

Mooli

KE3

Jakso 1

Harjoittele-tehtävien
malliratkaisut



1.1 Vertaile liuosten väkevyyksiä

Järjestä liuokset laimeimmasta väkevimpään.

- A NaCl(aq) $c = 2,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol/dm}^3$
- B KCl(aq) $c = 0,20 \text{ mol/l}$
- C $\text{CaCO}_3\text{(aq)}$ $c = 0,004 \text{ mol/dm}^3$
- D $\text{Na}_2\text{SO}_4\text{(aq)}$ $c = 20 \text{ mmol/dm}^3$

Ratkaisu:

A – C – D – B

1.2 Mitkä välineet valitset?

Tehtävänäsi on valmistaa kiinteästä natriumhydroksidista 100 millilitraa liuosta, jonka natriumhydroksidikonsentraatio on $0,20 \text{ mol/dm}^3$. Valitse oheisesta listasta kolme välinettä, joita käyttäisit liuoksen valmistamiseen. Selitä lyhyesti, mihin tarvitset valitsemaasi välinettä.

100 ml dekantterilasi
lasisauva
10 ml täyspipetti
100 ml mittalasi
100 ml mittapullo
100 ml erlenmeyerpullo

Ratkaisu:

100 ml dekantterilasi – kiinteän natriumhydroksidin liuottamiseen

lasisauva – liuoksen sekoittamiseen natriumhydroksidin liukenemisen aikana

100 ml mittapullo – liuoksen lopputilavuuden säätämiseen tarkasti 100 ml:ksi

1.3 Mittapullojen merkitseminen

Etsi aineiden käyttöturvallisuustiedotteet ja esitä varoitusmerkit, joiden tulee olla aineiden väkeviä vesiliuoksia sisältävissä astioissa.

- a) fenoli
- b) rikkihappo
- c) nikkeli(II)kloridiheksahydraatti

Ratkaisu:



1.4 Väittämiä liuoksen valmistamisesta ja laimentamisesta

Valitse oikeat väittämät. Korjaa virheelliset väittämät.

- a) Sakkaroosiliuoksen valmistamista varten kiinteää sakkaroosia punnittiin 0,7555 grammaa. Punnitustulos on ilmoitettu 0,1 milligramman tarkkuudella.
- b) Kun valmistetaan 100 millilitraa natriumhydroksidiliuosta, jonka $c = 1,0 \text{ mol/dm}^3$, liuos valmistetaan mittalasiin.
- c) Merkinän $c(\text{NaCl}) = 0,50 \text{ mol/l}$ perusteella liuos sisältää 0,50 moolia natriumkloridia litrassa vettä.
- d) Rikkihappoliuoksen konsentraatio on $1,0 \text{ mol/l}$. Kun tästä liuoksesta valmistetaan 50 millilitraa laimennosta, jossa rikkihapon konsentraatio on $0,20 \text{ mol/l}$, väkevämpää liuosta tarvitaan 10 millilitraa.
- e) Glukoosiliuoksen konsentraatio on $2,0 \text{ mol/dm}^3$. Kun tätä liuosta mitataan tarkasti 10 millilitraa 50 millilitran mittapulloon ja täytetään pullo merkkiviivaan asti, liuoksen glukoosikonsentraatio on $0,40 \text{ mol/dm}^3$.
- f) Kohdan e) laimennosta varten 10 millilitraa mitataan mittalasilla.

Ratkaisu:

Oikeat väittämät: a, d, e

Virheellisten väittämien korjaukset. Korjattu kohta lihavoituna.

b) Liuos valmistetaan **mittapulloon**.

c) Liuos sisältää 0,50 moolia natriumkloridia litrassa **liuosta**.

f) 10 millilitraa mitataan **mittapipetillä** (tai **täyspipetillä**).

1.5 Liuenneen aineen ainemäärän laskeminen

Ratkaise liuenneen aineen ainemäärä, kun

a) $c(\text{HCl}) = 1,0 \text{ mol/dm}^3$, $V(\text{liuos}) = 200 \text{ ml}$.

b) $c(\text{KOH}) = 0,15 \text{ mol/l}$, $V(\text{liuos}) = 100 \text{ ml}$.

c) $c(\text{NH}_3) = 25 \text{ mmol/dm}^3$, $V(\text{liuos}) = 25 \text{ ml}$.

Ratkaisu:

Kaikissa kohdissa liuenneen aineen ainemäärä (n) saadaan ratkaistua suureyhtälöstä

$$c = \frac{n}{V}, \text{ josta } n = c \cdot V.$$

a) $c(\text{HCl}) = 1,0 \text{ mol/dm}^3$

$V(\text{liuos}) = 200 \text{ ml} = 0,200 \text{ dm}^3$

$n(\text{HCl}) = ?$

$$n(\text{HCl}) = 1,0 \text{ mol/dm}^3 \cdot 0,200 \text{ dm}^3 = 0,20 \text{ mol}$$

b) $c(\text{KOH}) = 0,15 \text{ mol/l}$

$V(\text{liuos}) = 100 \text{ ml} = 0,100 \text{ l}$

$n(\text{KOH}) = ?$

$$n(\text{KOH}) = 0,15 \text{ mol/l} \cdot 0,100 \text{ l} = 0,015 \text{ mol}$$

$$\text{c) } c(\text{NH}_3) = 25 \text{ mmol/dm}^3 = 25 \cdot 10^{-3} \text{ mol/dm}^3$$

$$V(\text{liuos}) = 25 \text{ ml} = 0,025 \text{ dm}^3$$

$$n(\text{NH}_3) = ?$$

$$n(\text{NH}_3) = 25 \cdot 10^{-3} \text{ mol/dm}^3 \cdot 0,025 \text{ dm}^3 = 6,250 \cdot 10^{-4} \text{ mol} \approx 6,3 \cdot 10^{-4} \text{ mol} (0,63 \text{ mmol})$$

1.6 Liotettavan aineen massan laskeminen

Mikä massa kiinteää ainetta tulee punnita, kun valmistetaan seuraavat liuokset? Ilmoita massa milligramman tarkkuudella.

$$\text{a) } c(\text{NH}_4\text{Cl}) = 0,10 \text{ mol/l}, V(\text{liuos}) = 50 \text{ ml}$$

$$\text{b) } c(\text{Mg}(\text{NO}_3)_2) = 0,25 \text{ mol/l}, V(\text{liuos}) = 250 \text{ ml}$$

$$\text{c) } c(\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}) = 10 \text{ mmol/dm}^3, V(\text{liuos}) = 25 \text{ cm}^3$$

Ratkaisu:

Ratkaistaan ensin liuenneen aineen ainemäärä (n) suureyhtälöstä

$$c = \frac{n}{V}, \text{ josta } n = c \cdot V.$$

Tämän jälkeen ratkaistaan kysytty kiinteän aineen massa (m) suureyhtälöstä

$$n = \frac{m}{M}, \text{ josta } m = n \cdot M.$$

$$\text{a) } c(\text{NH}_4\text{Cl}) = 0,10 \text{ mol/l}$$

$$V(\text{liuos}) = 50 \text{ ml} = 0,050 \text{ l}$$

$$M(\text{NH}_4\text{Cl}) = 53,492 \text{ g/mol}$$

$$m(\text{NH}_4\text{Cl}) = ?$$

$$n(\text{NH}_4\text{Cl}) = 0,10 \text{ mol/l} \cdot 0,050 \text{ l} = 5,000 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

$$m(\text{NH}_4\text{Cl}) = 5,000 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot 53,492 \text{ g/mol} = 2,675 \text{ g}$$

$$\text{b) } c(\text{Mg}(\text{NO}_3)_2) = 0,25 \text{ mol/l}$$

$$V(\text{liuos}) = 250 \text{ ml} = 0,250 \text{ l}$$

$$M(\text{Mg}(\text{NO}_3)_2) = 148,33 \text{ g/mol}$$

$$m(\text{Mg}(\text{NO}_3)_2) = ?$$

$$n(\text{Mg}(\text{NO}_3)_2) = 0,25 \text{ mol/l} \cdot 0,250 \text{ l} = 0,06250 \text{ mol}$$

$$m(\text{Mg}(\text{NO}_3)_2) = 0,06250 \text{ mol} \cdot 148,33 \text{ g/mol} = 9,271 \text{ g}$$

$$\text{c) } c(\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}) = 10 \text{ mmol/dm}^3 = 10 \cdot 10^{-3} \text{ mol/dm}^3$$

$$V(\text{liuos}) = 25 \text{ cm}^3 = 0,025 \text{ dm}^3$$

$M(\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}) = 315,474 \text{ g/mol}$ (Muista lisätä moolimassan lukuarvoon kahdeksan vesimolekyylin moolimassa.)

$$m(\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}) = ?$$

$$n(\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}) = 10 \cdot 10^{-3} \text{ mol/dm}^3 \cdot 0,025 \text{ dm}^3 = 2,500 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$$

$$m(\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}) = 2,500 \cdot 10^{-4} \text{ mol} \cdot 315,474 \text{ g/mol} = 0,07887 \text{ g} \approx 0,079 \text{ g} (79 \text{ mg})$$

1.7 Liuoksen konsentraation päättelyminen

Päätele laimennetun liuoksen konsentraatio, kun

a) natriumkloridiliuosta, jonka konsentraatio on 2,0 mol/l, pipetoidaan 10 millilitraa ja liuos laimennetaan 100 millilitraksi.

b) suolahappoliuosta, jonka konsentraatio on 8,0 mol/l, pipetoidaan 50 millilitraa ja liuos laimennetaan 200 millilitraksi.

c) ammoniakkiliuosta, jonka konsentraatio on 12 mol/l, pipetoidaan 10 millilitraa ja liuos laimennetaan 500 millilitraksi.

Ratkaisu:

a) Kun pipetoidaan 10 ml väkevää liuosta ja se laimennetaan 100 ml:ksi, liuos laimenee kymmenkertaisesti. Laimennetun liuoksen konsentraatio on siten $\frac{1}{10}$ alkuperäisen liuoksen konsentraatiosta eli 0,20 mol/l.

b) Kun pipetoidaan 50 ml väkevää liuosta ja se laimennetaan 200 ml:ksi, liuos laimenee nelinkertaisesti. Laimennetun liuoksen konsentraatio on siten $\frac{1}{4}$ alkuperäisen liuoksen konsentraatiosta eli 2,0 mol/l.

c) Kun pipetoidaan 10 ml väkevää liuosta ja se laimennetaan 500 ml:ksi, liuos laimenee viisikymmenkertaisesti. Laimennetun liuoksen konsentraatio on siten $\frac{1}{50}$ alkuperäisen liuoksen konsentraatiosta eli 0,24 mol/l.

1.8 Natriumkloridiliuoksen valmistaminen

Käytössäsi on kiinteää natriumkloridia, analyysivaaka, 100 ml:n dekantterilasi, lasisauva, 100 ml:n mittapullo ja käänteisosmoosilla puhdistettua vettä. Tehtäväsi on valmistaa 100 millilitraa liuosta, jonka natriumkloridikonsentraatio on 0,250 mol/l.

a) Selitä, kuinka valmistat liuoksen.

b) Ratkaise, mikä massa natriumkloridia tulee punnita.

Ratkaisu:

a) Liuos valmistetaan seuraavasti:

Punnitaan mahdollisimman tarkasti tarvittava määrä kiinteää natriumkloridia.

Liuotetaan natriumkloridi 100 ml:n dekantterilasissa noin 50 ml:aan (liuoksen lopputilavuutta pienempään tilavuuteen) vettä. Sekoitetaan liuosta liuottamisen aikana lasisauvalla.

