

Jatketaan kemian opiskelua - Tehtävien ratkaisut

9. Laske, mikä on liuoksen pitoisuus, kun

a) lisäät 10 grammaa etikkahappoa 100 grammaan vettä. Ilmoita pitoisuus massaprosentteina.

b) lisäät 7,5 millilitraa etikkahappoa 100,0 millilitraan vettä. Ilmoita pitoisuus tilavuusprosentteina.

Ratkaisu:

$$\text{a) } m(\text{etikkahappo}) = 10 \text{ g}$$

$$m(\text{vesi}) = 100 \text{ g}$$

$$\begin{aligned} m(\text{liuos}) &= m(\text{etikkahappo}) + m(\text{vesi}) \\ &= 10 \text{ g} + 100 \text{ g} \\ &= 110 \text{ g} \end{aligned}$$

Etikkahapon massaprosenttinen osuus on:

$$m\text{-}\%(\text{etikkahappo}) = \frac{m(\text{etikkahappo})}{m(\text{liuos})} \cdot 100 \% = \frac{10 \text{ g}}{110 \text{ g}} \cdot 100 \% = 9,091 \% \approx 9,1 \%$$

$$\text{b) } V(\text{etikkahappo}) = 7,5 \text{ ml}$$

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

$$\begin{aligned} V(\text{liuos}) &= V(\text{etikkahappo}) + V(\text{vesi}) \\ &= 7,5 \text{ ml} + 100,0 \text{ ml} \\ &= 107,5 \text{ ml} \end{aligned}$$

Etikkahapon tilavuusprosenttinen osuus on:

$$\text{til-}\%(\text{etikkahappo}) = \frac{V(\text{etikkahappo})}{V(\text{liuos})} \cdot 100 \% = \frac{7,5 \text{ ml}}{107,5 \text{ ml}} \cdot 100 \% = 6,977 \% \approx 7,0 \%$$

Vastaus:

$$\text{a) } m\text{-}\%(\text{etikkahappo}) = 9,1 \%$$

$$\text{b) } \text{til-}\%(\text{etikkahappo}) = 7,0 \%$$

Luku 1.1 – Tehtävien ratkaisut

3. Laske hiilen suhteellinen atomimassa taulukkokirjan tietojen perusteella. Ilmoita tulos kahden desimaalin tarkkuudella. Vertaa samaasi tulosta jaksollisessa järjestelmässä ilmoitettuun arvoon.

Ratkaisu:

Taulukkokirjan mukaan hiilellä on luonnossa kaksi pysyvää isotooppia C-12 ja C-13. Näiden isotooppien suhteelliset osuudet luonnossa ovat 98,98 % ja 1,11 %.

$$A_r(\text{C}) = \frac{12,000000 \cdot 98,89 + 13,003355 \cdot 1,11}{100} = 12,01113724 \approx 12,01$$

Jaksollisessa järjestelmässä hiilen suhteellinen atomimassa on sama eli 12,01.

4. Luonnon pii sisältää isotooppeja Si-28, Si-29 ja Si-30.

- Mikä on piin järjestysluku?
- Mitkä ovat piin isotooppien massaluvut?
- Kuinka monta neutronia on eri isotooppien atomien ytimissä?
- Laske piin suhteellinen atomimassa (kahden desimaalin tarkkuudella) seuraavien tietojen perusteella:

Isotooppi	Osuus (%)	Atomin massa (u)
Si-28	92,23	27,976927
Si-29	4,67	28,976495
Si-30	3,10	29,973770

Ratkaisu:

- Piin järjestysluku on 14.
- Massaluvut ovat 28, 29 ja 30.
- Si 28: 14, Si-29: 15, Si-30: 16
- Piin suhteellinen atomimassa saadaan laskettua oppikirjan esimerkin 1 (sivu 18) mukaisesti. Lasketaan eri isotooppien atomimassojen esiintymisprosentilla (osuus luonnossa) painotettu keskiarvo.

$$A_r(\text{Si}) = \frac{92,23 \cdot 27,976927 + 4,67 \cdot 28,976495 + 3,10 \cdot 29,973770}{100} \approx 28,09$$

5. Kuparilla on luonnossa kaksi pysyvää isotooppia, Cu-63 ja Cu-65. Ratkaise isotooppien suhteellinen runsaus luonnossa prosentteina. Anna lopputulos kahden desimaalin tarkkuudella.

Ratkaisu:

Taulukkokirjan mukaan Cu-63-isotoopin atomimassa on 62,929 598 ja Cu-65-isotoopin atomimassa 64,927 793. Jaksollisessa järjestelmässä kuparin suhteellinen atomimassa $A_r = 63,55$. Merkitään Cu-63:n osuutta x %. Cu-65:n osuus on tällöin $(100 - x)$ %

Mooli 2

Sijoitetaan eri isotooppien atomimassat ja prosenttiosuudet kuparin suhteellisen atomimassan lausekkeeseen:

$$A_r(\text{Cu}) = \frac{x \cdot A_r(\text{Cu-63}) + (100 - x) \cdot A_r(\text{Cu-65})}{100}$$

saadaan

$$63,55 = \frac{x \cdot 62,929598 + (100 - x) \cdot 64,927793}{100} \Rightarrow x = 68,9519$$

Cu-63-isotoopin osuus on siten 68,95 % ja Cu-65-isotoopin osuus $(100 - 68,9519) \% \approx 31,05 \%$.

Luku 1.2 – Tehtävien ratkaisut

7. Mikä ainemäärä

- a) hiiliatomeja on hiilipalassa, jos hiiliatomeja on $8,6 \cdot 10^{24}$ kappaletta?
 b) asetyylisalisyylihappomolekyylejä on aspiriinitabletissa, jos se sisältää $1,7 \cdot 10^{21}$ asetyylisalisyylihappomolekyylejä?
 c) kofeiinimolekyylejä on kahvissa, jos se sisältää $3,1 \cdot 10^{20}$ kofeiinimolekyylejä?
 d) vesimolekyylejä on vedessä, jos vesimolekyylien lukumäärä on $1,0 \cdot 10^6$?

Ratkaisu:

Kaikissa kohdissa tulee ratkaista ainemäärä (n) hiukkasten lukumäärästä (N). Ainemäärä (n) saadaan kaikissa kohdissa ratkaistua käyttämällä suureyhtälöä $n = \frac{N}{N_A}$. Lisäksi kaikissa vastauksissa tulee olla kaksi merkitsevää numeroa, sillä lähtöarvot on annettu kahden merkitsevän numeron tarkkuudella.

- a) $N(C) = 8,6 \cdot 10^{24}$ kpl
 $N_A = 6,022 \cdot 10^{23}$ kpl/mol
 $n(C) = ?$

$$n(C) = \frac{N(C)}{N_A} = \frac{8,6 \cdot 10^{24} \text{ kpl}}{6,022 \cdot 10^{23} \frac{\text{kpl}}{\text{mol}}} = 14,28 \text{ mol} \approx 14 \text{ mol}$$

- b) $N(\text{asetyyilisalisyylihappomolekyylit}) = 1,7 \cdot 10^{21}$ kpl
 $N_A = 6,022 \cdot 10^{23}$ kpl/mol
 $n(\text{asetyyilisalisyylihappomolekyylit}) = ?$

$$n(\text{asetyyilisalisyylihappomolekyylit}) = \frac{N(\text{asetyyilisalisyylihappomolekyylit})}{N_A}$$

$$= \frac{1,7 \cdot 10^{21}}{6,022 \cdot 10^{23} \text{ kpl/mol}} = 0,002823 \text{ mol} \approx 0,0028 \text{ mol}$$

- c) $N(\text{kofeiinimolekyylit}) = 3,1 \cdot 10^{20}$ kpl
 $N_A = 6,022 \cdot 10^{23}$ kpl/mol
 $n(\text{kofeiini}) = ?$

$$n(\text{kofeiinimolekyylit}) = \frac{N(\text{kofeiinimolekyylit})}{N_A} = \frac{3,1 \cdot 10^{20} \text{ kpl}}{6,022 \cdot 10^{23} \text{ kpl/mol}} = 5,148 \cdot 10^{-4} \text{ mol} \approx 5,1 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$$

- d) $N(\text{vesimolekyylit}) = 1,0 \cdot 10^6$ kpl
 $N_A = 6,022 \cdot 10^{23}$ kpl/mol
 $n(\text{vesi}) = ?$

$$n(\text{vesimolekyylit}) = \frac{N(\text{vesimolekyylit})}{N_A} = \frac{1,0 \cdot 10^6 \text{ kpl}}{6,022 \cdot 10^{23} \text{ kpl/mol}} = 1,661 \cdot 10^{-18} \text{ mol} \approx 1,7 \cdot 10^{-18} \text{ mol}$$

Mooli 2

8. Ratkaise atomien lukumäärä, kun

a) $n(\text{Cu}) = 0,50 \text{ mol}$

b) $n(\text{C}) = 40 \text{ mmol}$

c) $n(\text{O}_2) = 4,0 \text{ mol}$.

Ratkaisu:

Kaikissa kohdissa tulee alkuaineatomien lukumäärä N ratkaista ainemäärästä n . Alkuaineatomien lukumäärä

(N), saadaan ratkaistua muokkaamalla suureyhtälöä $n = \frac{N}{N_A}$ seuraavasti: $N = n \cdot N_A$

Lisäksi kaikissa vastauksissa tulee olla kaksi merkitsevää numeroa, sillä kaikissa kohdissa lähtöarvo on annettu kahden merkitsevän numeron tarkkuudella.

a) $n(\text{Cu}) = 0,50 \text{ mol}$

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

$$N(\text{Cu}) = ?$$

$$N(\text{Cu}) = n(\text{Cu}) \cdot N_A = 0,50 \text{ mol} \cdot 6,022 \cdot 10^{23} \text{ kpl/mol} = 3,011 \cdot 10^{23} \approx 3,0 \cdot 10^{23} \text{ kpl}$$

b) $n(\text{C}) = 40 \text{ mmol} = 0,040 \text{ mol}$ (Huomaa yksikkömuunnos ja muunnoksen tarkkuus!)

