

Tehtävien ratkaisut

1.2 Maailmankaikkeuden ja solujen kemiaa

1.11 Kasvien ja eläinten massaprosenttinen alkuainekoostumus on keskimäärin seuraava: happea 62 %, hiiltä 20 %, vetyä 9,0 %, typpeä 5,0 % ja muita alkuaineita noin 4,0 %. Laske, kuinka monta grammaa kutakin alkuainetta on ihmisessä, joka painaa 65 kilogrammaa. Pohdi, miksi hapen massaprosenttinen osuus on niin suuri.

Ratkaisu:

$$m(\text{ihminen}) = 65 \text{ kg}$$

$$m\text{-}\%(O) = 62 \% = 0,62$$

$$m\text{-}\%(C) = 20 \% = 0,20$$

$$m\text{-}\%(H) = 9,0 \% = 0,090$$

$$m\text{-}\%(N) = 5,0 \% = 0,050$$

$$m\text{-}\%(\text{muut alkuaineet}) = 4,0 \% = 0,040$$

Eri alkuaineiden massat 65 kg painavassa ihmisessä ovat

$$m(O) = 0,62 \cdot 65 \text{ kg} = 40,30 \text{ kg} \approx 40 \text{ kg}$$

$$m(C) = 0,20 \cdot 65 \text{ kg} = 13,00 \text{ kg} \rightarrow 13 \text{ kg}$$

$$m(H) = 0,090 \cdot 65 \text{ kg} = 5,850 \text{ kg} \approx 5,9 \text{ kg}$$

$$m(N) = 0,050 \cdot 65 \text{ kg} = 3,250 \text{ kg} \approx 3,3 \text{ kg}$$

$$m(\text{muut alkuaineet}) = 0,040 \cdot 65 \text{ kg} = 2,600 \text{ kg} \Rightarrow 2,6 \text{ kg}$$

Huomaa, että vastaukset annetaan kahden merkitsevän numeron tarkkuudella.

Happea on runsaasti vesimolekyyleissä, lisäksi sitä tarvitaan hengityksessä. Happea on sitoutuneena myös kaikissa biomolekyyleissä (proteiineissa, hiilihydraateissa, rasvoissa ja nukleiinihapoissa).

Vastaus:

happi: 40 kg

hiili: 13 kg

vety: 5,9 kg

typpi: 3,3 kg

muut alkuaineet: 2,6 kg.

Happea on runsaasti vesimolekyyleissä, lisäksi sitä tarvitaan soluhengityksessä. Happea on sitoutuneena myös kaikissa biomolekyyleissä (proteiineissa, hiilihydraateissa, rasvoissa ja nukleiinihapoissa).

Tehtävien ratkaisut

2.3 Seosten erotusmenetelmiä

2.19 Meriveden suolapitoisuus selvitetiin seuraavasti. Täyspipetillä pipetoitiin 20,00 ml merivettä haihdutusmaljaan, jonka massa oli 20,15 g. Näytteestä haihdutettiin vesi pois. Jäähdytynyt haihdutusmalja punnittiin, ja tulokseksi saatiin 20,45 g. Laske, kuinka monta grammaa suolaa litra tutkittua merivettä sisälsi?

Ratkaisu:

$$V(\text{merivesi}) = 20,00 \text{ ml}$$

$$m(\text{haihdutusmalja}) = 20,15 \text{ g}$$

$$m(\text{haihdutusmalja} + \text{suola}) = 20,45 \text{ g}$$

Suolan massa saadaan laskettua seuraavasti:

$$\begin{aligned} m(\text{suola}) &= m(\text{suola} + \text{haihdutusmalja}) - m(\text{haihdutusmalja}) \\ &= 20,45 \text{ g} - 20,15 \text{ g} \\ &= 0,30 \text{ g}. \end{aligned}$$

Yhdessä millilitrassa merivettä on suolaa

$$\frac{0,30 \text{ g}}{20,00 \text{ ml}} = 0,01500 \text{ g/ml}.$$

Litrassa (1 000 ml:ssa) merivettä on suolaa:

$$m(\text{suola}) = 0,01500 \text{ g/ml} \cdot 1\,000 \text{ ml} = 15,00 \text{ g}.$$

Huomaa, että vastaus annetaan neljän merkitsevän numeron tarkkuudella.

Vastaus:

$$m(\text{suola}) = 15,00 \text{ g}$$

2.4 Seoksen pitoisuuslaskuja

2.23 Seoksessa on 536 grammaa natriumkarbonaattia ja 1 418 grammaa natriumkloridia. Laske kummankin komponentin osuus massaprosentteina.

Ratkaisu:

$$m(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 536 \text{ g}$$

$$m(\text{NaCl}) = 1\,418 \text{ g}$$

$$m\text{-}\%(\text{Na}_2\text{CO}_3) = ?$$

$$m\text{-}\%(\text{NaCl}) = ?$$

Lasketaan ensin koko seoksen massa:

$$m(\text{koko seos}) = 536 \text{ g} + 1\,418 \text{ g} = 1\,954 \text{ g}$$

Ratkaistaan kummankin aineen massaprosenttinen osuus suureyhtälöstä

$$m\text{-}\% = \frac{m(\text{määritettävä aine})}{m(\text{koko seos})} \cdot 100 \%$$

Massaprosenttiset osuudet ovat:

$$m\text{-}\%(\text{Na}_2\text{CO}_3) = \frac{m(\text{Na}_2\text{CO}_3)}{m(\text{seos})} \cdot 100 \% = \frac{536 \text{ g}}{1\,954 \text{ g}} \cdot 100 \% = 27,431 \% \approx 27,4 \%$$

$$m\text{-}\%(\text{NaCl}) = \frac{m(\text{NaCl})}{m(\text{seos})} \cdot 100 \% = \frac{1\,418 \text{ g}}{1\,954 \text{ g}} \cdot 100 \% = 72,569 \% \approx 72,6 \%$$

Huomaa, että vastaukset annetaan kolmen merkitsevän numeron tarkkuudella.

Vastaus:

$$m\text{-}\%(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 27,4 \%$$

$$m\text{-}\%(\text{NaCl}) = 72,6 \%$$

2.24 Viemärin avausaine on 30-massaprosenttista NaOH-liuosta. Laske, kuinka monta grammaa natriumhydroksidia on 1,0 litrassa tätä liuosta? Liuoksen tiheytenä voidaan käyttää arvoa 1,0 kg/l.

Ratkaisu:

$$m\text{-}\%(\text{NaOH}) = 30 \%$$

$$V(\text{liuos}) = 1,0 \text{ l}$$

$$m(\text{NaOH}) = ?$$

Tehtävässä annetun liuoksen tiheyden perusteella yhden liuoslitran massa on 1,0 kg. Tällöin

$$m(\text{liuos}) = 1,0 \text{ kg} = 1\,000 \text{ g.}$$

Käytetään suureyhtälöä

$$m\text{-}\% = \frac{m(\text{määrittävä aine})}{m(\text{koko seos})} \cdot 100 \%$$

Ratkaistaan suureyhtälöstä $m(\text{määrittävä aine})$, jolloin saadaan

$$m(\text{määrittävä aine}) = \frac{m\text{-}\%}{100\%} \cdot m(\text{koko seos}).$$

Sijoitetaan annetut lukuarvot tähän yhtälöön, tehdään laskutoimitukset ja ilmoitetaan vastaus oikealla tarkkuudella:

$$m(\text{NaOH}) = \frac{30\%}{100\%} \cdot 1\,000 \text{ g} = 300 \text{ g.}$$

Vastaus:

$$m(\text{NaOH}) = 300 \text{ g}$$

2.25 Valtamerien suolapitoisuus on keskimäärin 3,5 massaprosenttia. Laske, kuinka monta kilogrammaa suolaa on kuutiometrissä merivettä? Voit olettaa, että meriveden tiheys on 1,0 kg/l.

