetén a desztilláció előrehaladásával a desztillátum összetétele változik, az illékonyabb komponensben egyre szegényebb lesz (2.a ábra). Az üstben lévő folyadék mennyisége csökken, és ez is egyre szegényedik az illékony komponensben. Általában akkor célszerű választani, ha kis mennyiségű illékony anyag eltávolítása a feladat, melynek a desztillátumbani koncentrációja nem fontos szempontja az elválasztásnak.

Állandó desztillátum-összetétel (2.b ábra) esetét akkor választjuk, ha az illékony komponenst az előírt koncentrációban szeretnénk megkapni. Ilyenkor, mivel az üst egyre szegényedik az illékony komponensben, egyre növelni kell a refluxarányt. A refluxarány minden határon túl történő növelését a berendezés és költségtényezők korlátozzák.

## **2. Szakaszos rektifikálás állandó refluxarányval**

A műveletet differenciális és véges anyag- és komponensmérleggel írhatjuk le. Ennek során az oszlopban és a kondenzátorban lévő anyagmennyiség, „hold up” változását elhanyagoljuk.

A differenciális anyag- és komponensmérleg:

$$dD = dW \quad (1)$$

$$Wx_w = (W - dW)(x_w - dx_w) + x_d dW \quad (2)$$

ahol:

- W az üstben lévő anyag mennyisége (mol);
- D a desztillátum mennyisége (mol);
- $x_D$  a desztillátum koncentrációja;
- $x_w$  a maradék koncentrációja.

A komponensmérlegben lévő műveleteket elvégezve, és a differenciálok másodrendűen kicsiny szorzatát ( $dW dx_w$ ) elhagyva kapjuk, hogy:

$$Wx_w = Wx_w - x_w dW - w dx_w + x_D dW \quad (3)$$

ill. átalakítás után kapjuk:

$$\frac{dW}{W} = \frac{dx_w}{x_D - x_w} \quad (4)$$

Az egyenletet integrálva a szakaszos desztillációnál is előforduló képletet kapjuk:

$$\ln \frac{W_{\text{kezdeti}}}{W_{\text{végső}}} = \int_{x_{w\text{végső}}}^{x_{w\text{kezdeti}}} \frac{dx_w}{x_D - x_w} \quad (5)$$

Az integrálást grafikusán, vagy numerikusan végezzük. Az összetartozó  $x_D - x_w$  párokat mérjük, vagy a 2. ábrán bemutatott lépcsőszerkesztéssel határozzuk meg. Szakaszos rektifikálásra igaz, hogy a desztillátum mennyisége a kezdeti és végső üsttartalomból számolható:

$$D = W_{\text{kezdeti}} - W_{\text{végső}} \quad (6)$$

Állandó refluxarányval történő üzemeltetés esetén a desztillátum átlagos összetétele ( $\bar{x}_D$ ) a komponensmérleg alapján számítható:

$$\bar{x}_D = \frac{W_{\text{kezdeti}} x_{w_{\text{kezdeti}}} - W_{\text{végső}} x_{w_{\text{végső}}}}{D} \quad (7)$$

A rektifikáláshoz szükséges összes elpárologtatandó páramennyiség ( $V$ ) a refluxarányból meghatározható:

$$V = (R+1)D \quad (8)$$

A gyakorlat során az integrálást, valamint a kiértékelést számítógépes program segítségével kell elvégezni. Az állandó desztillátum összetétellel történő rektifikálásról, valamint a szakaszos sztrippelésről a Vegyipari Műveletek 2. jegyzetben olvashatnak.

### **3. A készülék leírása**

A készülék alkalmas állandó refluxarányval, illetve állandó desztillátum összetétellel történő szakaszos rektifikálásra.

A készülék fő része egy üveg hőszigetelő köpennyel védett 10 darab buboréksapkás tányért tartalmazó üveg rektifikáló kolonna, melyhez 1 literes 3 nyakú üveglombik üstként, valamint refluxszabályozásra alkalmas desztilláló feltét csatlakozik.

