

OLDATOK KÉSZÍTÉSE ÉS TÖMÉNYSÉGÜK ELLENŐRZÉSE SŰRŰSÉGMÉRÉSSEL (5)

Bevezetés

Az oldatok olyan két- vagy többkomponensű homogén rendszerek, amelyekben az egyik komponenst valamilyen szempontból kiemeljük, megkülönböztetjük. Ez rendszerint a (leg)nagyobb mennyiségben jelenlévő komponens, amelyet oldószernek nevezünk; a többi(ek) az oldott anyag(ok). A gyakorlatban leggyakrabban folyékony rendszereket nevezünk oldatoknak, amelyeket úgy készítünk, hogy szilárd, folyékony vagy gáz halmazállapotú anyag(ka)t valamely cseppfolyós halmazállapotú anyagban oldunk fel. A legegyszerűbbek a kétkomponensű, ún. biner oldatok.

A gyakorlat során savak, bázisok vagy sók adott mennyiségű és összetételű oldatát készítjük el pontosan ismert térfogatú mérőlombikban, oldószerként vizet használva. Az összetétel ellenőrzése céljából meghatározzuk az oldat sűrűségét is.

Szükséges eszközök

100 cm³-es mérőlombik

10–20 cm³-es mérőhenger

spriccflaska

100 cm³-es főzőpohár (2 db)

vegyszeres kanál

üvegbot (2 db)

spatula

A gyakorlat kivitelezése

A mérőlombik térfogatának meghatározása

A „mérőlombik térfogat” kifejezés annak a térrésznek a térfogatát jelenti, amely a lombik alja és a lombik nyakán lévő jel síkja között helyezkedik el. Úgy határozhatjuk meg, hogy ezt a térrészt ismert sűrűségű folyadékkal (desztillált vízzel, lásd. 1. táblázat) töltjük meg, amelynek meghatározzuk a tömegét, a folyadékot tartalmazó lombik tömegéből kivonva az üres lombik tömegét, majd a sűrűséget definiáló egyenletből kiszámítjuk a térfogatot: $V_{\text{lombik}} = V_{\text{víz}} = m_{\text{víz}} / \rho_{\text{víz}}$. A mérőlombikot adott hőmérsékleten (többnyire 20 °C-on) hitelesítik, a rajta feltüntetett térfogat erre a hőmérsékletre vonatkozik. A lombik térfogata azonban függ a hőmérséklettől, ezért kell a laborban uralkodó hőmérsékleten pontosan meghatározni.

Tiszta, kívül-belül száraz mérőlombikkal kezdjük a gyakorlatot. A szintén száraz csiszolt üvegdugót a nyakába illesztve, táramérlegben lemérjük a tömegét (II.). A kapott adatot felírjuk az eredménylapra (nem papírfecniere!). A mérlegek használatáról részletesen a függelékben lehet olvasni.

Nagyobb (400–600 ml-es) tiszta főzőpoharat vagy mérőhengert (100–250 ml-eset) megtöltünk desztillált vízzel, majd behelyezünk egy olyan hőmérőt, amelynek skáláján legalább 0,1 fokként található beosztás. Várunk 5–10 percet, amíg a hőmérő felveszi a víz hőmérsékletét, majd leolvassuk a hőmérsékletet (I.). Ezt szintén feljegyezzük az eredménylapra, és amikor időnk engedi, kikeressük a megfelelő táblázatból, hogy az adott hőmérsékleten mennyi a víz sűrűsége. Ha a táblázatban nem szerepel pontosan a mért hőmérséklet, akkor a két legközelebbi (egyik kisebb, a másik nagyobb) hőmérsékleten mért sűrűség alapján, lineáris interpolációval (lásd a függelék) határozzuk meg a keresett adatot.

$t/^\circ\text{C}$	$\rho/(\text{g}/\text{cm}^3)$
20	0,9982
21	0,9980
22	0,9978
23	0,99755
24	0,9973
25	0,99705
26	0,9968
27	0,9965
28	0,9962
29	0,9959
30	0,9956

1. táblázat. A desztillált víz sűrűsége különböző hőmérsékleteken.