Kun kaikki natriumkloridi on liuennut, siirretään liuos 100 ml:n mittapulloon ja huuhdotaan dekantterilasi ja lasisauva muutaman kerran pienellä määrällä vettä. Lisätään huuhteluliuokset mittapulloon.

Täytetään mittapullo merkkiviivaan saakka vedellä siten, että liuoksen kaareva alapinta on merkkiviivan kohdalla.

Suljetaan mittapullo ja käännellään pulloa ylösalaisin muutamia kertoja. Tehdään pulloon tarvittavat merkinnät (NaCl(aq) , $c = 0,250 \text{ mol/l}$, valmistuspäivämäärä ja tekijän nimikirjaimet). Koska kyseessä on laimea NaCl -liuos, mittapulloon ei tarvitse lisätä varoitusmerkkejä.

b) $c(\text{NaCl}) = 0,250 \text{ mol/l}$

$V(\text{liuos}) = 100 \text{ ml} = 0,100 \text{ l}$ (Huomaa yksikkömuunnos ja muunnoksen tarkkuus.)

$M(\text{NaCl}) = 58,44 \text{ g/mol}$

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

Ratkaistaan natriumkloridin ainemäärä suureyhtälöstä

$$c = \frac{n}{V}, \text{ josta } n = c \cdot V.$$

$$n(\text{NaCl}) = 0,250 \text{ mol/l} \cdot 0,100 \text{ l} = 0,025000 \text{ mol}$$

Ratkaistaan tätä ainemäärää vastaava natriumkloridin massa suureyhtälöstä

$$n = \frac{m}{M}, \text{ josta } m = n \cdot M.$$

$$m(\text{NaCl}) = 0,025000 \text{ mol} \cdot 58,44 \text{ g/mol} = 1,4610 \text{ g} \approx 1,46 \text{ g} \text{ (Pyöristys tehty lähtöarvojen tarkkuudelle, mutta käytännössä laskettu massa punnitaan mahdollisimman tarkasti.)}$$

1.9 Natriumhydroksidin hygroskooppisuus

a) Saat tehtäväksi valmistaa 250 millilitraa natriumhydroksidiliuosta, jonka konsentraatio on $0,40 \text{ mol/dm}^3$. Mikä massa natriumhydroksidia tulee punnita?

b) Natriumhydroksidi on hygroskooppinen aine. Ota selvää, mitä hygroskooppinen aine tarkoittaa. Mitä käytännön sovelluksia hygroskooppisilla aineilla on?

c) Pohdi kohdan b) vastauksen perusteella, kuinka natriumhydroksidin hygroskooppisuus vaikuttaa valmistetun liuoksen konsentraatioon.

Ratkaisu:

a) $c(\text{NaOH}) = 0,40 \text{ mol/dm}^3$

$V(\text{liuos}) = 250 \text{ ml} = 0,250 \text{ dm}^3$ (Huomaa yksikkömuunnos ja muunnoksen tarkkuus.)

$M(\text{NaOH}) = 39,998 \text{ g/mol}$

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

Ratkaistaan natriumhydroksidin ainemäärä suureyhtälöstä

$$c = \frac{n}{V}, \text{ josta } n = c \cdot V.$$

$$n(\text{NaOH}) = 0,40 \text{ mol/l} \cdot 0,250 \text{ l} = 0,1000 \text{ mol}$$

Ratkaistaan tätä ainemäärää vastaava natriumhydroksidin massa suureyhtälöstä

$$n = \frac{m}{M}, \text{ josta } m = n \cdot M.$$

$$m(\text{NaOH}) = 0,1000 \text{ mol} \cdot 39,998 \text{ g/mol} = 3,9998 \text{ g} \approx 4,0 \text{ g} \text{ (Pyöristys tehty lähtöarvojen tarkkuudelle, mutta käytännössä laskettu massa punnitaan mahdollisimman tarkasti.)}$$

b) Hygroskooppinen aine sitoo itseensä ilmasta kosteutta. Hygroskooppisia aineita käytetään kuivausaineina esimerkiksi elektroniikkapakkauksissa. Laboratorioissa hygroskooppisia aineita käytetään eksikkaattoreissa. Eksikkaattorin pohjalla oleva hygroskooppinen aine sitoo kosteuden, joten niissä voidaan säilyttää kuivana muita hygroskooppisia aineita.

c) Valmistetun liuoksen konsentraatio ei ole aivan tarkka. Hygroskooppisuus pienentää valmistetun liuoksen konsentraatiota, sillä punnittava massa sisältää natriumhydroksidin lisäksi myös vettä (kosteutta). Näin natriumhydroksidin ainemäärä jää laskettua ainemäärää pienemmäksi.

1.10 Liuoksen valmistaminen kidevedellisestä yhdisteestä

Esitä tarvittavat laskutoimitukset, kun tehtävänäsi on valmistaa

a) kide- eli pesusoodasta $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}(\text{s})$ 50,0 ml natriumkarbonaattiliuosta, jonka konsentraatio on 0,0500 mol/l.

b) kidevedellisestä nikkelikloridista $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}(\text{s})$ 100 ml liuosta, jonka Ni^{2+} -ionikonsentraatio on 2,50 mmol/dm³

Ratkaisu:

a) $c(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = 0,0500 \text{ mol/l}$

$V(\text{liuos}) = 50,0 \text{ ml} = 0,0500 \text{ l}$ (Huomaa yksikkömuunnos ja muunnoksen tarkkuus.)

$M(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = 286,15 \text{ g/mol}$ (Muista lisätä natriumkarbonaatin moolimassaan kymmenen vesimolekyylin moolimassa.)

$n(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = ?$

$m(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = ?$

Ratkaistaan liuokseen tarvittava kidesoodan ainemäärä suureyhtälöstä

$$c = \frac{n}{V}, \text{ josta } n = c \cdot V.$$

$$n(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = 0,0500 \text{ mol/l} \cdot 0,0500 \text{ l} = 2,5000 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

Ratkaistaan tätä ainemäärää vastaava natriumkloridin massa suureyhtälöstä

$$n = \frac{m}{M}, \text{ josta } m = n \cdot M.$$

$$m(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = 2,5000 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot 286,15 \text{ g/mol} = 0,71538 \text{ g} \approx 0,715 \text{ g}$$

b) $c(\text{Ni}^{2+}) = 2,50 \text{ mmol/dm}^3 = 2,50 \cdot 10^{-3} \text{ mol/dm}^3$

$V(\text{liuos}) = 100 \text{ ml} = 0,100 \text{ dm}^3$ (Huomaa yksikkömuunnos ja muunnoksen tarkkuus.)

$M(\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}) = 237,686 \text{ g/mol}$ (Muista lisätä nikkelikloridin moolimassaan kuuden vesimolekyylin moolimassa.)

$n(\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}) = ?$

$m(\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}) = ?$

Ratkaistaan valmistettavan liuoksen Ni^{2+} -ionien ainemäärä suureyhtälöstä

$$c = \frac{n}{V}, \text{ josta } n = c \cdot V.$$

$$n(\text{Ni}^{2+}) = 2,50 \cdot 10^{-3} \text{ mol/dm}^3 \cdot 0,100 \text{ dm}^3 = 2,5000 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$$

Yhdisteen kaavan perusteella yksi mooli kidevedellistä nikkelikloridia sisältää yhden moolin Ni^{2+} -ioneja. Tämän perusteella valmistettavassa liuoksessa $n(\text{Ni}^{2+}) = n(\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O})$.

Ratkaistaan, mikä massa kidevedellistä nikkelikloridia sisältää tarvittavan ainemäärän Ni^{2+} -ioneja. Käytetään suureyhtälöä

$$n = \frac{m}{M}, \text{ josta } m = n \cdot M.$$

$$m(\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}) = 2,5000 \cdot 10^{-4} \text{ mol} \cdot 237,686 \text{ g/mol} = 0,059422 \text{ g} \approx 0,0594 \text{ g}$$

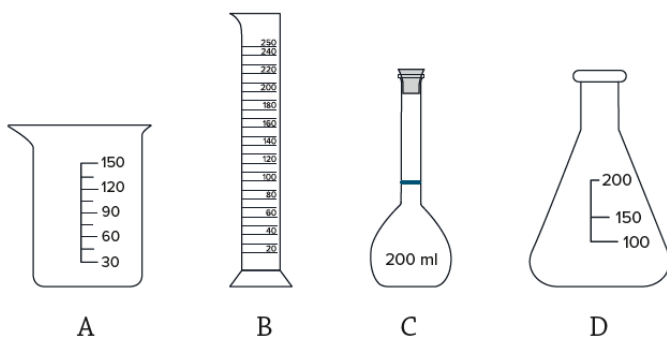
1.11 Kupari(II)sulfaattiliuoksen laimentaminen

a) Kupari(II)sulfaatin kantaliuoksen konsentraatio on $1,00 \text{ mol/dm}^3$. Liuoksesta valmistetaan taulukossa esitetyt laimennokset. Täydennä taulukkoon, kuinka paljon kantaliuosta on mitattava, kun laimennokset tehdään $50,0$ millilitran mittapulloihin. Ilmoita tilavuudet millilitroina.

Laimennos	$c(\text{CuSO}_4)$	$V(\text{CuSO}_4)$
1	0,200	
2	0,350	
3	0,500	
4	0,650	
5	0,800	

b) Mikä kokonaistilavuus kantaliuosta vähintään tarvitaan, jotta saadaan valmistettua kohdan a) taulukon mukaiset laimennokset?

c) Valitse oheisista kuvista astia, johon valmistaisit kohdan b) vastauksen perusteella kupari(II)sulfaattiliuoksen, jonka $c = 1,00 \text{ mol/dm}^3$. Perustele valintasi.



Ratkaisu:

a) Koska laimennokseen tarvittavan kupari(II)sulfaatin ainemäärän (n_2) on oltava yhtä suuri kuin alkuperäisestä kupari(II)sulfaattiliuoksesta ($c = 1,00 \text{ mol/dm}^3$) otettava ainemäärä (n_1), voidaan käyttää suoreyhtälöä $c_1 \cdot V_1 = c_2 \cdot V_2$, jossa

$$c_1 = 1,00 \text{ mol/dm}^3$$

V_1 = ratkaistava kantaliuoksen tilavuus

c_2 = laimennoksen konsentraatio

$$V_2 = 50,0 \text{ ml} = 0,0500 \text{ dm}^3$$

$$\text{Kun suoreyhtälöstä } c_1 \cdot V_1 = c_2 \cdot V_2 \text{ ratkaistaan } V_1, \text{ saadaan: } V_1 = \frac{c_2 \cdot V_2}{c_1}.$$

Eri laimennoksiin tarvittavat tilavuudet ovat:

$$\text{Laimennos 1: } V_1 = \frac{0,200 \text{ mol/dm}^3 \cdot 0,0500 \text{ dm}^3}{1,00 \text{ mol/dm}^3} = 0,0100 \text{ dm}^3 = 10,0 \text{ ml}$$

$$\text{Laimennos 2: } V_1 = \frac{0,350 \text{ mol/dm}^3 \cdot 0,0500 \text{ dm}^3}{1,00 \text{ mol/dm}^3} = 0,0175 \text{ dm}^3 = 17,5 \text{ ml}$$

$$\text{Laimennos 3: } V_1 = \frac{0,500 \text{ mol/dm}^3 \cdot 0,0500 \text{ dm}^3}{1,00 \text{ mol/dm}^3} = 0,0250 \text{ dm}^3 = 25,0 \text{ ml}$$

$$\text{Laimennos 4: } V_1 = \frac{0,650 \text{ mol/dm}^3 \cdot 0,0500 \text{ dm}^3}{1,00 \text{ mol/dm}^3} = 0,0325 \text{ dm}^3 = 32,5 \text{ ml}$$

$$\text{Laimennos 5: } V_1 = \frac{0,800 \text{ mol/dm}^3 \cdot 0,0500 \text{ dm}^3}{1,00 \text{ mol/dm}^3} = 0,0400 \text{ dm}^3 = 40,0 \text{ ml}$$

b) Tarvittava kantaliuoksen kokonaistilavuus on:

$$10,0 \text{ ml} + 17,5 \text{ ml} + 25,0 \text{ ml} + 32,5 \text{ ml} + 40,0 \text{ ml} = 125 \text{ ml}$$

c) Liuos valmistetaan astiaan C.