Ratkaisu:

$$m\text{-}\%(\text{suola}) = 3,5 \%$$

$$V(\text{merivesi}) = 1,0 \text{ m}^3 = 1\,000 \text{ l}$$

$$m(\text{suola}) = ?$$

Tehtävässä annetun liuoksen tiheyden perusteella yhden liuoslitran massa on 1,0 kg. Yksi kuutiometri on 1 000 litraa, jolloin

$$m(\text{merivesi}) = 1\,000 \text{ kg.}$$

Käytetään suureyhtälöä

$$m\text{-}\% = \frac{m(\text{määrittävä aine})}{m(\text{koko seos})} \cdot 100 \%$$

Ratkaistaan suureyhtälöstä $m(\text{määrittävä aine})$, jolloin saadaan

$$m(\text{määrittävä aine}) = \frac{m\text{-}\%}{100\%} \cdot m(\text{koko seos}).$$

Sijoitetaan annetut lukuarvot tähän yhtälöön, tehdään laskutoimitukset ja ilmoitetaan vastaus oikealla tarkkuudella:

$$m(\text{suola}) = \frac{3,5\%}{100\%} \cdot 1\,000 \text{ kg} = 35 \text{ kg.}$$

Vastaus:

$$m(\text{suola}) = 35 \text{ kg}$$

2.26 Kemian tunnilla opiskelijat kuumensivat haihdutusmaljassa kiinteää kidevedellistä bariumkloridia ($\text{BaCl}_2 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$), jolloin kidevesi poistui aineesta. Laske seuraavien punnitustulosten avulla kidevedellisen bariumkloridin kideveden osuus massaprosentteina.

$$m(\text{haihdutusmalja}) = 30,286 \text{ g}$$

$$m(\text{haihdutusmalja} + \text{BaCl}_2 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}) = 31,673 \text{ g}$$

$$m(\text{haihdutusmalja} + \text{BaCl}_2) = 31,461 \text{ g}$$

Ratkaisu:

$$m(\text{haihdutusmalja}) = 30,286 \text{ g}$$

$$m(\text{haihdutusmalja} + \text{BaCl}_2 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}) = 31,673 \text{ g}$$

$$m(\text{haihdutusmalja} + \text{BaCl}_2) = 31,461 \text{ g}$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = ?$$

Lasketaan punnitustuloksista kidevedellisen bariumkloridin massa:

$$\begin{aligned} m(\text{BaCl}_2 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}) &= m(\text{haihdutusmalja} + \text{BaCl}_2 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}) - m(\text{haihdutusmalja}) \\ &= 31,673 \text{ g} - 30,286 \text{ g} \\ &= 1,387 \text{ g.} \end{aligned}$$

Lasketaan haihtuneen kideveden massa:

$$\begin{aligned} m(\text{H}_2\text{O}) &= m(\text{haihdutusmalja} + \text{BaCl}_2 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}) - m(\text{haihdutusmalja} + \text{BaCl}_2) \\ &= 31,673 \text{ g} - 31,461 \text{ g} \\ &= 0,212 \text{ g.} \end{aligned}$$

Käytetään lopuksi suureyhtälöä

$$m\text{-}\% = \frac{m(\text{määritettävä aine})}{m(\text{koko seos})} \cdot 100 \%$$

$$m\text{-}\%(\text{H}_2\text{O}) = \frac{m(\text{H}_2\text{O})}{m(\text{BaCl}_2 \cdot 2 \text{H}_2\text{O})} \cdot 100 \% = \frac{0,212 \text{ g}}{1,387 \text{ g}} \cdot 100 \% = 15,285 \% \approx 15,3 \%$$

Vastaus:

$$m\text{-}\%(\text{H}_2\text{O}) = 15,3 \%$$

2.27 Suositeltu päivittäinen enimmäismäärä ruokasuolaa (NaCl) on 5,0 g, joka vastaa noin teelusikallista. Eräessä pussikeitossa on kuiva-ainesta 78 g, josta 0,80 massaprosenttia on ruokasuolaa. Keitto valmistetaan sekoittamalla kuiva-aines 800 grammaan kuumaa vettä.

a) Laske, kuinka monta grammaa ruokasuolaa kuiva-aines sisältää.

b) Laske, mikä on valmiin keiton ruokasuolapitoisuus massaprosentteina.

c) Laske, kuinka monta kokonaista pussillista tätä keittoa voi syödä enintään, ilman että ruokasuolan suositeltu päivän enimmäismäärä ylittyy.

Ratkaisu:

a)

$$m\text{-}\%(\text{NaCl}) = 0,80 \%$$

$$m(\text{kuiva-aines}) = 78 \text{ g}$$

$$m(\text{NaCl}) = ?$$

Käytetään suureyhtälöä

$$m\text{-}\% = \frac{m(\text{määrittävä aine})}{m(\text{koko seos})} \cdot 100 \%,$$

josta määrittävän aineen massa ratkaistaan seuraavasti:

$$m(\text{määrittävä aine}) = \frac{m\text{-}\%}{100\%} \cdot m(\text{koko seos}).$$

Sijoitetaan annetut lukuarvot tähän yhtälöön, tehdään laskutoimitukset ja ilmoitetaan vastaus oikealla tarkkuudella:

$$m(\text{NaCl}) = \frac{0,80\%}{100\%} \cdot 78 \text{ g} = 0,6240 \text{ g} \approx 0,62 \text{ g}.$$

b)

$$m(\text{keitto}) = 78 \text{ g} + 800 \text{ g} = 878 \text{ g}$$

$$m(\text{NaCl}) = 0,62 \text{ g}$$

$$m\text{-}\%(\text{NaCl}) = ?$$

Käytetään suureyhtälöä

$$m\text{-}\% = \frac{m(\text{määrittävä aine})}{m(\text{koko seos})} \cdot 100 \%$$

$$m\text{-}\%(\text{NaCl}) = \frac{m(\text{NaCl})}{m(\text{keitto})} \cdot 100 \% = \frac{0,62 \text{ g}}{878 \text{ g}} \cdot 100 \% = 15,285 \% \approx 15,3 \%$$

c) Yksi pussillinen keittoa sisältää 0,62 g ruokasuolaa. Ratkaistaan, kuinka monta pussillista keittoa sisältää 5,0 g suolaa:

$$\frac{5,0 \text{ g}}{0,62 \text{ g}} = 8,065 \approx 8.$$

Kahdeksan kokonaista pussillista keittoa ei vielä ylitä suositeltua suolan enimmäismäärää päivässä.

Vastaus:

a) $m(\text{NaCl}) = 0,62 \text{ g}$

b) $m\text{-}\%(\text{NaCl}) = 0,071 \%$

c) 8 pussillista.

2.28 Biologian harjoitustöissä tarvitaan fysiologista suolaliuosta, joka on 0,90-massaprosenttinen natriumkloridin vesiliuos. Kuinka paljon mittaat eri aineita, kun tarvitset 5,0 litraa tätä liuosta? Voit olettaa, että yhden liuoslitran massa on 1 000 g.