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

$$N(\text{C}) = ?$$

$$N(\text{C}) = n(\text{C}) \cdot N_A = 0,040 \text{ mol} \cdot 6,022 \cdot 10^{23} \text{ kpl/mol} = 2,409 \cdot 10^{22} \approx 2,4 \cdot 10^{22} \text{ kpl}$$

c) $n(\text{O}_2) = 4,0 \text{ mol}$

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

$$N(\text{O}) = ? \text{ (Huomaa, että tehtävässä kysytään happiatomien lukumäärää.)}$$

Ratkaistaan ensin **happimolekyylien** lukumäärä $N(\text{O}_2)$

$$N(\text{O}_2) = n(\text{O}_2) \cdot N_A = 4,0 \text{ mol} \cdot 6,022 \cdot 10^{23} \text{ kpl/mol} = 2,409 \cdot 10^{24} \text{ kpl}$$

Koska yksi **happimolekyyli** sisältää kaksi **happiatomia**, on kysytty happiatomien lukumäärä

$$N(\text{O}) = 2 \cdot 2,409 \cdot 10^{24} \text{ kpl} = 4,818 \cdot 10^{24} \text{ kpl} \approx 4,8 \cdot 10^{24} \text{ kpl}$$

Mooli 2

9. Näyte glukoosia $C_6H_{12}O_6$ sisältää 0,100 moolia glukoosia.
- Kuinka monta glukoosimolekyyliä näyte sisältää?
 - Kuinka monta moolia vetyatomeja näyte sisältää?
 - Kuinka monta hiiliatomeja näyte sisältää?

Ratkaisu:

- a) $n(C_6H_{12}O_6) = 0,100 \text{ mol}$
 $N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ kpl/mol}$
 $N(C_6H_{12}O_6) = ?$

Kysytty glukoosimolekyylien lukumäärä N saadaan ratkaistua suureyhtälöstä $n = \frac{N}{N_A}$, josta $N = n \cdot N_A$.

$$N(C_6H_{12}O_6) = n(C_6H_{12}O_6) \cdot N_A = 0,100 \text{ mol} \cdot 6,022 \cdot 10^{23} \text{ kpl/mol} = 6,0220 \cdot 10^{22} \text{ kpl} \approx 6,02 \cdot 10^{22} \text{ kpl}$$

- b) Tarkastellaan glukoosin kemiallista kaavaa. Sen perusteella yhdessä glukoosimolekyyliässä on 12 kappaletta vetyatomeja. Koska glukoosimolekyyliä on 0,100 mol, eli $n(\text{glukoosi}) = 0,100 \text{ mol}$, on vetyatomeja 12-kertainen ainemäärä. Joten $n(H) = 12 \cdot 0,100 \text{ mol} = 1,20 \text{ mol}$. Muista, että moolissa (ja sen osassa tai kerrannaisessa) on aina tietty lukumäärä tarkasteltavia hiukkasia!
- c) Tarkastellaan edelleenkin glukoosin kemiallista kaavaa. Sen perusteella yhdessä glukoosimolekyyliässä on kuusi hiiliatomeja. Hiiliatomien ainemäärä 0,100 moolissa glukoosia on siis kuusinkertainen glukoosin ainemäärään verrattuna eli $n(C) = 6 \cdot 0,100 \text{ mol} = 0,600 \text{ mol}$

Ratkaistaan kysytty hiiliatomien lukumäärä suureyhtälöstä $n = \frac{N}{N_A}$, josta $N = n \cdot N_A$.

$$N(C) = n(C) \cdot N_A = 0,600 \text{ mol} \cdot 6,022 \cdot 10^{23} \text{ kpl/mol} = 3,6132 \cdot 10^{23} \text{ kpl} \approx 3,61 \cdot 10^{23} \text{ kpl}$$

HUOM! Eri kohtien vastaukset esitetään kolmen merkitsevän numeron tarkkuudella lähtöarvon 0,100 mol perusteella.

10. Laske seuraavien yhdisteiden moolimassat.

- etanoli CH_3CH_2OH
- ksylitoli $C_5H_{12}O_5$
- A-vitamiini $C_{20}H_{30}O$
- kofeiini $C_8H_{10}O_2N_4$
- aspartaami $C_{14}H_{18}N_2O_5$

Ratkaisu:

Summataan aineen kemiallisen kaavan perusteella kunkin alkuaineatomin suhteellinen atomimassa niin monta kertaa kuin se kaavassa esiintyy. Muista, että moolimassan yksikkö on g/mol!

- $M(CH_3CH_2OH) = (2 \cdot 12,01 + 6 \cdot 1,008 + 16,00) \text{ g/mol} = 46,068 \text{ g/mol}$
- $M(C_5H_{12}O_5) = (5 \cdot 12,01 + 12 \cdot 1,008 + 5 \cdot 16,00) \text{ g/mol} = 152,146 \text{ g/mol}$
- $M(C_{20}H_{30}O) = (20 \cdot 12,01 + 30 \cdot 1,008 + 16,00) \text{ g/mol} = 286,440 \text{ g/mol}$
- $M(C_8H_{10}O_2N_4) = (8 \cdot 12,01 + 10 \cdot 1,008 + 2 \cdot 16,00 + 4 \cdot 14,01) \text{ g/mol} = 194,20 \text{ g/mol}$
- $M(C_{14}H_{18}N_2O_5) = (14 \cdot 12,01 + 18 \cdot 1,008 + 2 \cdot 14,01 + 5 \cdot 16,00) \text{ g/mol} = 294,304 \text{ g/mol}$

Mooli 2

11. Mikä ainemäärä

- kultaa on 35 milligrammassa?
- natriumnitraattia (NaNO_3) on 2,50 grammassa?
- kolesterolia ($\text{C}_{27}\text{H}_{46}\text{O}$) on 4,5 litrassa verta, jos sitä on 0,294 grammaa 1,0 litrassa verta?
- vesimolekyylejä on 1,5 dl:ssa huoneenlämpöistä vettä (veden tiheys on 1,0 g/ml)?
- C-vitamiinia on 1,0 litran tuoremehutölkissä, jos 1,0 dl mehua sisältää 35 mg C-vitamiinia ($\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$)?

Ratkaisu:

Kaikissa kohdissa tulee ratkaista ainemäärä n .

Ratkaisuissa käytetään suureyhtälöä $n = \frac{m}{M}$ eli kysytty ainemäärä saadaan jakamalla aineen massa (m)

aineen kemiallisen kaavan avulla lasketulla moolimassalla (M). Kohdissa c) ja e) tulee huomioida liuosten kokonaistilavuudet. Kohdassa d) tulee hyödyntää lisäksi tiheyden suureyhtälöä. Muista pyöristyssäännöt ja merkitsevät numerot lopullisessa vastauksessa!

- a) $m(\text{Au}) = 35 \text{ mg} = 0,035 \text{ g}$ (Huomaa yksikkömuunnos ja muunnoksen tarkkuus!)

$$M(\text{Au}) = 196,97 \text{ g/mol}$$

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

$$n(\text{Au}) = \frac{m(\text{Au})}{M(\text{Au})} = \frac{0,035 \text{ g}}{196,97 \text{ g/mol}} = 1,777 \cdot 10^{-4} \text{ mol} \approx 1,8 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$$

- b) $m(\text{NaNO}_3) = 2,50 \text{ g}$

$$M(\text{NaNO}_3) = 85,00 \text{ g/mol}$$

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

$$n(\text{NaNO}_3) = \frac{m(\text{NaNO}_3)}{M(\text{NaNO}_3)} = \frac{2,50 \text{ g}}{85,00 \text{ g/mol}} = 0,029412 \text{ mol} \approx 0,0294 \text{ mol}$$

- c) $m(\text{C}_{27}\text{H}_{46}\text{O}) = 0,294 \text{ g}$

$$V_1(\text{veri}) = 1,0 \text{ l}$$

$$M(\text{C}_{27}\text{H}_{46}\text{O}) = 386,638 \text{ g/mol}$$

$$V_2(\text{veri}) = 4,5 \text{ l}$$

$$n(\text{C}_{27}\text{H}_{46}\text{O}) = ?$$

Lasketaan ensin kolesterolin ainemäärä 1,0 litrassa verta

$$n(\text{C}_{27}\text{H}_{46}\text{O}) = \frac{m(\text{C}_{27}\text{H}_{46}\text{O})}{M(\text{C}_{27}\text{H}_{46}\text{O})} = \frac{0,294 \text{ g}}{386,638 \text{ g/mol}} = 0,00076040 \text{ mol}$$

4,5 litrassa verta kolesterolia on $4,5 \text{ l} \cdot 0,00076040 \text{ mol/l} = 3,422 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \approx 3,4 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$

- d) $V(\text{H}_2\text{O}) = 1,5 \text{ dl} = 150 \text{ ml}$ (Huomaa yksikkömuunnos ja muunnoksen tarkkuus!)

$$M(\text{H}_2\text{O}) = 18,016 \text{ g/mol}$$

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

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

Mooli 2

Ratkaistaan tiheyden suureyhtälöstä $\rho = \frac{m}{V}$ annettua tilavuutta (150 ml) vastaava veden massa:

$$m(\text{H}_2\text{O}) = \rho(\text{H}_2\text{O}) \cdot V(\text{H}_2\text{O}) = 1,0 \text{ g/ml} \cdot 150 \text{ ml} = 150,0 \text{ g}$$

Lasketaan tätä massaa vastaava veden ainemäärä

$$n(\text{H}_2\text{O}) = \frac{m(\text{H}_2\text{O})}{M(\text{H}_2\text{O})} = \frac{150,0 \text{ g}}{18,016 \text{ g/mol}} = 8,326 \text{ mol} \approx 8,3 \text{ mol}$$

e) $m(\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6) = 35 \text{ mg} = 0,035 \text{ g}$ (Huomaa yksikkömuunnos ja muunnoksen tarkkuus!)

$$V_1(\text{mehu}) = 1,0 \text{ dl}$$

$$M(\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6) = 176,124 \text{ g/mol}$$

$$V_2(\text{mehu}) = 1,0 \text{ l}$$

$$n(\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6) = ?$$

Ratkaistaan ensin C-vitamiinin ainemäärä 1,0 dl:ssa mehua

$$n(\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6) = \frac{m(\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6)}{M(\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6)} = \frac{0,035 \text{ g}}{176,124 \text{ g/mol}} = 0,0001987 \text{ mol}$$

Yksi litra (10 dl) tuoremehua sisältää C-vitamiinia $10 \text{ dl} \cdot 0,0001987 \text{ mol/dl} = 0,001987 \text{ mol}$

$$\approx 0,0020 \text{ mol}$$

12. Ratkaise, mikä massa on

a) 2,0 moolilla alumiinia.

b) 50 moolilla happikaasua.

c) 0,20 moolilla natriumsulfaattia (Na_2SO_4).

d) 0,65 millimoolilla ammoniumkloridia (NH_4Cl). Anna vastaus milligrammoina

e) $2,5 \cdot 10^{-9}$ moolilla A-vitamiinia ($\text{C}_{20}\text{H}_{30}\text{O}$). Anna vastaus mikrogrammoina.

f) 6,4 pikomoolilla estradiolia ($\text{C}_{18}\text{H}_{23}\text{O}_2$). Anna vastaus nanogrammoina.

g) $3,0 \cdot 10^{-4}$ moolilla klorofyllia ($\text{C}_{51}\text{H}_{72}\text{O}_4\text{N}_4\text{Mg}$). Anna vastaus milligrammoina.