Az üstben a folyadék hőmérsékletét, valamint a légkörihez képest megnövekedett nyomást, azaz a rektifikáló kolonna nyomásesését mérjük. Az U-csöves manométerbe töltött folyadék toluol.

#### *Mivel lehetne még mérni az oszlop nyomásesését?*

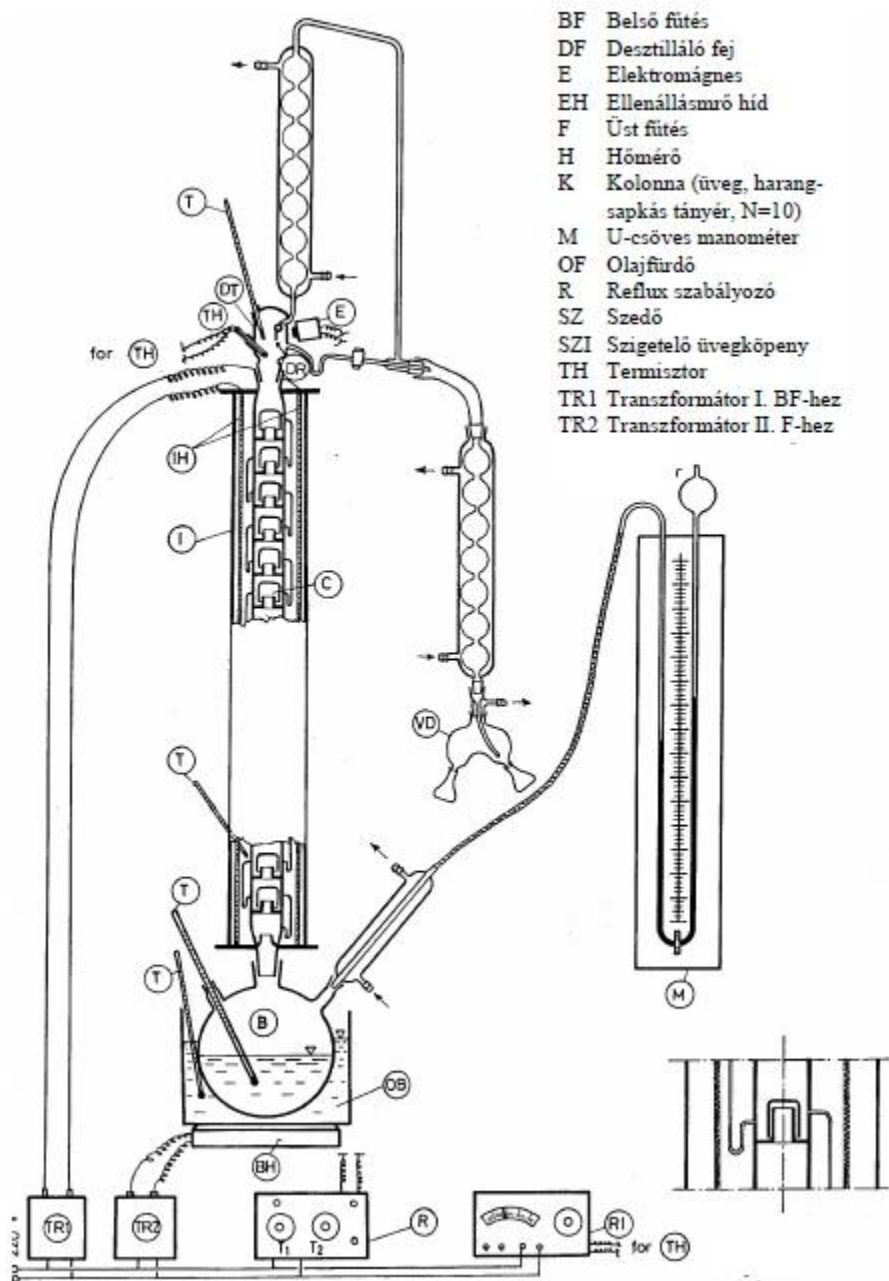
Az üst szilikonolaj fürdőbe merül, melyet transzformátorral változtatható feszültséggel elektromosan fűtünk. Az olajfürdő hőmérsékletét higanyos hőmérővel mérjük.