Ratkaisu:

$$m\text{-}\%(\text{NaCl}) = 0,90 \%$$

$$V(\text{liuos}) = 5,0 \text{ l}$$

$$m(\text{NaCl}) = ?$$

Annetun liuoslitran massan perusteella voidaan päätellä, että 5,0 litraa valmistettavaa liuosta painaa 5 000 g.

$$m(\text{liuos}) = 5\,000 \text{ g.}$$

Käytetään suureyhtälöä

$$m\text{-}\% = \frac{m(\text{määrittävä aine})}{m(\text{koko seos})} \cdot 100 \%,$$

josta määrittävän aineen massa ratkaistaan seuraavasti:

$$m(\text{määrittävä aine}) = \frac{m\text{-}\%}{100\%} \cdot m(\text{koko seos}).$$

Sijoitetaan annetut lukuarvot tähän yhtälöön, tehdään laskutoimitukset ja ilmoitetaan vastaus oikealla tarkkuudella:

$$m(\text{NaCl}) = \frac{0,90\%}{100\%} \cdot 5\,000 \text{ g} = 45,00 \text{ g} \approx 45 \text{ g.}$$

Liuoksen valmistus: Punnitaan 45 grammaa natriumkloridia ja mitataan 4 955 ml vettä (tai punnitaan 4 955 g vettä).

Vastaus:

$$m(\text{NaCl}) = 45 \text{ g}$$

$$V(\text{H}_2\text{O}) = 4\,955 \text{ ml tai } m(\text{H}_2\text{O}) = 4\,955 \text{ g}$$

2.29 10,0 litraan vettä lisättiin 3,0 litraa mehutiivistettä. Mikä on näin saadun liuoksen mehutiivistepitoisuus tilavuusprosentteina?

Ratkaisu:

$$V(\text{vesi}) = 10,0 \text{ l}$$

$$V(\text{mehutiiviste}) = 3,0 \text{ l}$$

$$\text{til-\%}(\text{mehutiiviste}) = ?$$

Lasketaan mehun kokonaistilavuus:

$$V(\text{koko liuos}) = V(\text{vesi}) + V(\text{mehutiiviste}) = 10,0 \text{ l} + 3,0 \text{ l} = 13,0 \text{ l}.$$

Käytetään suureyhtälöä

$$\text{til-\%} = \frac{V(\text{liuennut aine})}{V(\text{koko liuos})} \cdot 100 \%$$

$$\text{til-\%}(\text{mehutiiviste}) = \frac{V(\text{mehutiiviste})}{V(\text{koko liuos})} \cdot 100 \% = \frac{3,0 \text{ l}}{13,0 \text{ l}} \cdot 100 \% = 23,08 \% \approx 23 \%$$

Vastaus:

$$\text{til-\%}(\text{mehutiiviste}) = 23 \%$$

2.30 2,0 litraan 20-tilavuusprosenttista etanoliliuosta lisätään 0,80 litraa vettä. Mikä on näin saadun liuoksen etanolipitoisuus tilavuusprosentteina?

Ratkaisu:

$$V(\text{etanoliliuos}) = 2,0 \text{ l}$$

$$\text{til-}\%(\text{etanol})_1 = 20 \%$$

$$V(\text{vesi}) = 0,80 \text{ l}$$

$$\text{til-}\%(\text{etanol})_2 = ?$$

Lasketaan ensin etanolin tilavuus alkuperäisessä liuoksessa suureyhtälöstä

$$\text{til-}\% = \frac{V(\text{liuennut aine})}{V(\text{koko liuos})} \cdot 100 \%, \text{ jota muokkaamalla saadaan}$$

$$V(\text{liuennut aine}) = \frac{\text{til-}\%}{100\%} \cdot V(\text{koko liuos}), \text{ jolloin}$$

$$V(\text{etanol}) = \frac{20\%}{100\%} \cdot 2,0 \text{ l} = 0,40 \text{ l.}$$

Liuoksen uusi kokonaistilavuus veden lisäyksen jälkeen on

$$V(\text{koko liuos}) = 2,0 \text{ l} + 0,80 \text{ l} = 2,8 \text{ l.}$$

Etanolin tilavuusprosenttinen osuus tässä liuoksessa on

$$\text{til-}\%(\text{etanol})_2 = \frac{0,40 \text{ l}}{2,8 \text{ l}} \cdot 100 \% = 14,29 \% \approx 14 \%.$$

Vastaus:

$$\text{til-}\%(\text{etanol}) = 14 \%$$

2.31 Bensiinissä saa olla 1,0 tilavuusprosenttia jäänestoainetta. Kuinka monta millilitraa jäänestoainetta saa lisätä 54 litraan bensiiniä?

Ratkaisu:

$$V(\text{bensiiini}) = 54 \text{ l}$$

$$\text{til-\%}(\text{jäänestoaine}) = 1,0 \%$$

$$V(\text{seos}) = V(\text{bensiiini}) + V(\text{jäänestoaine})$$

$$V(\text{jäänestoaine}) = ?$$

Koska jäänestoaineen osuus on 1,0 tilavuusprosenttia, on bensiiniä 99 tilavuusprosenttia. Tästä voidaan ratkaista koko seoksen tilavuus seuraavasti:

$$0,99 \cdot x = 54 \text{ l, josta ratkaisuna } x = 54,545 \text{ l.}$$

Jäänestoaineen tilavuus saadaan seuraavasti:

$$V(\text{jäänestoaine}) = V(\text{seos}) - V(\text{bensiiini})$$

$$= 54,545 \text{ l} - 54 \text{ l}$$

$$= 0,545 \text{ l}$$

$$\approx 550 \text{ ml (kahden merkitsevän numeron tarkkuudella).}$$

Vastaus:

$$V(\text{jäänestoaine}) = 550 \text{ ml}$$

2.32 Laboratoriossa valmistetaan 5,00 litraa vesiliuosta, joka sisältää 5,00 tilavuusprosenttia etanolia, 12,6 tilavuusprosenttia metanolia ja 16,5 tilavuusprosenttia asetonia. Mikä tilavuus kutakin nestettä tarvitaan?

Ratkaisu:

$$\text{til-\%}(\text{etanoli}) = 5,00 \%$$

$$\text{til-\%}(\text{metanoli}) = 12,6 \%$$

$$\text{til-\%}(\text{asetoni}) = 16,5 \%$$

Koska liuoksessa on myös vettä, ratkaistaan veden tilavuusprosenttinen osuus seuraavasti:

$$\text{til-\%}(\text{H}_2\text{O}) = (100,0 - 5,00 - 12,6 - 16,5) \% = 65,9 \%$$

$$V(\text{liuos}) = 5,00 \text{ l}$$

$$V(\text{etanoli}) = ?$$

$$V(\text{metanoli}) = ?$$

$$V(\text{asetoni}) = ?$$

$$V(\text{vesi}) = ?$$

Ratkaistaan kunkin nesteen tilavuus suureyhtälöstä:

$$V(\text{liuennut aine}) = \frac{\text{til-\%}(\text{liuennut aine})}{100\%} \cdot V(\text{koko liuos}).$$

Sijoitetaan annetut lukuarvot tähän yhtälöön, tehdään laskutoimitukset ja ilmoitetaan vastaus oikealla tarkkuudella:

$$V(\text{etanoli}) = \frac{5,00\%}{100\%} \cdot 5,00 \text{ l} = 0,25000 \text{ l} \approx 250 \text{ ml}$$

$$V(\text{metanoli}) = \frac{12,6\%}{100\%} \cdot 5,00 \text{ l} = 0,63000 \text{ l} \approx 630 \text{ ml}$$

$$V(\text{asetoni}) = \frac{16,5\%}{100\%} \cdot 5,00 \text{ l} = 0,82500 \text{ l} \approx 825 \text{ ml}$$

$$V(\text{vesi}) = \frac{65,9\%}{100\%} \cdot 5,00 \text{ l} = 3,2950 \text{ l} \approx 3\,300 \text{ ml}.$$

Vastaus:

$$V(\text{etanoli}) = 250 \text{ ml}$$

$$V(\text{metanoli}) = 630 \text{ ml}$$

$$V(\text{asetoni}) = 825 \text{ ml}$$

$$V(\text{vesi}) = 3\,300 \text{ ml}.$$

Tehtävien ratkaisut

3.1 Atomin rakenneosat

3.2 Hyödynnä taulukkokirjaa ja täydennä puuttuvat tiedot. Laske, kuinka moninkertainen protonin ja neutronin massa on elektronin massa verrattuna.