A mérőlombikot „jelre töltjük” az ismert hőmérsékletű desztillált vízzel. Ez azt jelenti, hogy annyi desztillált vizet teszünk bele, hogy a meniszkusz¹ legalsó pontja éppen a lombik nyakán levő jellel van egy magasságban. Amikor a meniszkusz már majdnem elérte a jelet, óvatosan, cseppenként adagoljuk a desztillált vizet, nehogy „túlszaladjon”. Ha mégis túl sokat juttatnánk a lombikba, keveset kiönthetünk belőle, és újra kezdhethetjük a csepegtetést.

Amikor a lombikot desztillált vízzel jelre töltöttük, bedugjuk a száraz csiszolt dugóval, kívülről szárazra törölgetjük, ha szükséges, majd lemérjük. A kapott tömeget (III.) följegyezzük az eredménylapra. Az adatokból kiszámítjuk a mérőlombikban levő víz tömegét (IV.) majd a víz sűrűségének ismeretében a mérőlombik térfogatát (V.).

Az oldatkészítés menete

Az oldatkészítés fő mozzanatai a következők. Meggyőződünk arról, hogy az oldott anyag milyen formában áll rendelkezésünkre (szilárd anyag vagy tömény oldat). Kiszámoljuk, hogy az oldott anyag adott formájából mennyi szükséges a kívánt mennyiségű és összetételű oldat elkészítéséhez. Ha az oldott anyag az oldatkészítést megelőzően szilárd halmazállapotú, a legegyszerűbben és legpontosabban tömegméréssel mérhetjük ki a kiszámított mennyiséget, tehát az oldott anyag tömegét számítjuk ki. Ha az oldandó anyag cseppfolyós halmazállapotú, vagy pedig a kívánnál töményebb oldat formájában áll rendelkezésünkre, akkor a bemérendő mennyiség térfogatát számítjuk ki, és térfogatmérő eszközzel adagoljuk.

Ezután főzőpohárban a kívánnál töményebb oldatot készítünk úgy, hogy a szilárd anyagot feloldjuk, a tömény oldatot pedig felhígítjuk. A főzőpohárból a mérőlombikba juttatjuk ezt az oldatot, és további oldószert adunk hozzá, de még mindig a szükségesnél kicsivel kevesebbet. Megvárjuk, amíg ez az oldat felveszi a környezete hőmérsékletét, majd a mérőlombikot jelre töltjük, és az oldatot összekeverjük.

Az oldott anyag kimérése

A *szilárd anyagot* bemérő edénykében, óraüvegen vagy – nagyobb mennyiség esetén – főzőpohárban mérjük ki, tára- vagy analitikai mérlegen. A mérleget aszerint választjuk meg, hogy mekkora a kimérendő anyagmennyiség, és hogy mennyire pontos töménységű oldatot akarunk készíteni. A táramérleg hibája 0,01 g, míg az analitikai mérlegé 0,0001 g, ezért 1 g-nál kisebb tömegű anyagot célszerű analitikai mérlegen mérni. Ennél nagyobb mennyiség esetén használhatunk táramérleget is. Előfordulhat, hogy többszöri próbálkozásra sem sikerül 0,0001g pontossággal bemérni a kívánt tömeget. Ez nem baj, de figyelembe kell venni az eltérést. Az eredménylap második oldalának tetején azt a tömeget (VI.) írjuk fel, amelyet ténylegesen felhasználtunk az oldat elkészítéséhez, akár megegyezett a kiszámított bemérendő tömeggel, akár kissé eltért attól.

Folyadékokat legegyszerűbben, leggyorsabban alkalmas méretű mérőhengerrel mérhetünk ki, bár ez eléggé pontatlan mérőeszköz. A lehető legkisebb térfogatú mérőhengert célszerű választani, amelybe a kívánt térfogatú oldat még belefér. Pl. 10 ml kimérendő térfogatig 10 ml-es mérőhengert használjunk, ne 25 ml-eset, de különösen ne 100 ml-eset, mert minél nagyobb átmérőjű a mérőhenger, annál pontatlanabb. Ha 100 ml-es mérőhengert használunk, 1–2 ml is lehet a hiba, ami 100 ml kimért oldat esetén 1-2 %-nyi hibát eredményez, de ha csak 5 ml oldatot mérünk ki, 20-40 %-os hibát követhetünk el! (Ha fontos, hogy az oldat pontos töménységű legyen, pipettát vagy bürettát használunk.) Ne közvetlenül a vegyszeres üvegből öntsük a folyadékot a mérőhengerbe, hanem a vegyszeres üvegből öntsünk egy kisebb főzőpohárba, majd a főzőpohárból a mérőhengerbe! Így egyrészt könnyebben elkerülhetjük, hogy a vegyszer kiömölgjön és a ruhánkra vagy a bőrünkre is jusson belőle, másrészt a főzőpohárból a kiöntőjén át könnyen, gyorsan és pontosan annyi folyadékot