Perustelu: Liuokset, joiden konsentraatio on tarkka, valmistetaan mittapulloon.

1.12 Sakkaroosiliuosten valmistaminen biologian kurssilla

Biologian harjoitustyössä tarvitaan 2,0 litraa sakkaroosiliuosta, jonka konsentraatio on 0,25 mol/l.

a) Mikä massa sakkaroosia ($\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$) on punnittava? Ilmoita massa sellaisen analyysivaa'an tarkkuudella, jonka tarkkuus on 0,01 g.

b) Valmistetusta sakkaroosiliuoksesta tulee vielä tehdä seuraavat laimennokset:

(i) 100 ml liuosta, jonka sakkaroosikonsentraatio on 0,10 mol/l.

(ii) 250 ml liuosta, jonka sakkaroosikonsentraatio on 0,050 mol/l.

Miten valmistat nämä laimennokset?

c) Kemian luokassa on seuraavat mitta-asteikolliset välineet: 5,0 ml:n täyspipetti, 50 ml:n dekantterilasi, 50 ml:n mittalasi ja 50 ml:n erlenmeyerpullo. Minkä välineen valitset, jotta saat kohdassa b) ratkaistut tilavuudet mitattua mahdollisimman tarkasti? Perustele.

Ratkaisu:

$$\text{a) } c(\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}) = 0,25 \text{ mol/l}$$

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

$$M(\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}) = 342,296 \text{ g/mol}$$

$$m(\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}) = ?$$

Ratkaistaan sakkaroosin ainemäärä suureyhtälöstä

$$c = \frac{n}{V}, \text{ josta } n = c \cdot V.$$

$$n(\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}) = 0,25 \text{ mol/l} \cdot 2,0 \text{ l} = 0,5000 \text{ mol}$$

Ratkaistaan tätä ainemäärää vastaava sakkaroosin massa suureyhtälöstä

$$n = \frac{m}{M}, \text{ josta } m = n \cdot M.$$

$$m(\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}) = 0,5000 \text{ mol} \cdot 342,296 \text{ g/mol} = 171,148 \text{ g} \approx 171,15 \text{ g}$$

b) (i)

$c_1 = 0,25 \text{ mol/l}$ (väkevämmän sakkaroosiliuoksen konsentraatio)

$c_2 = 0,10 \text{ mol/l}$ (laimennoksen sakkaroosikonsentraatio)

$V_2 = 100 \text{ ml} = 0,100 \text{ l}$ (laimennoksen tilavuus) (Huomaa yksikkömuunnos ja muunnoksen tarkkuus.)

$V_1 = ?$ (tarvittava väkevämmän sakkaroosiliuoksen tilavuus)

Koska väkevämmästä liuksesta otettava sakkaroosin ainemäärä (n_1) on sama kuin laimennokseen tulevan sakkaroosin ainemäärä (n_2) eli $n_1 = n_2$, voidaan merkitä $c_1 V_1 = c_2 V_2$. Kun tästä ratkaistaan V_1 , saadaan

$$V_1 = \frac{c_2 \cdot V_2}{c_1}$$

$$V_1 = \frac{0,10 \text{ mol/l} \cdot 0,100 \text{ l}}{0,25 \text{ mol/l}} = 0,04000 \text{ l} = 40 \text{ ml}$$

(ii)

$c_1 = 0,25 \text{ mol/l}$ (väkevämmän sakkaroosiliuoksen konsentraatio)

$c_2 = 0,050 \text{ mol/l}$ (laimennoksen sakkaroosikonsentraatio)

$V_2 = 250 \text{ ml} = 0,250 \text{ l}$ (laimennoksen tilavuus) (Huomaa yksikkömuunnos ja muunnoksen tarkkuus.)

$V_1 = ?$ (tarvittava väkevämmän sakkaroosiliuoksen tilavuus)

Koska väkevämmästä liuksesta otettava sakkaroosin ainemäärä (n_1) on sama kuin laimennokseen tulevan sakkaroosin ainemäärä (n_2), voidaan merkitä $c_1 V_1 = c_2 V_2$.

Kun tästä ratkaistaan V_1 , saadaan

$$V_1 = \frac{c_2 \cdot V_2}{c_1}$$

$$V_1 = \frac{0,050 \text{ mol/l} \cdot 0,250 \text{ l}}{0,25 \text{ mol/l}} = 0,05000 \text{ l} = 50 \text{ ml}$$

(i) Liuoksen valmistus: Mitataan mahdollisimman tarkasti 40 ml väkevämpää sakkaroosiliuosta ja siirretään liuos 100 ml:n mittapulloon. Täytetään mittapullo merkkiviivaan saakka vedellä, suljetaan se ja sekoitetaan liuos hyvin. Tehdään mittapulloon tarvittavat merkinnät ($\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11} \text{ (aq)}$, $c = 0,10 \text{ mol/l}$, valmistuspäivämäärä ja tekijän nimikirjaimet). Koska kyseessä on sakkaroosiliuos, mittapulloon ei tarvitse lisätä varoitusmerkkejä.

(ii) Liuoksen valmistus: Mitataan mahdollisimman tarkasti 50 ml väkevämpää sakkaroosiliuosta ja siirretään liuos 100 ml:n mittapulloon. Täytetään mittapullo merkkiviivan saakka vedellä, suljetaan mittapullo ja sekoitetaan liuos hyvin. Tehdään mittapulloon tarvittavat merkinnät ($\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11} \text{ (aq)}$, $c = 0,10 \text{ mol/l}$, valmistuspäivämäärä ja tekijän nimikirjaimet). Koska kyseessä on sakkaroosiliuos, mittapulloon ei tarvitse lisätä varoitusmerkkejä.

c) 50 ml:n mittalasi

Perustelu: Mittaamalla 40 ml tai 50 ml kerran 50 ml:n mittalasilla tilavuudet tulevat tarkemmin mitattua kuin toistamalla mittaaminen 8 tai 10 kertaa 5,0 ml:n täyspipetillä. Dekantterilasi ja erlenmeyerpullo eivät ole riittävän tarkkoja liuoksen tilavuuden mittaamiseen.

1.13 Väkevän etikkahapon laimentaminen

Kemian työssä tarvitaan 100 ml etikkahappoliuosta, jonka konsentraatio on 0,87 mol/l. Käytössä on väkevä etikkahappoliuos, jonka tiheys on 1,05 g/ml.

a) Esitä tarvittavat laskutoimitukset.

b) Selitä, kuinka liuos valmistetaan käytännössä.

c) Ohessa on osa väkevän etikkahapon käyttöturvallisuustiedotteesta.

Vaaralausekkeet

H226 Syttyvä neste ja höyry.

H314 Voimakkaasti ihoa syövyttävää ja silmiä vaurioittavaa.

Turvalausekkeet

Ennaltaehkäisy

P210 Suojattava lämmöltä.

P280 Käytä suojakäsineitä/suojavaatetusta/silmiensuojainta/kasvosuojainta.

Pelastustoimenpiteet

P301 + P330 + P331 JOS KEMIKAALIA ON NIELTY: Huuhdo suu. Ei saa oksennuttaa.

P305 + P351 + P338 JOS KEMIKAALIA JOUTUU SILMIIN: Huuhdo huolellisesti vedellä usean minuutin ajan. Poista mahdolliset piilolinssit, jos sen voi tehdä helposti. Jatka huuhtomista.

P308 + P310 Altistumisen tapahduttua tai jos epäillään altistumista: Ota välittömästi yhteys MYRKYTYSTIETOKESKUKSEEN tai lääkäriin.

Päättele käyttöturvallisuustiedotteesta

(i) millaiset varoitusmerkinnät väkevää etikkahappoa sisältävässä pullossa tulee olla.

(ii) miksi on perusteltua, että väkevän etikkahapon laimentaminen tehdään vetokaapissa.

Ratkaisu:

a) $\rho(\text{CH}_3\text{COOH}) = 1,05 \text{ g/ml}$

$c(\text{CH}_3\text{COOH}) = 0,87 \text{ mol/l}$

$V(\text{liuos}) = 100 \text{ ml} = 0,100 \text{ l}$ (Huomaa yksikkömuunnos ja muunnoksen tarkkuus.)

$M(\text{CH}_3\text{COOH}) = 60,052 \text{ g/mol}$

$n(\text{CH}_3\text{COOH}) = ?$

$m(\text{CH}_3\text{COOH}) = ?$

$V(\text{CH}_3\text{COOH}) = ?$

Ratkaistaan etikkahapon ainemäärä valmistettavassa liuoksessa. Käytetään suureyhtälöä

$$c = \frac{n}{V}, \text{ josta } n = c \cdot V.$$

$$n(\text{CH}_3\text{COOH}) = 0,87 \text{ mol/l} \cdot 0,100 \text{ l} = 0,08700 \text{ mol}$$

Ratkaistaan edellä laskettua ainemäärää vastaava etikkahapon massa suureyhtälöstä

$$n = \frac{m}{M}, \text{ josta } m = n \cdot M.$$

$$m(\text{CH}_3\text{COOH}) = 0,08700 \text{ mol} \cdot 60,052 \text{ g/mol} = 5,225 \text{ g}$$

Lasketaan tiheyden suureyhtälöstä, missä tilavuudessa väkevää etikkahappoa on edellä laskettu massa etikkahappoa.

$$\rho = \frac{m}{V}, \text{ josta } V = \frac{m}{\rho}$$

$$V(\text{CH}_3\text{COOH}) = \frac{5,225 \text{ g}}{1,05 \text{ g/ml}} = 4,976 \text{ ml} \approx 5,0 \text{ ml}$$

b) Liuos valmistetaan seuraavasti:

- Lisätään 100 ml:n mittapulloon noin 50 ml vettä.
- Pipetoidaan väkevää etikkahappoa 5,0 ml:n mitta- tai täyspipetillä ja valutetaan etikkahappo hitaasti mittapullossa olevan veden joukkoon.
- Täytetään mittapullo merkkiviivaan saakka vedellä. Suljetaan mittapullo ja sekoitetaan liuos hyvin.
- Tehdään mittapulloon tarvittavat merkinnät (CH_3COOH , $c = 0,87 \text{ mol/l}$, tekijän nimikirjaimet ja tekopäivä sekä tarvittavat varoitusmerkit).



(ii) Työskentelemällä vetokaapissa varmistetaan, ettei haitallisia ja helposti syttyviä höyryjä pääse huoneilmaan ja pidetään työntekijän altistuminen mahdollisimman pienenä.