A desztilláló feltétben mérjük a gőz hőmérsékletét higanyos hőmérővel. A refluxszabályozást időkapcsolóval vezérelt elektromágnes végzi. A desztillátum frakciók elkülönítésére forgatható szedő szolgál. A rektifikáló kolonnát a hővesztések elkerülése végett üveg szigetelőköpennyel vettük körül, melybe elektromos fűtőtestet helyeztünk.

A desztillátum koncentrációjának meghatározása törésmutató méréssel történik, az erre szolgáló refraktométer állandó hőmérsékletét termosztát biztosítja.

#### *Milyen egyéb módszerekkel lehetne meghatározni a desztillátum koncentrációját? Mi az előnye a törésmutató mérésnek az egyéb analitikai eljárásokkal szemben?*

A készülék a 3. ábrán látható. A munka tűzveszélyes! A mérés elkezdése előtt gondolja végig, mit kell tennie tűz esetén, és győződjön meg a szükséges tűzvédelmi eszközök meglétéről.



3. ábra – szakaszos rektifikáló készülék

*Miért van a szedő fölé hűtő szerelve?*

#### **4. A mérés menete**

A kiértékeléshez szükség van:

- a heptán toluol elegy törésmutató-koncentráció diagrammjára (4. ábra)
- a heptán-toluol elegy forrpoint-harmatpont görbéjére (5. ábra)

- az elegy egyensúlyi diagramjára (6. ábra)
- mérési adatlapra (a leiratban mellékletként elérhető)

#### 4.1. Mérésindítás

1. Az üstbe töltött *n*-heptán-toluol elegyből (heptán tartalom: 40 és 55 mol % között) a hőmérőcsonkon keresztül mintát veszünk és meghatározzuk refraktométerrel a törésmutatóját. A koncentráció a 4. ábráról leolvasható.

2. Megnyitjuk a hűtővizet (óvatosan!).

3. Az olajfürdőt az üst alatt elkezdjük fűteni, miután szemrevételezéssel megállapítottuk, hogy elegendő a szintje és nem vizes. A villanyrezsó fűtőteljesítménye kezdetben legyen maximális, majd amikor elérte a fűtőolaj hőmérséklete a 90-100 °C-ot, a jelölésig tekerjük vissza a rezsó szabályozóját.

*Miért fontos, hogy ne legyen víz az olajfürdőben?*

4. Elzárjuk a desztillátum elvezető csövön lévő csapot.

5. Amikor az üstben lévő folyadék forr, és a tányérok elkezdenek működni, a transzformátort állítsuk 20 skr-re – ezzel bekapcsoljuk a hőveszteség megakadályozására szolgáló belső fűtést. Ügyeljünk arra, hogy a mérés közben se közelítse meg a köpenyben lévő hőmérséklet 5 °C-nál jobban a fejhőmérsékletet. Célszerű 90-95 °C köpenyhőmérséklet mellett dolgozni, így a hőveszteség miatt kialakuló vadreflux elhanyagolható.

*Mi az a vadreflux?*

#### 4.2. Üzemeltetés teljes reflux alkalmazása mellett

Teljes reflux alkalmazásával meghatározhatjuk a berendezés elméleti tányérszámát a következő módon:

1. Miután a reflux elkezdett visszacsorogni az oszlopra, megvárjuk a stacioner állapot beállítását.

*Honnan tudják, hogy beállt a stacioner állapot?*

2. A stacioner állapot beállása után kapcsoljuk be a refluxszabályozót és állítsuk végtelen állásra. Figyeljünk arra, hogy a refluxszabályozó ingarészét állandó folyadékfilm fedje!