¹*Meniszkusz*: a kisebb átmérőjű csövekben (mérőlombik nyaka, pipetták szára, büretták csöve, manométercsövek) kialakuló folyadékfelület, illetve annak látványa oldalnézetből, a folyadékfelszín magasságából. A folyadékmolekulák között, továbbá a folyadékmolekulák és az üveg fala között is van kölcsönhatás. Ha ezek eltérő erősségűek, a folyadék felszíne nem sík lesz, hanem vagy homorú (az üvegfelületnél körben kissé felemelkedik, pl. víz, vizes oldatok) vagy domború (az üvegfelületnél lesüllyed, pl. higany) az oldat belsejéhez képest. Ezért a mérőlombik nyakán a víz felszíne oldalról görbült vonalként jelenik meg (bár látszik egy vízszintes vonal is, amely a görbült vonal két szélső pontját köti össze, és a legmagasabbra emelkedett vízmolekuláktól származik). Általában a görbült felület legalsó (higany esetében a legfelső) pontját állítják be a megfelelő magasságra, vagy annak a helyzetét olvassák le. (Kivétel pl. a kálium-permanganát vizes oldata, amely átlátszatlan, ezért oldalról vízszintes vonalnak látszik a folyadékfelszín, ilyenkor ennek a magassága a mérvadó.)

tudunk adagolni, hogy a mérőhengerben a kívánt szintet elérje. A főzőpohár nem folyadékmérő eszköz, ha vannak is az oldalán jelek, amelyek bizonyos térfogatokat jeleznek: ezek csak durva becslést tesznek lehetővé, tájékoztató jellegűek!

Gyakori, hogy a mérőhengeren durvább a beosztás, és nem tudjuk pontosan a kívánt mennyiségű folyadékot bemérni. Kiszámoltuk pl., hogy 12,18 ml folyadékot kellene bemérni. A 25 ml-es mérőhengeren azonban 0,5 ml-enként vannak a jelek, tehát vagy 12,0 vagy 12,5 ml folyadékot mérünk be. Ez nem baj. Az eredménylap második oldalának tetején a ténylegesen beírt térfogatot (VI.) jegyezzük fel.

Oldás, hígítás

A *szilárd anyagot* az óraüvegből áttesszük (a vegyszeres kanállal átkaparjuk) egy alkalmas méretű főzőpohárba (valamivel nagyobb legyen a térfogata, mint a készítendő oldaté), majd hozzáadunk a készítendő oldat térfogatánál kisebb mennyiségű oldószert (annak kb. felét vagy kétharmadát), és üvegbottal kevergetve feloldjuk az anyagot. Meggyorsíthatjuk az oldódást, ha a szilárd anyagot még kimérése előtt dörzsmozsárban jól elporítjuk, hogy minél nagyobb felületen tudjon érintkezni az oldószerral. A szilárd anyagok többségénél az oldat melegítése is beválik, illetve eleve forró oldószert adunk a szilárd anyaghoz, és abban oldjuk fel.

A *folyadék hígítását* végezhetjük főzőpohárban úgy, hogy a készítendő oldat térfogatához képest kb. feleakkora térfogatú oldószerbe öntjük kis részletekben, kevergetés közben a kimért folyadékot. Különösen vigyázzunk tömény savak vagy lúgok hígításakor! Ügyeljünk arra is, hogy az oldószert és a hozzáadott folyadék együttes térfogata ne legyen nagyobb, mint a készítendő oldat tervezett térfogata! Ha az oldat nagyon fölmelegedett volna (pl. tömény savat adtunk vízhez), várjuk meg, amíg lehűl!