Ratkaisu:

Kaikissa kohdissa tulee ratkaista aineen massa (m). Ratkaisuissa käytetään suureyhtälöä $n = \frac{m}{M}$, josta

ratkaistuna $m = n \cdot M$ eli kysytty massa saadaan kertomalla tehtävässä annettu ainemäärä (n) aineen moolimassalla (M). Huomaa, että kaikissa lopputuloksissa tulee olla kaksi merkitsevää numeroa.

Ole tarkkana yksikkömuunnosten kanssa!

a) $n(\text{Al}) = 2,0 \text{ mol}$

$$M(\text{Al}) = 26,98 \text{ g/mol}$$

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

$$m(\text{Al}) = n(\text{Al}) \cdot M(\text{Al}) = 2,0 \text{ mol} \cdot 26,98 \text{ g/mol} = 53,96 \text{ g} \approx 54 \text{ g}$$

Mooli 2

b) $n(\text{O}_2) = 50 \text{ mol}$

$M(\text{O}_2) = 32,00 \text{ g/mol}$ (Huomaa, että happikaasu sisältää kaksiatomisia happimolekyylejä!)

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

$$m(\text{O}_2) = n(\text{O}_2) \cdot M(\text{O}_2) = 50 \text{ mol} \cdot 32,00 \text{ g/mol} = 1600 \text{ g} \approx 1,6 \text{ kg}$$

c) $n(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 0,20 \text{ mol}$

$M(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 142,05 \text{ g/mol}$

$m(\text{Na}_2\text{SO}_4) = ?$

$$m(\text{Na}_2\text{SO}_4) = n(\text{Na}_2\text{SO}_4) \cdot M(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 0,20 \text{ mol} \cdot 142,05 \text{ g/mol} = 28,41 \text{ g} \approx 28 \text{ g}$$

d) $n(\text{NH}_4\text{Cl}) = 0,65 \text{ mmol} = 0,65 \cdot 10^{-3} \text{ mol} = 0,00065 \text{ mol}$ (Huomaa yksikkömuunnos ja muunnoksen tarkkuus!)

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

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

$$m(\text{NH}_4\text{Cl}) = n(\text{NH}_4\text{Cl}) \cdot M(\text{NH}_4\text{Cl}) = 0,00065 \text{ mol} \cdot 53,492 \text{ g/mol} = 0,03477 \text{ g} \approx 0,035 \text{ g} = 35 \text{ mg}$$

e) $n(\text{C}_{20}\text{H}_{30}\text{O}) = 2,5 \cdot 10^{-9} \text{ mol}$

$M(\text{C}_{20}\text{H}_{30}\text{O}) = 286,44 \text{ g/mol}$

$m(\text{C}_{20}\text{H}_{30}\text{O}) = ?$

$$m(\text{C}_{20}\text{H}_{30}\text{O}) = n(\text{C}_{20}\text{H}_{30}\text{O}) \cdot M(\text{C}_{20}\text{H}_{30}\text{O}) = 2,5 \cdot 10^{-9} \text{ mol} \cdot 286,44 \text{ g/mol} = 7,161 \cdot 10^{-7} \text{ g} \approx 7,2 \cdot 10^{-7} \text{ g} \\ = 0,72 \text{ } \mu\text{g}$$

f) $n(\text{C}_{18}\text{H}_{23}\text{O}_2) = 6,4 \text{ pmol} = 6,4 \cdot 10^{-12} \text{ mol}$ (Huomaa potenssimerkintä!)

$M(\text{C}_{18}\text{H}_{23}\text{O}_2) = 271,364 \text{ g/mol}$

$m(\text{C}_{18}\text{H}_{23}\text{O}_2) = ?$

$$m(\text{C}_{18}\text{H}_{23}\text{O}_2) = n(\text{C}_{18}\text{H}_{23}\text{O}_2) \cdot M(\text{C}_{18}\text{H}_{23}\text{O}_2) = 6,4 \cdot 10^{-12} \text{ mol} \cdot 271,364 \text{ g/mol} = 1,737 \cdot 10^{-9} \text{ g} \approx 1,7 \cdot 10^{-9} \text{ g} \\ = 1,7 \text{ ng}$$

g) $n(\text{C}_{51}\text{H}_{72}\text{O}_4\text{N}_4\text{Mg}) = 3,0 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$

$M(\text{C}_{51}\text{H}_{72}\text{O}_4\text{N}_4\text{Mg}) = 829,436 \text{ g/mol}$

$m(\text{C}_{51}\text{H}_{72}\text{O}_4\text{N}_4\text{Mg}) = ?$

$$m(\text{C}_{51}\text{H}_{72}\text{O}_4\text{N}_4\text{Mg}) = n(\text{C}_{51}\text{H}_{72}\text{O}_4\text{N}_4\text{Mg}) \cdot M(\text{C}_{51}\text{H}_{72}\text{O}_4\text{N}_4\text{Mg}) = 3,0 \cdot 10^{-4} \text{ mol} \cdot 829,436 \text{ g/mol} = 0,2488 \text{ g} \\ \approx 250 \text{ mg}$$

Mooli 2

13. Yhdessä kananmunan keltuaisessa on 250 mg kolesterolia ($C_{27}H_{46}O$).

a) Mikä ainemäärä kolesterolia on?

b) Kuinka monta kolesterolimolekyyliä yksi keltuainen sisältää?

Ratkaisu:

a) $m(C_{27}H_{46}O) = 250 \text{ mg} = 0,250 \text{ g}$ (Huomaa yksikkömuunnos ja muunnoksen tarkkuus!)
 $n(C_{27}H_{46}O) = ?$

Jotta saadaan ratkaistua kysytty ainemäärä, tulee ensin laskea kolesterolin moolimassa:

$$M(C_{27}H_{46}O) = 27 \cdot 12,01 \text{ g/mol} + 46 \cdot 1,008 \text{ g/mol} + 16,00 \text{ g/mol} = 386,638 \text{ g/mol}$$

Ratkaistaan ainemäärä (n) suureyhtälöstä $n = \frac{m}{M}$, josta

$$n(C_{27}H_{46}O) = \frac{m(C_{27}H_{46}O)}{M(C_{27}H_{46}O)} = \frac{0,250 \text{ g}}{386,638 \text{ g/mol}} = 6,4660 \cdot 10^{-4} \text{ mol} \approx 6,47 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$$

b) $n(C_{27}H_{46}O) = 6,4660 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$ (a-kohdasta)

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

$$N(C_{27}H_{46}O) = ?$$

Kolesterolimolekyylien lukumäärä N saadaan suureyhtälöstä $n = \frac{N}{N_A}$, josta ratkaistuna

$$N(C_{27}H_{46}O) = n(C_{27}H_{46}O) \cdot N_A = 6,4660 \cdot 10^{-4} \text{ mol} \cdot 6,022 \cdot 10^{23} \frac{\text{kpl}}{\text{mol}} = 3,8938 \cdot 10^{20} \text{ kpl} \approx 3,89 \cdot 10^{20} \text{ kpl}$$

14. Ratkaise

a) kuinka monta hopea-atomia on hopeasormuksessa, jonka massa on 10,79 g.

b) kuinka monta kulta-atomia on matkapuhelimen latauslaitteen liittimessä, jos liitin sisältää kultaa 197 mg.

c) kumpi metallinäyte sisältää enemmän atomeja: 11,87 grammaa tinaa vai 11,87 grammaa lyijyä.

Ratkaisu:

a) $m(\text{Ag}) = 10,79 \text{ g}$
 $M(\text{Ag}) = 107,87 \text{ g/mol}$
 $N(\text{Ag}) = ?$

Ratkaistaan ensin hopea-atomien ainemäärä:

$$n(\text{Ag}) = \frac{m(\text{Ag})}{M(\text{Ag})} = \frac{10,79 \text{ g}}{107,87 \text{ g/mol}} = 0,100028 \text{ mol}$$

Ratkaistaan kysytty hopea-atomien lukumäärä suureyhtälöstä $n = \frac{N}{N_A}$, josta $N = n \cdot N_A$ eli

$$N(\text{Ag}) = n(\text{Ag}) \cdot N_A = 0,100028 \text{ mol} \cdot 6,022 \cdot 10^{23} \text{ kpl/mol} = 6,02369 \cdot 10^{22} \text{ kpl} \approx 6,024 \cdot 10^{22} \text{ kpl}$$

Mooli 2

- b) $m(\text{Au}) = 197 \text{ mg} = 0,197 \text{ g}$ Huomaa yksikkömuunnos ja muunnoksen tarkkuus!
 $M(\text{Au}) = 196,97 \text{ g/mol}$
 $N(\text{Au}) = ?$

Ratkaistaan ensin kullan ainemäärä

$$n(\text{Au}) = \frac{m(\text{Au})}{M(\text{Au})} = \frac{0,197 \text{ g}}{196,97 \text{ g/mol}} = 0,0010002 \text{ mol}$$

Ratkaistaan kysytty kulta-atomien lukumäärä suureyhtälöstä $n = \frac{N}{N_A}$, josta $N = n \cdot N_A$ eli

$$N(\text{Au}) = n(\text{Au}) \cdot N_A = 0,0010002 \text{ mol} \cdot 6,022 \cdot 10^{23} \text{ kpl/mol} = 6,0232 \cdot 10^{20} \text{ kpl} \approx 6,02 \cdot 10^{20} \text{ kpl}$$

- c) $m(\text{Sn}) = 11,87 \text{ g}$
 $M(\text{Sn}) = 118,71 \text{ g/mol}$
 $m(\text{Pb}) = 11,87 \text{ g}$
 $M(\text{Pb}) = 207,2 \text{ g/mol}$
 $N(\text{Sn}) = ?$
 $N(\text{Pb}) = ?$

Ratkaistaan tina-ainemäärä

$$n(\text{Sn}) = \frac{m(\text{Sn})}{M(\text{Sn})} = \frac{11,87 \text{ g}}{118,71 \text{ g/mol}} = 0,0999916 \text{ mol}$$

Ratkaistaan tina-atomien lukumäärä suureyhtälöstä $n = \frac{N}{N_A}$, josta $N = n \cdot N_A$ eli

$$N(\text{Sn}) = n(\text{Sn}) \cdot N_A = 0,0999916 \text{ mol} \cdot 6,022 \cdot 10^{23} \text{ kpl/mol} = 6,02149 \cdot 10^{22} \text{ kpl} \approx 6,021 \cdot 10^{22} \text{ kpl}$$

Ratkaistaan lyijyn ainemäärä

$$n(\text{Pb}) = \frac{m(\text{Pb})}{M(\text{Pb})} = \frac{11,87 \text{ g}}{207,2 \text{ g/mol}} = 0,0572876 \text{ mol}$$

Lyijyatomien lukumääräksi saadaan:

$$N(\text{Pb}) = n(\text{Pb}) \cdot N_A = 0,0572876 \text{ mol} \cdot 6,022 \cdot 10^{23} \text{ kpl/mol} = 3,44986 \cdot 10^{22} \text{ kpl} \approx 3,450 \cdot 10^{22} \text{ kpl}$$

Tina-atomeja on enemmän kuin lyijyatomeja.