3. Kinyitjuk a desztillátum elvezető csapot. Pár csepp anyaggal a vezetékeket mossuk át, majd egy másik, tiszta, száraz edénybe vegyünk néhány csepp mintát. Határozzuk meg a minta törésmutatóját, majd koncentrációját. Ezt a műveletet gyorsan kell elvégezni, mert csak így jellemző a mért koncentráció a teljes refluxszal elérhető elválasztásra. Leolvassuk az üst hőmérsékletét, valamint az oszlop nyomásesését, és ebből határozzuk meg az üstben lévő folyadék koncentrációját a  $P=101325$  Pa nyomáson felvett forráspont diagram alapján (5. ábra).

#### 4.3. Mérés állandó refluxarány mellett

1. Beállítjuk a mérésvezető által megadott refluxarány értéket (legyen 0,5 és 2 között).



$$R = \frac{T_2 - T_1}{T_1} \quad (9)$$

ahol ( $T_2$ ) a refluxszabályozó időkapcsolóján az össziidő (s), melyből  $T_1$  (s) ideig működik az elektromágnes, amikor a hűtőből visszafolyó folyadék a desztillátum elvezető csőbe kerül. A  $T_1$  értéket célszerű 3 vagy 4 s-nak választani. A mérés alatt az olajfürdő hőmérsékletét állandó értéken tartjuk.

*Ez az egyenlet milyen esetben adja meg a reflux értékét helyesen?*

2. Kinyitjuk a desztillátum-elvezető csövön lévő csapot és elindítjuk a stopperórát.

3. A mérési jegyzőkönyvben megadott időközönként (30-30 s ideig) a tiszta, száraz szedőedényekbe a desztillátumból mintát veszünk, és egy-két csepp folyadék felhasználásával megmérjük a törésmutatóját. Az egyes mintavételek 30 s időtartama alatt, a mintavétel kezdetétől számított 15. s-ben leolvassuk először az üst hőmérsékletét, majd a jegyzőkönyv kitöltéséhez szükséges többi adatot.

*Lehetne-e más időközönként, más időtartamig mintát venni? Miért a mintavétel félidejében olvassuk le a hőmérsékletet?*

4. Az utolsó mintavétel után leállítjuk a stopperórát és feljegyezzük a desztillálás időtartamát.

5. A mintákat és a közbenső időben levett desztillátumot letárazott, száraz üvegedényben összegyűjtjük és a mérés végén megmérjük az átlagos desztillátum koncentrációt, valamint a desztillátum mennyiségét.

6. Az üstkoncentráció meghatározása a 760 torr nyomáson (101325 Pa) felvett forrpon-diagram alapján történik, ezért a mért forráspontot 760 torra át kell számítani, figyelembe véve a barométerállást és az oszlopon mért nyomásesést. A számítás menete:

1. Először meghatározzuk a nyomásesést az oszlopon

$$\Delta P = \frac{0,862 \text{ g/cm}^3}{13,6 \text{ g/cm}^3} \Delta H_m \quad (10)$$

ahol  $\Delta P$ : a nyomásesés az oszlopon; Hgmm;  $\Delta H_m$ : a mért toluol szintkülönbség; mm.

*Miért így lehet kiszámítani a nyomásesést az oszlopon?*

2. Kiszámítjuk a forráspont különbséget a nyomásesésből és az aktuális nyomásból.

$$\Delta T = [760 - (P_b + \Delta P)] \frac{dT}{dP} \quad ^\circ\text{C} \quad (11)$$

ahol  $P_b$ : a barométerállás; Hgmm;  $\frac{dT}{dP} = 0,046 \frac{^\circ\text{C}}{\text{Hgmm}}$ : a forráspont nyomás szerinti deriváltja, a toluol megfelelő adataival számolva.

