

Terner rendszer vizsgálata

Elméleti alap: P.W. Atkins: *Fizikai Kémia* (4. kiadás) 8.7–8.9 fejezetek, (6. kiadás) 8.1–8.7 fejezetek.

Gyakorlat típusa: Egyéni.

Gyakorlat célja: Egymással nem tetszőleges arányban elegyedő oldószerek kölcsönös oldhatósági viszonyainak feltárása egy háromkomponensű (terner) rendszer vizsgálatával, a fázisszabály gyakorlati alkalmazása, valamint a háromszögdiagram használata a meghatározandó fázisgörbe ábrázolására.

1. Bevezetés

A Gibbs-féle fázisszabály általánosan érvényes összefüggést ad egy rendszerben a szabadsági fokok száma (SZ),¹ a fázisok száma (F), valamint a komponensek száma (K) között:

$$SZ + F = K + 2.$$

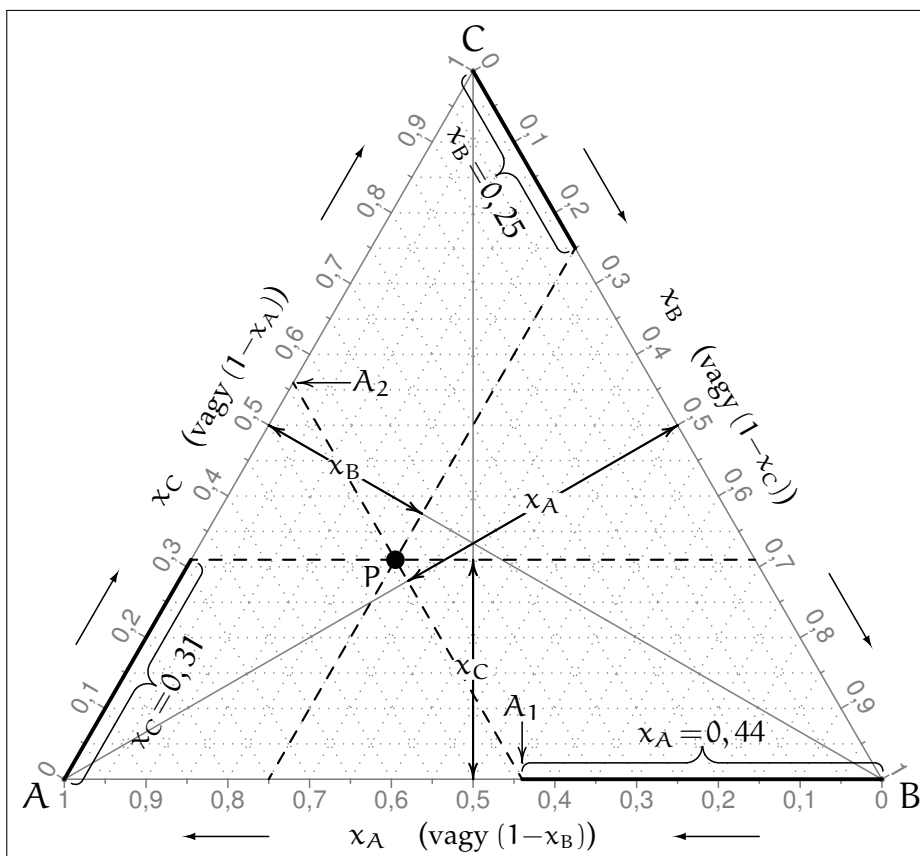
Ennek értelmében egy háromkomponensű rendszernek maximálisan négy szabadsági foka van, hiszen a fázisok minimális száma egy. Egy ilyen rendszer leírása négy állapotjelző megadásával történhet, célszerűen pl. a hőmérséklet (T), a nyomás (p) és két komponens móltörtjének az értékeivel. Az ilyen rendszerek teljes ábrázolása csak négy dimenzióban lenne lehetséges. Ha két állapotjelzőt állandó értéken tartunk (pl. T és p), akkor lehetőség nyílik a rendszer két dimenziós ábrázolására (amely természetesen csak az adott T és p érték mellett jellemzi a rendszert). Egy ilyen ábrázolás megmutathatja, hogy adott összetétel mellett a rendszerben hány különálló fázis van.