1.14 Laimennetun liuoksen ionikonsentraatio

Opettaja oli valmistanut ammoniumkarbonaattia 100,0 millilitraa liuosta, joka sisälsi 8,45 g ammoniumkarbonaattia. Hän pyysi opiskelijaa laimentamaan tätä liuosta seuraavasti:
Laimennos 1. Pipetoi valmistettua liuosta mahdollisimman tarkasti 5,00 millilitraa ja säädä liuoksen lopputilavuus vedellä 50,0 millilitraksi.

Laimennos 2. Käytä laimennosta 1. ja pipetoi sitä mahdollisimman tarkasti 10,0 millilitraa ja säädä liuoksen lopputilavuus 200,0 millilitraksi vedellä.

a) Mitkä välineet opiskelijan tulee valita laimennosten tekemiseen?

b) Ratkaise opiskelijan tekemien laimennosten 1. ja 2. ammoniumionikonsentraatio.

c) Vesilaitoksilla vesijohtoveden pH säädetään hieman emäksiseksi lisäämällä veteen sammutettua kalkkia. Vastaa perustellen, miten tällaisen veden käyttäminen ammoniumkarbonaattiliuosta valmistettaessa ja laimennettaessa vaikuttaisi liuoksen ammonium- ja karbonaatti-ionikonsentraatioon.

Ratkaisu:

a) Mitta- tai täyspipetit (5,00 ml ja 10,0 ml) ja mittapullot (50,0 ml ja 200,0 ml).

b) $m((\text{NH}_4)_2\text{CO}_3) = 8,45 \text{ g}$

$M((\text{NH}_4)_2\text{CO}_3) = 96,094 \text{ g/mol}$

$V(\text{alkuperäinen liuos}) = 100 \text{ ml} = 0,100 \text{ l}$

$V_1 = 5,00 \text{ ml} = 0,00500 \text{ l}$ (Laimennokseen 1. pipetoitu tilavuus.)
 $V(\text{liuos})_1 = 50,0 \text{ ml} = 0,0500 \text{ l}$ (Laimennoksen 1. kokonaistilavuus.)
 $V_2 = 10,0 \text{ ml} = 0,0100 \text{ l}$ (Laimennokseen 2. pipetoitu tilavuus.)
 $V(\text{liuos})_2 = 200 \text{ ml} = 0,200 \text{ l}$ (Laimennoksen 2. kokonaistilavuus.)
 (Huomaa tilavuuksien yksikkömuunnokset ja muunnosten tarkkuus.)
 $c(\text{NH}_4^+)_{\text{laimennos 1.}} = ?$
 $c(\text{NH}_4^+)_{\text{laimennos 2.}} = ?$

Ratkaistaan ensin ammoniumkarbonaatin ainemäärä opettajan valmistamassa liuoksessa. Käytetään suureyhtälöä

$$n = \frac{m}{M}$$

$$n((\text{NH}_4)_2\text{CO}_3) = \frac{8,45 \text{ g}}{96,094 \text{ g/mol}} = 0,087935 \text{ mol}$$

Lasketaan opettajan valmistaman liuoksen ammoniumkarbonaattikonsentraatio.

$$c((\text{NH}_4)_2\text{CO}_3) = \frac{n((\text{NH}_4)_2\text{CO}_3)}{V(\text{alkuperäinen liuos})} = \frac{0,087935 \text{ mol}}{0,100 \text{ l}} = 0,87935 \text{ mol/l}$$

Ammoniumkarbonaatin kaavan $((\text{NH}_4)_2\text{CO}_3)$ perusteella yksi mooli ammoniumkarbonaattia sisältää kaksi moolia ammoniumioneja (NH_4^+) .

Opettajan valmistaman liuoksen ammoniumionikonsentraatio on:

$$c(\text{NH}_4^+) = 2 \cdot c((\text{NH}_4)_2\text{CO}_3) = 2 \cdot 0,87935 \text{ mol/l} = 1,7587 \text{ mol/l}.$$

Ratkaistaan, mikä ainemäärä ammoniumioneja on laimennokseen 1. pipetoidussa tilavuudessa (V_1). Käytetään suureyhtälöä

$$c = \frac{n}{V}, \text{ josta } n = c \cdot V.$$

$$n(\text{NH}_4^+)_{\text{laimennos 1.}} = c(\text{NH}_4^+) \cdot V_1 = 1,7587 \text{ mol/l} \cdot 0,00500 \text{ l} = 8,7935 \cdot 10^{-3} \text{ mol}.$$

Ratkaistaan laimennoksen 1. ammoniumionikonsentraatio:

$$c(\text{NH}_4^+)_{\text{laimennos 1.}} = \frac{n(\text{NH}_4^+)_{\text{laimennos 1.}}}{V(\text{liuos})_1} = \frac{8,7935 \cdot 10^{-3} \text{ mol}}{0,0500 \text{ l}} = 0,17587 \text{ mol/l} \approx 0,176 \text{ mol/l}$$

Ratkaistaan, mikä ainemäärä ammoniumioneja on laimennokseen 2. pipetoidussa tilavuudessa (V_2). Käytetään ratkaisussa laimennoksen 1. ammoniumionikonsentraatiota.

$$n(\text{NH}_4^+)_{\text{laimennos 2.}} = c(\text{NH}_4^+)_{\text{laimennos 1.}} \cdot V_2 = 0,17587 \text{ mol/l} \cdot 0,0100 \text{ l} = 1,7587 \cdot 10^{-3} \text{ mol}.$$

Ratkaistaan laimennoksen 2. ammoniumionikonsentraatio:

$$c(\text{NH}_4^+)_{\text{laimennos 2.}} = \frac{n(\text{NH}_4^+)_{\text{laimennos 2.}}}{V(\text{liuos})_2} = \frac{1,7587 \cdot 10^{-3} \text{ mol}}{0,200 \text{ l}} = 8,7935 \cdot 10^{-3} \text{ mol/l} \\ \approx 0,00879 \text{ mol/l} \text{ (8,79 mmol/l)}$$

c) Sammutettu kalkki on kalsiumhydroksidia $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Mikäli ammoniumkarbonaattiliuoksen valmistamiseen ja laimentamisiin käytettäisiin vesijohtovettä, liuos sisältäisi myös Ca^{2+} - ja OH^- -ioneja.

Liuoksen ammoniumionikonsentraatio ei muuttuisi, sillä MAOL-taulukoiden mukaan ammoniumhydroksidi on veteen hyvin liukeneva suola.

Liuoksen karbonaatti-ionikonsentraatio voisi pienentyä, sillä MAOL-taulukoiden mukaan kalsiumkarbonaatti on veteen niukkaliukoinen suola. Karbonaatti-ioneja voisi saostua kalsiumkarbonaattina vesijohtovettä käytettäessä.

1.15 Laimennossarjan kupari-ionipitoisuudet

Kun kiinteästä aineesta tarvitsee valmistaa useita, hyvin laimeita liuoksia, pieniä massoja ei kannata punnita jokaista liuosta varten erikseen. Sen sijaan kannattaa valmistaa yksi väkevämpi liuos (niin sanottu kantaliuos), josta voidaan valmistaa tarvittavat laimennokset. Cu^{2+} -ionipitoisuuden määrittämistä varten kantaliuos valmistettiin seuraavasti: kidevedellistä kuparisulfaattia ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) punnittiin 958,8 mg. Kiinteä aine liotettiin veteen ja liuoksen lopputilavuus säädettiin 500,0 ml:ksi mittapullossa. Kantaliuoksesta tehtiin ensimmäinen laimennos seuraavasti: Pipetoitiin 20,0 ml kantaliuosta 100,0 ml mittapulloon ja mittapullo täytettiin vedellä merkkiviivaan saakka. Tätä liuosta laimennettiin vielä seuraavasti: Viiteen eri mittapulloon pipetoitiin 5,0 ml, 10,0 ml, 15,0 ml, 20,0 ml ja 25,0 ml ensimmäistä laimennosta ja kaikkien liuosten lopputilavuus säädettiin 100,0 ml:ksi.

a) Ratkaise viiden viimeisen laimennoksen Cu^{2+} -ionikonsentraatiot. Pyöristä vastaukset kahden merkitsevän numeron tarkkuudelle.

b) Ratkaise, kuinka monta milligrammaa kidevedellistä kupari(II)sulfaattia olisi pitänyt punnita kaikkein laimeimpaan liuokseen, mikäli liuos olisi valmistettu suoraan kiinteästä aineesta. Ilmoita vastaus kahden merkitsevän numeron tarkkuudella.

Ratkaisu:

a)

$$m(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = 958,8 \text{ mg} = 0,9588 \text{ g}$$

$$M(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = 249,700 \text{ g/mol}$$

$$V(\text{kantaliuos}) = 500,0 \text{ ml} = 0,5000 \text{ l}$$

$$V_{\text{kantaliuos}} / \text{ensimmäinen laimennos} = 20,0 \text{ ml} = 0,0200 \text{ l}$$

$$V_{\text{ensimmäinen laimennos}} = 100,0 \text{ ml} = 0,1000 \text{ l}$$

$$V_{\text{ensimmäinen laimennos}} / \text{laimennos 1} = 5,0 \text{ ml} = 0,0050 \text{ l}$$

$$V_{\text{ensimmäinen laimennos}} / \text{laimennos 2} = 10,0 \text{ ml} = 0,0100 \text{ l}$$

$$V_{\text{ensimmäinen laimennos}} / \text{laimennos 3} = 15,0 \text{ ml} = 0,0150 \text{ l}$$

$$V_{\text{ensimmäinen laimennos}} / \text{laimennos 4} = 20,0 \text{ ml} = 0,0200 \text{ l}$$

$$V_{\text{ensimmäinen laimennos}} / \text{laimennos 5} = 25,0 \text{ ml} = 0,0250 \text{ l}$$

$$V_{\text{laimennokset 1-5}} = 100,0 \text{ ml} = 0,1000 \text{ l}$$

$$c(\text{Cu}^{2+})_{\text{laimennokset 1-5}} = ?$$

Lasketaan ensin kidevedellisen kuparisulfaatin konsentraatio kantaliuoksessa.

$$n = \frac{m}{M} \Rightarrow n(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = \frac{0,9588 \text{ g}}{249,700 \text{ g/mol}} = 3,83981 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

$$c = \frac{n}{V} \Rightarrow c(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = \frac{3,83981 \cdot 10^{-3} \text{ mol}}{0,5000 \text{ l}} = 7,67962 \cdot 10^{-3} \text{ mol/l}$$

Kaavan perusteella yhdessä moolissa kidevedellistä kuparisulfaattia on yksi mooli Cu^{2+} -ioneja, joten kantaliuoksen $c(\text{Cu}^{2+}) = 7,67962 \cdot 10^{-3} \text{ mol/l}$.

Lasketaan, mikä ainemäärä Cu^{2+} -ioneja on ensimmäisessä laimennoksessa.

$$c = \frac{n}{V}, \text{ josta } n = c \cdot V \Rightarrow n(\text{Cu}^{2+}) = 7,67962 \cdot 10^{-3} \text{ mol/l} \cdot 0,0200 \text{ l} = 1,5359 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$$

Lasketaan ensimmäisen laimennoksen $c(\text{Cu}^{2+})$.

$$c(\text{Cu}^{2+}) = \frac{1,5359 \cdot 10^{-4} \text{ mol}}{0,1000 \text{ l}} = 1,5359 \cdot 10^{-3} \text{ mol/l}.$$

Ratkaistaan laimennosten 1–5 Cu^{2+} -ionikonsentraatiot laskemalla kussakin laimennoksessa oleva Cu^{2+} -ionien ainemäärä ja jakamalla tämä ainemäärä laimennoksen tilavuudella (0,1000 l).