3. Kiszámítjuk az atmoszférikus nyomáson vett forráspontját az egyenek.

$$T_{\text{üst}}^{\text{atm}} = T_{\text{üst}} + \Delta T \quad (12)$$

*Nagyságrendileg mekkora eltérést vár a mért és az atmoszférikus nyomáson számított hőmérséklet között? Miért fontos korrigálni a mért hőmérsékletet?*

### **5. A mérés befejezése**

Kikapcsoljuk és áramtalanítjuk az elektromos fűtőegységeket. A forrás leállása után elzárjuk a hűtővizet. A desztillátum mintákat a desztillátumgyűjtő edénybe öntjük, melyet lezárunk. Megmérjük a desztillátum tömegét. A mintavevő edényeket kiszárítjuk.

### **6. A mérési adatok számítógépes értékelése**

A desztillátum mennyiségének (mol), a refluxaránynak és a mért  $x_W$  és  $x_D$  értékeknek ismeretében számítással meghatározzuk az elpárologatott gőzmennyiséget, az üstbe töltött anyag mennyiségét és a maradék végső mennyiségét. A mért átlagos desztillátumösszetétel felhasználásával kiszámítjuk a komponensmérleg relatív hibáját.

A számítógépes kiértékeléshez találnak segédletet a készülék mellett.

### **7. A jegyzőkönyv felépítése (otthoni jegyzőkönyv készítés esetén)**

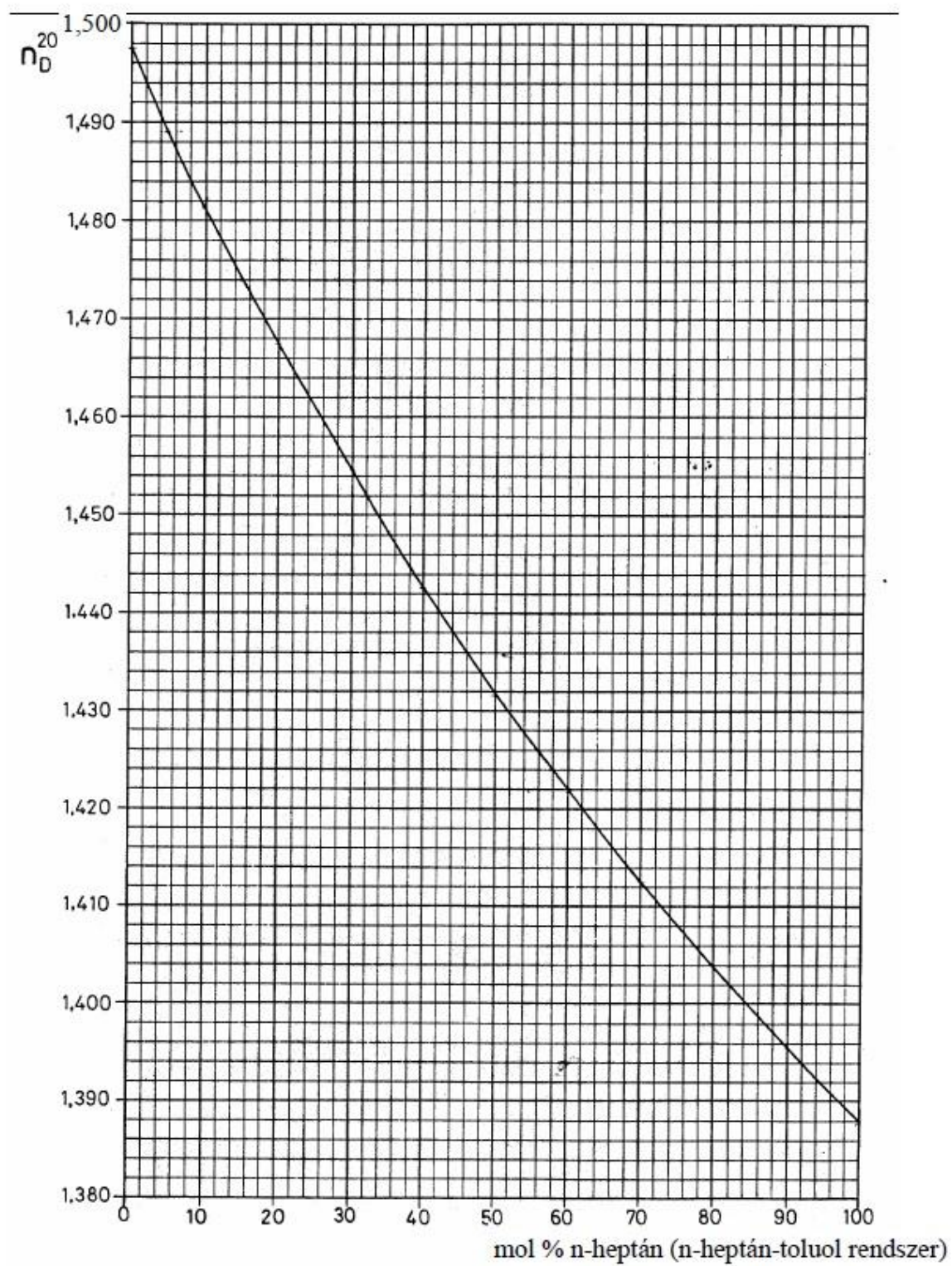
1. A mérés összefoglalása egy-két mondatban
2. A mérés menete saját szavakkal leírva
3. Desztillátum koncentráció meghatározásának bemutatása ábrán
4. Az üsthőmérséklet átszámításának menete egy példaszámításon keresztül
5. Az üstbeli koncentráció meghatározásának bemutatása ábrán
6. A számítógépes értékelés eredményei
7. Szöveges értékelés