Az oldatkészítés utolsó lépése a kívánt összetétel beállítása a mérőlombik felhasználásával. Ha még nem ismernénk a mérőlombik térfogatát, illetve nem végeztük volna el a meghatározásához szükséges méréseket, tegyük meg, mielőtt az oldott anyagot a lombikba vinnénk!

Az összetétel pontos beállítása

A mérőlombikba öntjük át a kívántnál még töményebb oldatot. Ehhez olyan tölcserét választunk, amelynek a szára belefér a mérőlombik nyakába, és még van mellette egy kis hely, ahol levegőzni tud. Az üvegbottól belülről a tölcser falához érintjük, és erre öntjük a folyadékot, így nem folyik mellé. Kisebb méretű főzőpohárból közvetlenül is átönthetjük az oldatot, ha a lombik nyaka nem túl keskeny. Ezután a fecskendőpalackból vékony sugárban adagolt kevés oldószerral először a főzőpohár faláról mossuk le, majd öntjük át a folyadékot a lombikba, a műveletet kétszer megismételve, utána az üvegbottal is beleöblítjük, végül a tölcserben lévő oldott anyag nyomait is belemossuk a mérőlombikba. Ügyeljünk, nehogy a mérőlombik nyakán lévő jel fölé kerüljön a folyadékszint („túltöltés”)!

Miután annyi oldószert adagoltunk, hogy a folyadékszint 5-10 mm-rel van a jel alatt, tegyük félre a lombikot 10–30 percre, hogy fölvegye a környezete hőmérsékletét, majd töltsük jelre. (Ez azt jelenti, hogy a meniszkusz legalsó pontja éppen a jelen legyen, miközben a jel szemünk magasságában van, azaz ennyire emeljük föl a lombikot.) Ekkor már nagyon óvatosan, cseppenként kell adagolni az oldószert. Ehhez megfelelő lehet a fecskendőpalack csövére húzott szűkítő. Úgy is eljárhatunk, hogy a fecskendőpalack oldalát összenyomva a mosogatóba engedünk hirtelen kevés oldószert; amikor a nyomást megszüntetjük, kevés oldószert húzódik vissza a csőbe, amelyet azután a palack óvatos összenyomásával már könnyű cseppenként adagolni. Ha a folyadékszint mégis a jel fölé kerül, új oldatot kell készíteni! (Nem elég a lombikból kiönteni valamennyi folyadékot, mert már az oldószert adagolásakor a felül lévő oldószert valamennyire összekeveredik az oldattal, és a keveredés a lombik megfordításakor, a kiöntés során még erőteljesebb lenne, ezért a kiöntött folyadék több-kevesebb oldott anyagot is tartalmazna!)

A jelre töltött lombikot zárjuk le a tiszta, száraz csiszolt dugóval, és mérjük meg a tömegét (VII.)! Írjuk be az eredménylap megfelelő helyére! Ne felejtsük el az oldat összekeveréséről sem! A csiszolt dugóval (nem az ujjunkkal!) lezárt mérőlombikot fordítsuk fejjel lefelé, ujjunkkal tartva a dugót, majd amikor a levegőbuborék elérte a lombik alját, fordítsuk vissza. Ezt a műveletet ismételjük meg 8–10-szer. Az oldaton áthaladó levegőbuborék összekeveri az oldatot.

A készített oldat összetételének meghatározása

Először az eredménylap második oldalának tetején kiszámítjuk a ténylegesen bemért térfogatból vagy tömegből (VI.), a mérőlombik pontos térfogatából (V.) és az oldat lemért tömegéből (VIII.) az oldat összetételét $w\%$ -ban, illetve koncentrációban (IX.) megadva. A számítások részleteit fel kell tüntetni az eredménylapon!

Majd az oldat sűrűségét adjuk meg a

$$\rho_{\text{oldat}} = m_{\text{oldat}}/V_{\text{oldat}} = m_{\text{oldat}}/V_{\text{lombik}}$$

képlet alapján. Ezután a megfelelő $w\%$ -sűrűség táblázatból lineáris interpolációval megállapítjuk az oldat pontos $w\%$ -os összetételét vagy a gyakorlatvezető utasításának megfelelően a molaritását. Írjuk fel az eredménylapra a részletszámításokat is! Az eredménylap kitöltését az R- és az S-mondatok megadásával tegyük teljessé.