15. Millä seuraavista aineista on suurin massa?

- a) 30 milligrammaa hopeaa
- b) 8,0 moolia heliumia
- c) $14 \cdot 10^{23}$ kappaletta typpi-atomeja

Ratkaisu:

- a) $m(\text{Ag}) = 30 \text{ mg} = 0,030 \text{ g}$

Mooli 2

b) $n(\text{He}) = 8,0 \text{ mol}$
 $M(\text{He}) = 4,003 \text{ g/mol}$
 $m(\text{He}) = ?$

Ratkaistaan heliumin massa suureyhtälöstä $n = \frac{m}{M}$, josta ratkaisuna

$$m(\text{He}) = n(\text{He}) \cdot M(\text{He}) = 8,0 \text{ mol} \cdot 4,003 \text{ g/mol} = 32,024 \text{ g} \approx 32 \text{ g}$$

c) $N(\text{N}) = 14 \cdot 10^{23}$ Huomaa, että kyseessä ovat yksittäiset typpiatomit – ei typpimolekyylit!
 $N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ 1/mol}$
 $M(\text{N}) = 14,01 \text{ g/mol}$
 $m(\text{N}) = ?$

Ratkaistaan ensin typpiatomien ainemäärä suureyhtälöstä

$$n(\text{N}) = \frac{N(\text{N})}{N_A} = \frac{14 \cdot 10^{23}}{6,022 \cdot 10^{23} \text{ 1/mol}} = 2,325 \text{ mol}$$

Ratkaistaan lopuksi kysytty typpiatomien massa suureyhtälöstä $n = \frac{m}{M}$.

$$m(\text{N}) = n(\text{N}) \cdot M(\text{N}) = 2,325 \text{ mol} \cdot 14,01 \text{ g/mol} = 32,57 \text{ g} \approx 33 \text{ g}$$

Suurin massa on siten typpi-atomeilla.

16. Erästä alkuainetta X on 0,125 moolia. Tämän ainemäärän massa on 6,98 grammaa. Mistä alkuaineesta on kyse?

Ratkaisu:

$n(\text{X}) = 0,125 \text{ mol}$
 $m(\text{X}) = 6,98 \text{ g}$
 $M(\text{X}) = ?$

Alkuaine voidaan tunnistaa, kun ratkaistaan sen moolimassa, jota sitten vertaillaan jaksollisen järjestelmän alkuaineiden suhteellisiin atomimassoihin

Ratkaistaan moolimassa (M) suureyhtälöstä $n = \frac{m}{M}$, josta ratkaistuna $M = \frac{m}{n}$

$$M(\text{X}) = \frac{m(\text{X})}{n(\text{X})} = \frac{6,98 \text{ g}}{0,125 \text{ mol}} = 55,84 \text{ g/mol}$$

Jaksollisen järjestelmän mukaan lähinnä tätä lukuarvoa on raudan suhteellinen atomimassa 55,85. Kyseessä on siis rauta.

Mooli 2

17. Täydennä taulukko. Kiinnitä huomio potenssimerkintöihin, merkitseviin numeroihin ja pyöristyksiin.

Aine	m	M	n	N
Si	5,2 µg			
Ca(OH) ₂			1,2 mmol	
CH ₃ CH ₂ CH ₂ COOH				72 · 10 ¹⁰
Na ₂ CO ₃ · 10 H ₂ O	2,356 kg			

Ratkaisu:

Aine	m	M	n	N
Si	5,2 µg	28,09 g/mol	$= \frac{5,2 \cdot 10^{-6} \text{ g}}{28,09 \text{ g/mol}}$ $= 1,851 \cdot 10^{-7} \text{ mol}$ $\approx 1,9 \cdot 10^{-7} \text{ mol}$	$= 1,851 \cdot 10^{-7} \text{ mol} \cdot 6,022 \cdot 10^{23} \frac{1}{\text{mol}}$ $= 1,115 \cdot 10^{17}$ $\approx 1,1 \cdot 10^{17}$
Ca(OH) ₂	$= 74,096 \text{ g/mol} \cdot 0,0012 \text{ mol}$ $= 0,08892 \text{ g} \approx 0,089 \text{ g}$	74,096 g/mol	1,2 mmol	$= 0,0012 \text{ mol} \cdot 6,022 \cdot 10^{23} \frac{1}{\text{mol}}$ $= 7,226 \cdot 10^{20}$ $\approx 7,2 \cdot 10^{20}$
CH ₃ CH ₂ CH ₂ COOH	$= 88,104 \text{ g/mol} \cdot 1,196 \cdot 10^{-12}$ $= 1,054 \cdot 10^{-10} \text{ g} \approx 1,1 \cdot 10^{-10} \text{ g}$	88,104 g/mol	$= \frac{72 \cdot 10^{10}}{6,022 \cdot 10^{23} \text{ 1/mol}}$ $= 1,196 \cdot 10^{-12} \text{ mol}$ $\approx 1,2 \cdot 10^{-12} \text{ mol}$	72 · 10¹⁰
Na ₂ CO ₃ · 10 H ₂ O	2,356 kg	286,15 g/mol	$= \frac{2\,356 \text{ g}}{286,15 \text{ g/mol}}$ $= 8,23344 \text{ mol}$ $\approx 8,233 \text{ mol}$	$= 8,23344 \text{ mol} \cdot 6,022 \cdot 10^{23} \frac{1}{\text{mol}}$ $= 4,95818 \cdot 10^{24}$ $\approx 4,958 \cdot 10^{24}$

18. Hyönteismyrkkypullon etiketti ilmaisee, että se sisältää 0,10 massaprosenttia myrkkyä, jonka molekyylikaava on C₁₂H₁₁NO₂. Kuinka monta myrkkymolekyyliä on 200 ml:n pullossa, jos liuoksen tiheys 1,0 g / ml?

Mooli 2

Ratkaisu:

$$m\text{-}\%(\text{myrkky}) = 0,10 \% = 0,0010$$

$$V(\text{liuos}) = 200 \text{ ml}$$

$$\rho(\text{liuos}) = 1,0 \text{ g/ml}$$

$$M(\text{C}_{12}\text{H}_{11}\text{NO}_2) = 201,218 \text{ g/mol}$$

$$N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ 1/mol}$$

$$N(\text{C}_{12}\text{H}_{11}\text{NO}_2) = ?$$

Ratkaistaan pullossa olevan liuoksen massa tiheyden suureyhtälöstä $\rho = \frac{m}{V}$, josta $m = \rho \cdot V$

$$m(\text{liuos}) = \rho(\text{liuos}) \cdot V(\text{liuos}) = 1,0 \text{ g/ml} \cdot 200 \text{ ml} = 200,0 \text{ g}$$

Ilmoitetun massaprosenttisen osuuden perusteella 200,0 g hyönteismyrkkyä sisältää $0,0010 \cdot 200,0 \text{ g} = 0,2000 \text{ g}$ myrkkymolekyylejä $\text{C}_{12}\text{H}_{11}\text{NO}_2$.

Ratkaistaan myrkkymolekyylin ainemäärä (n) massan (m) ja moolimassan (M) perusteella:

$$n(\text{C}_{12}\text{H}_{11}\text{NO}_2) = \frac{m(\text{C}_{12}\text{H}_{11}\text{NO}_2)}{M(\text{C}_{12}\text{H}_{11}\text{NO}_2)} = \frac{0,2000 \text{ g}}{201,218 \text{ g/mol}} = 9,939 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$$

Kysytty myrkkymolekyylin lukumäärä N saadaan suureyhtälöstä

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

$$N(\text{C}_{12}\text{H}_{11}\text{NO}_2) = 9,939 \cdot 10^{-4} \text{ mol} \cdot 6,022 \cdot 10^{23} \text{ 1/mol} = 5,985 \cdot 10^{20} \approx 6,0 \cdot 10^{20}$$

19. a) Mikä ainemäärä asetonin eli propanonin $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$ on pullossa, joka sisältää 500 ml asetonin?

b) Kuinka monta asetonimolekyyliä pullossa on?

Vihje: Hae asetonin tiheys taulukkokirjasta.