Budapest, 2018. január

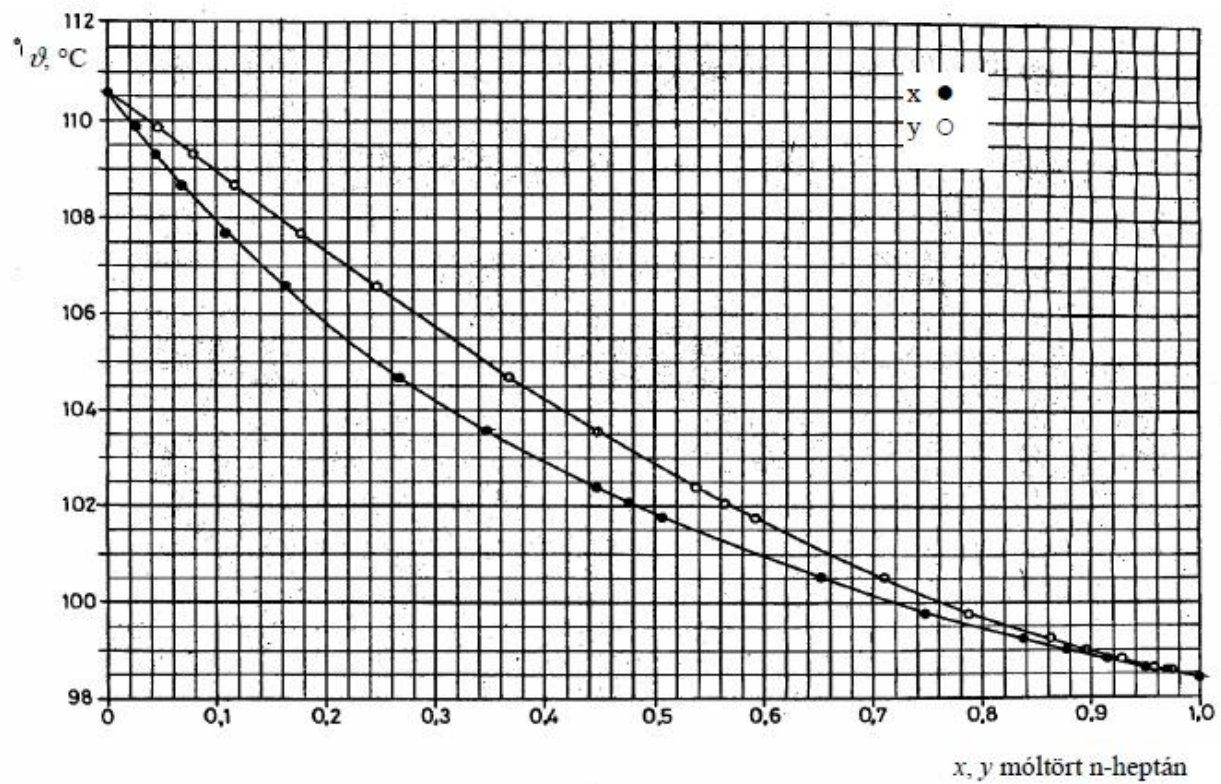
A leíratot a tanszéki munkaközösség korábbi munkáinak felhasználásával készítette: Stelén Gábor.