Az ábrázolás történhetne a szokásos Descartes-féle koordináta-rendszerben, ha az egyik komponens (A) móltörtjét a vízszintes, a másikat (B) a függőleges tengelyen tüntetjük fel. Ez a mód azonban elrejtí a három komponens egyenértékűségét, hiszen a harmadik komponens (C) adatai csak közvetetten, az $x_A + x_B + x_C = 1$ összefüggés segítségével állapíthatók meg. Emiatt az ilyen rendszereket ún. háromszögdiagramban szokás ábrázolni úgy, hogy az adott pontokat egy egyenlő oldalú háromszögben rajzoljuk fel a következő (az 1. ábrán szemléltetett) szabályok alapján:

- A háromszög minden oldalának hossza egy egység, móltörtben kifejezve.²
- A háromszög csúcsai egykomponensű rendszereknek, vagyis a tiszta A, B és C anyagoknak felelnek meg.
- A háromszög oldalain a kétkomponensű rendszerek összetétele adható meg. Pl. az A és B csúcsot összekötő oldal minden pontja egy olyan rendszer móltörtjeit adja meg, amelyben csak A és B anyag van, C nincsen. Minél messzebb van egy adott pont az A csúcstól, annál kisebb az A anyag móltörtje az adott rendszerben. A skála lineáris, pl. az $x_A = 0,8$, $x_B = 0,2$ és $x_C = 0,0$ pont az A és B csúcsot összekötő oldalon helyezkedik el, az A csúcstól 0,2, a B csúcstól 0,8 távolságra.
- A háromszög minden belső pontja egy háromkomponensű rendszernek felel meg. Az 1. ábra szemlélteti, hogyan rajzolhatunk meg egy adott pontot a háromszögdiagramban. A legcélszerűbb ábrázolási módszer az, hogy a háromszög oldalain bejelöljük az egyes komponensek móltörtjeit, majd ezeket egyenesekkel összekötjük. Az 1. ábrán a szaggatott vonalak mutatnak ezekre példát. Az A_1 és A_2 pontok a háromszög két megfelelő oldalán az A komponens móltörtjét mutatják, ezeket szaggatott vonal köti össze. Az A_1 pont megjelölésének módját a B csúcsból induló vastagított vonal és kapcsos zárójel is mutatja. A B és C komponensek móltörtjeit hasonlóan, szaggatott vonalak jelölik az ábrán.
- A szaggatott vonalakkal jelölt három egyenes egy pontban metszi egymást. Ez a metszéspont (P) az ábrázolandó összetétel helye a háromszögdiagramon. A metszéspontot már két egyenes is egyértelműen meghatározza, ezért elegendő a három egyenes közül bármelyik kettő használata. Ez megfelel

¹A szabadsági fokok száma lényegileg megegyezik a változtatható értékű paraméterek számával.

²Az irodalomban ritkábban, de használják még a tömeg- és térfogattörtöket, ill. ezek százalékos értékeit is. Ezek használatára a gyakorlaton nem kerül sor.



1. ábra. A háromszögdiagram használata háromkomponensű (A, B és C) rendszerek összetételének ábrázolására, az $x_A = 0,44$, $x_B = 0,25$ és $x_C = 1 - x_A - x_B = 0,31$ móltörtökkel megadható P pont példáján keresztül. Részletes magyarázat a szövegben.