Laimennos 1:

$$n(\text{Cu}^{2+}) = 1,5359 \cdot 10^{-3} \text{ mol/l} \cdot 0,0050 \text{ l} = 7,680 \cdot 10^{-6} \text{ mol}$$

$$c(\text{Cu}^{2+}) = \frac{7,680 \cdot 10^{-6} \text{ mol}}{0,1000 \text{ l}} = 7,680 \cdot 10^{-5} \text{ mol/l} \approx 7,7 \cdot 10^{-5} \text{ mol/l}$$

Laimennos 2:

$$n(\text{Cu}^{2+}) = 1,5359 \cdot 10^{-3} \text{ mol/l} \cdot 0,0100 \text{ l} = 1,5359 \cdot 10^{-5} \text{ mol}$$

$$c(\text{Cu}^{2+}) = \frac{1,5359 \cdot 10^{-5} \text{ mol}}{0,1000 \text{ l}} = 1,5359 \cdot 10^{-4} \text{ mol/l} \approx 1,5 \cdot 10^{-4} \text{ mol/l}$$

Laimennos 3:

$$n(\text{Cu}^{2+}) = 1,5359 \cdot 10^{-3} \text{ mol/l} \cdot 0,0150 \text{ l} = 2,3039 \cdot 10^{-5} \text{ mol}$$

$$c(\text{Cu}^{2+}) = \frac{2,3039 \cdot 10^{-5} \text{ mol}}{0,1000 \text{ l}} = 2,3039 \cdot 10^{-4} \text{ mol/l} \approx 2,3 \cdot 10^{-4} \text{ mol/l}$$

Laimennos 4:

$$n(\text{Cu}^{2+}) = 1,5359 \cdot 10^{-3} \text{ mol/l} \cdot 0,0200 \text{ l} = 3,0718 \cdot 10^{-5} \text{ mol}$$

$$c(\text{Cu}^{2+}) = \frac{3,0718 \cdot 10^{-5} \text{ mol}}{0,1000 \text{ l}} = 3,0718 \cdot 10^{-4} \text{ mol/l} \approx 3,1 \cdot 10^{-4} \text{ mol/l}$$

Laimennos 5:

$$n(\text{Cu}^{2+}) = 1,5359 \cdot 10^{-3} \text{ mol/l} \cdot 0,0250 \text{ l} = 3,8398 \cdot 10^{-5} \text{ mol}$$

$$c(\text{Cu}^{2+}) = \frac{3,8398 \cdot 10^{-5} \text{ mol}}{0,1000 \text{ l}} = 3,8398 \cdot 10^{-4} \text{ mol/l} \approx 3,8 \cdot 10^{-4} \text{ mol/l}$$

b) Laimeimmassa liuoksessa $n(\text{Cu}^{2+}) = 7,680 \cdot 10^{-6} \text{ mol} = n(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O})$ (Kohdan a) välituloksen tarkkuudella).

$$M(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = 249,700 \text{ g/mol}$$

$$m(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = ?$$

$$n = \frac{m}{M}, \text{ josta } m = n \cdot M \Rightarrow$$

$$m(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = 7,680 \cdot 10^{-6} \text{ mol} \cdot 249,700 \text{ g/mol} = 1,918 \cdot 10^{-3} \text{ g} \approx 1,9 \text{ mg}$$

1.16 Rikkihappoliuoksen valmistaminen ja laimentaminen turvallisesti

a) Hyödynnä oheista taulukkoa ja ratkaise kahdella eri tavalla, mikä tilavuus 36-massaprosenttista rikkihappoa on mitattava, kun tehtävänä on valmistaa 500 millilitraa liuosta, jossa $c(\text{H}_2\text{SO}_4) = 2,0 \text{ mol/dm}^3$. Ilmoita mitattava tilavuus millilitroina.

<i>m</i> -%	$\rho \text{ (kg/dm}^3\text{)}$	$c \text{ (mol/dm}^3\text{)}$
16	1,109	1,81
20	1,140	2,32
24	1,171	2,87
28	1,203	3,45
32	1,235	4,03
36	1,269	4,66
40	1,303	5,31
60	1,499	9,17

b) Rikkihapon laimentaminen on hyvin eksotermisen tapahtuma. Selitä, mitä se tarkoittaa ja kuinka se tulee huomioida, kun rikkihappoa laimennetaan käytännössä.

c) Laadi kohdan a) taulukkotiedoista kuvaaja, jolta näkyy rikkihapon tiheys konsentraation funktiona. Arvioi kuvaajalta sellaisen rikkihappoliuoksen tiheys, jonka konsentraatio on $8,00 \text{ mol/dm}^3$.

Ratkaisu:

a) $m\text{-(H}_2\text{SO}_4) = 36 \% = 0,36$

$c_1(\text{H}_2\text{SO}_4) = 4,66 \text{ mol/dm}^3$ (36 *m*-%:n rikkihapon konsentraatio taulukosta)

$\rho(\text{H}_2\text{SO}_4) = 1,269 \text{ kg/dm}^3$ (36 *m*-%:n rikkihapon tiheys taulukosta)

$V(\text{liuos}) = 500 \text{ ml} = 0,500 \text{ dm}^3$ (Huomaa yksikkömuunnos ja muunnoksen tarkkuus.)

$c_2(\text{H}_2\text{SO}_4) = 2,0 \text{ mol/dm}^3$ (valmistettavan liuoksen konsentraatio)

$M(\text{H}_2\text{SO}_4) = 98,086 \text{ g/mol}$

$V(36 \text{ m-% H}_2\text{SO}_4) = ?$

Ratkaistaan ensin, mikä ainemäärä rikkihappoa valmistettavassa liuoksessa tulee olla.

Käytetään suureyhtälöä

$$c = \frac{n}{V}, \text{ josta } n = c \cdot V.$$

$$n(\text{H}_2\text{SO}_4) = c_2(\text{H}_2\text{SO}_4) \cdot V(\text{liuos}) = 2,0 \text{ mol/dm}^3 \cdot 0,500 \text{ dm}^3 = 1,000 \text{ mol}.$$

Tapa 1. Hyödynnetään 36-massaprosenttisen rikkihappoliuoksen tiheyttä.

Ratkaistaan valmistettavaan liuokseen tarvittava rikkihapon massa suureyhtälöstä

$$n = \frac{m}{M}, \text{ josta } m = n \cdot M.$$

$$m(\text{H}_2\text{SO}_4) = 1,000 \text{ mol} \cdot 98,086 \text{ g/mol} = 98,09 \text{ g}.$$

Tiheyden perusteella yhden litran (yhden kuutiodesimetrin) massa on $1,269 \text{ kg} = 1\,269 \text{ grammaa}$.

Rikkihapon massaprosenttisen osuuden perusteella yhdessä litrassa liuosta on $0,36 \cdot 1\,269 \text{ g} = 456,8 \text{ g}$ rikkihappoa.

Ratkaistaan, missä tilavuudessa 36-massaprosenttista rikkihappoa on lasketun massan (98,09 g) verran rikkihappoa.

$$\text{Käytetään verrantoa } \frac{456,8 \text{ g}}{1,0 \text{ dm}^3} = \frac{98,09 \text{ g}}{x}.$$

$$\Rightarrow x = 0,2147 \text{ dm}^3 = 214,7 \text{ ml} \approx 210 \text{ ml}.$$

Tapa 2. Hyödynnetään 36-massaprosenttisen rikkihappoliuoksen konsentraatiota.

Taulukon mukaan 36-massaprosenttisen rikkihappoliuoksen konsentraatio on $4,66 \text{ mol/l}$.

Ratkaistaan, missä tilavuudessa tätä liuosta on valmistettavaan liuokseen tarvittava ainemäärä (1,000 mol) rikkihappoa.

$$\text{Käytetään suureyhtälöä } c = \frac{n}{V}, \text{ josta } V = \frac{n}{c}.$$

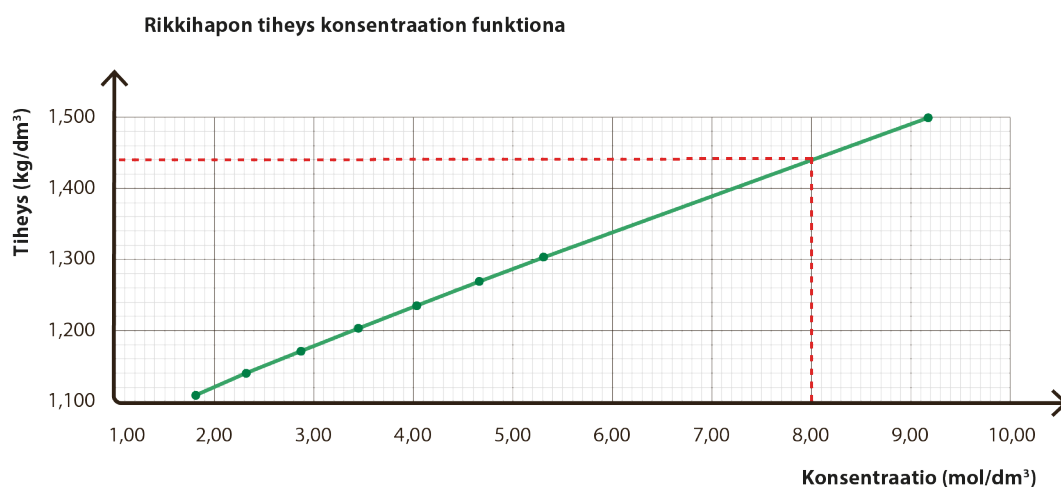
$$(V(36 \text{ m-\% H}_2\text{SO}_4)) = \frac{1,000 \text{ mol}}{4,66 \text{ mol/dm}^3} = 0,2146 \text{ dm}^3 \approx 210 \text{ ml}$$

b) Eksotermien tarkoittaa, että rikkihappoa laimennettaessa vapautuu lämpöenergiaa.

Tämä tulee huomioida seuraavasti:

- Mittapullo täytetään aluksi noin puolilleen vedellä.
- Rikkihappoa valutetaan veden joukkoon hitaasti, ettei liuos hetkellisesti pääse kuumenemaan liikaa. Näin vältetään liuoksen mahdollinen roiskuminen.
- Mikäli mahdollista, pidetään mittapulloa jäähauteessa tai astiassa, jossa on kylmää vettä.
- Ennen mittapullon täyttöä merkiviivaan saakka odotetaan, että liuos on jäähtynyt. Näin liuoksen lopputilavuus tulee tarkasti säädettyä.

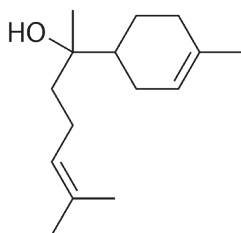
c) Mallikuvaaja:



$$\rho(\text{H}_2\text{SO}_4) = 1,440 \text{ kg/dm}^3 \text{ (Merkitty mallikuvaajaan punaisella katkoviivalla.)}$$

1.17 Yo-tehtävä (kevät 2018, osa tehtävää)

Kamomillakasvista valmistetussa kamomillauutteessa on 3–25 % α -bisabololia, jolla on jonkin verran tulehdusta lievittävää vaikutusta. Uutteen tiheys on 0,91 g/ml.