A leíratot ellenőrizte: Székely Edit.

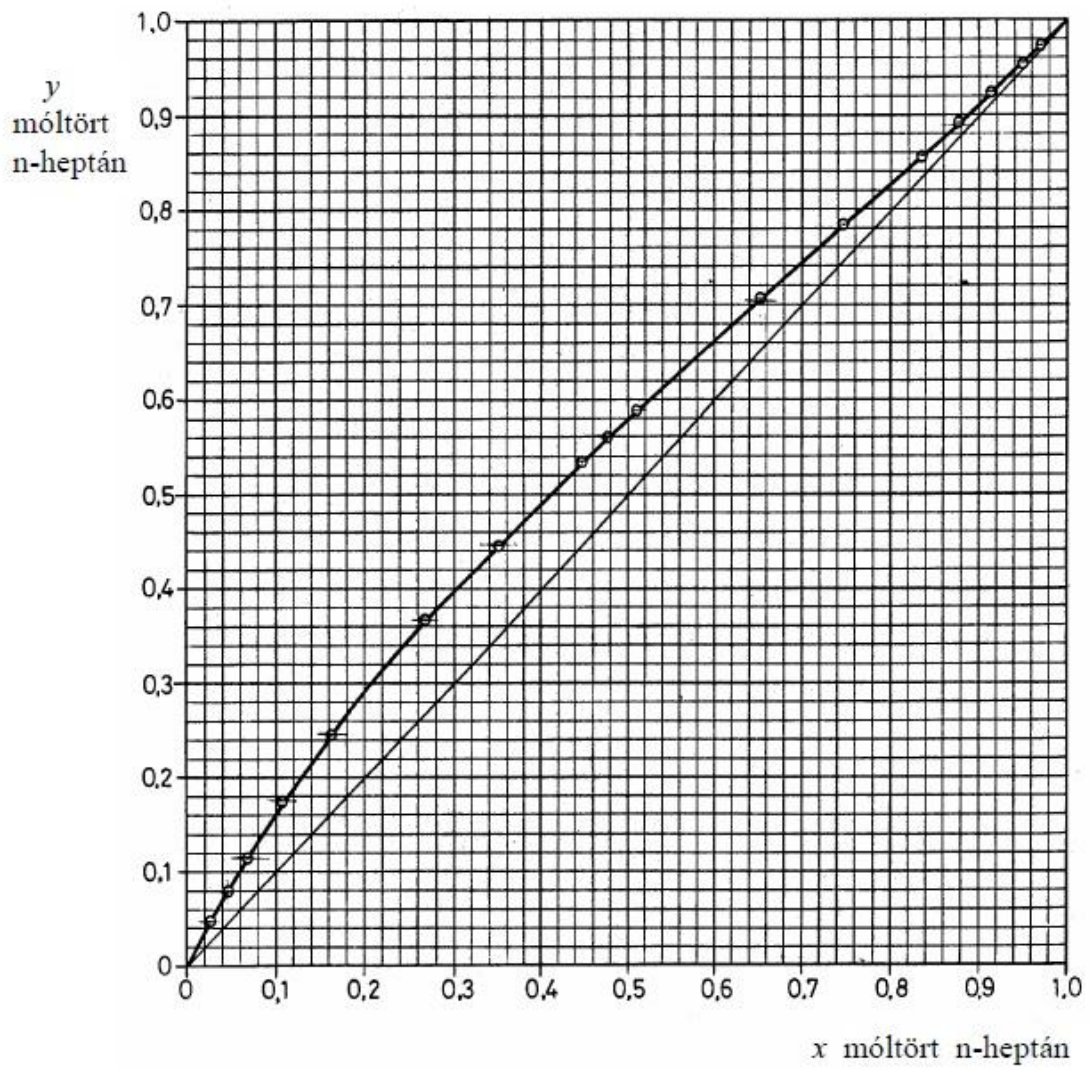
## 8. Mellékletek



4. ábra: a heptán-toluol elegy törésmutató-koncentráció diagramja



5. ábra: a heptán-toluol elegy forrpont-harmatpont diagramja



6. ábra: a heptán-toluol elegy egyensúlyi diagramja

Mérőcsoport	Beugró	Jegyzőkönyv	<b>Szakaszos rektifikálás üveg harangtányéros kolonnán</b>	Laborvezető neve
Hallgató neve:				
Hallgató neve:				
Hallgató neve:				
Hallgató neve:				
Oktató aláírása			Dátum:	Labor napja, csoport betűjele

Jelölések:

n: törésmutató  
F: kiindulási elegy

x: koncentráció  
W: fenéktermék

T: hőmérséklet  
D: fejtermék

N: tányérszám  
P: nyomás

Barométerállás: torr Pa

1. Kiindulási elegy vizsgálata

$n_F$  (20 °C):  $x_F$ : mol%

2. Teljes reflux

Oszlop fűtés: sk.

$T_w$ : °C  $T_w$  (760 torr): °C  $x_w$ : mol%  $T_{\text{fürdő}}$ : (°C)  $T_{\text{oszlop}}$ : (°C)