Alkeishiukkanen	Lepomassa (kg)	Varaus (C)
protoni (p ⁺)		
neutroni (n ⁰)		
elektroni (e ⁻)		

Ratkaisu:

Alkeishiukkanen	Lepomassa (kg)	Varaus (C)
protoni (p ⁺)	$1,672\ 6216 \cdot 10^{-27}$	$1,602\ 176\ 565 \cdot 10^{-19}$
neutroni (n ⁰)	$1,674\ 9273 \cdot 10^{-27}$	0
elektroni (e ⁻)	$9,109\ 3822 \cdot 10^{-31}$	$-1,602\ 176\ 565 \cdot 10^{-19}$

Protonin massan suhde elektronin massa on

$$\frac{m(p^+)}{m(e^-)} = \frac{1,672\ 6216 \cdot 10^{-27} \text{ kg}}{9,109\ 3822 \cdot 10^{-31} \text{ kg}} = 1836 \approx 1800$$

Neutronin massan suhde elektronin massa on

$$\frac{m(n^0)}{m(e^-)} = \frac{1,674\ 9273 \cdot 10^{-27} \text{ kg}}{9,109\ 3822 \cdot 10^{-31} \text{ kg}} = 1839 \approx 1800$$

3.3 Ratkaise seuraavat laskutehtävät.

a) Hyödynnä "Tiedätkö"-tekstiä ja laske yhden lyijyatomien massa. Ilmoita tulos kahden merkitsevän numeron tarkkuudella.

b) Laske tehtävän 2 taulukon avulla yhden lyijyatomien massa, kun yhdessä lyijyatomissa tiedetään olevan 82 protonia ja 126 neutronia. Ilmoita tulos kahden merkitsevän numeron tarkkuudella. Ilmoita tulos sekä kilogrammoina että grammoina.

Ratkaisu:

a)

Yhden lyijyatomien massa on

$$m(\text{Pb}) = \frac{1,0 \text{ g}}{3,0 \cdot 10^{21}} = 3,333 \cdot 10^{-22} \text{ g} \approx 3,3 \cdot 10^{-22} \text{ g}$$

b)

Lyijyatomien massa on

$$\begin{aligned} m(\text{Pb}) &= 82 \cdot m(\text{p}^+) + 126 \cdot m(\text{n}^0) + 82 \cdot m(\text{e}^-) \\ &= 82 \cdot 1,672\,6216 \cdot 10^{-27} \text{ kg} + 126 \cdot 1,674\,9273 \cdot 10^{-27} \text{ kg} + 82 \cdot 9,109\,3822 \cdot 10^{-31} \text{ kg} \\ &= 3,483 \cdot 10^{-25} \text{ kg} \\ &\approx 3,5 \cdot 10^{-25} \text{ kg} \\ &\Rightarrow 3,5 \cdot 10^{-22} \text{ g} \end{aligned}$$

Vastaus:

a) $m(\text{Pb}) = 3,3 \cdot 10^{-22} \text{ g}$

b) $m(\text{Pb}) = 3,5 \cdot 10^{-25} \text{ kg} = 3,5 \cdot 10^{-22} \text{ g}$

Tehtävien ratkaisut

5.1 Vesi ja vesiliuokset

5.9 Taulukossa on kahden ioniyhdisteen, kaliumkloraaatin (KClO_3) ja natriumkloridin (NaCl), liukoisuudet eri lämpötiloissa.

Lämpötila ($^{\circ}\text{C}$)	Liukoisuus (g/100 g vettä)	
	KClO_3	NaCl
10	5,1	35,8
30	10,1	36,2
50	18,5	36,8
70	30,2	37,6
90	46,0	38,6

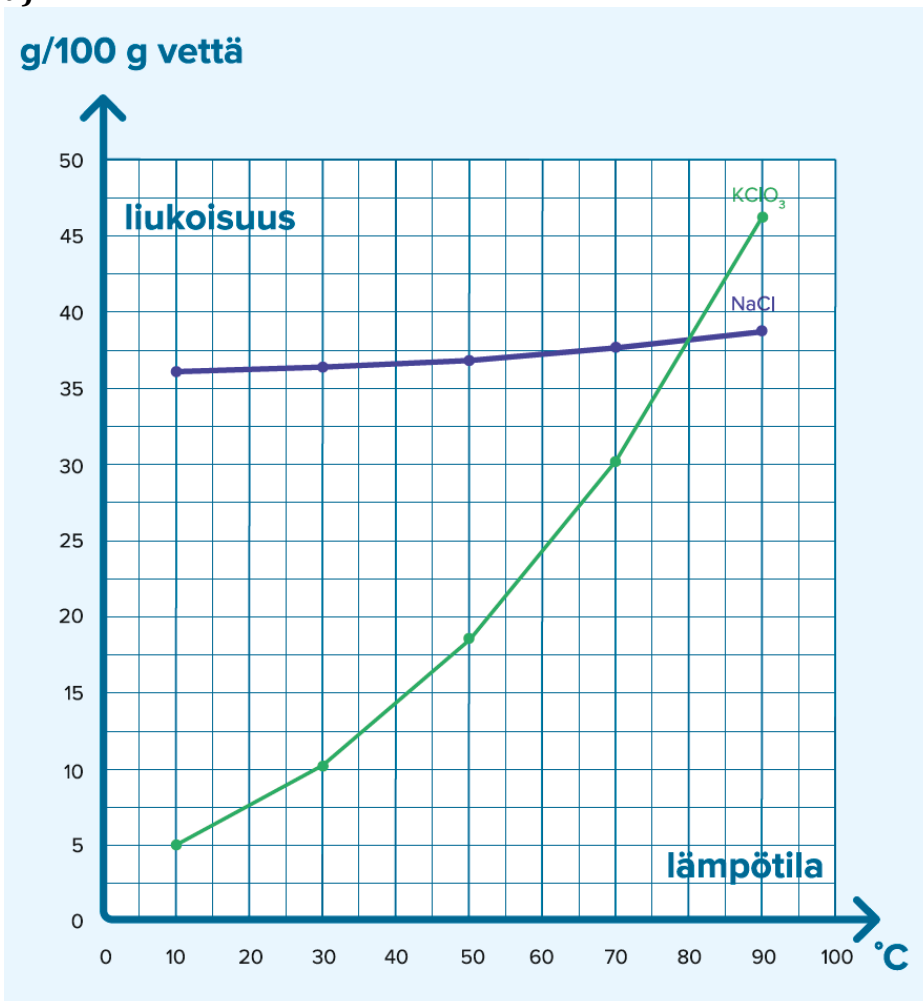
a) Piirrä KClO_3 :n ja NaCl :n liukoisuuskuvaajat eli esitä aineiden liukoisuus lämpötilan funktiona samassa kuvaajassa.

b) Tulkitse kuvaajalta, missä lämpötilassa liukoisuudet ovat yhtä suuret.

c) 200 grammaan vettä, jonka lämpötila on 80°C , liuotetaan kaliumkloraaattia niin paljon, että saadaan kylläinen liuos. Hyödynnä liukoisuuskuvaajaa ja laske, kuinka paljon kaliumkloraaattia kiteytyy, kun tämä liuos jäädytetään 20 -asteiseksi.