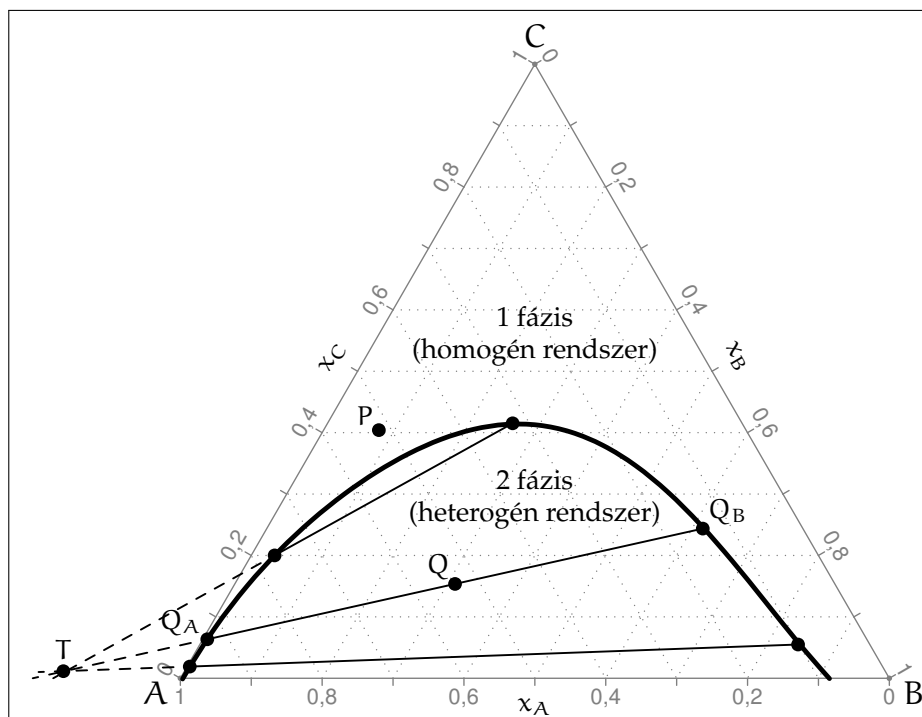
annak a ténynek, hogy egy háromkomponensű rendszerben két komponens móltörtjének az ismerete egyértelműen meghatározza a harmadikat.³

Ha nem ábrázolni szeretnénk, hanem egy már ábrázolt ponthoz tartozó móltörtöket akarjuk megkapni, akkor a ponton keresztül meghúzzuk a háromszög oldalaival párhuzamos három egyenest (szaggatott vonalak az 1. ábrán). Ezen egyenesek, valamint a háromszög oldalainak vagy magasságvonalainak metszéspontjaiból visszaolvashatók a kérdéses móltörtök.

2. Fázisdiagramok ábrázolása háromszögdiagramban

A terner rendszerek egyik legfontosabb csoportja a korlátozottan elegyedő folyadékok. Ezekben a rendszer lehet egy- vagy kétfázisú, az aktuális összetételtől függően. Háromszög-fázisdiagramban szokás feltüntetni az(oka)t a fázisgörbé(ke)t, amely az egy- és kétfázisú rendszereket eredményező összetételek határán van(nak). Többféle lehetőség van a korlátozott elegyedésre, amelyek közül a gyakorlaton csak eggyel foglalkozunk. Ebben az esetben a három folyadék közül A és B korlátozottan elegyednek egymással, míg a

³Egy másik – szinte minden tankönyvben részletezett – módszer szerint először meghúzzuk a háromszög magasságvonalait. Ezeket jelöljük be a megfelelő komponensek móltörtjét, és a bejelölt pontokon keresztül merőlegeseket állítunk a magasságvonalakra. Így jutunk el az 1. ábrán szaggatott vonalakkal jelölt egyenesekig, amelyek metszéspontja adja meg a kérdéses pont helyét. Pl. az ábrán a B komponens móltörtjét a B csúcsból kiinduló magasságvonalon jelöljük úgy, hogy a megjelölt pont a csúccsal szembeni oldaltól a magasságvonal hosszának 0,25-szorosára van, ahogyan azt az x_B feliratú, két irányba mutató nyíl jelzi. Az ábra azt is mutatja, hogy ez a pont rajta van az előző módszerrel megrajzolt vonalon, amely merőleges a B csúcsból kiinduló magasságvonalra. Gyakorlati szempontból ez a módszer kicsit célszerűtlenebb, mint az előző, mert több segédvonalat kell berajzolni a háromszögdiagramba, nehezebben átláthatóvá téve azt.



2. ábra. A korlátozott elegyedés szemléltetése az A: víz, B: propil-acetát és C: aceton háromkomponensű rendszerben légköri nyomáson és 30°C-on.

harmadik C folyadék mind A-val, mind B-vel korlátlanul elegyedhet. Egy ilyen rendszer fázisgörbéjét mutatja a 2. ábra. A fázisgörbe a diagramot két részre osztja:

1. Bizonyos összetételeknél (P pont) egyfázisú rendszer képződik. Ebben a tartományban a háromszögdiagramról visszaolvasható móltörtök pontosan megadják a rendszer összetételét.
2. Más összetételeknél (Q pont) a rendszer két fázist képez. Az egyik fázis túlnyomóan az A komponensből áll (a konkrét rendszerben ez a víz), a másik fázis pedig nagyrészt B komponenst (propil-acetátot) tartalmaz. A C komponens (aceton) megoszlik a két fázis között. Heterogén rendszerekben a Q pontot definiáló móltörtök a két fázist *együttesen jellemzik*, az egyes fázisokra jellemző összetételeket a fázisgörbe két pontja (a Q pont esetében a Q_A és Q_B) adják meg. A Q_A pont megadja a propil-acetáttal telített víz acetontartalmát, míg Q_B pontból a vízzel telített propil-acetát acetontartalma adható meg az adott Q együttes összetétel mellett.