$\Delta H_m$ : mm  $T_d$ : °C  $n_D$  (20 °C):  $x_D$ : mol%

3. Állandó refluxarány

Refluxarány:  $T_2 =$  s  $T_1 =$  s  $R =$

Idő (perc)	$T_w$ (°C)	$T_w$ (760) (°C)	$x_w$ (mol%)	$T_{\text{fürdő}}$ (°C)	$T_{\text{oszlop}}$ (°C)	$\Delta H_m$ (mm)	$T_d$ (°C)	$n_D$ (20 °C) (-)	$x_D$ (mol%)
4 <sup>30</sup> -5									
9 <sup>30</sup> -10									
19 <sup>30</sup> -20									
20 <sup>30</sup> -30									
39 <sup>30</sup> -40									
49 <sup>30</sup> -50									
59 <sup>30</sup> -60									

Mérés időtartama: perc Deszillátum mennyiség: g Deszillátum átlagos összetétele  
 $n_D$  (20 °C):  
 $x_D$ : mol%

4. Elméleti tányérszám

$N_{\text{elm}}$ :

$$\text{Átlagos tányérhatásfok: } \eta = \frac{N_{\text{elm}}}{N_{\text{valódi}}} =$$

A mérési adatlap másik oldalára írjanak néhány mondatos szöveges értékelést a kapott eredményekről! (helyszíni jegyzőkönyv készítés esetén)