Ratkaisu:

a)



b) noin 80 °C:ssa

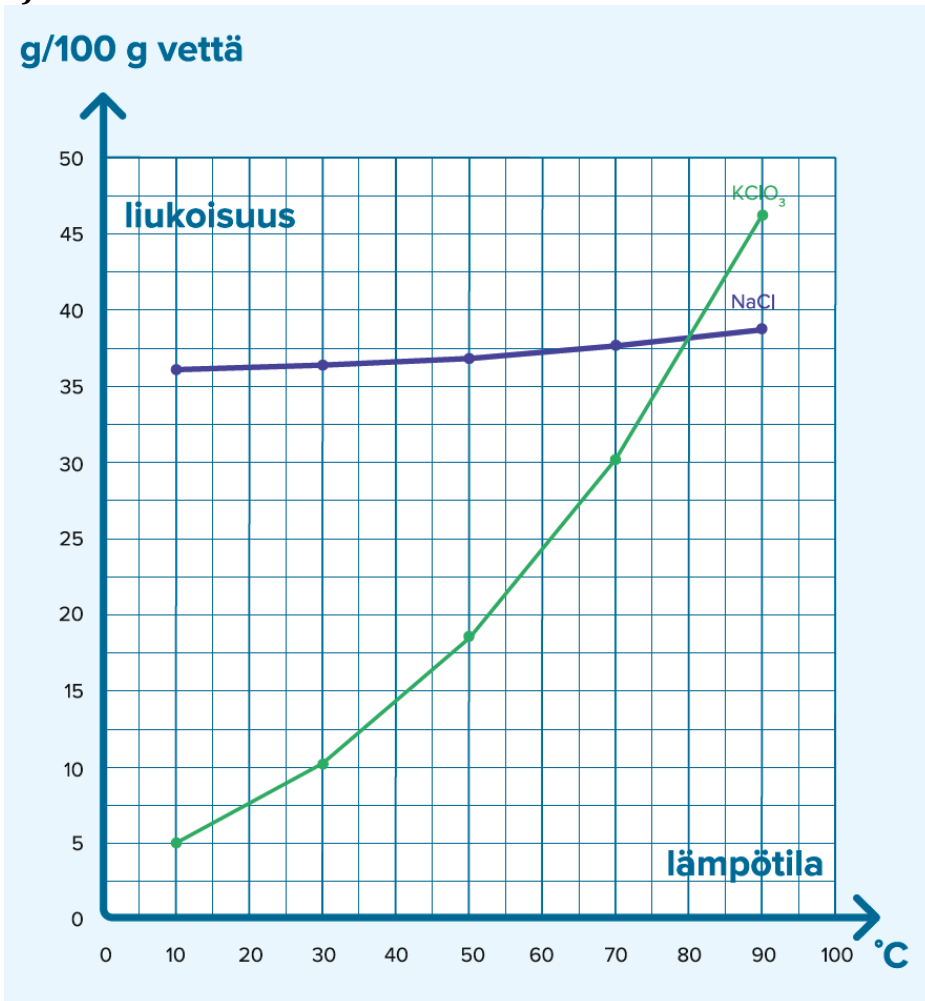
c) Kuvaajan perusteella kaliumkloraattia liukenee 100 grammaan vettä 80 °C:een lämpötilassa noin 38 grammaa. Siten 200 grammaan vettä kaliumkloraattia liukenee $2 \cdot 38 \text{ g} = 76 \text{ g}$.

Edelleen kuvaajasta nähdään, että 20 °C:een lämpötilassa kaliumkloraattia liukenee 100 grammaan vettä noin 8,0 grammaa. Siten 200 grammaan vettä kaliumkloraattia liukenee $2 \cdot 8,0 \text{ g} = 16 \text{ g}$.

Kiteytyvän kaliumkloraaatin määrä on siis $76 \text{ g} - 16 \text{ g} = 60 \text{ g}$.

Vastaus:

a)



b) n. 80 °C:ssa

c) n. 60 g

5.14 Järveen kulkeutuvaa elohopeaa voi kertyä kaloihin niin paljon, että tietyn kalan runsas syöminen on ihmiselle haitallista. Jos kalan elohopeapitoisuus on yli 0,50 ppm, sitä tulisi syödä vain kerran viikossa. Eräässä tutkimuksessa hauen elohopeapitoisuudeksi saatiin 0,60 mg/kg. Paljonko tämä pitoisuus on ppm-arvona? Olisiko tämän kalan syöntiä pitänyt rajoittaa?

Ratkaisu:

Elohopeapitoisuus on 0,60 mg/kg. Kun muutetaan elohopean massa kilogrammoiksi, saadaan $0,60 \cdot 10^{-6}$ kg.
ppm-arvo saadaan, kun lasketaan, kuinka monta miljoonasosaa tämä massa on yhdestä kilogrammasta:

$$\frac{0,60 \cdot 10^{-6} \text{ kg}}{1,0 \text{ kg}} \cdot 1\,000\,000 = 0,60.$$

Vastaus:

Kalan elohopeapitoisuus on 0,60 ppm. Kalan syöntiä olisi pitänyt rajoittaa.

5.15 Hapeton vesi on epämiellyttävän hajuista ja makuista. Talousveden happipitoisuudelle ei ole määritelty erityistä raja-arvoa, mutta hyvässä kaivovedessä happea on yli 3,0 mg litrassa. Ilmoita tämä happipitoisuus

a) massaprosenttisenä osuutena

b) ppm-arvona.

Veden tiheydeksi voidaan olettaa 1,0 g/ml.

Ratkaisu:

a)

$$m(\text{O}_2) = 3,0 \text{ mg}$$

$$\rho(\text{H}_2\text{O}) = 1,0 \text{ g/ml}$$

Veden tiheyden perusteella 1 litra eli 1 000 ml vettä painaa 1 000 g. Milligrammoiksi muutettuna tämä on 1 000 000 mg. Käytetään suureyhtälöä

$$m\text{-}\% = \frac{m(\text{määritettävä aine})}{m(\text{koko seos})} \cdot 100 \text{ \%}.$$

Hapen massaprosenttinen osuus on siis

$$m\text{-}\%(\text{O}_2) = \frac{m(\text{O}_2)}{m(\text{H}_2\text{O})} = \frac{3,0 \text{ mg}}{1\,000\,000 \text{ mg}} \cdot 100 \text{ \%} = 0,00030 \text{ \%}.$$

b)

$$m(\text{O}_2) = 3,0 \text{ mg}$$

$$m(\text{vesi}) = 1\,000\,000 \text{ mg}$$

ppm-arvo saadaan, kun lasketaan, kuinka monta miljoonasosaa hapen massa on veden massasta

$$\frac{3,0 \text{ mg}}{1\,000\,000 \text{ mg}} \cdot 1\,000\,000 = 3,0$$

Happipitoisuus on 3,0 ppm.

Vastaus:

a) $m\text{-}\%(\text{O}_2) = 0,00030 \text{ \%}$

b) happipitoisuus 3,0 ppm

5.16 Ruokaetikkipullon etiketissä on merkintä "sisältää 10 m-% etikkahappoa."

a) Mitä muuta ruokaetikka sisältää ja mikä on tämän aineen massaprosenttinen osuus?

b) Miten valmistaisit 250 grammaa ruokaetikkaa 100-prosenttisesta etikkahaposta punnitsemalla?

c) Käytettävänäsi on 100-prosenttista etikkahappoa. Miten valmistaisit 50 ml liuosta, jossa etikkahapon osuus on 5,0 tilavuusprosenttia?

