

TARTU ÜLIKOOL
TEADUSKOOL

TÄIENDAVID TEEMASID KOOLIKEEMIALE I

LAHUSED

Natalia Nekrassova

Õppevahend TK õpilastele
Tartu 2008

LAHUSED

Looduses ja tehnikas lahused omavad suurt tähtsust. Taimed omandavad vajalikke aineid lahuste kujul. Samuti elusorganismi toidu omandamisel toimub raku elutegevuseks vajalikke ainete lahustumine vees. Kõik looduslikud veed kujutavad endast lahust, kus vees on lahustunud mitmesugused ained: sulfaadid, karbonaadid jt. Tähtsamad füsioloogilised vedelikud (veri, lümf jm.) on lahused. Enamik keemilistest reaktsioonidest kulgeb lahustes. Seepärast on arusaadav see tähelepanu, mida osutatakse keemias lahustele.

Lahus on homogeenne ühefaasiline süsteem kahest või enamast komponendist. Lahus koosneb lahustist ja lahustunud ainest (ainetest). Lahustiks nimetatakse seda komponenti, mille agregaatolek lahustumisprotsessis ei muutu. Kui mõlemad komponendid on ühes ja samas agregaatolekus, loetakse tavaliselt lahustiks seda komponenti, mille kogus lahuses on suurem. Tähtsaim lahusti on vesi.

Omadustelt asub lahus keemiliste ühendite ja mehaaniliste segude vahepeal. Lahuste iseloomulik tunnus on see, et lahusti ja lahustunud aine vahekord lahuses on muudetav laiades piirides (see lähendab neid segudele). Teiselt poolt on lahustumine analoogiliselt keemilise ühendi tekkimisega tihti seotud ruumala- ja soojusefektiga. Nii näiteks etanooli ja vee segunemisel eraldub soojus ning saadava lahuse ruumala on väiksem, kui lahusti ja lahustatava aine ruumalade summa (kontraktsiooninähtus). Ruumala vähenemine ja soojuse eraldumine lahustumisel näitab tugeva vastastikuse toime olemasolu erisuguste molekulide vahel, mis näiteks antud juhul väljendub vesiniksidemete tekkimisel alkoholi ja vee molekulide vahel.

Lahused võivad olla gaasilised (gaaside segu, õhk), tahked (metallide sulamid) ja vedelad (soolade, hapete, leeliste jt lahused). Kõige suurem tähtsus on vedelatel lahustel. Siin ja edaspidi vaatleme vedelaid lahuseid.

Lahuste kvantitatiivset koostist võib väljendada mitmeti. Alljärgnevalt vaatleme kõige sagedamini kasutatavaid lahuste koostise väljendusviise: **massiprotsenti, molaarsust ja moolimurdu.**

1. Massiprotsent

Tähistame lahustunud aine massi **$m(\text{aine})$** grammi ja lahuse massi **$m(\text{lahus})$** grammi. Suhe $\frac{m(\text{aine})}{m(\text{lahus})}$ annab lahustunud aine massimurru - lahustunud aine massi suhtelise sisalduse, s. t. lahustunud aine massi (grammides) ühes grammis lahuses. Massimurru

korrumtamisel sajaga saame lahustunud aine massi 100 grammis lahuses, mis ongi lahustunud aine massiprotsent.

Massiprotsent on v6rdne:

$$\%(aine) = \frac{m(aine)}{m(lahus)} \cdot 100$$

$$\%(aine) = \frac{m(aine)}{m(aine) + m(lahusti)} \cdot 100$$

Antud avaldis seob omavahel massiprotsenti, lahustunud aine massi ja lahuse (lahustunud aine pluss lahusti) massi ning on protsentarvutus6lesannete k6ikide t66pide lahendusvalemiks.

N6ide 1. 85,0 grammi lahust sisaldab 60,5 grammi lahustit. Milline on lahustunud aine protsendiline sisaldus selles lahuses?

Leiame lahustunud aine massi ja tema protsendilise sisalduse lahuses

$$85,0g - 60,5g = 24,5g - \text{lahustunud aine mass grammides}$$

$$24,5g/85,0g = 0,288 - \text{massimurd}$$

$$\%(aine) = \frac{24,5g}{85,0g} \cdot 100 = \mathbf{28,8} - \text{massiprotsent.}$$

N6ide 2. Segati 40,0 grammi 4,0% ja 10,0 grammi 10,0% lahust. Mitmeprotsendiline lahus saadi?