A gyakorlatvezetőnek történő bemutatása után ürítsük ki a mérőlombikot a gyakorlatra beosztott technikus útmutatásának megfelelően, majd öblítsük ki háromszor-négyszer bőbeséges csapvízzel, ezután kétszer 10–20 ml desztillált vízzel, végül kevés mosóacetonnal, hogy a lombikok tiszták legyenek, és mielőbb kiszáradhassanak a további használat érdekében!

$w\%$	$\rho/(g/cm^3)$
2	1,0125
4	1,0268
6	1,0413
8	1,0559
10	1,0707

2. táblázat. NaCl-oldatok sűrűsége 20 °C-on.

Függelék

A mérlegek használata

A mérleg terhelhetőségére tekintettel kell lenni (ezt jól láthatóan fel szokták tüntetni a mérlegen): az edény és bemérendő anyag tömegének összege nem haladhatja meg a mérleg terhelhetőségét. (Ez a jelen gyakorlaton használt eszközök és a kiadott feladatok esetén teljesülni szokott, ha nem vétjük el a számolást.)

Az analitikai mérleg nagyon érzékeny, egyensúlyának beállítását még a mellette elhaladók által keltett kisebb légmozgások és rezgések is befolyásolhatják, ezért kis üvegszekrénykébe van helyezve, amelyen kétoldalt egy-egy kis tolóajtó van. Ezek a tárázásokor, illetve a mért tömeg megállapításakor legyenek behúzva; csak akkor nyissuk az egyiket (jobbkezesek a jobboldalit), amikor valamit a mérlegre teszünk, vagy leveszünk. Az ajtókat óvatosan húzogassuk, hogy a mérleg ne mozduljon el.

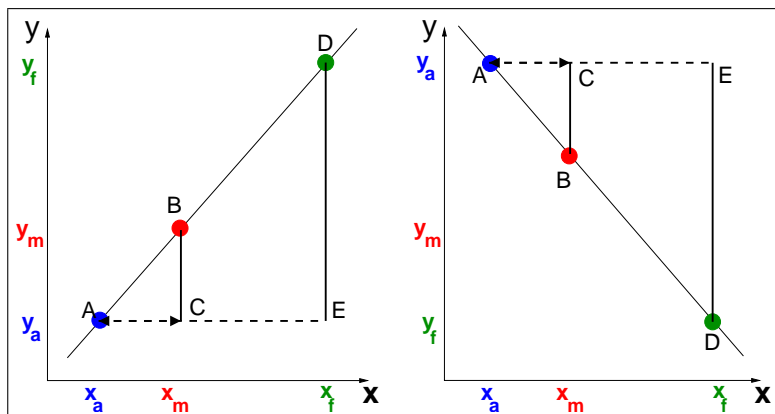
A laboratóriumi gyakorlaton digitális mérlegeket használunk. Bekapcsolás után, illetve a mérés megkezdése előtt érdemes ellenőrizni, hogy a mérleg grammban jelzi-e ki a tömeget (a kijelzőn 0,00 g vagy 0,0000 g jelenik meg), mert vannak mérlegek, amelyekkel angolszász tömegegységekben is lehet mérni. A tiszta, száraz, szobahőmérsékletű óraüveget vagy kisebb főzőpoharat (vagy más mérendő tárgyat, pl. a mérőlombikot) ráhelyezzük a mérleg tiszta, száraz tányérjára, ekkor a kijelzőn megjelenik a tömege. Megvárjuk, amíg a kijelzett érték állandósul, tehát a mérleg eléri az egyensúlyi helyzetet, és feljegyezzük a tömeget, ha erre a későbbi számolásoknál szükség lesz (pl. az üres mérőlombik tömegére a sűrűség meghatározásához). A szilárd anyag kimérésekor nincs szükségünk az óraüveg vagy a főzőpohár tömegére, tehát kitárázzuk a mérleget (megnyomjuk a tara gombot, mire a kijelzőn 0,00 g vagy 0,0000 g jelenik meg). Ezután a vegyszeres üvegből (vagy ha elporítottuk az eredetileg nagyon durva szemcsés vagy nagy összetapadt kristályokból álló szilárd anyagot, akkor a dörzsmozsárból) tiszta vegyszeres kanállal vagy spatulával addig adagoljuk az anyagot az edénybe, amíg a kijelzőn a kimérni kívánt tömeget látjuk megjelenni. Nagyon ügyeljünk, hogy ne kerüljön vegyszer a mérleg tányérjára, mert eredményeink pontatlanok lesznek. Ha mégis kiszóródna, a mérleget kikapcsolt állapotban puha ecsettel óvatosan le kell tisztítani, és a bemérést újra el kell végezni. A mérlegre helyezett tárgy mindig szobahőmérsékletű és legalább kívülről száraz legyen! Vegszert soha nem szabad közvetlenül a mérleg serpenyőjére (lapjára) tenni, csakis valamilyen edényben!