Ratkaisu:

a) Taulukkokirjan mukaan asetonin ($\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$) tiheys on $0,79 \text{ kg/dm}^3$.

$$\rho(\text{C}_3\text{H}_6\text{O}) = 0,79 \text{ kg/dm}^3$$

$$V(\text{C}_3\text{H}_6\text{O}) = 500 \text{ ml} = 0,500 \text{ dm}^3 \quad \text{Huomaa yksikkömuunnos ja yksikkömuunnoksen tarkkuus!}$$

$$M(\text{C}_3\text{H}_6\text{O}) = 58,078 \text{ g/mol}$$

$$n(\text{C}_3\text{H}_6\text{O}) = ?$$

Mooli 2

Ratkaistaan ensin asetonin massa asetonin tiheyden ja liuoksen tilavuuden avulla

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

$$m(\text{C}_3\text{H}_6\text{O}) = \rho(\text{C}_3\text{H}_6\text{O}) \cdot V(\text{C}_3\text{H}_6\text{O}) = 0,79 \text{ kg/dm}^3 \cdot 0,500 \text{ dm}^3 = 0,3950 \text{ kg} = 395,0 \text{ g}$$

Ratkaistaan kysytty ainemäärä massan (m) ja moolimassan (M) avulla suureyhtälöstä

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

$$n(\text{C}_3\text{H}_6\text{O}) = \frac{m(\text{C}_3\text{H}_6\text{O})}{M(\text{C}_3\text{H}_6\text{O})} = \frac{395,0 \text{ g}}{58,078 \text{ g/mol}} = 6,801 \text{ mol} \approx 6,8 \text{ mol}$$

b) $n(\text{C}_3\text{H}_6\text{O}) = 6,801 \text{ mol}$ (a-kohdasta)

$$N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ 1/mol}$$

$$N(\text{C}_3\text{H}_6\text{O}) = ?$$

Asetonimolekyylien lukumäärä saadaan ratkaistua suureyhtälöstä

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

$$N(\text{C}_3\text{H}_6\text{O}) = 6,801 \text{ mol} \cdot 6,022 \cdot 10^{23} \text{ 1/mol} = 4,096 \cdot 10^{24} \approx 4,1 \cdot 10^{24}$$

Luku 1.3 – Tehtävien ratkaisut

20. Laske liuoksen konsentraatio, kun

- a) 3,0 mol sakkaroosia ($C_{12}H_{22}O_{11}$) liuotetaan veteen siten, että liuoksen lopputilavuus on 2,0 litraa.
 b) 3,0 ml:n verinäyte sisältää $1,1 \cdot 10^{-5}$ mol kolesterolia ($C_{27}H_{46}O$). Anna vastaus yksikössä mmol/l.

Ratkaisu

Konsentraatio saadaan ratkaistua suureyhtälöstä $c = \frac{n}{V}$.

a) $n(C_{12}H_{22}O_{11}) = 3,0 \text{ mol}$

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

$c(C_{12}H_{22}O_{11}) = ?$

$$c(C_{12}H_{22}O_{11}) = \frac{n(C_{12}H_{22}O_{11})}{V(\text{liuos})} = \frac{3,0 \text{ mol}}{2,0 \text{ l}} = 1,5 \text{ mol/l}$$

b) $n(C_{27}H_{46}O) = 1,1 \cdot 10^{-5} \text{ mol}$

$V(\text{veri}) = 3,0 \text{ ml} = 0,0030 \text{ l}$ Huomaa yksikkömuunnos ja muunnoksen tarkkuus!

$c(C_{27}H_{46}O) = ?$

$$c(C_{27}H_{46}O) = \frac{n(C_{27}H_{46}O)}{V(\text{liuos})} = \frac{1,1 \cdot 10^{-5} \text{ mol}}{0,0030 \text{ l}} = 3,667 \cdot 10^{-3} \text{ mol/l} = 3,7 \text{ mmol/l}$$

21. 3,0 g ammoniumsulfaattia $(NH_4)_2SO_4$ liuotetaan veteen mittapullossa siten, että liuoksen lopputilavuudeksi tulee 100 ml. Laske liuoksen ammoniumsulfaattikonsentraatio. Laske myös liuoksen ammonium- ja sulfaatti-ionien konsentraatiot.

Ratkaisu

$m((NH_4)_2SO_4) = 3,0 \text{ g}$

$M((NH_4)_2SO_4) = 132,154 \text{ g/mol}$

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

$c((NH_4)_2SO_4) = ?$

$c(NH_4^+) = ?$

$c(SO_4^{2-}) = ?$

Ratkaistaan ensin ammoniumsulfaatin ainemäärä suureyhtälöstä $n = \frac{m}{M}$

$$n((NH_4)_2SO_4) = \frac{m((NH_4)_2SO_4)}{M((NH_4)_2SO_4)} = \frac{3,0 \text{ g}}{132,154 \text{ g/mol}} = 0,02270 \text{ mol}$$

Mooli 2

Ammoniumsulfaatin konsentraatio saadaan suureyhtälöstä $c = \frac{n}{V}$

$$c((\text{NH}_4)_2\text{SO}_4) = \frac{n((\text{NH}_4)_2\text{SO}_4)}{V(\text{liuos})} = \frac{0,02270 \text{ mol}}{0,100 \text{ l}} = 0,2270 \text{ mol/l} \approx 0,23 \text{ mol/l}$$

Yhdisteen kaavan perusteella yksi mooli ammoniumsulfaattia sisältää kaksi moolia ammoniumioneja NH_4^+ ja yhden moolin sulfaatti-ioneja SO_4^{2-} . Tämä nähdään myös yhdisteen liukenemista kuvaavasta yhtälöstä:



Yksi mooli ammoniumsulfaattia tuottaa siis vesiliuokseen kaksi moolia ammoniumioneja ja yhden moolin sulfaatti-ioneja. Kysytyt ionien konsentraatiot saadaan ratkaistua seuraavasti:

$$c(\text{NH}_4^+) = 2 \cdot c((\text{NH}_4)_2\text{SO}_4) = 2 \cdot 0,2270 \text{ mol/l} = 0,4540 \text{ mol/l} \approx 0,45 \text{ mol/l}$$

$$c(\text{SO}_4^{2-}) = c((\text{NH}_4)_2\text{SO}_4) = 0,2270 \text{ mol/l} \approx 0,23 \text{ mol/l}$$

22.

- 1,00 desilitrassa maitoa on 180 mg kalsiumioneja (Ca^{2+}). Laske maidon kalsiumionikonsentraatio.
- 100 ml merivettä sisältää bromidi-ioneja (Br^-) keskimäärin 6,5 mg. Laske meriveden bromidi-ionikonsentraatio.
- Tuoremehuun on lisätty C-vitamiinia ($\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$) siten, että sen pitoisuus on 30 mg/50 ml. Laske tuoremehun C-vitamiinikonsentraatio.
- Henkilö juo c-kohdassa mainittua tuoremehua 2,0 dl. Laske veren C-vitamiinikonsentraatio, jos ajatellaan, että koko C-vitamiinimäärä imeytyy tasaisesti verenkiertoon? Veren kokonaistilavuus on 5,2 l.

Ratkaisu:

Kaikissa kohdissa kysytyt konsentraatiot saadaan ratkaistua suureyhtälöstä $c = \frac{n}{V}$.

Kohdissa a-c tarvitaan lisäksi suureyhtälöä $n = \frac{m}{M}$.

Ole tarkkana yksikkömuunnosten, muunnosten tarkkuuden ja vastauksen merkitsevien numeroiden kanssa.

- $m(\text{Ca}^{2+}) = 180 \text{ mg} = 0,180 \text{ g}$ Huomaa yksikkömuunnos ja muunnoksen tarkkuus!
 $M(\text{Ca}^{2+}) = 40,08 \text{ g/mol}$ Huomaa, että kalsiumionin moolimassa on sama kuin kalsiumatomin moolimassa!
 $V(\text{maito}) = 1,00 \text{ dl} = 0,100 \text{ l}$ Huomaa yksikkömuunnos ja muunnoksen tarkkuus!
 $c(\text{Ca}^{2+}) = ?$

Ratkaistaan ensin kalsiumionien ainemäärä suureyhtälöstä $n = \frac{m}{M}$

$$n(\text{Ca}^{2+}) = \frac{m(\text{Ca}^{2+})}{M(\text{Ca}^{2+})} = \frac{0,180 \text{ g}}{40,08 \text{ g/mol}} = 4,4910 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

Mooli 2

Maidon kalsiumionikonsentraatio on

$$c(\text{Ca}^{2+}) = \frac{n(\text{Ca}^{2+})}{V(\text{maito})} = \frac{4,4910 \cdot 10^{-3} \text{ mol}}{0,100 \text{ l}} = 44,910 \cdot 10^{-3} \text{ mol/l} \approx 44,9 \cdot 10^{-3} \text{ mol/l}$$

- b) $m(\text{Br}^-) = 6,5 \text{ mg} = 0,0065 \text{ g}$ Huomaa yksikkömuunnos!
 $M(\text{Br}^-) = 79,90 \text{ g/mol}$ Huomaa, että bromidi-ionin moolimassa on sama kuin bromiatomin moolimassa!
 $V(\text{merivesi}) = 100 \text{ ml} = 0,100 \text{ l}$ Huomaa yksikkömuunnos ja muunnoksen tarkkuus!
 $c(\text{Br}^-) = ?$

Ratkaistaan ensin bromidi-ionien ainemäärä suureyhtälöstä $n = \frac{m}{M}$

$$n(\text{Br}^-) = \frac{m(\text{Br}^-)}{M(\text{Br}^-)} = \frac{0,0065 \text{ g}}{79,90 \text{ g/mol}} = 8,135 \cdot 10^{-5} \text{ mol}$$

Meriveden bromidi-ionikonsentraatio on

$$c(\text{Br}^-) = \frac{n(\text{Br}^-)}{V(\text{merivesi})} = \frac{8,135 \cdot 10^{-5} \text{ mol}}{0,100 \text{ l}} = 8,135 \cdot 10^{-4} \text{ mol/l} \approx 8,1 \cdot 10^{-4} \text{ mol/l}$$

- c) $m(\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6) = 30 \text{ mg} = 0,030 \text{ g}$ Huomaa yksikkömuunnos ja muunnoksen tarkkuus!
 $M(\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6) = 176,124 \text{ g/mol}$
 $V(\text{mehu}) = 50 \text{ ml} = 0,050 \text{ l}$ Huomaa yksikkömuunnos ja muunnoksen tarkkuus!
 $c(\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6) = ?$

Ratkaistaan ensin C-vitamiinin ainemäärä suureyhtälöstä $n = \frac{m}{M}$

$$n(\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6) = \frac{m(\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6)}{M(\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6)} = \frac{0,030 \text{ g}}{176,124 \text{ g/mol}} = 1,703 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$$

Mehun C-vitamiinikonsentraatio on

$$c(\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6) = \frac{n(\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6)}{V(\text{mehu})} = \frac{1,703 \cdot 10^{-4} \text{ mol}}{0,050 \text{ l}} = 3,406 \cdot 10^{-3} \text{ mol/l} \\ \approx 3,4 \cdot 10^{-3} \text{ mol/l}$$

- d) $c(\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6) = 3,406 \cdot 10^{-3} \text{ mol/l}$ (c-kohdasta)
 $V(\text{mehu}) = 2,0 \text{ dl} = 0,20 \text{ l}$ Huomaa yksikkömuunnos ja muunnoksen tarkkuus!
 $V(\text{veri}) = 5,2 \text{ l}$
 $c(\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6) = ?$

Mooli 2

Ratkaistaan konsentraation avulla C-vitamiinin ainemäärä 2,0 dl:ssa mehua suureyhtälöstä

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

$$n(\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6) = c(\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6) \cdot V(\text{mehu}) = 3,406 \cdot 10^{-3} \text{ mol/l} \cdot 0,20 \text{ l} = 6,812 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$$

Ratkaistaan lopuksi kysytty veren C-vitamiinikonsentraatio

$$c(\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6) = \frac{n(\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6)}{V(\text{veri})} = \frac{6,812 \cdot 10^{-4} \text{ mol}}{5,2 \text{ l}} = 1,310 \cdot 10^{-4} \text{ mol/l} \approx 1,3 \cdot 10^{-4} \text{ mol/l}$$

23. Veren NaCl-konsentraatio on 0,14 mol/l.

a) Missä tilavuudessa verta on 0,10 mol natriumkloridia? Anna vastaus millilitroina kahden merkitsevän numeron tarkkuudella.

b) Missä tilavuudessa verta on 1,0 mg natriumkloridia? Anna tässäkin vastaus millilitroina.

c) Ilmoita veren natriumionipitoisuus yksikössä g/l.

d) Laske, kuinka monta natriumionia on 0,50 litrassa verta.