α -bisabololi

a) Erään homeopaattisen ”lääkkeen” valmistusohjeessa kamomillauutetta laimennetaan 30 kertaa laimennussuhteella 1:100. Mikä on ”lääkkeen” α -bisabololikonsentraatio laimennosten jälkeen? Arvioi todennäköisyyttä, että 1,0 ml:n annoksessa on yksi α -bisabololimolekyyli.

b) Erään uutteen koostumus määritettiin kaasukromatografisesti siten, että 1,00 mg:n uutenäytteeseen sekoitettiin 0,20 mg tetradekaania sisäiseksi standardiksi. Analyysin tuloksena saatiin tetradekaanipiikin suhteelliseksi pinta-alaksi 94 430 ja α -bisabololipiikin 102 765. Käytetyssä menetelmässä piikkien pinta-alat ovat suoraan verrannollisia yhdisteiden massoihin. Laske kamomillauutteen α -bisabololipitoisuus massaprosentteina.

Ratkaisu:

a) $M(\alpha\text{-bisabololin } (C_{15}H_{26}O)) = 222,358 \text{ g/mol}$

$\alpha\text{-bisabololipitoisuus} = 3 - 25 \% = 0,03 - 0,25$

$\rho(\text{uute}) = 0,91 \text{ g/ml}$

$N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ kpl/mol}$

Lasketaan, mikä massa α -bisabololia voi olla uutteen pitoisuuden ja tiheyden avulla.

$m(\alpha\text{-bisabololi})$ on vähintään $0,03 \cdot 0,91 \text{ g} = 0,0273 \text{ g}$

$m(\alpha\text{-bisabololi})$ on enintään $0,25 \cdot 0,91 \text{ g} = 0,2275 \text{ g}$.

Lasketaan näiden massojen ja millilitran tilavuuden, kuinka avulla α -bisabololin konsentraatio molemmissa tapauksissa.

Käytetään suureyhtälöitä

$$c = \frac{n}{V} \text{ ja } n = \frac{m}{M} \Rightarrow c = \frac{m}{M \cdot V}$$

Pienin mahdollinen α -bisabololikonsentraatio on:

$$c = \frac{0,0273 \text{ g}}{222,358 \text{ g/mol} \cdot 1,0 \cdot 10^{-3} \text{ l}} = 0,123 \text{ mol/l.}$$

Suurin mahdollinen α -bisabololikonsentraatio on:

$$c = \frac{0,2275 \text{ g}}{222,358 \text{ g/mol} \cdot 1,0 \cdot 10^{-3} \text{ l}} = 1,023 \text{ mol/l.}$$

Kun uutetta laimennetaan 30 kertaa laimennussuhteella 1:100 $\Rightarrow$ pienin mahdollinen α -bisabololikonsentraatio on:

$$c = \left(\frac{1}{100}\right)^{30} \cdot 0,123 \text{ mol/l} = 1,23 \cdot 10^{-61} \text{ mol/l}.$$

Suurin mahdollinen α -bisabololikonsentraatio on:

$$c = \left(\frac{1}{100}\right)^{30} \cdot 1,023 \text{ mol/l} = 1,023 \cdot 10^{-60} \text{ mol/l}.$$

Lasketaan, kuinka monta α -bisabololimolekyyliä on 1,0 ml:ssa näin laimennettuja liuoksia.

Käytetään suureyhtälöitä

$$c = \frac{n}{V}, \text{ josta } n = c \cdot V \text{ ja } n = \frac{N}{N_A}, \text{ josta } N = n \cdot N_A$$

$$\Rightarrow N = c \cdot V \cdot N_A$$

$$\begin{aligned} N(\alpha\text{-bisabololimolekyylit})_{\text{vähintään}} &= 1,23 \cdot 10^{-61} \text{ mol/l} \cdot 1,0 \cdot 10^{-3} \text{ l} \cdot 6,022 \cdot 10^{23} \text{ kpl/mol} \\ &= 7,41 \cdot 10^{-41} \text{ kpl} \approx 7,4 \cdot 10^{-41} \text{ kpl} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N(\alpha\text{-bisabololimolekyylit})_{\text{enintään}} &= 1,023 \cdot 10^{-60} \text{ mol/l} \cdot 1,0 \cdot 10^{-3} \text{ l} \cdot 6,022 \cdot 10^{23} \text{ kpl/mol} \\ &= 6,161 \cdot 10^{-40} \text{ kpl} \approx 6,2 \cdot 10^{-40} \text{ kpl} \end{aligned}$$

Johtopäätös: Todennäköisyys, että 1,0 millilitrassa olisi yksi α -bisabololimolekyyli, on käytännössä olematon.

b) Tehtävänannossa kuvatulla menetelmällä 0,20 mg tetradekaania tuottaa piikin, jonka pinta-ala on 94 430 ja ratkaistava määrä (x mg) tuottaa piikin, jonka pinta-ala on 102 765. Koska piikin pinta-ala on suoraan verrannollinen yhdisteen massaun, α -bisabololin massa saadaan laskettua verrannosta:

$$\frac{0,20 \text{ mg}}{94\,430} = \frac{x}{102\,765}$$

$$\Rightarrow x = 0,2177 \text{ mg}$$

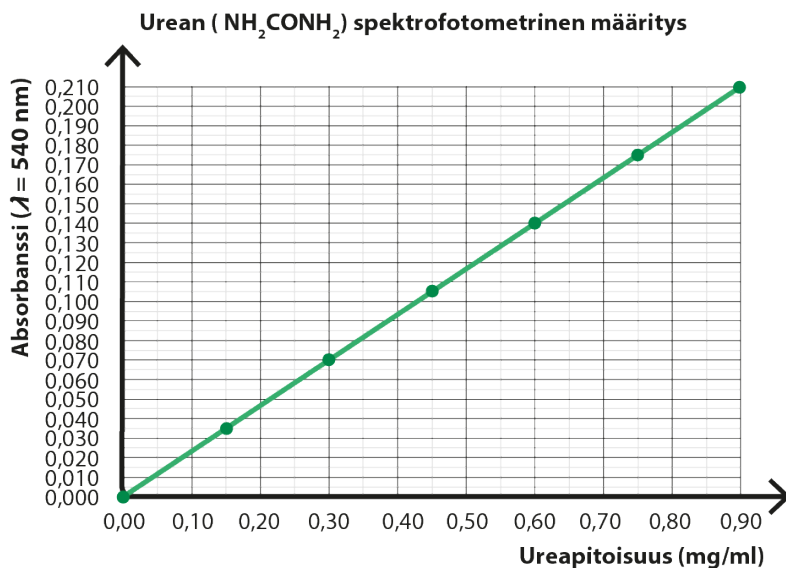
Lasketaan uutteen sisältämä α -bisabololipitoisuus massaprosentteina 1,00 milligrammassa uutetta.

$$m - \%(\alpha\text{-bisabololi}) = \frac{0,2177 \text{ mg}}{1,00 \text{ mg}} \cdot 100 \% = 21,77 \% \approx 22 \%$$

1.18 Standardikuvaajan hyödyntäminen

Hyödynnä oheista kuvaajaa ja

- arvioi ureapitoisuus, kun näyteliuoksen absorbanssi-arvo on 0,130.
- arvioi sellaisen urealiuoksen absorbanssi-arvo, jonka pitoisuus on 0,75 mg/ml.
- ratkaise absorbanssi-arvoa 0,105 vastaavan urealiuoksen konsentraatio.



Ratkaisu:

a) Ureapitoisuus on 0,55 mg/ml.

b) Absorbanssiarvo on 0,175.

c) Absorbanssiarvoa 0,105 vastaava ureapitoisuus on 0,45 mg/ml.

Urean määrä litrassa liuosta on: $1\,000 \text{ ml} \cdot 0,45 \text{ mg/ml} = 450 \text{ mg} = 0,45 \text{ g}$

$m(\text{NH}_2\text{CONH}_2) = 0,45 \text{ g}$

$M(\text{NH}_2\text{CONH}_2) = 60,062 \text{ g/mol}$

$c(\text{NH}_2\text{CONH}_2) = ?$

Ratkaistaan urean ainemäärä litrassa liuosta

$$n(\text{NH}_2\text{CONH}_2) = \frac{0,45 \text{ g}}{60,062 \text{ g/mol}} = 7,492 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

$$\Rightarrow c(\text{NH}_2\text{CONH}_2) = 7,492 \cdot 10^{-3} \text{ mol/l} \approx 7,5 \cdot 10^{-3} \text{ mol/l} \text{ (7,5 mmol/l)}$$

1.19 Graafisen kuvaajan laadinta ja tulkinta

Taulukossa on esitetty eri väkevyyksien sakkaroosiliuosten tiheys lämpötilassa 20 °C.

Tiheys (g/ml)	Pitoisuus (m-%)
1,014	5,0
1,032	10,0
1,051	15,0
1,071	20,0
1,091	25,0

- a) Laadi kuvaaja, jolta näkyy sakkaroosiliuoksen tiheys liuoksen pitoisuuden funktiona.
b) Arvioi kuvaajalta sellaisen sakkaroosiliuoksen tiheys, jossa sakkaroosin massaprosenttinen osuus on 12,0 %.

Ratkaisu:

Mallikuvaaja:



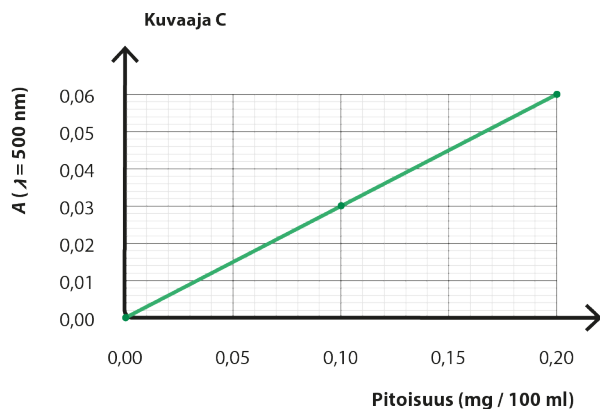
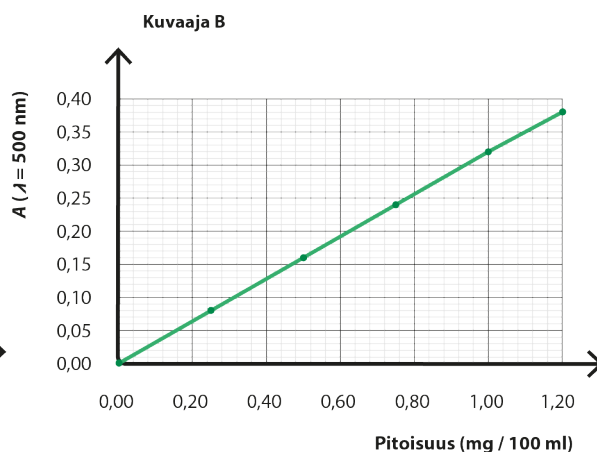
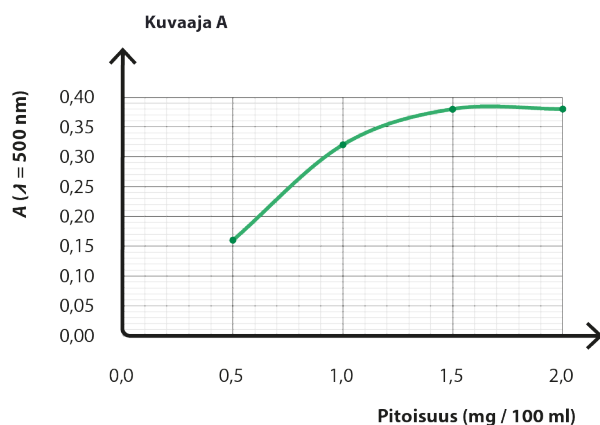
- b) Sakkaroosiliuoksen tiheys on 1,040 g/ml. (Merkitty kohdan a) kuvaajaan punaisella katkoviivalla.)