40,0g·0,040 - lahustunud aine mass esimeses lahuses;

10,0g·0,100 - lahustunud aine mass teises lahuses;

40,0g + 10,0g - saadud lahuse mass.

$$\frac{\%(aine)}{100} = \frac{40,0g \cdot 0,040 + 10,0g \cdot 0,100}{40,0g + 10,0g} = \frac{1,60g + 1,00g}{50,0g} = \frac{2,60g}{50,0g}$$

$$\%(aine) = 5,2\%$$

Vastus: saadi 5,2% lahus.

N6ide 3. 12,0 grammi lahuse lahjendamisel 48,0 grammi lahustiga saadi 8,0% lahus. Milline oli lahustunud aine protsendiline sisaldus esialgses lahuses?

$\%(aine) \cdot 12,0g/100$ - lahustunud aine mass nii esialgses kui ka saadud lahuses;

$(12,0g+48,0g)$ - saadud lahuse mass.

$$\frac{8,0}{100} = \frac{12,0g \cdot \frac{\%(aine)}{100}}{12,0g + 48,0g};$$

$$\%(aine) = \frac{8,0 \cdot 60,0g}{12,0g} = 40$$

Vastus: esialgne lahus oli 40%.

Näide 4. 20% ja 5,0% lahust segades tuleb valmistada 50 grammi 8,0% lahust. Mitu grammi esimest ja teist lahust tuleb selleks võtta?

Antud juhul nii 20% kui 5,0% lahuse mass on tundmatu. Nende masside summa on 50 grammi. See võimaldab meil koostada võrrandi. Olgu vajalik 20% lahuse mass m grammi, siis 5,0% lahuse mass m' on $(50-m)$ grammi.

$$\frac{8,0}{100} = \frac{m \cdot 0,20 + (50 - m) \cdot 0,05}{50};$$

$$4 = 0,20m + 2,5 - 0,05m$$

$$m = 10 \text{ g}; \quad m' = 50 - 10 = 40 \text{ g}$$

Vastus: tuleb võtta 10 grammi 20% ja 40 grammi 5,0% lahust.

Lahust on võimalik kontsentreerida kahel teel:

1. lahusti väljaurutamisega ja
2. lahustatava aine lisamisega.

Kontsentreerimisel peab lahustunud aine protsendiline sisaldus kasvama. Seda tuleb silmas pidada ülesande vastuse kontrollimisel.

Näide 5. 100 grammist 10,0% lahusest aurutatakse välja 20,0 grammi lahustit. Mitmeprotsendiline lahus saadakse?

$100 \cdot 0,10$ - lahustunud aine mass alglahuses
(kokkuaurutamisel see ei muutu).

$100 - 20,0$ - saadud lahuse mass.

$$\frac{\%(aine)}{100} = \frac{100 \cdot 0,10}{100 - 20,0}; \quad p_1 = \frac{100 \cdot 0,10}{100 - 20,0} \cdot 100 = \frac{1000}{80,0} = 12,5\%$$

Vastus: saadi 12,5% lahus.

Näide 6. 20,0 grammi suhkrut lahustatakse 180 grammis 5,00% suhkrulahuses. Mitmeprotsendiline lahus saadakse?

$180 \text{ g} \cdot 0,0500 = 9,00 \text{ g}$ - suhkru mass esialgses lahuses.

Sellele lisati veel 20,0 g suhkrut. Seega lõpplahuses oli $(9,00 + 20,0)$ g suhkrut.

Lõpplahuse mass oli $(180 + 20,0)$ g.

¹ Kriips nulli all teeb temast tüvenumbri.

Kirjutame põhivalemi:
$$\frac{\%(aine)}{100} = \frac{9,00 + 20,0}{180 + 20,0} = \frac{29,0}{200}$$

Siit $\%(aine) = 14,5$

Vastus: saadi 14,5% lahus.