Ratkaisu:

a) $c(\text{NaCl}) = 0,14 \text{ mol/l}$

$$n(\text{NaCl}) = 0,10 \text{ mol}$$

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

Ratkaistaan veren tilavuus konsentraation suureyhtälöstä $c = \frac{n}{V}$, josta $V = \frac{n}{c}$

$$V(\text{veri}) = \frac{n(\text{NaCl})}{c(\text{NaCl})} = \frac{0,10 \text{ mol}}{0,14 \text{ mol/l}} = 0,7143 \approx 710 \text{ ml}$$

b) $c(\text{NaCl}) = 0,14 \text{ mol/l}$

$$m(\text{NaCl}) = 1,0 \text{ mg} = 0,0010 \text{ g} \quad \text{Huomaa yksikkömuunnos ja muunnoksen tarkkuus!}$$

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

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

Ratkaistaan ensin natriumkloridin ainemäärä suureyhtälöstä $n = \frac{m}{M}$

$$n(\text{NaCl}) = \frac{m(\text{NaCl})}{M(\text{NaCl})} = \frac{0,0010 \text{ g}}{58,44 \text{ g/mol}} = 1,711 \cdot 10^{-5} \text{ mol}$$

Ratkaistaan kysytty veren tilavuus suureyhtälöstä $c = \frac{n}{V}$, josta $V = \frac{n}{c}$

$$V(\text{veri}) = \frac{n(\text{NaCl})}{c(\text{NaCl})} = \frac{1,711 \cdot 10^{-5} \text{ mol}}{0,14 \text{ mol/l}} = 1,222 \cdot 10^{-4} \text{ l} \approx 0,12 \text{ ml}$$

Mooli 2

c) $c(\text{NaCl}) = 0,14 \text{ mol/l}$

$M(\text{Na}^+) = 22,99 \text{ g/mol}$ Huomaa, että natriumionin moolimassa on sama kuin natriumatomin moolimassa!

$m(\text{Na}^+) = ?$

Natriumkloridin kaavasta nähdään, että yksi mooli natriumkloridia sisältää yhden moolin natriumioneja (Na^+) ja yhden moolin kloridi-ioneja (Cl^-). Tämän perusteella natriumionien konsentraatio on sama kuin annettu natriumkloridiliuoksen konsentraatio eli $c(\text{Na}^+) = c(\text{NaCl}) = 0,14 \text{ mol/l}$. Litrassa liuosta on siten 0,14 moolia natriumioneja. Muutetaan tämä ainemäärä massaksi, jolloin saadaan ratkaistua kysytty natriumionien massa yhdessä litrassa liuosta.

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

$$m(\text{Na}^+) = n(\text{Na}^+) \cdot M(\text{Na}^+) = 0,14 \text{ mol} \cdot 22,99 \text{ g/mol} = 3,219 \text{ g} \approx 3,2 \text{ g}$$

Kysytty pitoisuus on siten 3,2 g /l.

d) $c(\text{NaCl}) = 0,14 \text{ mol/l}$

$V(\text{veri}) = 0,50 \text{ l}$

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

$N(\text{Na}^+) = ?$

Ratkaistaan ensin natriumkloridin ainemäärä suureyhtälöstä $c = \frac{n}{V}$, josta $n = c \cdot V$

$$n(\text{NaCl}) = c(\text{NaCl}) \cdot V(\text{veri}) = 0,14 \text{ mol/l} \cdot 0,50 \text{ l} = 0,07000 \text{ mol}$$

Koska yksi mooli natriumkloridia sisältää yhden moolin natriumioneja, on natriumionien ainemäärä sama kuin natriumkloridin ainemäärä eli $n(\text{Na}^+) = n(\text{NaCl}) = 0,07000 \text{ mol}$

Ratkaistaan natriumionien lukumäärä suureyhtälöstä $n = \frac{N}{N_A}$, josta $N = n \cdot N_A$

$$N(\text{Na}^+) = n(\text{Na}^+) \cdot N_A = 0,07000 \text{ mol} \cdot 6,022 \cdot 10^{23} \text{ kpl/mol} = 4,215 \cdot 10^{22} \text{ kpl} \approx 4,2 \cdot 10^{22} \text{ kpl}$$

24. Virtsassa esiintyvän glukoosin ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$) pitoisuus voidaan määrittää testiliuskalla, jossa pitoisuuden yksikkönä on mmol/l. Testiliuskan herkkyys on 2,80–55,5 mmol/l. Mikä on tällöin yksikössä mg/l pienin virtsan glukoosipitoisuus, joka tällä testiliuskalla voidaan todeta?

Ratkaisu:

$c(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = 2,80 \text{ mmol/l} = 2,80 \cdot 10^{-3} \text{ mol/l}$

$V(\text{veri}) = 1,00 \text{ l}$

Huomaa potenssimerkintä!

Veren tilavuus ilmoitettu samalla tarkkuudella kuin glukoosin ainemäärä (3 merkitsevää numeroa).

$M(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = 180,156 \text{ g/mol}$

$m(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = ?$

Mooli 2

Ratkaistaan ensin glukoosin ainemäärä suureyhtälöstä $c = \frac{n}{V}$, josta $n = c \cdot V$

$$n(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = c(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) \cdot V(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = 2,80 \cdot 10^{-3} \text{ mol/l} \cdot 1,00 \text{ l} = 2,8000 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

Kysytty glukoosin massa saadaan ratkaistua suureyhtälöstä $n = \frac{m}{M}$, josta $m = n \cdot M$

$$m(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = n(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) \cdot M(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = 2,8000 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot 180,156 \text{ g/mol} = 0,50444 \text{ g} \approx 504 \text{ mg}$$

Pienin todettava glukoosipitoisuus on siten 504 mg/l.

25. Salibandyyn pelaaja hikoilee ottelun aikana 2,0 dl hikeä, jonka kaliumionipitoisuus on 4,0 mmol/l. Kuinka monta milligrammaa kaliumioneja pelaaja menettää ottelun aikana?

Ratkaisu

$$V(\text{hiki}) = 2,0 \text{ dl} = 0,20 \text{ l}$$

$$c(\text{K}^+) = 4,0 \text{ mmol/l} = 4,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol/l}$$

$$M(\text{K}^+) = 39,10 \text{ g/mol}$$

$$m(\text{K}^+) = ?$$

Huomaa yksikkömuunnos ja muunnoksen tarkkuus!

Huomaa potenssimerkintä!

Huomaa, että kaliumionin moolimassa on sama kuin kaliumatomin moolimassa!

Ratkaistaan kaliumionien ainemäärä 2,0 dl:ssa hikeä suureyhtälöstä $c = \frac{n}{V}$, josta $n = c \cdot V$

$$n(\text{K}^+) = c(\text{K}^+) \cdot V(\text{hiki}) = 4,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol/l} \cdot 0,20 \text{ l} = 8,000 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$$

Ratkaistaan kysytty kaliumionien massa suureyhtälöstä $n = \frac{m}{M}$, josta $m = n \cdot M$

$$m(\text{K}^+) = n(\text{K}^+) \cdot M(\text{K}^+) = 8,000 \cdot 10^{-4} \text{ mol} \cdot 39,10 \text{ g/mol} = 0,03128 \text{ g} \approx 31 \text{ mg}$$

26. Glycerolia $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3$ käytetään kosteuden sitojana esimerkiksi kosmeettisissa aineissa ja elintarvikkeissa. Glyceroli on hyvin poolinen aine, joten se liukenee hyvin veteen. Glycerolin tiheys $1,26 \text{ g/cm}^3$. Laske sellaisen glyseroliliuoksen konsentraatio, jossa 40,0 ml glyserolia on liuotettu veteen siten, että liuoksen kokonaistilavuus on 250 ml.

Ratkaisu:

$$\rho(\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3) = 1,26 \text{ g/cm}^3 = 1,26 \text{ g/ml}$$

$$V(\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3) = 40,0 \text{ ml}$$

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

$$M(\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3) = 92,094 \text{ g/mol}$$

$$c(\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3) = ?$$

Huomaa yksikkömuunnos ja muunnoksen tarkkuus!

Ratkaistaan veteen liuotetun glyserolin massa tiheyden suureyhtälöstä $\rho = \frac{m}{V}$, josta $m = \rho \cdot V$

$$m(\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3) = \rho(\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3) \cdot V(\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3) = 1,26 \text{ g/ml} \cdot 40,0 \text{ ml} = 50,400 \text{ g}$$

Mooli 2

Ratkaistaan glyserolin ainemäärä suureyhtälöstä $n = \frac{m}{M}$

$$n(\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3) = \frac{m(\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3)}{M(\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3)} = \frac{50,400 \text{ g}}{92,094 \text{ g/mol}} = 0,54727 \text{ mol}$$

Ratkaistaan lopuksi kysytty glyserolikonsentraatio suureyhtälöstä $c = \frac{n}{V}$

$$c(\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3) = \frac{n(\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3)}{V(\text{liuos})} = \frac{0,54727 \text{ mol}}{0,250 \text{ l}} = 2,1891 \text{ mol/l} \approx 2,19 \text{ mol/l}$$

27. Laske liuosten konsentraatiot seuraavista tiedoista:

a) HCl(aq), tiheys = 1,18 kg/dm³, m-% = 36 %

b) NH₃(aq), tiheys = 0,91 kg/dm³, m-% = 25 %.