1.20 Valitse hyvä standardikuvaaja

Kemistin tehtävänä oli kehittää uudelle lääkeaineelle spektrofotometrinen määrittämenetelmä. Hän valmisti lääkeaineesta erilaisia laimennoksia, lisäsi muut tarvittavat reagenssit ja mittasi liuosten absorbanssiarvot aallonpituudella 500 nm. Hän toisti tutkimuksensa kolmella eri lääkeaineen laimennossarjalla ja laati mittaustuloksista standardikuvaajat A, B ja C.

Analysoi näitä kuvaajia ja

- a) perustele, mikä on mielestäsi paras standardikuvaaja.
b) vertaile kuvaajia A ja B ja päättelä, kuinka kemisti kehitti määrittämenetelmäänsä, jotta hän sai kuvaajan B tulokset.
c) päättelä, miltä kuvaajilta voidaan luotettavasti arvioida sellaisen lääkeaineliuoksen pitoisuus, jonka absorbanssiarvo aallonpituudella 500 nm on 0,15. Perustele.



Ratkaisu:

a) Kuvaaja B.

Perustelut: Lääkeainelaimennoksia on ollut riittävästi, jotta kuvaaja on luotettava.

Kuvaajalta voidaan lukea useita lääkeainepitoisuuksia, sillä kuvaaja on lineaarinen laajalla pitoisuusalueella. Kuvaajaa varten laimennossarjassa on ollut mukana myös nollaliuos, jota käytetään spektrofotometrin nollaamiseen.

b) Hän valmisti kolme lääkeainelaimennosta, joiden pitoisuus oli pienempi kuin 0,10 mg/100 ml.

c) Kuvaajalta B.

Perustelut: Vain kuvaajalla B absorbanssiarvo 0,15 on kuvaajan lineaarisella alueella ja mittaustuloksia on riittävästi.

Kuvaajalta A ei voida luotettavasti lukea (ekstrapoloida) absorbanssiarvoa 0,15 vastaavaa pitoisuutta, sillä kuvaajan pienin absorbanssiarvo on 0,16.

Kuvaaja C on laadittu vain kolmesta hyvin laimeasta liuksesta, jolloin pystyakselin suurin absorbanssiarvo on 0,06. Absorbanssiarvoa 0,15 vastaavaa pitoisuutta ei voida luotettavasti lukea (ekstrapoloida) tältäkin kuvaajalta, sillä ei tiedetä, onko absorbanssiarvon ja pitoisuuden välinen riippuvuus lineaarinen suurilla lääkeainepitoisuuksilla.

1.21 Järviveden fosfaatti-ionipitoisuuden määrittäminen

Kemian laboratoriotutkimuksessa määritettiin järviveden (näyteliuos) fosfaatti-ionipitoisuus spektrofotometrisesti. Standardiliuoksista saadut mittaustulokset on esitetty oheisessa taulukossa.

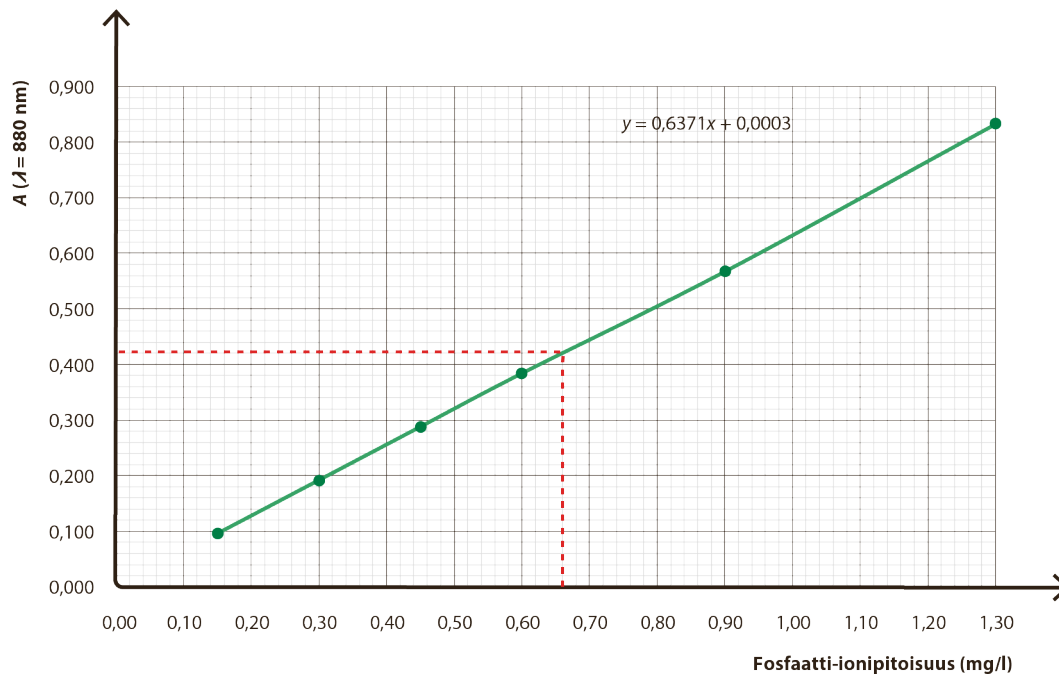
Standardiliuos	Fosfaatti-ionipitoisuus (mg/l)	A ($\lambda = 880 \text{ nm}$)
1	0,15	0,096
2	0,30	0,192
3	0,45	0,288
4	0,60	0,384
5	0,90	0,567
6	1,30	0,832

- a) Laadi mittaustuloksista standardikuvaaja, jossa absorbanssiarvo on fosfaatti-ionipitoisuuden funktiona.
- b) Ratkaise näyteliuoksen fosfaatti-ionipitoisuus, kun sille mitattu absorbanssiarvo aallonpituudella 880 nm oli 0,420.
- c) Ratkaise kohdan b) tuloksen perusteella tutkitun järvivesinäytteen fosfaatti-ionikonsentraatio.
- d) Spektrofotometrinen mittaaminen perustuu Lambert-Beerin lakiin, jonka mukaan liuoksen absorbanssiarvo (A) on suoraan verrannollinen liuenneen aineen konsentraatioon (c) seuraavasti:
- $A = \epsilon \cdot b \cdot c$. Hyödynnä Lambert-Beerin lakia, ja ratkaise fosfaatti-ionikonsentraatio sellaiselle liuokselle, jonka $A = 0,175$, $\epsilon = 2,9 \cdot 10^4 \text{ l} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$ ja $b = 1,0 \text{ cm}$.

Ratkaisu:

a) Mallikuvaaja

Fosfaatti-ionipitoisuuden standardikuvaaja



b)

Näyteliuoksen fosfaatti-ionipitoisuus mallikuvaajan sovitefunktion yhtälöstä

($y = 0,6371x + 0,0003$) ratkaistuna:

$$y = 0,420 \Rightarrow$$

$$x = \frac{0,420 - 0,0003}{0,6371} \Rightarrow x = 0,6588 \approx 0,66$$

$\Rightarrow$ Fosfaatti-ionipitoisuus on 0,66 mg/ml.

Kuvaajalta luettuna (punainen katkoviiva) näyteliuoksen fosfaatti-ionipitoisuus on 0,66 mg/l.

Myös mallikuvaajan sovitefunktiosta laskemalla fosfaatti-ionipitoisuudeksi saadaan 0,66 mg/l.

c) Kohdasta b) saatu fosfaatti-ionipitoisuus on (kahden merkitsevän numeron tarkkuudella)

$$0,66 \text{ mg/l} = 0,66 \cdot 10^{-3} \text{ g/l.}$$

$$M(\text{PO}_4^{3-}) = 94,97 \text{ g/mol}$$

$$c(\text{PO}_4^{3-}) = ?$$

Ratkaistaan fosfaatti-ionikonsentraatio suoreyhtälöistä:

$$n = \frac{m}{M} \text{ ja } c = \frac{n}{V} \Rightarrow c = \frac{m}{M \cdot V}.$$

Laimeimman standardiliuoksen fosfaatti-ionikonsentraatio on:

$$c(\text{PO}_4^{3-}) = \frac{0,66 \cdot 10^{-3} \text{ g}}{94,97 \text{ g/mol} \cdot 1,0 \text{ l}} = 6,950 \cdot 10^{-6} \text{ mol/l} \approx 7,0 \cdot 10^{-6} \text{ mol/l} \text{ (} 7,0 \text{ } \mu\text{mol/l)}.$$

d) $A = 0,175$

$\varepsilon = 2,9 \cdot 10^4 \text{ l} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$

$b = 1,0 \text{ cm}$

$c(\text{PO}_4^{3-}) = ?$

Lambert-Beerin laki on: $A = \varepsilon \cdot b \cdot c \Rightarrow c = \frac{A}{\varepsilon \cdot b}$

$c(\text{PO}_4^{3-}) = \frac{0,175 \text{ mol} \cdot \text{cm}}{2,9 \cdot 10^4 \text{ l} \cdot 1,0 \text{ cm}} = 6,034 \cdot 10^{-6} \text{ mol/l} \approx 6,0 \cdot 10^{-6} \text{ mol/l} (6,0 \mu\text{mol/l})$

1.22 Maidon proteiinipitoisuuden tutkiminen

Opiskelijoiden tehtävänä oli tutkia, kuinka paljon proteiinia rasvaton maito sisältää. He eristivät proteiinit 1,0 litrasta maitoa ja liuottivat eristetyt proteiinit 100 millilitraan natriumhydroksidiliuosta. Tästä liuoksesta he valmistivat kolme eri näytelaimennosta (taulukko 1.) spektrofotometristä mittausta varten.

Taulukko 1. Proteiininäytteen laimennokset

Laimennos	V(liuotetut proteiinit)/ml	V(näytelaimennos)/ml
1	10	150
2	7,5	150
3	1,5	150

Opiskelijoilla oli lisäksi käytettävissä viisi eri väkevyistä proteiinistandardiliuosta taulukon 2. mukaisesti.

Taulukko 2. Standardiliuosten proteiinipitoisuudet

Standardiliuos	Proteiinipitoisuus (mg/l)
1	50
2	100
3	150
4	200
5	250
6	300

Kustakin standardiliuoksesta opiskelijat valmistivat spektrofotometristä mittausta varten kolme eri rinnakkaisnäytettä. Lisäksi he valmistivat spektrofotometrin nollausta varten kolme eri nollaliuosta. Nämä liuokset sisälsivät proteiinia lukuun ottamatta kaikki muut

määrittämenetelmän reagenssit. Kaikkien näiden liuosten mittaustulokset on esitetty taulukossa 3.

Taulukko 3. Standardiliuosten mittaustulokset

Liuos	A ($\lambda=590$ nm) näyte 1	A ($\lambda=590$ nm) näyte 2	A ($\lambda=590$ nm) näyte
nollaliuos	0,000	0,000	0,000
standardiliuos 1	0,016	0,015	0,017
standardiliuos 2	0,032	0,032	0,031
standardiliuos 3	0,047	0,048	0,049
standardiliuos 4	0,064	0,064	0,064
standardiliuos 5	0,080	0,079	0,081
standardiliuos 6	0,098	0,096	0,097

Kolmesta eri näytelaimennoksesta saadut mittaustulokset on esitetty taulukossa 4.