A Q ponton keresztül sok egyenes húzható, amely két pontban metszi a fázisgörbét. Ezek közül csak egy lesz az, amelyik a valós Q_A és Q_B pontot adja meg, ezt bekötővonalnak nevezzük. A gyakorlatban ezt úgy határozzák meg, hogy elválasztják a kétfázisú rendszer fázisait, majd külön-külön meghatározzák az összetételüket. Segít még a bekötővonalak meghatározásában a Taraszenkov-szabály is, amely kimondja, hogy a két fázist adó összetételek bekötővonalai egy pontban metszik egymást a háromszögdiagram területén kívül (T pont).

Meg kell jegyezni, hogy a Q_A és Q_B pontok ismerete még nem jellemzi egyértelműen a rendszert. Bármely olyan kétfázisú rendszer, amelynek együttes összetétele a Q_A -t és Q_B -t összekötő egyenesen van, két olyan fázisra válik szét, amelyek móltörtjeit Q_A és Q_B adja meg, de az egyes fázisok mennyisége változik. A T pont ismeretében viszont Q_A és Q_B egyértelműen megadható adott Q együttes összetétel mellett, mert – ahogyan azt az ábra is mutatja – a T -t és Q -t összekötő egyenes a fázisgörbét a Q_A és Q_B pontokban metszi.

Az ilyen típusú terner rendszereknek két fontos gyakorlati alkalmazása van, amelyekben szükség van a fázisgörbe ismeretére:

- Oldatokban végrehajtandó reakciónál előfordulhat, hogy a két reaktánsnak nincs megfelelő közös oldószer. Ilyen esetekben a terner rendszerek lehetőséget biztosíthatnak arra, hogy a reagáló anyagokat külön oldószerekben oldják, majd egy harmadik oldószer segítségével egy fázist hozzanak létre.
- A terner rendszerek lehetőséget adnak arra, hogy egymással korlátlanul elegyedő folyadékokat – bizonyos határok között – elválasszunk. Pl. a 2. ábra szemlélteti, hogy a propil-acetát alkalmas az acetone eltávolítására vízből. Az ábrán látható, hogy a Q együttes összetétellel megadható rendszer két olyan fázist eredményez, amelyben a túlnyomórészt vizes fázisban (Q_A) jóval kevesebb az acetone, mint a nagyrészt propil-acetátos fázisban (Q_B). A két fázis pontos összetételét és mennyiségeik arányát a Taraszenkov-szabály segítségével lehet megállapítani.