Ratkaisu:

a) $\rho(\text{HCl}(\text{aq})) = 1,18 \text{ kg/dm}^3$

$$m\text{-}\%(\text{HCl}) = 36 \% = 0,36$$

$$M(\text{HCl}) = 36,458 \text{ g/mol}$$

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

Tarkastellaan 1,0 dm³ tilavuutta suolahappoliuosta eli $V(\text{liuos}) = 1,0 \text{ dm}^3$.

Ratkaistaan liuoksen massa annetun tiheyden ja tämän tilavuuden avulla suureyhtälöstä $\rho = \frac{m}{V}$,

$$\text{josta } m = \rho \cdot V$$

$$m(\text{liuos}) = \rho(\text{HCl}) \cdot V(\text{liuos}) = 1,18 \text{ kg/dm}^3 \cdot 1,0 \text{ dm}^3 = 1,180 \text{ kg} = 1\,180 \text{ g}$$

Lasketaan annetun massaprosenttisen osuuden avulla vetykloridin (HCl) massa liuoksen kokonaismassasta:

$$m(\text{HCl}) = 0,36 \cdot 1\,180 \text{ g} = 424,8 \text{ g}$$

Ratkaistaan tätä massaa vastaava vetykloridin ainemäärä suureyhtälöstä $n = \frac{m}{M}$

$$n(\text{HCl}) = \frac{m(\text{HCl})}{M(\text{HCl})} = \frac{424,8 \text{ g}}{36,458 \text{ g/mol}} = 11,65 \text{ mol}$$

Mooli 2

Ratkaistaan lopuksi kysytty HCl-konsentraatio suurehtälöstä $c = \frac{n}{V}$

$$c(\text{HCl}) = \frac{n(\text{HCl})}{V(\text{liuos})} = \frac{11,65 \text{ mol}}{1,0 \text{ dm}^3} = 11,65 \text{ mol/dm}^3 \approx 12 \text{ mol/dm}^3$$

b) $\rho(\text{NH}_3(\text{aq})) = 0,91 \text{ kg/dm}^3$

$$m\text{-}\%(\text{NH}_3) = 25 \% = 0,25$$

$$M(\text{NH}_3) = 17,034 \text{ g/mol}$$

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

Tarkastellaan $1,0 \text{ dm}^3$ tilavuutta ammoniakkiliuosta eli $V(\text{liuos}) = 1,0 \text{ dm}^3$.

Ratkaistaan liuoksen massa annetun tiheyden ja tämän tilavuuden avulla suurehtälöstä $\rho = \frac{m}{V}$, josta

$$m = \rho \cdot V$$

$$m(\text{liuos}) = \rho(\text{NH}_3) \cdot V(\text{liuos}) = 0,91 \text{ kg/dm}^3 \cdot 1,0 \text{ dm}^3 = 0,9100 \text{ kg} = 910,0 \text{ g}$$

Lasketaan annetun massaprosenttisen osuuden avulla ammoniakkin (NH_3) massa liuoksessa

$$m(\text{NH}_3) = 0,25 \cdot 910,0 \text{ g} = 227,5 \text{ g}$$

Ratkaistaan tätä massaa vastaava ammoniakkin ainemäärä suurehtälöstä $n = \frac{m}{M}$

$$n(\text{NH}_3) = \frac{m(\text{NH}_3)}{M(\text{NH}_3)} = \frac{227,5 \text{ g}}{17,034 \text{ g/mol}} = 13,36 \text{ mol}$$

Ratkaistaan lopuksi kysytty ammoniakkikonsentraatio suurehtälöstä $c = \frac{n}{V}$

$$c(\text{NH}_3) = \frac{n(\text{NH}_3)}{V(\text{liuos})} = \frac{13,36 \text{ mol}}{1,0 \text{ dm}^3} = 13,36 \text{ mol/dm}^3 \approx 13 \text{ mol/dm}^3$$

28. Eräs punaviini sisälsi etanolia 14 tilavuusprosenttia. Laske tämän perusteella viinin etanolikonsentraatio. (Vihje. Käytä hyväksesi etanolin tiheyttä).

Ratkaisu:

$$\text{til-}\%(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}) = 14 \% = 0,14$$

$$M(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}) = 46,068 \text{ g/mol}$$

$$\rho(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}) = 0,79 \text{ kg/dm}^3$$

$$c(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}) = ?$$

Mooli 2

Valitaan viininäytteen tilavuudeksi $1,0 \text{ dm}^3$. Annetun etanolipitoisuuden perusteella etanolin osuus tässä tilavuudessa on: $V(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}) = 0,14 \cdot 1,0 \text{ dm}^3 = 0,1400 \text{ dm}^3$

Ratkaistaan tätä tilavuutta vastaava etanolin massa taulukkokirjassa ilmoitetun tiheyden avulla suureyhtälöstä

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

$$m(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}) = \rho(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}) \cdot V(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}) = 0,79 \text{ kg} / \text{dm}^3 \cdot 0,1400 \text{ dm}^3 = 0,1106 \text{ kg} = 110,6 \text{ g}$$

Lasketaan etanolin ainemäärä suureyhtälöstä $n = \frac{m}{M}$

$$n(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}) = \frac{m(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH})}{M(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH})} = \frac{110,6 \text{ g}}{46,068 \text{ g/mol}} = 2,401 \text{ mol}$$

Ratkaistaan kysytty etanolikonsentraatio suureyhtälöstä $c = \frac{n}{V}$

$$c(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}) = \frac{n(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH})}{V(\text{viini})} = \frac{2,401 \text{ mol}}{1,0 \text{ dm}^3} = 2,401 \text{ mol/dm}^3 \approx 2,4 \text{ mol/dm}^3$$

29. Täydennä taulukko. Huomaa, että eri kohdissa vastaus tulee antaa eri tarkkuudella riippuen annettujen lähtöarvojen tarkkuudesta.

Aine	m (g)	n (mol)	V (dm ³)	c (mol/ dm ³)
NaCl	200		0,200	
Ca(OH) ₂		$1,2 \cdot 10^{-3}$	0,025	
CH ₃ CH ₂ COOH		0,30		0,15

Mooli 2

Ratkaisu:

Aine	m (g)	n (mol)	V (dm ³)	c (mol/ dm ³)
NaCl	200	$= \frac{200 \text{ g}}{58,44 \text{ g/mol}}$ $= 3,4223 \text{ mol}$ $\approx 3,42 \text{ mol}$	0,200	$= \frac{3,4223 \text{ mol}}{0,200 \text{ dm}^3}$ $= 17,112 \text{ mol/dm}^3$ $\approx 17,1 \text{ mol/dm}^3$
Ca(OH) ₂	$= 0,0012 \text{ mol} \cdot 74,096 \text{ g/mol}$ $= 0,08892 \text{ g}$ $\approx 0,089 \text{ g}$	1,2·10⁻³	0,025	$= \frac{0,0012 \text{ mol}}{0,025 \text{ dm}^3}$ $= 0,048 \text{ mol/dm}^3$
CH ₃ CH ₂ COOH	$= 0,30 \text{ mol} \cdot 74,078 \text{ g/mol}$ $= 22,22 \text{ g}$ $\approx 22 \text{ g}$	0,30	$= \frac{0,30 \text{ mol}}{0,15 \text{ mol/dm}^3}$ $= 2,0 \text{ dm}^3$	0,15

Luku 1.4 – Tehtävien ratkaisut

30. Miten valmistat 100 ml natriumkloridiliuosta, jonka konsentraatio on 0,25 mol/l? Käytettävissäsi on kiinteää natriumkloridia, analyysivaaka, 100 ml:n mittapullo ja tislattua vettä.

Ratkaisu:

$$c(\text{NaCl}) = 0,25 \text{ mol/l}$$

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

Huomaa yksikkömuunnos ja muunnoksen tarkkuus!

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

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

Ratkaistan natriumkloridin ainemäärä valmistettavassa liuostilavuudessa suureyhtälöstä

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

$$n(\text{NaCl}) = c(\text{NaCl}) \cdot V(\text{NaCl}) = 0,25 \text{ mol/l} \cdot 0,100 \text{ l} = 0,02500 \text{ mol}$$

Ratkaistaan tätä ainemäärää vastaava massa, eli kuinka paljon natriumkloridia on punnittava.

$$\text{Käytettävä suureyhtälö on } n = \frac{m}{M}, \text{ josta } m = n \cdot M$$

$$m(\text{NaCl}) = n(\text{NaCl}) \cdot M(\text{NaCl}) = 0,02500 \text{ mol} \cdot 58,44 \text{ g/mol} = 1,461 \text{ g}$$

Liuos valmistetaan seuraavasti:

Punnitaan mahdollisimman tarkasti 1,461 g kiinteää natriumkloridia. Liuotetaan natriumkloridi dekanterilasissa. Kun kaikki natriumkloridi on liennut, siirretään liuos mittapulloon ja täytetään mittapullo merkkiviivaan saakka. Käännellään pulloa ylösalaisin muutamia kertoja, siirretään liuos säilytyspulloon ja tehdään pulloon etiketti. Etikettiin merkitään mistä liuksesta on kyse, miten väkevä liuos on, valmistuspäivämäärä ja tekijän nimikirjaimet.

31. Selitä laskujen kera, miten laboratoriossa valmistetaan

a) 100 ml sitruunahappoliuosta, jonka $c = 2,0 \cdot 10^{-4} \text{ mol/l}$ kiinteästä sitruunahaposta $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7(\text{s})$

b) 250 ml fenoliliuosta, jonka konsentraatio on 10 mmol/l kiinteästä fenolista $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}(\text{s})$

c) 500 ml 0,0025 M nikkelikloridiliuosta kidevedellisestä nikkelikloridista $\text{NiCl}_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}(\text{s})$.

Millaiset varoitusmerkit kuhunkin liukseen tulee laittaa?