Ratkaisu:

a)

$$m\text{-}\%(\text{etikkahappo}) = 10 \%$$

Ruokaetikassa on etikkahapon lisäksi vettä. Veden massaprosenttinen osuus on

$$m\text{-}\%(\text{H}_2\text{O}) = 100 \% - 10 \% = 90 \%$$

b)

$$m(\text{ruokaetikka}) = 250 \text{ g}$$

$$m\text{-}\%(\text{ruokaetikka}) = 10 \% = 0,10$$

100-prosenttista etikkahappoa tarvitaan:

$$m(\text{etikkahappo}) = 250 \text{ g} \cdot 0,10 = 25 \text{ g}$$

Liuoksen valmistus: punnitaan vaa'alla esimerkiksi dekantterilasiin ensin 25 grammaa 100-prosenttista etikkahappoa. Lisätään vettä niin paljon, että liuoksen kokonaismassaksi tulee 250 grammaa.

c)

$$\text{til-}\%(\text{ruokaetikka}) = 5,0 \% = 0,050$$

$$V(\text{liuos}) = 50 \text{ ml}$$

100-prosenttista etikkahappoa tarvitaan:

$$V(\text{etikkahappo}) = 50 \text{ ml} \cdot 0,050 = 2,5 \text{ ml}$$

Liuoksen valmistus: pipetoidaan mittapipettiä ja pumpettia käyttäen 2,5 ml 100-prosenttista etikkahappoa 50 ml:n mittapulloon (katso välineiden kuvat taulukkokirjasta). Täytetään mittapullo tislattulla vedellä merkkiin ja sekoitetaan liuos huolellisesti.

Vastaus:

a) vettä; $m\text{-}\%(\text{H}_2\text{O}) = 90 \%$

b) $m(\text{etikkahappo}) = 25 \text{ g}$

Punnitaan vaa'alla esimerkiksi dekantterilasiin ensin 25 grammaa

100-prosenttista etikkahappoa. Lisätään vettä niin paljon, että liuoksen kokonaismassaksi tulee 250 grammaa.

c) $V(\text{etikkahappo}) = 2,5 \text{ ml}$

Pipetoidaan mittapipettiä ja pumpettia käyttäen 2,5 ml 100-prosenttista etikkahappoa 50 ml:n mittapulloon (katso välineiden kuvat taulukkokirjasta). Täytetään mittapullo tislattulla vedellä merkkiin ja sekoitetaan liuos huolellisesti.

5.2 Ilma ja ilmakehä

5.19 Elokuussa 2014 kello 12.00 Helsingissä Mannerheimintiellä otsonipitoisuus oli $63 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Käytä hyväksi taulukkokirjasta löytyvää ilman tiheyttä ja ilmoita otsonipitoisuus ppm-arvona.

Ratkaisu:

Taulukkokirjan mukaan ilman tiheys on $1,293 \text{ kg}/\text{m}^3$.

Jotta voidaan ratkaista otsonin massan ($63 \mu\text{g}$) osuus ilman massasta, muunnetaan myös ilman massa mikrogrammoiksi. Yhden ilmakehiometrin massa on tällöin:

$$1,293 \text{ kg} = 1,293 \cdot 10^9 \mu\text{g}$$

Otsonipitoisuuden ppm-arvo saadaan, kun lasketaan, kuinka monta miljoonasosaa otsonin massa on ilman massasta:

$$\frac{63 \mu\text{g}}{1,293 \cdot 10^9 \mu\text{g}} \cdot 1\,000\,000 = 0,04872 \approx 0,049.$$

Otsonipitoisuus oli $0,049 \text{ ppm}$.

Vastaus:

Otsonipitoisuus on $0,049 \text{ ppm}$.

5.20 Ympäristökeskuksen mittauksen mukaan ilman otsonipitoisuus Kuopion keskustassa oli eräänä iltana 0,040 ppm. Käyttäen hyväksi taulukkokirjassa ilmoitettua ilman tiheyttä, ilmoita otsonipitoisuus yksikössä $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Ratkaisu:

$$\text{O}_3\text{-pitoisuus} = 0,040 \text{ ppm}$$

$$\rho(\text{ilma}) = 1,293 \text{ kg}/\text{m}^3 \text{ (taulukkokirjasta)}$$

$$\text{O}_3\text{-pitoisuus} = ? \text{ (yksikössä } \mu\text{g}/\text{m}^3\text{)}$$

Ilman tiheydestä nähdään, että yhden ilmakeuutiometrin massa on 1,293 kg. Muutetaan tämä massa samaan yksikköön kuin on esitetty otsonipitoisuuden yhteydessä:

$$1,293 \text{ kg} = 1,293 \cdot 10^9 \mu\text{g}.$$

Merkitään kysyttyä otsonipitoisuutta merkinnällä x . Saadaan suureyhtälö

$$\frac{x}{1,293 \cdot 10^9 \mu\text{g}} \cdot 1\,000\,000 = 0,040,$$

josta ratkaisuna

$$x = \frac{1,293 \cdot 10^9 \mu\text{g}}{1\,000\,000} \cdot 0,040 = 51,72 \approx 52.$$

Ilman otsonipitoisuus oli $52 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Vastaus:

Otsonipitoisuus on $52 \mu\text{g}/\text{m}^3$

5.21 Metaanikaasua ($\text{CH}_4(\text{g})$) syntyy eloperäisen jätteen hajotessa hapettomissa olosuhteissa. Metaania syntyy siten esimerkiksi kaatopaikoilla, luonnon kosteikoilla, soilla ja vesistöjen pohjakerroksissa. Se on ihmisen tuottamista kasvihuonekaasuista toiseksi merkittävin ilmaston lämpenemistä lisäävä kaasu hiilidioksidin jälkeen. Ilman metaanipitoisuus oli 1 800 ppb vuonna 2010, jonka jälkeen pitoisuus on pysynyt lähes muuttumattomana. Laske, kuinka monta millilitraa metaania yksi kuutiometri ilmaa sisältää.

Ratkaisu:

Yksi ppb tarkoittaa yhtä miljardisosaa eli $\frac{1}{1\,000\,000\,000}$.

Koska metaanin tilavuus kysytään millilitroina, muutetaan annettu ilman tilavuus (kuutiometri) myös millilitroiksi:

$$1\text{ m}^3 = 1\,000\,000\text{ ml}$$

Ratkaistaan, mikä tilavuus x metaania vastaa 1 800 ppb:tä ilman tilavuudesta:

$$1\,800 = \frac{x}{1\,000\,000\text{ ml}} \cdot 1\,000\,000\,000,$$

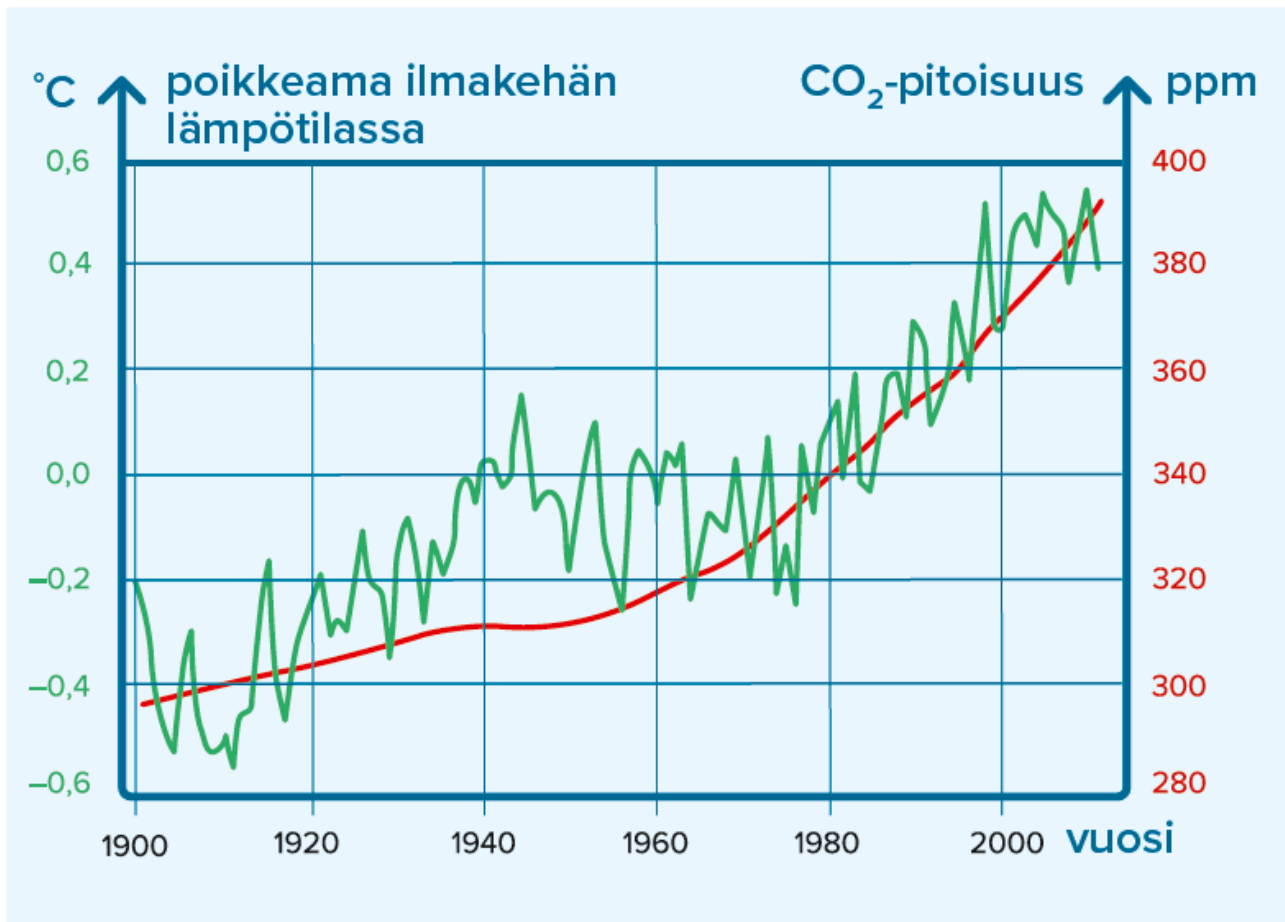
josta ratkaistuna $x = 1,8\text{ ml}$.

Yksi kuutiometri ilmaa sisältää 1,8 ml metaania.

Vastaus:

$$V(\text{CH}_4) = 1,8\text{ ml}$$

5.22 Tulkitse oheista kuvaajaa.



- Minkä vuoden arvoihin ilmaston lämpötilaa verrataan?
- Minä vuonna hiilidioksidipitoisuuden seuranta on aloitettu?
- Miten lämpötilan muutos aikavälillä 1960–1980 eroaa aikavälin 1980–2000 muutoksesta?
- Arvioi kuvaajan avulla, kuinka paljon (ppm) hiilidioksidipitoisuus kasvoi vuodessa aikavälillä 1920–1960 ja 1960–2000.

Ratkaisu:

a) 1939

b) 1900

c) Aikavälillä 1980–2000 lämpötilan muutos on ollut suurempaa kuin aikavälillä 1960–1980.

d)

Hiilidioksidipitoisuuden muutos aikavälillä 1920–1960:

$315 \text{ ppm} - 305 \text{ ppm} = 10 \text{ ppm}$

Hiilidioksidipitoisuuden muutos aikavälillä 1960–2000:

$370 \text{ ppm} - 315 \text{ ppm} = 55 \text{ ppm}$

Vastaus:

a) 1939

b) 1900

c) Aikavälillä 1980–2000 lämpötilan muutos on ollut suurempaa kuin aikavälillä 1960–1980.

d) 1920–1960: 10 ppm

1960–2000: 55 ppm

5.3 Kallio- ja maaperä

5.28 Kimberliitti on harvinainen, vulkaaninen kivilaji, jota on löydetty Kaavin ja Kuopion alueelta. Parhaimmillaan 1,0 tonnissa kimberliittiä voi olla 0,01 grammaa timanttia. Ilmoita tämä pitoisuus massaprosentteina.

Ratkaisu:

$$m(\text{kimberliitti}) = 1,0 \text{ t} = 1\,000 \text{ kg} = 1\,000\,000 \text{ g}$$

$$m(\text{timantti}) = 0,01 \text{ g}$$

$$m\text{-}\%(\text{timantti}) = ?$$

Ratkaistaan timantin massaprosenttinen osuus suureyhtälöstä:

$$m\text{-}\% = \frac{m(\text{määritettävä aine})}{m(\text{koko seos})} \cdot 100 \text{ \%}.$$

Ratkaisuksi saadaan:

$$m\text{-}\%(\text{timantti}) = \frac{m(\text{timantti})}{m(\text{kimberliitti})} \cdot 100 \text{ \%} = \frac{0,01 \text{ g}}{1\,000\,000 \text{ g}} \cdot 100 \text{ \%} = 0,000001 \text{ \%} = 1 \cdot 10^{-6} \text{ \%}.$$

Vastaus:

$$m\text{-}\%(\text{timantti}) = 1 \cdot 10^{-6} \text{ \%}$$

Jakso 5 Harjoittele lisää!

Ylioppilastehtäviä

2. Alla olevassa taulukossa on merkitty kahden suolan, kaliumnitraatin ja natriumkloridin, liukoisuudet veteen eri lämpötiloissa ja normaalipaineessa.

Lämpötila (°C)	0	20	40	60	80
Kaliumnitraatin liukoisuus (g/100 g H ₂ O)	12,1	29,0	62,0	112	175
Natriumkloridin liukoisuus (g/100 g H ₂ O)	34,2	35,0	36,3	38,0	40,0