3. A fázisgörbe meghatározásának kísérleti módszere

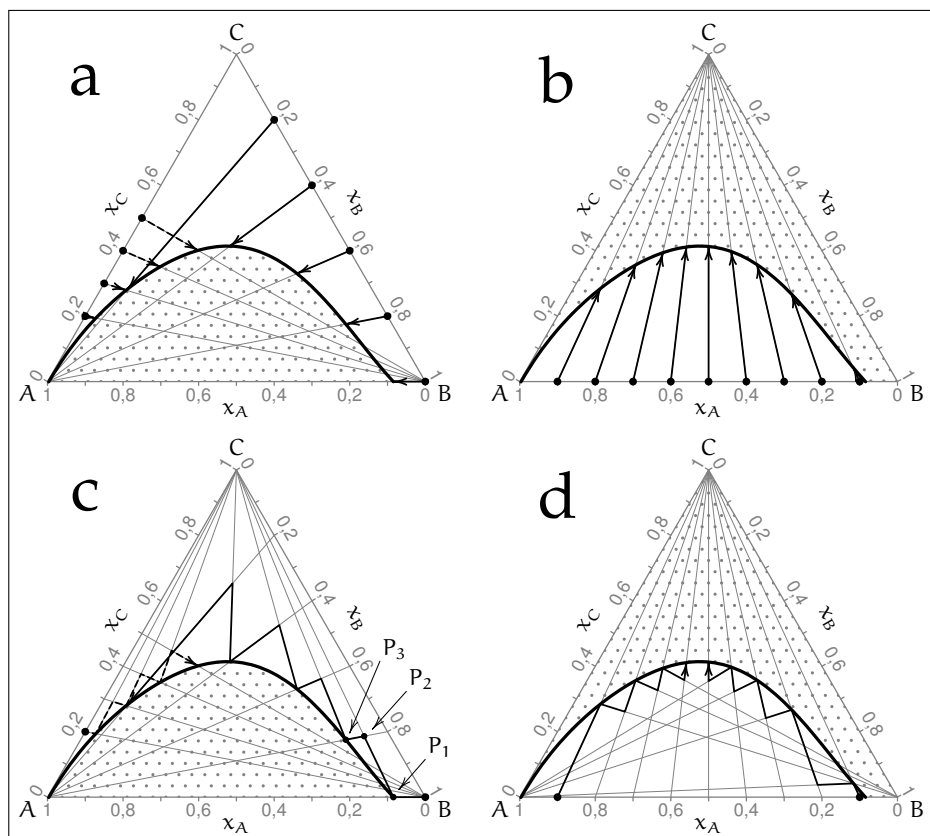
A gyakorlat során egy terner rendszer fázisgörbéjének meghatározása a feladat titrálás sorozatával. A titrálás során különböző összetételű, kétkomponensű rendszereket titrálunk a harmadik komponenssel, és meghatározzuk azt a végpontot, amelynél a fázisok száma változik. Egy titrálási görbének a háromszögdiagramban egy olyan egyenes szakasz felel meg, amely egy csúcstól össze a szembe lévő oldal egyik pontjával. Pl. a 3a ábrán az A csúcstól a szemközti oldal $x_B = 0,4$ -nek megfelelő pontjával összekötő egyenes egy olyan titrálásnak felel meg, amelynél a titrálendő oldatban a B és a C komponensek vannak – a móltörtökre vonatkoztatott – $0,4 : 0,6$ arányban, és a titráló oldat az A komponens. A titrálás előrehaladtával egyre távolodunk a \overline{BC} oldaltól a kérdéses egyenes mentén, és közelítünk az A csúcshoz. Ha az egyenes metszi a fázisgörbét (és a példánkban ez történik), akkor a metszéspontnak megfelelő összetételnél megváltozik a fázisok száma. A további szemléltetésekben mindig feltüntetjük a titrálási görbéket megadó szakaszokat szürke vonalakkal.

A fázisgörbe pontjait titrálás szisztematikus sorozatával határozzuk meg, amelyek végrehajtására alapvetően két eljárást használhatunk:

1. Összeállítunk több, eltérő összetételű kétkomponensű elegyet, majd ezeket külön-külön titráljuk a harmadik komponenssel, amíg a fázisok számának változását nem tapasztaljuk. Erre a kísérlet sorozatra mutatnak példát a 3a ábra folytonos vonallal megrajzolt nyilai. Ezekben az esetekben a titrálendő elegyek a B és a C komponenseket tartalmazzák, sorban az $x_B = 0,2; 0,4; 0,6; 0,8$ és $1,0$ móltörtökkel megadható összeállításokban. Ezeket az elegyeket az A komponenssel titrálva, a nyilak végpontjai mutatják azokat az összetételeket, amelyeknél az eredetileg egyfázisú elegy kétfázisúvá válik. Egy másik példa a 3a ábra szaggatott vonallal megrajzolt nyilai, amelyek egy olyan mérés sorozatot illusztrálnak, ahol a titrálendő oldat az A és a C komponensekből áll, míg a B komponens a titráló oldat. Egy harmadik lehetőség is van, amelyben a titrálendő oldatok az egymással csak korlátozottan elegyedő A és B komponenseket tartalmazzák, és a C komponenssel titrálunk. Erre példát a 3b ábra nyilai adnak. Ilyen esetekben a végpont nem egy új fázis kialakulásának kezdete, hanem az egyik fázis eltűnésének befejeződése. Látható, hogy a fázisgörbe pontjai háromféle titrálási sorozattal is meghatározhatók. Az mindig a konkrét esetben használt vegyületektől függ, hogy melyik sorozatot, vagy a sorozatok milyen kombinációját érdemes használni.