Az interpoláció és a lineáris interpoláció

A kísérleti munka során gyakran használunk olyan táblázatokat, amelyek egy rendszer valamilyen fizikai jellemzőjét, pl. sűrűségét tartalmazzák többféle hőmérsékleten, vagy különböző összetételű rendszerek valamely

állandóját, pl. sűrűségét adják meg adott hőmérsékleten. Az is gyakori, hogy olyan körülmények (pl. hőmérsékleten vagy összetételnél) között lenne szükségünk a kérdéses adatra (pl. a sűrűsége), amely nem szerepel a táblázatban. Ilyenkor is felhasználhatjuk a táblázat adatait, és az ismert adatokból az ismeretlenekre következtethetünk. Többféleképpen is eljárhatunk. Jó matematikai felkészültséggel függvényt illeszthetünk az adatokra, a hőmérsékletet vagy az összetételt független, a sűrűséget függő változónak tekintve. A függvény ismeretében azután tetszőleges hőmérsékleten vagy összetételnél kiszámíthatjuk a sűrűséget (természetesen csak abban a tartományban van adatainknak fizikai realitása, ahol a mérések történtek). Egyszerűbb, bár szintén időigényes, ha grafikont készítünk, és a pontokra görbét illesztünk, amelyről szintén tetszőleges hőmérsékleten vagy összetételnél leolvashatjuk a sűrűséget. A leggyorsabb és legegyszerűbb eljárás azonban az úgynevezett **lineáris interpoláció**. Ez azon a feltevésen alapul, hogy nem követünk el nagy hibát, ha feltételezzük, hogy a táblázat két szomszédos pontja közötti tartományban lineáris kapcsolat van a két mennyiség között.

Ha adott x_m mennyiséghez tartozó y_m mennyiséget kívánjuk meghatározni, akkor kiválasztunk egy x_m -nél kisebb x_a és egy nála nagyobb x_f mennyiséget, melyeknél ismert y_a és y_f értéke. A kiválasztásnál a mért mennyiséghez lehető legközelebbi mennyiségeket keressük. Ez azért fontos, mert a görbének olyan szakaszát kell kiválasztanunk, amelyhez minél közelebb esik a kiválasztott pont, és minél kisebb görbeszakaszt veszünk, annál kevésbé tér el az egyenestől, azaz annál jobban teljesül a feltevésünk. Az 1. ábra alapján láthatjuk, hogy az egyenesek meredekségének előjelétől függetlenül, a kisebb ABC és a nagyobb ADE háromszög hasonló egymáshoz, melynek alapján az



1. ábra. Lineáris interpoláció.

egyes befogók aránya egymással megegyezik, azaz $\frac{y_m - y_a}{x_m - x_a} = \frac{y_f - y_a}{x_f - x_a}$, melyet átrendezve kapjuk, hogy

$$y_m = y_a + (x_m - x_a) \frac{y_f - y_a}{x_f - x_a} \quad (1)$$

Például, ha az $x_m = 20,3 \text{ }^\circ\text{C}$ víz sűrűségét szeretnénk meghatározni, akkor olyan hőmérsékleteken mért adatokra van szükségünk, amelyek „közrefogják” a kiválasztott hőmérsékletet (egyik kisebb, másik nagyobb), és a lehető legközelebb esnek egymáshoz (a táblázatban szomszédos pontok). A legközelebbi két hőmérséklet az 1. táblázat alapján az $x_a = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ és $x_f = 21 \text{ }^\circ\text{C}$, illetve a hozzá tartozó sűrűségek: $y_a = \rho_a = 0,9982 \text{ g/cm}^3$ és $y_f = \rho_f = 0,9980 \text{ g/cm}^3$.