a) Piirrä suolojen liukoisuuskäyrät

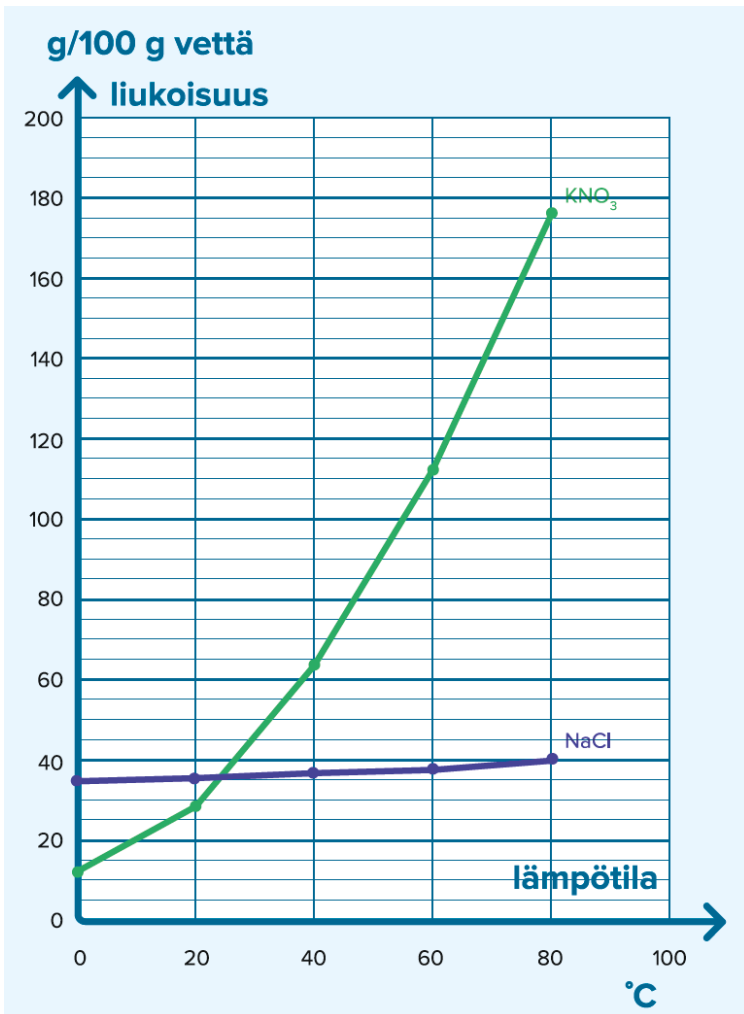
Tutkittavana on vesiliuos, joka sisältää 90,0 g kaliumnitraattia ja 10,0 g natriumkloridia.

b) Kuinka monta grammaa kaliumnitraattia ja natriumkloridia saostuu, kun liuoksen tilavuus lämpötilassa 50 °C on haihdutettu 45 millilitraan?

c) Päätele liukoisuuskäyrien avulla, miten suolat voitaisiin erottaa mahdollisimman hyvin toisistaan. Kuinka monta prosenttia alkuperäisestä kaliumnitraattimäärästä voidaan näin saada puhtaana suolana? (Yo syksy 2012)

Ratkaisu:

a)



b) Kuvaajalta nähdään, että lämpötilassa 50 °C kaliumnitraatin liukoisuus on 85 g / 100 g vettä ja natriumkloridin liukoisuus on 37 g / 100 g vettä. Olettaen, että 1 millilitra vettä painaa 1 gramman, on kaliumnitraatin liukoisuus 85 g / 100 ml ja natriumkloridin liukoisuus 37 g / 100 ml.

Lasketaan kummankin suolan massa, kun liuoksen tilavuus on haihdutettu 45 ml:ksi. Eli ratkaistaan, kuinka paljon kaliumnitraattia ja natriumkloridia liukenee 45 ml:n tilavuuteen:

$$m(\text{KNO}_3) = 45 \text{ ml} \cdot 85 \text{ g} / 100 \text{ ml} = 38 \text{ g}$$

$$m(\text{NaCl}) = 45 \text{ ml} \cdot 37 \text{ g} / 100 \text{ ml} = 17 \text{ g}.$$

Ratkaistaan kuinka paljon suoloja saostuu tutkittavasta vesiliuoksesta:

$$\text{kaliumnitraattia saostuu } 90,0 \text{ g} - 38 \text{ g} = 52 \text{ g}$$

Natriumkloridia ei saostu, sillä tutkittavassa liuoksessa oleva natriumkloridin massa (10,0 g) on pienempi, kuin mitä voi liueta 45 ml:aan vettä.

c) Haihdutetaan liuosta edelleen siten, että kokonaistilavuus on 30 ml ja jäädytetään liuos 0 °C:een. Taulukon mukaan natriumkloridin liukoisuus 0 °C:ssa on 34,2 g / 100 ml.

Tässä lämpötilassa 30 ml:n tilavuuteen liukenisi natriumkloridia
 $30 \text{ ml} \cdot 34,2 \text{ g} / 100 \text{ ml} = 10,3 \text{ grammaa}$. Koska natriumkloridia on tutkittavassa vesiliuoksessa vain 10,0 grammaa, sitä ei saostuisi.

Kaliumnitraatin liukoisuus 0 °C:ssa on 12,1 g. Tässä lämpötilassa sitä liukenisi 30 ml:aan liuosta:

$30 \text{ ml} \cdot 12,1 \text{ g} / 100 \text{ ml} = 3,6 \text{ grammaa}$.

Suurin osa kaliumnitraatista siis saostuisi.

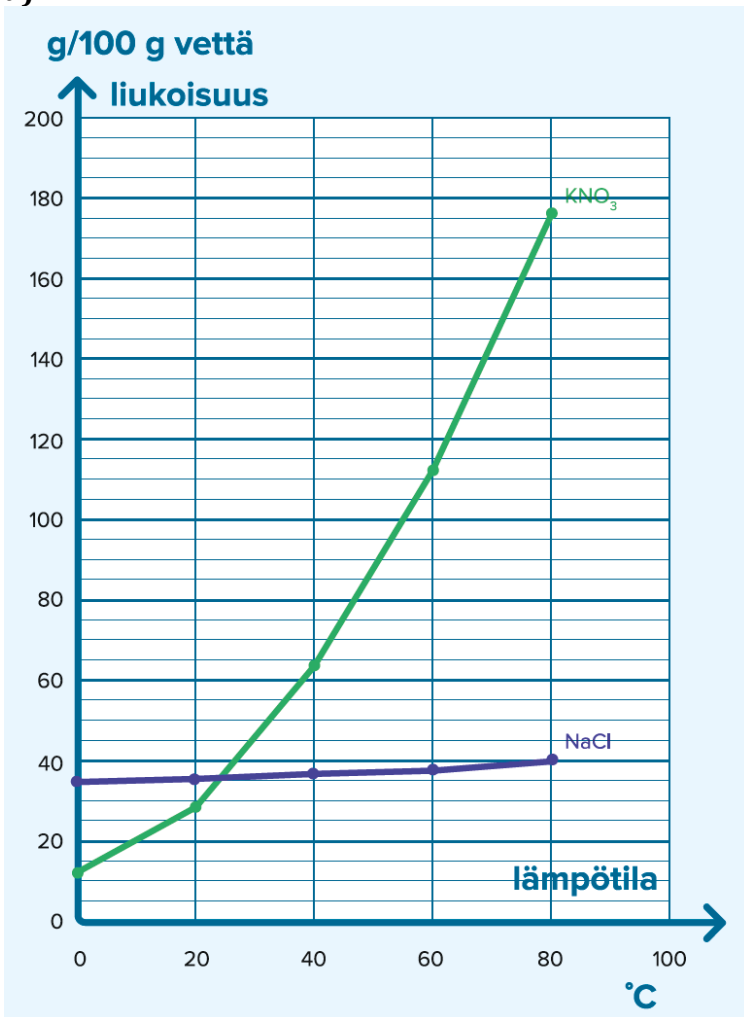
Saostuva kaliumnitraatin massa on $90,0 \text{ g} - 3,6 \text{ g} = 86,4 \text{ g}$.

Saostuvan massan osuus alkuperäisestä kaliumnitraatin massasta on:

$$m\text{-}\%(KNO_3) = \frac{86,4 \text{ g}}{90,0 \text{ g}} \cdot 100 \% = 96,0 \%$$

Vastaus:

a)



b) Kaliumnitraattia saostuu 52 g, natriumkloridia saostuu 0 g.

c) Haihdutetaan liuosta edelleen siten, että kokonaistilavuus on 30 ml ja jäädytetään liuos 0 °C:een. Natriumkloridia ei tällöin saostu. Kaliumnitraattia saostuu 86,4 g.
 $m\text{-}\%(\text{KNO}_3) = 96,0 \%$.