A most ismertetett eljárást a továbbiakban *egyedi titrálási módszernek* nevezzük. Ez a legtöbb esetben jól működik, azonban pazarlóan bányik a vegyületekkel. A terner rendszerek tanulmányozásához legtöbbször olyan szerves vegyületek szükségesek, amelyek drágák, ráadásul kisebb-nagyobb mértékben szennyeznek a környezetet. Emiatt sokszor célszerű egy másik, kísérleti szempontból bonyolultabb eljárást, az *additív titrálási módszert* használni.

2. Ezt a módszert a 3c és d ábrák szemléltetik. Az eljárás megértéséhez összehasonlítjuk a 3c ábrán folytonos vonalú nyíllal jelölt titrálási sorozatot az előző módszer ennek megfelelő titrálásaival (amelyek a 3a ábra folytonos vonallal megrajzolt nyilai).



3. ábra. A titrálási görbék szemléltetése az egyedi (a és b háromszögdiagramok), valamint az additív titrálási módszerrel (c és d diagramok). A nyilak a titrálás folyamatát szemléltetik a pontokkal jelölt kezdeti összetételekből indulva. A pontozott területek a titrálás során nem érintett összetételeknek felelnek meg. További magyarázat a szövegben.

Először a tiszta B komponenst az A anyaggal titráljuk. Az első titrálás végpontjában eljutunk a fázisgörbe egyik alappontjához (ld. a 3c ábrán a B csúcsból a P_1 pontba tartó vonalat). Ezután a megtitrált mintát nem öntjük ki, hanem hozzáadunk annyi C komponenst, hogy a 3c ábra $\overline{CP_1}$ szakaszán a P_1 pontból eljussunk a P_2 összetételű pontba. Ezzel ismét egyfázisú rendszert kapunk, amelyet az A komponenssel tovább titrálva megkapjuk a fázisgörbe egy további pontját (P_3). A P_2 és P_3 pontok annak a titrálási folyamatnak is pontjai, amelyben az $x_B = 0,8$ és $x_C = 0,2$ móltörttekkel megadott mintát titráljuk az A komponenssel az egyedi titrálási módszerrel (ld. a 3a ábra).

A P_3 pontból kiindulva, a titrált mintához további C komponenst adva tovább folytathatjuk ezt az eljárást, és meghatározhatjuk a fázisgörbe több pontját anélkül, hogy a felhasznált anyagok veszendőbe mennének. Így sokkal kevesebb anyag kell ugyanazon kísérleti pontok meghatározásához. Az additív titrálási eljárás akkor is használható, ha a titráló komponens a B vagy a C (ld. a 3c ábra szaggatott vonalú nyila és a 3d ábra nyilai).

4. A gyakorlat kivitelezése

A vizsgálandó rendszer A komponense mindig a víz, a B és C komponenst pedig ismeretlenként adjuk ki. A továbbiakban mindig a B komponenst tekintjük a vízzel *korlátoltan*, míg a C komponenst a vízzel *korlátlanul* elegyedőnek. Mivel ismeretlen szerves vegyületekkel dolgozunk, ezért a *kísérleti munkát bekapcsolt elszívőfülke alatt kell végezni!*

A gyakorlat elején a hallgató megkapja a két ismeretlent és azok moláris tömegét. Az első feladat annak megállapítása, hogy melyik ismeretlen a B és melyik a C komponens. A rendelkezésre álló két kémcső egyikébe adjunk $\sim 1 \text{ cm}^3$ első ismeretlent, a másik kémcsőbe $\sim 1 \text{ cm}^3$ második ismeretlent, majd mindket-

tőhöz ugyanennyi vizet. A kémcsöveket összerázva homogén elegyet kapunk a vízzel korlátlanul elegyedő komponens esetében, míg a másik komponens heterogén elegyet képez. Az előbbi a *C*, míg az utóbbi a *B* komponens.