Taulukko 4. Mittaustulokset eri näytelaimennoksista

Laimennos	A ($\lambda=590$ nm)
1	0,072
2	0,050
3	0,010

- a) Laadi proteiinistandardikuvaaja, jolta näkyy absorbanssi-arvon keskiarvo standardiliuoksen proteiinipitoisuuden funktiona.
- b) Lue kohdan a) kuvaajalta eri näytelaimennosten proteiinipitoisuudet.
- c) Ratkaise kohdan b) tulosten perusteella rasvattoman maidon proteiinipitoisuus yksikössä g/l. Ilmoita tulos kahden merkitsevän numeron tarkkuudella.
- d) Yksi opiskelijoista ratkaisi tutkitun maidon proteiinipitoisuuden mittaustuloksista laatimansa standardikuvaajan sovitefunktion yhtälön $y = 0,0003x - 3 \cdot 10^{-17}$ avulla. Mikä oli tämän perusteella maidon proteiinipitoisuuden keskiarvo yksikössä g/l? Ilmoita tämänkin tulos kahden merkitsevän numeron tarkkuudella.
- e) Tuoteselosteen mukaan tutkitun maidon proteiinipitoisuus on 3,3 g/l. Vertaile kohtien c) ja d) tuloksia tähän pitoisuuteen. Minkä johtopäätöksen voit tehdä eri tavoista hyödyntää standardikuvaajaa?
- f) Ota selvää,
 - (i) minkä niminen on maidon pääproteiini.
 - (ii) mitkä ovat veren tärkeimmät proteiiniryhmät.
 - (iii) mitä proteiinia esiintyy eniten ihmisen sidekudoksessa.
 - (iv) minkä niminen on kananmunan valkuaisen pääproteiini.

Ratkaisu:

a) Standardiliuosten absorbanssiarvojen keskiarvot ovat:

$$\text{Standardiliuos 1: } A = \frac{0,016 + 0,015 + 0,017}{3} = 0,016$$

$$\text{Standardiliuos 2: } A = \frac{0,032 + 0,032 + 0,031}{3} = 0,032$$

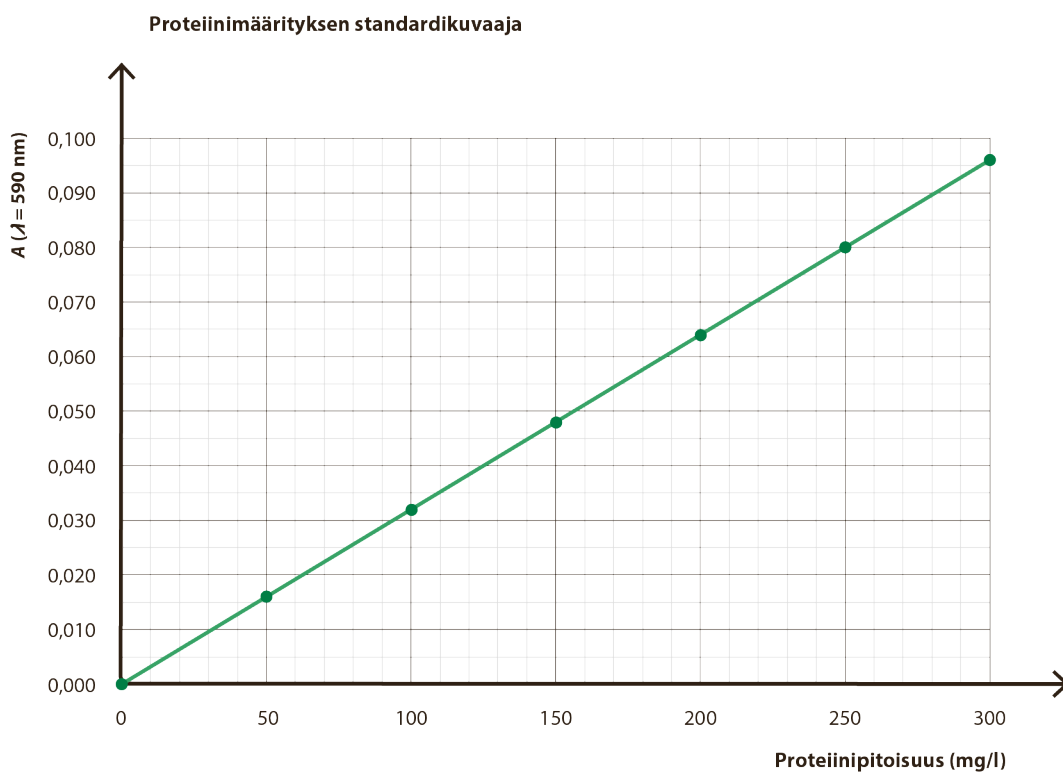
$$\text{Standardiliuos 3: } A = \frac{0,047 + 0,048 + 0,049}{3} = 0,048$$

$$\text{Standardiliuos 4: } A = \frac{0,064 + 0,064 + 0,064}{3} = 0,064$$

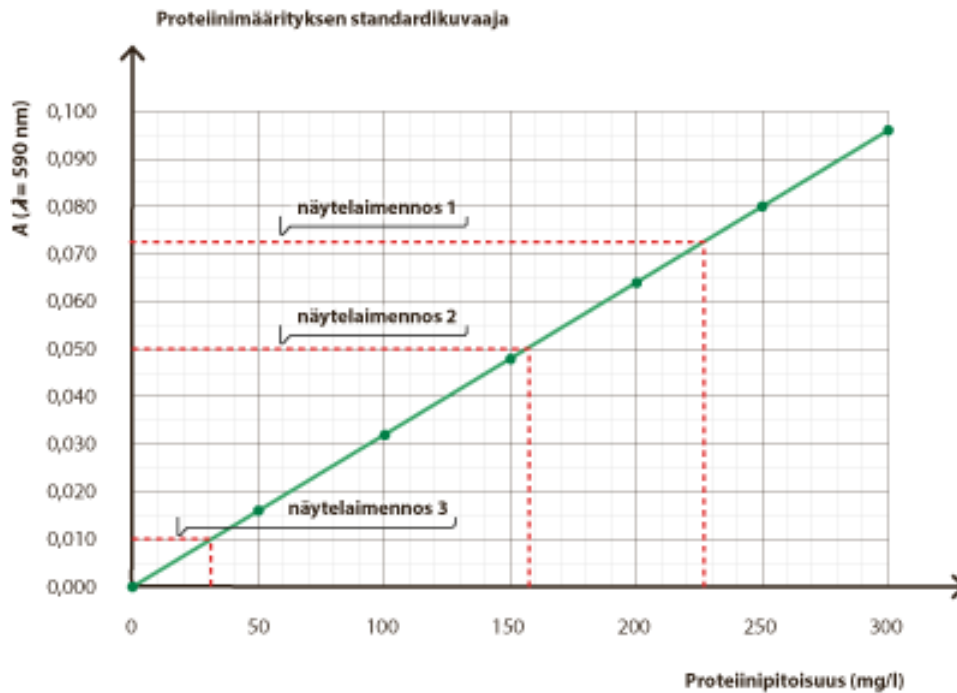
$$\text{Standardiliuos 5: } A = \frac{0,080 + 0,079 + 0,081}{3} = 0,080$$

$$\text{Standardiliuos 6: } A = \frac{0,098 + 0,096 + 0,097}{3} = 0,096$$

Mallikuvaaja:



b) Eri näytelaimennosten absorbanssiarvoja vastaavat proteiinipitoisuudet on merkitty kohdan a) kuvaajalle punaisilla katkoviivoilla.



Näytelaimennos 1: $A = 0,072 \Rightarrow$ proteiinipitoisuus on 228 mg/l.

Näytelaimennos 2: $A = 0,050 \Rightarrow$ proteiinipitoisuus on 160 mg/l.

Näytelaimennos 3: $A = 0,010 \Rightarrow$ proteiinipitoisuus on 32 mg/l.

c) Näytelaimennoksen 1 laimennoskerroin oli 15 (10 ml laimennettu 150 ml:ksi) $\Rightarrow$ proteiinipitoisuus on $15 \cdot 228 \text{ mg/l} = 3\,420 \text{ mg/l} = 3,420 \text{ g/l}$.

Näytelaimennoksen 2 laimennoskerroin oli 20 (7,5 ml laimennettu 150 ml:ksi)

$\Rightarrow$ proteiinipitoisuus $20 \cdot 160 \text{ mg/l} = 3\,200 \text{ mg/l} = 3,200 \text{ g/l}$.

Näytelaimennoksen 3 laimennoskerroin oli 100 (1,5 ml laimennettu 150 ml:ksi)

$\Rightarrow$ proteiinipitoisuus on $100 \cdot 32 \text{ mg/l} = 3\,200 \text{ mg/l} = 3,200 \text{ g/l}$.

Proteiinipitoisuuden keskiarvo (kahden merkitsevän numeron tarkkuudella) on:

$$\frac{(3,420 + 3,200 + 3,200) \text{ g/l}}{3} = 3,273 \text{ g/l} \approx 3,3 \text{ g/l}.$$

d) Ratkaistaan x yhtälöstä $y = 0,0003x - 3 \cdot 10^{-17}$

$$x = \frac{y + 3 \cdot 10^{-17}}{0,0003}, \text{ missä}$$

x = näytelaimennoksen proteiinipitoisuus (mg/l)

y = näytelaimennoksen absorbanssiarvo.

Näytelaimennoksen 1 proteiinipitoisuus (mg/l) on:

$$x = \frac{0,070 + 3 \cdot 10^{-17}}{0,0003} = 233,3$$

Kun huomioidaan laimennuskerroin (15) $\Rightarrow$

$\Rightarrow$ proteiinipitoisuus on $15 \cdot 233,3 \text{ mg/l} = 3\,500 \text{ mg/l} = 3,500 \text{ g/l}$.

Näytelaimennoksen 2 proteiinipitoisuus on:

$$x = \frac{0,045 + 3 \cdot 10^{-17}}{0,0003} = 150,0$$

Kun huomioidaan laimennuskerroin (20) =>

=> proteiinipitoisuus on $20 \cdot 150,0 \text{ mg/l} = 3\,000 \text{ mg/l} = 3,000 \text{ g/l}$.

Näytelaimennoksen 3 proteiinipitoisuus on:

$$x = \frac{0,010 + 3 \cdot 10^{-17}}{0,0003} = 33,33$$

Kun huomioidaan laimennuskerroin (100) =>

=> proteiinipitoisuus on $100 \cdot 33,33 \text{ mg/l} = 3\,333 \text{ mg/l} = 3,333 \text{ g/l}$.

Proteiinipitoisuuden keskiarvo (kahden merkitsevän numeron tarkkuudella) on:

$$\frac{(3,500 + 3,000 + 3,333) \text{ g/l}}{3} = 3,278 \text{ g/l} \approx 3,3 \text{ g/l}.$$

e) Molemmilla tavoilla maidon proteiinipitoisuudeksi saatiin sama arvo, joka vastasi myös tuoteselosteessa ilmoitettua proteiinipitoisuutta (3,3 g/l).

Johtopäätös: Sekä standardikuvaajaa lukemalla että hyödyntämällä kuvaajan sovitefunktion yhtälöä saadaan yhtä tarkka tulos kahden merkitsevän numeron tarkkuudella.

f)

(i) kaseiini

(ii) albumiinit ja globuliinit

(iii) kollageenia

(iv) ovalbumiini