A $20,3 \text{ }^\circ\text{C}$ víz sűrűsége az (1) egyenletbe helyettesítve:

$$y_m = \rho_m = 0,9982 \text{ g/cm}^3 + (20,3 - 20)^\circ\text{C} \frac{(0,9980 - 0,9982) \text{ g/cm}^3}{(21 - 20)^\circ\text{C}} = 0,99814 \text{ g/cm}^3.$$

Mintaszámolás

Szilárd anyag oldása

Feladatunk 100 ml térfogatú 5 w%-os konyhasóoldat készítése szilárd NaCl felhasználásával. A NaCl kristályvízmentes só formájában áll rendelkezésünkre ($M_r = 58,44$). Mennyi konyhasót kell bemérni?

A bemérendő NaCl tömegének meghatározásához tudnunk kell, hogy mennyi lesz a 100 cm³ kész oldat tömege. Táblázatból kikeressük az 5 w%-os NaCl-oldat sűrűségét. Ez pl. a Németh Béla: Kémiai táblázatok könyv 253. oldalán a 144. táblázatban megtalálható a könyv tartalomjegyzéke szerint. A táblázatban nem szerepel az 5 w%-os oldat sűrűsége, van viszont két olyan adat, a 4 és a 6 w%-os oldat sűrűsége, amelyek közé

esik a kérdéses oldat sűrűsége. ² (A könyv hiányában a 2. táblázat adatai használandók.)

Lineáris interpolációt alkalmazva ezen adatokra ($y_a = \rho_a = 1,0268 \text{ g/cm}^3$ és $x_a = w\%_a = 4\%$, valamint $y_f = \rho_f = 1,0413 \text{ g/cm}^3$ és $x_f = w\%_f = 6\%$) az $x_m = w\%_m = 5 \text{ w\%-os}$ oldat sűrűsége: $\rho_m = \rho_a + (w\%_m - w\%_a) \frac{\rho_f - \rho_a}{w\%_f - w\%_a} = 1,03405 \text{ g/cm}^3$, kerekítve $1,0341 \text{ g/cm}^3$ lesz. Az 5 w\%-os összetételű 100 cm^3 térfogatú oldat tömege a sűrűség definíciójából $m = \rho \cdot V = 1,0341 \text{ g/cm}^3 \cdot 100 \text{ cm}^3 = 103,41 \text{ g}$. Ennek elkészítéséhez a $w\%$ definíciója szerint $m_2 = m \cdot w\%/100\% = 103,41 \text{ g} \cdot 5/100 = 5,1705 \text{ g NaCl}$ szükséges. Ha ezt a mennyiséget táramérlegesen mérjük be, annak $0,01 \text{ g-os}$ hibája kb. $0,2 \text{ \%-os}$ hibát okozhat a tömegmérésnél, ami még elfogadható. Így, a kiszámolt tömeget kerekítve, $5,17 \text{ g NaCl}$ -ot mérünk be.

Folyadék hígítása

A feladatunk 100 ml 5 w\%-os sósavoldat készítése a rendelkezésre álló tömény sósavoldat felhasználásával ($M_r = 36,46$). Mennyi tömény sósav oldatot kell bemérni?

Az 5 w\%-os sósav oldat sűrűségét pl. a Németh Béla: Kémiai táblázatok könyv 182. oldalán, a 8. táblázatban találhatjuk meg, értéke $1,0230 \text{ g/cm}^3$. A tömény sósavoldat 36 w\%-os , sűrűsége $1,1789 \text{ g/cm}^3$. (A tömény sósavoldat, és általában a tömény savak és lúgok $w\%$ -ban kifejezett töménységét, valamint sűrűségét a gyártó cég rendszerint feltünteti a vegyszeres üvegen, a gyakorlat során azokat az adatokat használjuk fel.)

Itt is először az elkészítendő oldat, majd az oldatkészítéshez szükséges tiszta oldott anyag tömegét kell kiszámítani: az 5 w\%-os , 100 cm^3 térfogatú oldat tömege a sűrűség definíciójából

$$m = \rho \cdot V = 1,0230 \text{ g/cm}^3 \cdot 100 \text{ cm}^3 = 102,30 \text{ g}.$$

Ennek elkészítéséhez a $w\%$ definíciója szerint $m_2 = m \cdot w\%/100\% = 102,30 \text{ g} \cdot 5/100 = 5,115 \text{ g}$ tiszta sósavra van szükség.