A gyakorlat során (tetszőleges időpontban) meg kell határozni a kiadott ismeretlenek sűrűségét is. A megfelelő büretta segítségével $5,00\text{ cm}^3$ ismeretlen kimérünk egy dugóval együtt előre lemért, száraz, csiszolatos, 50 cm^3 es Erlenmeyer lombikba, és megmérjük a tömegét. A leengedett minta tömegének és térfogatának ismeretében az anyag sűrűsége számolható. A víz sűrűségét a Függelékben található egyenlettel is számolhatjuk.

Ezek után a fázisgörbe pontjainak meghatározásához kell a titrálásokat végrehajtani. A gyakorlatvezető megadja, hogy (1) milyen titrálási sorozatokat kell végrehajtani, valamint (2) az egyedi vagy additív titrálásos módszert kell használni. *Amennyiben a gyakorlatvezető mást nem mond*, akkor (1) *B* és *C* komponenseket tartalmazó mintákat kell titrálni az *A* komponenssel úgy, hogy *B*-re nézve a titrálendő minták 95, 90, 80, ..., 10 V/V%-osak kezdetben, és (2) az első hét titrálásra az additív titrálásos módszert kell használni, míg az utolsó háromra az egyedi titrálásos módszert. A titrálendő minta kiindulási térfogata minden esetben 10 cm^3 , és a titrálást nem kell folytatni, ha a fogyás túlhaladta a 25 cm^3 -t. Az additív titrálásos módszer alkalmazásához a tiszta *B* komponenssel kell elkezdni titrálni az *A* komponenssel. A titrálás előtt ki kell számolni, hogy a 10 cm^3 *B* komponenshez összesen hány cm^3 *C* komponenssel kell adni, hogy *csak az elegyben lévő B és C arányát tekintve* a fentebb megadott térfogatszázalékos arányokhoz jussunk. Minden újabb titrálás előtt ennyire egészítjük ki a már korábban hozzáadott mennyiséget.

A fenti titrálások után – amennyiben ezekre a titrálásokra korábban nem került sor – az *A* és *B* komponensek kölcsönös oldhatóságát határozzuk meg, vagyis a fázisgörbe alappontjait (ld. a 3a ábrán a fázisgörbe végpontjait az \overline{AB} szakaszon). Ehhez $10,00\text{ cm}^3$ *B* komponenssel kimérünk egy csiszolatos Erlenmeyer lombikba, majd ezt titráljuk az *A* anyaggal addig, amíg meg nem jelenik a két fázis. Ezt szemlélteti a 3a ábrán a *B* csúcsból kiinduló vízszintes nyíl. Ezután ugyanezt a titrálást fordítva is végrehajtjuk, vagyis *A*-t titráljuk a *B*-vel.

A titrálások során felmerülhet néhány gyakorlati nehézség:

1. A titráló oldat részleteinek hozzáadása után a titrált mintát mindig *erősen* rázzuk oldalirányban, leszorított csiszolattal, hogy a kölcsönös oldhatósági egyensúlyok beálljanak.
2. A titrálás végpontja sokak számára nehezen észlelhető, főleg a gyakorlatlanság miatt. A következő észlelések *bármelyike* új fázis megjelenésére utal:
 - az elegy opálossá válik és ez a zavarosság erős rázás után az elegyet pihentetve sem tűnik el;
 - a mintában nagyon apró cseppek formájában megjelenik egy új fázis; vagy
 - a titráló lombik belső falára cseppecskék „ragadnak” fel (főleg az első titrálások során szembe tűnő).

Ha nem egy új fázis megjelenése, hanem egy fázis eltűnése a titrálás végpontja, akkor *a fentiek egyikét sem szabad észlelni*. A végpont meghatározásának bármilyen nehézsége esetén kérjünk segítséget a gyakorlatvezetőtől!

3. A titrálási végpontokhoz tartozó térfogatok nagyságrendekkel különbözhetnek egymástól. Ez ennél a gyakorlatnál természetes, de sok hallgatót elbizonytalaníthat, akik arra emlékeznek, hogy a térfogat analízis laboratóriumi gyakorlatainál a fogyások maximum 20–30 %-kal tértek el egymástól. Ez a bizonytalanság a rossz végpontjelzéssel együtt értékelhetetlen mérési adatokat eredményezhet.
4. Amikor a végpontról még semmilyen információnk nincs, a titrálásokat érdemes cseppenként (nagyobb fogyásoknál néhány cseppenként) végrehajtani, nehogy túltitráljuk az oldatot.
5. Ha a gyakorlat során ki kell szárítani egy csiszolatos Erlenmeyer lombikot, akkor mossuk át 3–4-szer $2–3\text{ cm}^3$ technikai acetonnal és vízszűrőszivattyúval szárítsuk ki. Ne használjunk szárítószekrényt, mert a vastag falú lombik csak lassan hűl le.