Alljärgnevalt vaatleme mõningaid ülesandeid lahuste massiprotsendi kohta, kus tuleb kasutada lahuste ruumala ja tihedust.

Mass (m), ruumala (V) ja tihedus (ρ) on omavahel seotud valemiga:

$$m = \rho \cdot V$$

Keemiaülesannetes kasutatakse ruumalaühikuks tavaliselt kuupdetsimeetrit (dm^3) või kuupsentimeetrit (cm^3). Seega, näiteks vee tihedus on $\rho(\text{H}_2\text{O}) = 1000 \text{ kg/m}^3 = 1 \text{ kg/dm}^3 = 1 \text{ g/cm}^3$, etanooli korral $\rho(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 800 \text{ kg/m}^3 = 0,8 \text{ kg/dm}^3 = 0,8 \text{ g/cm}^3$, konts. H_2SO_4 (98%) $\rho = 1837 \text{ kg/m}^3 = 1,837 \text{ kg/dm}^3 = 1,837 \text{ g/cm}^3$.

NB! Enne arvutamist tuleb kontrollida, kas massi, ruumala ja tiheduse ühikud on omavahel vastavuses, vastasel juhul võib eksida suurusjärguga.

Näide 7. Miti grammi H_2SO_4 sisaldub $80,0 \text{ cm}^3$ 40,0% lahuses, kui lahuse tihedus on $1,30 \text{ g/cm}^3$?

$80,0 \text{ cm}^3 \cdot 1,30 \text{ g/cm}^3$ - väävelhappelahuse mass grammides,

$$\frac{40,0}{100} = \frac{m(aine)}{80,0 \cdot 1,30}; \quad m(aine) = 41,6 \text{ g}$$

Vastus: lahus sisaldab 41,6 grammi H_2SO_4 .

Näide 8. Glütseriinist, mille tihedus on $1,26 \text{ g/cm}^3$, valmistatakse 500 grammi 20,0% lahust. Mitu cm^3 glütseriini tuleb selleks võtta?

$V(\text{glütseriin}) \cdot 1,26 \text{ g/cm}^3$ - lahustunud aine mass grammides;

$$\frac{20,0}{100} = \frac{V(\text{glütseriin}) \cdot 1,26}{500}; \quad V(\text{glütseriin}) = 79,4 \text{ cm}^3.$$

Vastus: glütseriini tuleb võtta $79,4 \text{ cm}^3$

Näide 9. 100 cm^3 40,0% NaOH lahust ($\rho = 1,43 \text{ g/cm}^3$) lahjendatakse $57,0 \text{ cm}^3$ veega. Milline on NaOH protsendiline sisaldus saadus lahuses?

Lahustunud aineks on NaOH .

$1,43 \cdot 100$ - alglahuse mass;

$1,43 \cdot 100 \cdot 0,400$ - selles lahustunud NaOH mass.

Vee tihedus on $1,00 \text{ g/cm}^3$; seega lisati $57,0 \text{ g}$ vett;
 $1,43 \cdot 100 + 57,0$ - lõpplahuse mass.

$$\frac{\%(aine)}{100} = \frac{1,43 \cdot 100 \cdot 0,400}{1,43 \cdot 100 + 57,0}; \quad \%(aine) = 28,6$$

Vastus: NaOH on lahjendatud lahuses $28,6\%$.

Näide 10. $60,0 \text{ grammist NaOH}$ valmistatakse $30,0\%$ lahus, mille tiheduseks on $1,33 \text{ g/cm}^3$. Milline on saadus lahuse ruumala?

$1,33 \cdot V(\text{lahus})$ - lahuse mass;

$$\frac{30,0}{100} = \frac{60,0}{1,33 \cdot V(\text{lahus})}; \quad V(\text{lahus}) = 150 \text{ cm}^3.$$

Vastus: lahuse ruumala on 150 cm^3 .