Tudjuk, hogy annyi tömény sósav oldatot kell felhasználnunk, amennyi ezt a szükséges $5,115 \text{ g}$ sósavat tartalmazza. Alkalmazzuk a $w\%$ -ot definiáló képletet a 36 w\%-os tömény sósavra! Most az oldott anyag tömegét ismerjük, és az ezt tartalmazó oldat tömegét fejezzük ki, azaz $m = 100\% \cdot m_2/w\% = 100 \cdot 5,115 \text{ g}/36 = 14,208 \text{ g}$ tömény sósavat kell bemérnünk.

Folyadékokat azonban térfogatméréssel szokásos bemérni, ezért ki kell számolni a tömény sósav oldat térfogatát sűrűségének ismeretében. A sűrűséget definiáló egyenlet átrendezéséből

$$V_2 = m_2/\rho_2 = 14,208 \text{ g}/(1,1789 \text{ g/cm}^3) = 12,05 \text{ cm}^3.$$

Mérőhengerrel legfeljebb $0,1 \text{ ml-es}$ pontosság érhető el, tehát kerekítve $12,0 \text{ cm}^3$ tömény sósavat kell bemérnünk.

Megjegyzés:

A mérőlombik jelre töltésekor még gondos munka esetén is elkövethetünk néhány század ml hibát, 1 csepp víz térfogata általában $0,01\text{--}0,03 \text{ ml}$, amelynek tömege $0,01\text{--}0,03 \text{ g}$. Ezért nincs értelme analitikai mérlegesen mérni a sűrűség meghatározásakor, hiszen a táramérleg $0,01 \text{ g-os}$ mérési hibája is kisebb, mint a desztillált víz vagy az oldat tömegének a jelre töltéssel kapcsolatos bizonytalansága, így az analitikai mérlegesen leolvasható pontosabb tömegérték nem növeli meg a mérés pontosságát, Mérési eredményeink pontosságát ugyanis mindig a legpontatlanabb mérési adat határozza meg. Mindig vegyük ezt figyelembe az eredmények megadásakor.

²A sűrűség-összetétel táblázatok használata: Az eredeti táblázatban az első oszlop fejlécében szerepel a NaCl, $s\%$ beírás. Ez a $w\%$ régebbi jelölése. A második és harmadik oszlopban vannak a sűrűség adatok (a fejlécben ezeket d betű jelöli). A d betű felső indexében lévő szám az oldat hőmérsékletét adja meg $^\circ\text{C}$ -ban, az alsó indexben lévő 4-es szám pedig azt jelzi, hogy a $4 \text{ }^\circ\text{C}$ -os vízre vonatkoztatott relatív sűrűség van megadva a táblázatban, azaz úgy kapjuk meg a NaCl-oldat sűrűségét, hogy a táblázatban lévő számot megszorozzuk a $4 \text{ }^\circ\text{C}$ -os víz sűrűségével, ami éppen $1,0000 \text{ g/cm}^3$. Nézzünk egy példát! Az első oszlop harmadik sorában a 4 w\%-os NaCl-oldat adatai vannak. A harmadik sor második oszlopában a 15, míg a harmadik oszlopában a $20 \text{ }^\circ\text{C}$ -os NaCl-oldat relatív sűrűsége van megadva. Válasszuk az utóbbit, mert az jobban megközelíti a laboratóriumban szokásos hőmérsékletet. A szám $1,0268$. A 4 w\%-os összetételű $20 \text{ }^\circ\text{C}$ -os NaCl-oldat sűrűsége tehát $1,0268 \cdot 1,0000 \text{ g/cm}^3 = 1,0268 \text{ g/cm}^3$. Ha egy hasonló táblázatban másmilyen hőmérsékletű víz sűrűségére vonatkoztatott relatív sűrűség adatok vannak, akkor megfelelő táblázatból ki kell keresni a víz sűrűségét az illető hőmérsékleten, és azzal kell megszorozni a táblázatbeli relatív sűrűséget.