Az előírt kísérletek befejeztével mutassuk meg a mérési adatokat az oktatónak, és ha szükséges, végezzünk további titrálásokat a fázisgörbe hiányzó részeinek meghatározására.

A kísérletek során elhasznált vegyszereket a rendelkezésre álló gyűjtőedényekbe kell tölteni, nem szabad a lefolyóba kiönteni!

5. A mért adatok értékelése

- Írjuk le, hogy mely fizikai tulajdonság(ok) változása(i) alapján volt észlelhető a végpont a vizsgált rendszerben.
- A mérési adatokat és a számolások eredményeit foglaljuk össze az alábbi táblázatnak megfelelően:

$A = \text{H}_2\text{O}$, $B = \dots$ jelű ismeretlen, $C = \dots$ jelű ismeretlen

$M_r(A) = \dots$, $M_r(B) = \dots$, $M_r(C) = \dots$

$\rho(A) = \dots \text{ g/cm}^3$, $\rho(B) = \dots \text{ g/cm}^3$, $\rho(C) = \dots \text{ g/cm}^3$

V_A (cm^3)	V_B (cm^3)	V_C (cm^3)	n_A (mol)	n_B (mol)	n_C (mol)	$n_{\text{összes}}$ (mol)	x_A	x_B	x_C

- A móltörteket ábrázolva készítsük el az A , B és C komponensekből álló terner rendszer fázisdiagramját egy háromszögdiagramban, és elemezzük azt 4–5 mondatban (pl. egy, illetve két fázisú területek aránya és ennek gyakorlati következménye, a fázisgörbe lassú/hirtelen változása, stb.)!

Ellenőrző kérdések

1. Adja meg a Gibbs-féle fázisszabályt!
2. Egy háromkomponensű rendszerben maximálisan hány fázis lehet egymással egyensúlyban? Indokolja válaszát!
3. Jelölje meg egy háromszögdiagramon az egy-, két- és háromkomponensű rendszerek helyeit!
4. Írja le 4–5 mondatban, hogyan ábrázol egy pontot a háromszögdiagramban (bármelyik módszerrel)!
5. Mit nevezünk fázisgörbének?
6. Rajzolja fel egy háromszögdiagramban egy olyan terner rendszer sematikus fázisgörbéjét, amelyben két komponens egymással korlátoltan elegyedik, a harmadik komponens pedig mindkettővel korlátlanul! Adja meg az egyes területeken a fázisok számát!
7. Adja meg a Taraszenkov-szabályt!
8. Milyen gyakorlati alkalmazása lehet a 6. kérdésnél részletezett terner rendszernek?
9. Ismertesse 4–5 mondatban az egyedi titrálós módszert!
10. Ismertesse 4–5 mondatban az additív titrálós módszert!
11. Jelölje meg egy háromszögdiagramon, hogy milyen irányban változik egy tetszőleges A , B és C komponensekből álló terner elegy összetétele, ha tiszta A anyagot adunk hozzá!
12. Hogyan határozza meg a kiadott ismeretlenek sűrűségét a gyakorlaton?
13. B és C komponenseket tartalmazó oldatot titrálunk az A komponenssel. A titrálási végpontban az elegy $4,3 \text{ cm}^3$ A -t, $10,0 \text{ cm}^3$ B -t és $7,3 \text{ cm}^3$ C -t tartalmaz. Hány cm^3 C komponenst kell az elegyhez adni, hogy az csak a B és C arányát tekintve a B -re nézve 40 V/V%-os legyen?
14. 3 cm^3 B és 7 cm^3 C komponenst tartalmazó egyfázisú mintát az A komponenssel titrálva $12,8 \text{ cm}^3$ -nél tapasztalta egy új fázis megjelenését. Mekkora ebben a titrálási pontban az A anyag móltörtje?
 $\rho_A = 0,997$; $\rho_B = 0,867$; $\rho_C = 0,792$; $M_{r,A} = 18,02$; $M_{r,B} = 116,16$; $M_{r,C} = 32,04$