Näide 11. Autoakus kasutatakse 33% H_2SO_4 lahust ($1,243 \text{ g/cm}^3$). Nimetatud koostisega lahuse valmistamiseks on kasutada $5,7$ liitrit $8,0\%$ H_2SO_4 ($1,052 \text{ g/cm}^3$) ja 95% H_2SO_4 lahus ($1,834 \text{ g/cm}^3$).

a) Mitu liitrit 95% H_2SO_4 lahust kulub akuhappe saamiseks kogu $8,0\%$ lahusest?

b) Mitu liitrit akuhapet saadakse?

$$\text{a) } 0,33 = \frac{5,7 \text{ dm}^3 \cdot 1052 \text{ g/dm}^3 \cdot 0,080 + V \cdot 1834 \text{ g/dm}^3 \cdot 0,95}{5,7 \text{ dm}^3 \cdot 1052 \text{ g/dm}^3 + V \cdot 1834 \text{ g/dm}^3}$$

$$0,33 \cdot (5996 \text{ g} + V \cdot 1834 \text{ g/dm}^3) = 479,7 \text{ g} + V \cdot 1742 \text{ g/dm}^3$$

$$1499 = V \cdot 1137 \cdot 1/\text{dm}^3$$

$$\mathbf{V(95\% H_2SO_4) = 1,32 \text{ dm}^3 \approx 1,3 \text{ dm}^3}$$

$$\text{b) } m(8,0\% \text{ H}_2\text{SO}_4) = 5,7 \text{ dm}^3 \cdot 1052 \text{ g/dm}^3 = 5996 \text{ g}$$

$$m(95\% \text{ H}_2\text{SO}_4) = 1,32 \text{ dm}^3 \cdot 1834 \text{ g/dm}^3 = 2421 \text{ g}$$

$$m(\text{akuhape}) = 5996 \text{ g} + 2421 \text{ g} = 8417 \text{ g}$$

$$\mathbf{V(\text{akuhape}) = 8417 \text{ g} \cdot \frac{1 \text{ dm}^3}{1243 \text{ g}} = 6,77 \text{ dm}^3 \approx 6,8 \text{ dm}^3}$$

Seda tüüpi ülesannete juures tuleb meeles pidada, et **lahuste ruumalad pole liidetavad!**

Lahuste segamisel tuleb arvestada, et paljudel juhtudel on tekkiva lahuse ruumala väiksem kui on segatavate lahuste ruumalade summa eraldi võetuna ning sel juhul on tegemist lahuse **kontraktsiooniga**.

2. Molaarsus (c) e molaarne kontsentratsioon - lahustunud aine hulk moolides ühes kuupdetsimeetris lahuses. Molaarse kontsentratsiooni

ühikuteks on mol/dm³, lühendatult seda dimensiooni tähistatakse sümboliga M, nt. 2 mol/dm³ ehk 2 M lahus (kahemolaarne lahus).

Näide 12. Arvutada lahuse molaarsus, kui ta sisaldab 20,0 g NaOH-d 400 cm³ lahuses.

$$\frac{20,0 \text{ g}}{40,0 \text{ g/mol}} = 0,50 \text{ mol} - \text{NaOH moolide arv.}$$

$$\frac{20,0 \text{ g}}{40,0 \text{ g/mol} \cdot 0,400 \text{ dm}^3} = 1,25 \text{ M} - \text{NaOH lahuse molaarsus.}$$

Näide 13. 40,0 cm³ 2,00 M KCl lahusele ($\rho = 1,090$) lisati 200,0 g vett. Saadud lahuse tihedus on $\rho = 1,015$. Leida saadud lahuse molaarsus ja KCl protsendiline sisaldus selles.

Leiame lähtelahuse massi:

$$m_1 = V_1 \cdot \rho_1 = 40,0 \text{ cm}^3 \cdot 1,09 \text{ g/cm}^3 = 43,6 \text{ g}$$

Leiame saadud lahuse massi:

$$m_2 = m(\text{H}_2\text{O}) + m_1 = (200,0 + 43,6) \text{ g} = 243,6 \text{ g}$$

Soola hulk lähtelahuses:

$$n(\text{KCl}) = 2,00 \text{ mol/dm}^3 \cdot 0,040 \text{ dm}^3 = 0,080 \text{ mol}$$

$$\text{Soola mass lahuses: } m(\text{KCl}) = 0,080 \text{ mol} \cdot 74,5 \text{ g/mol} = 5,96 \text{ g}$$

Soola mass lahuse lahjendamisel ei muutu.

KCl protsendiline sisaldus saadud lahuses on

$$\%(\text{KCl}) = \frac{5,96}{243,6} \cdot 100 = \mathbf{2,45}$$

$$\text{Saadud lahuse ruumala: } V_2 = \frac{243,6 \text{ g}}{1,015 \text{ g/cm}^3} = 240,0 \text{ cm}^3$$

KCl lahuse molaarsus saadud lahuses on :

$$c_2(\text{KCl}) = \frac{n(\text{KCl})}{V_2} = \frac{0,080 \text{ mol}}{0,240 \text{ dm}^3} = 0,333 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3} = \mathbf{0,333 \text{ M}}$$

3. Moolimurd (X) - lahustatud aine moolide arvu suhe kogu lahuse (lahusti + lahustunud aine) moolide arvusse.

Näide 14. Arvutada HCl moolimurd 20,0% HCl vesilahuses.

$$100 \text{ g lahuses on } 20,0 \text{ g HCl ehk } \frac{20,0 \text{ g}}{36,5 \text{ g/mol}} = 0,548 \text{ mol}$$

$$\text{Vee moolide arv: } \frac{80,0 \text{ g}}{18,0 \text{ g/mol}} = 4,444 \text{ mol}$$

$$\text{Moolimurd} \frac{0,548}{4,444 + 0,548} = 0,11$$

Kui korrutame moolimurru 100-ga, saame mooliprotsendi.

Näide 15. (*Keemia lahtine võistlus, nov. 2001.*) Esitage arvutus, kuidas saada 490 grammist 2,00 mooliprotsendilise H_2SO_4 (98,0 g/mol) lahusest 1,00 mooliprotsendiline lahus.

Lähtelahuse jaoks saame koostada võrrandi:

$$\% \text{mol}(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{n(\text{H}_2\text{SO}_4)}{n(\text{H}_2\text{SO}_4) + n(\text{H}_2\text{O})} \cdot 100$$

$$2,00 = \frac{n(\text{H}_2\text{SO}_4)}{\frac{490 - [n(\text{H}_2\text{SO}_4) \cdot 98,0]}{18,0} + n(\text{H}_2\text{SO}_4)} \cdot 100$$

Siit saame, et lähtelahuses oli: $n(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,5 \text{ mol}$

Võrrand saadud lahuse jaoks: $0,01 = \frac{0,5}{n(\text{H}_2\text{O}) + 0,5}$

$n(\text{H}_2\text{O} \text{ lõpplahuses}) = 49,5 \text{ mol}$

Lähtelahuse jaoks saame koostada võrrandi: $0,02 = \frac{0,5}{n(\text{H}_2\text{O}) + 0,5}$

$n(\text{H}_2\text{O} \text{ alglahuses}) = 24,5 \text{ mol}$

$n(\text{H}_2\text{O} \text{ lisatud}) = 49,5 - 24,5 = 25,0 \text{ mol}$

$m(\text{H}_2\text{O} \text{ lisatud}) = 25,0 \cdot 18,0 = 450 \text{ g}$

1. ja 3. lahuse koostise väljendusviis annab lahustunud aine suhtelist (protsendilist) sisaldust;
2. väljendab lahustunud aine kontsentratsiooni (moolide arvu kindlas ruumalas lahuses).

Aine lahustumisel kulgevad üheaegselt järgmised protsessid:

1) kristallstruktuuri lagundamine ning molekulide või ionide eraldamine kristallvõrest, molekulide dissotsieerumine ionideks, mis kõik nõuavad energia kulutamist (endotermiline protsess), tähistame seda soojusefekti $\Delta H_{kr} > 0$;

2) ionide solvatatsioon (hüdratatsioon); selle protsessi tagajärjel eraldub soojust (eksotermiline protsess), $\Delta H_s < 0$.

Seega aine lahustumissoojus ΔH_l on määratud mitme protsessi algebralise summaga:

$$\Delta H_l = \Delta H_{kr} + \Delta H_s$$

Olenevalt ΔH_{kr} ja ΔH_s vahekorradest võib ΔH_l omada positiivset või negatiivset väärtust. Kui aine lahustumisega kaasneb lahuse soojenemine, siis tähendab see, et solvatatsioonenergia ületab

kristallvõre lagundamisel neelduva energia $\Delta H_{kr} < |\Delta H_s|$. Kui aine lahustumisel lahus jahtub, siis kristallvõre lagunemisel neeldub rohkem energiat kui eraldub solvatatsioonil $|\Delta H_s| < \Delta H_{kr}$.

Tahkete kristalsete ainete korral, kus on enamasti ülekaalus ΔH_{kr} , on lahustumine endotermiline protsess ($\Delta H_l > 0$). Gaaside korral on ülekaalus solvatatsioonil vabanev energia ΔH_s , seega on lahustumine eksotermiline ($\Delta H_l < 0$).

Vastavalt Le Chatelier' printsiibile nihkub temperatuuri tõstmisel tasakaal endotermilise protsessi suunas. Seega enamiku kristalsete ainete lahustuvus temperatuuri tõstmisel kasvab. Kuid mõningate ainete lahustuvus praktiliselt ei sõltu temperatuurist (NaCl, AlCl₃) või isegi väheneb temperatuuri kasvuga Ca(OH)₂, Li₂SO₄, Ca(CH₃COO)₂.

Vastavalt Le Chatelier' printsiibile gaaside lahustuvus temperatuuri tõstmisel väheneb. Rõhu suurenedes gaaside lahustuvus suureneb, rõhu alanedes aga väheneb.

Ainete lahustumise määra iseloomustatakse **lahustuvusega**. Aine suurimat massi grammides, mis antud temperatuuril lahustub **100 g lahustis**, nimetatakse selle aine lahustuvuseks. Ainete lahustuvus ühes kindlas lahustis sõltub aine iseloomust. Ühe ja sama aine lahustuvus erinevates lahustites sõltub lahusti iseloomust.

Sõltuvalt lahustunud aine kogusest lahuses jaotatakse lahused a) **küllastunud**; b) **küllastumata** ja c) **üleküllastunud** lahusteks. Lahust, milles antud temperatuuril ainet enam ei lahustu, nimetatakse küllastunud lahuseks. Selle lahuse jahutamisel või lahusest lahusti aurumisel kristallub osa ainet nõu põhja. Lahust, milles antud temperatuuril veel sama ainet lahustub, nimetatakse küllastumata lahuseks.

Kuuma küllastunud lahuse jahtumisel eraldub osa lahustunud ainet kristallidena. Kui jahutada küllastunud lahust aeglaselt ja ettevaatlikult, siis võib vältida kristallide eraldumist. Saadakse lahus, mis sisaldab lahustunud ainet rohkem, kui oleks antud temperatuuril küllastumiseks vaja - tekib üleküllastunud lahus. Üleküllastunud lahused on ebapüsivad. Kui sellist lahust loksutada, kristallub lahustunud aine liig välja.

Üheks kõige sagedamini kasutatavaks laboratoorseks tahkete ainete puhastamise meetodiks on ümberkristallimine. Antud meetod põhineb ainete erineval lahustuvusel ja lahustuvuse sõltuvusel temperatuurist. Ümberkristallimine on efektiivne, kui puhastatava aine lahustuvus temperatuuri tõstmisel oluliselt kasvab ja lisandeid on vähe. Aine lahustuvus esitatakse tabelites aine sisaldusena 100 g lahustis.

Ümberkristallimiseks on vaja eelnevalt arvutada, kui palju tuleb võtta puhastatavat soola ja vett soovitud koguse soola saamiseks.

Näide 16.

a) Kui palju tuleb võtta $K_2Cr_2O_7$ ja vett, et valmistada $70^\circ C$ juures küllastatud lahus ja et viimase jahutamisel $20^\circ C$ -ni eralduks $10,0$ g $K_2Cr_2O_7$? $K_2Cr_2O_7$ lahustuvus $20^\circ C$ juures - $12,6$ g ja $70^\circ C$ juures - $56,7$ g $100,0$ g vees.

1) $20^\circ C$ juures lahustub $12,6$ g $K_2Cr_2O_7$ $100,0$ g vees,

$70^\circ C$ juures lahustub $56,7$ g $K_2Cr_2O_7$ $100,0$ g vees,

2) $70^\circ C$ juures $100,0$ g veest valmistatud küllastatud lahuse jahutamisel $20^\circ C$ -ni kristallub välja

$$56,7 \text{ g} - 12,6 \text{ g} = 44,1 \text{ g puhas soola}$$

3) et jahutamise käigus sadeneks välja $10,0$ g puhas soola, tuleb puhastamiseks võtta

$$56,7 \text{ g} \cdot 10,0 \text{ g} / 44,1 \text{ g} = 12,9 \text{ g soola}$$

4) vee kogus, mis on vajalik $70^\circ C$ juures $12,9$ g soolast küllastatud lahuse valmistamiseks: $12,9 \cdot 100,0 / 56,7 = 22,8$ g H_2O .

b) Kui ülesandes on toodud aine sisaldus (massiprotsentides) küllastatud lahuses, tuleb ta ümber arvutada grammidesse $100,0$ g lahusti kohta:

$K_2Cr_2O_7$ sisaldus $20^\circ C$ juures küllastatud lahuses - $11,2$ %, $60^\circ C$ - $31,2$ %.

Leiame lahustuvuse $20^\circ C$ juures $100,0$ g vees:

$$11,2 \cdot 100,0 \text{ g} / 88,8 \text{ g} = 12,6 \text{ g } K_2Cr_2O_7 \text{ } 100,0 \text{ g vees}$$

$60^\circ C$ juures: $\frac{31,2 \cdot 100}{68,8} = 45,3$ g $K_2Cr_2O_7$ $100,0$ g vees.

Edasi vt. näidisülesannet nr. 16, a).

Näide 17. Mitu grammi $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ saab teoreetiliselt 210 grammi $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ ühekordsel ümberkristalliseerimisel temperatuuridel, kus $FeSO_4$ lahustuvus on vastavalt $46,74$ g ja $23,55$ g 100 g vees?

$M(FeSO_4) = 152$ g/mol; $M(7H_2O) = 126$ g/mol

$M(FeSO_4 \cdot 7H_2O) = 278$ g/mol

$$210\text{g}(\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}) \cdot \frac{152\text{g}(\text{FeSO}_4)}{278\text{g}(\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O})} = 114,8\text{g}(\text{FeSO}_4)$$

Selle koguse lahustamiseks kuumas lahuses kulub

$$114,8\text{g}(\text{FeSO}_4) \cdot \frac{100\text{g}(\text{H}_2\text{O})}{46,74\text{g}(\text{FeSO}_4)} = 245,6 \text{ g H}_2\text{O}$$

Väljakristalliseerunud veevaba soola mass on kuumas lahuses ja külmas lahuses lahustunud soola masside vahe.

Kristalliseerugu x grammi FeSO_4 , temaga kristalliseerub koos

$$x \text{ g}(\text{FeSO}_4) \cdot \frac{126\text{g}(\text{H}_2\text{O})}{152\text{g}(\text{FeSO}_4)} = 0,828 \cdot x \text{ g}(\text{H}_2\text{O})$$

mis tuleb külmas lahuses esialgsest vee massist (245,6 g) maha arvutada. Saame võrrandi

$$114,8 - \frac{23,55\text{g}(\text{FeSO}_4)}{100\text{g}(\text{H}_2\text{O})} \cdot (245,6 - 0,828x) \text{ g}(\text{H}_2\text{O}) = x ;$$

$$x = 70,8 \text{ g}(\text{FeSO}_4)$$

$$70,8 \text{ g}(\text{FeSO}_4) \cdot \frac{278\text{g}(\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O})}{152\text{g}(\text{FeSO}_4)} = 129,5 \text{ g}(\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O})$$

Vastus: Ühekordsel ümberkristallimisel saadakse 129,5 g $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$

Tähelepanu:

- Kristallhüdraadi lahustumisel läheb aines sisalduv kristallvesi lahusti koosseisu ning lahustunud aineks on veevaba ühend.
- Veel tuleb meeles pidada, et kristallhüdraadi lahustuvused on antud veevaba ühendi grammidena täpselt 100 grammis vees. Ülesannete lahendamisel tuleb kasutada veevaba ühendi massi.

Kirjandus:

R.Pullerits, M.Mölder. Keemiaülesannete lahendamine. Tallinn, Avita, 2000, 2001