Ratkaisu:

$$\text{a) } c(\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7) = 2,0 \cdot 10^{-4} \text{ mol/l}$$

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

Huomaa yksikkömuunnos ja muunnoksen tarkkuus

$$M(\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7) = 192,124 \text{ g/mol}$$

$$m(\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7) = ?$$

Mooli 2

Ratkaistaan ensin, mikä ainemäärä sitruunahappoa on valmistettavassa liuostilavuudessa. Käytetään suureyhtälöä $c = \frac{n}{V}$, josta $n = c \cdot V$.

$$n(\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7) = c(\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7) \cdot V(\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7) = 2,0 \cdot 10^{-4} \text{ mol/l} \cdot 0,100 \text{ l} = 2,000 \cdot 10^{-5} \text{ mol}$$

Ratkaistaan tätä ainemäärää vastaava sitruunahapon massa suureyhtälöstä $n = \frac{m}{M}$, josta $m = n \cdot M$

$$m(\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7) = n(\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7) \cdot M(\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7) = 2,000 \cdot 10^{-5} \text{ mol} \cdot 192,124 \text{ g/mol} = 3,842 \cdot 10^{-3} \text{ g} \approx 3,8 \text{ mg}$$

Liuos valmistetaan seuraavasti:

Punnitaan mahdollisimman tarkasti 3,8 mg (= 0,0038 g) sitruunahappoa. Liuotetaan sitruunahappo dekanterilasissa (HUOM! lopputilavuutta pienempään tilavuuteen vettä). Kun kaikki sitruunahappo on liuennut, siirretään liuos mittapulloon ja täytetään mittapullo merkkiviivaan saakka. Käännellään pulloa ylösalaisin muutamia kertoja, siirretään liuos säilytyspulloon ja tehdään pulloon etiketti. Etikettiin merkitään mistä liuksesta on kyse, miten väkevä liuos on, valmistuspäivämäärä ja tekijän nimikirjaimet. Sitruunahappo on käyttöturvallisuustiedotteen mukaan syövyttävä aine, joka voi ärsyttää ihoa, silmiä ja



hengitysteitä. Tarvittavat varoitusmerkit ovat

b) $c(\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}) = 10 \text{ mmol/l} = 0,010 \text{ mol/l}$
 $V(\text{liuos}) = 250 \text{ ml} = 0,250 \text{ l}$
 $M(\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}) = 94,108 \text{ g/mol}$
 $m(\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}) = ?$

Huomaa yksikkömuunnos ja muunnoksen tarkkuus!
Huomaa yksikkömuunnos ja muunnoksen tarkkuus!

Ratkaistaan ensin, mikä ainemäärä fenolia on valmistettavassa liuostilavuudessa. Käytetään suureyhtälöä

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

$$n(\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}) = c(\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}) \cdot V(\text{liuos}) = 0,010 \text{ mol/l} \cdot 0,250 \text{ l} = 0,002500 \text{ mol}$$

Ratkaistaan tätä ainemäärää vastaava fenolin massa suureyhtälöstä $n = \frac{m}{M}$, josta $m = n \cdot M$

$$m(\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}) = n(\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}) \cdot M(\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}) = 0,002500 \text{ mol} \cdot 94,108 \text{ g/mol} = 0,2353 \text{ g}$$

Liuos valmistetaan seuraavasti:

Punnitaan mahdollisimman tarkasti 0,2353 g fenolia. Liuotetaan fenoli dekanterilasissa (HUOM! lopputilavuutta pienempään tilavuuteen vettä). Kun kaikki fenoli on liuennut, siirretään liuos mittapulloon ja täytetään mittapullo merkkiviivaan saakka. Käännellään pulloa ylösalaisin muutamia kertoja, siirretään liuos säilytyspulloon ja tehdään pulloon etiketti. Etikettiin merkitään mistä liuksesta on kyse, miten väkevä liuos on, valmistuspäivämäärä ja tekijän nimikirjaimet. Etikettiin tulee lisätä myös varoitusmerkintä akuutisti



myrkyllisestä aineesta

Mooli 2

c) $c(\text{NiCl}_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}) = 0,0025 \text{ M} = 0,0025 \text{ mol/l}$

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

$M(\text{NiCl}_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}) = 237,686 \text{ g/mol}$

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

Huomaa, että merkintä M tarkoittaa samaa kuin yksikkö mol/l!

Huomaa yksikkömuunnos ja muunnoksen tarkkuus!

Huomaa, että kaavassa oleva kidevesi eli vesimolekyylien lukumäärä tulee summata yhdisteen moolimassaan!

Ratkaistaan ensin, mikä ainemäärä kidevedellistä nikkelikloridia on valmistettavassa liuostilavuudessa.


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

$n(\text{NiCl}_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}) = c(\text{NiCl}_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}) \cdot V(\text{liuos}) = 0,0025 \text{ mol/l} \cdot 0,500 \text{ l} = 0,001250 \text{ mol}$

Ratkaistaan tätä ainemäärää vastaava nikkelikloridin massa suureyhtälöstä $n = \frac{m}{M}$, josta $m = n \cdot M$

$m(\text{NiCl}_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}) = n(\text{NiCl}_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}) \cdot M(\text{NiCl}_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}) = 0,001250 \text{ mol} \cdot 237,686 \text{ g/mol} = 0,2971 \text{ g}$

Liuos valmistetaan seuraavasti:

Punnitaan mahdollisimman tarkasti 0,2971 g kiinteää, kidevedellistä nikkelikloridia. Liuotetaan nikkelikloridi dekantterilasissa (HUOM! lopputilavuutta pienempään tilavuuteen vettä). Kun kaikki nikkelikloridi on liennut, siirretään liuos mittapulloon ja täytetään mittapullo merkkiviivaan saakka. Käännellään pulloa ylösalaisin muutamia kertoja, siirretään liuos säilytyspulloon ja tehdään pulloon etiketti. Etikettiin merkitään mistä liuoksesta on kyse, miten väkevä liuos on, valmistuspäivämäärä ja tekijän nimikirjaimet. Etikettiin tulee lisätä myös varoitusmerkintä akuutisti myrkyllisestä aineesta .

32. Etaanihappoliuos valmistettiin seuraavasti: 100 ml:n mittapulloon, joka oli täytetty noin puolilleen vedellä, pipetoitiin 5,00 ml väkevää etaanihappoa $\text{CH}_3\text{COOH}(l)$, jonka tiheys on 1,05 g/ml. Mittapullo täytettiin tislatusvedellä merkkiin asti. Laske näin valmistetun liuoksen konsentraatio. Miksi mittapulloon oli valmiiksi laitettu vettä?

Ratkaisu:

$V(\text{CH}_3\text{COOH}) = 5,00 \text{ ml}$

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

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

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

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

Huomaa yksikkömuunnos ja muunnoksen tarkkuus!

Ratkaistaan ensin annetun etaanihapon tiheyden ja mitatun tilavuuden avulla liuokseen tulevan etaanihapon

massa suureyhtälöstä $\rho = \frac{m}{V}$, josta $m = \rho \cdot V$

$m(\text{CH}_3\text{COOH}) = \rho(\text{CH}_3\text{COOH}) \cdot V(\text{CH}_3\text{COOH}) = 1,05 \text{ g/ml} \cdot 5,00 \text{ ml} = 5,2500 \text{ g}$

Mooli 2

Ratkaistaan tätä massaa vastaava ainemäärä suureyhtälöstä $n = \frac{m}{M}$

$$n(\text{CH}_3\text{COOH}) = \frac{m(\text{CH}_3\text{COOH})}{M(\text{CH}_3\text{COOH})} = \frac{5,2500 \text{ g}}{60,052 \text{ g/mol}} = 0,087424 \text{ mol}$$

Ratkaistaan lopuksi valmistetun etaanihappoliuoksen konsentraatio suureyhtälöstä $c = \frac{n}{V}$

$$c(\text{CH}_3\text{COOH}) = \frac{n(\text{CH}_3\text{COOH})}{V(\text{liuos})} = \frac{0,087424 \text{ mol}}{0,100 \text{ l}} = 0,87424 \text{ mol/l} \approx 0,874 \text{ mol/l}$$

Mittapulloon on lisätty valmiiksi vettä, sillä happojen liukeneminen veteen on eksoterminen tapahtuma, jolloin vapautuu energiaa ja liuos lämpenee. Mikäli vettä lisätään väkevän happoliuoksen päälle, voi liuos lämmetä niin paljon, että se alkaa kiehua.

33. Käytettävissäsi on tislattua vettä ja glukoosiliuosta, jonka konsentraatio on 4,0 mol/l. Selvitä, miten valmistat (laskut ja tarvittavat välineet) tästä liuksesta seuraavat laimennokset:

- 100 ml liuosta, jonka glukoosikonsentraatio on 2,0 mol/l
- 200 ml liuosta, jonka glukoosikonsentraatio on 1,0 mol/l
- 50 ml liuosta, jonka glukoosikonsentraatio on 0,080 mol/l.

Ratkaisu:

Kaikissa kohdissa alkuperäisen glukoosiliuoksen konsentraatiota on merkitty kirjaintunnuksella c_1 ja tämän liuoksen tilavuutta kirjaintunnuksella V_1 . Valmistettavan laimennoksen konsentraatio ja tilavuus puolestaan on merkitty kirjaintunnuksilla c_2 ja V_2 . Kussakin kohdassa (a-c) on esitetty kaksi vaihtoehtoista tapaa ratkaista tehtävä.

a) $c_1 = 4,0 \text{ mol/l}$

$c_2 = 2,0 \text{ mol/l}$

$V_2 = 100 \text{ ml} = 0,100 \text{ l}$

Huomaa yksikkömuunnos ja muunnoksen tarkkuus!

$V_1 = ?$

Tapa 1:

Koska ainemäärä n säilyy samana eli $n_1 = n_2$, voidaan ratkaisussa käyttää suureyhtälöä $c_1 V_1 = c_2 V_2$.

Ratkaisemalla tästä V_1 , saadaan

$$V_1 = \frac{c_2 \cdot V_2}{c_1} = \frac{2,0 \text{ mol/l} \cdot 0,100 \text{ l}}{4,0 \text{ mol/l}} = 0,05000 \text{ l} = 50 \text{ ml}$$

Tapa 2:

Tilavuus, joka väkevämpää liuosta on laimennukseen mitattava, voidaan päätellä myös väkevämmän liuoksen ja laimeamman liuoksen konsentraatioiden suhteesta.

Mooli 2

Konsentraatioiden suhde $\frac{c_1}{c_2} = \frac{4,0 \text{ mol/l}}{2,0 \text{ mol/l}} = 2,0$. Tämän perusteella voidaan päätellä, että alkuperäisen liuoksen tulee laimentua 2 kertaaisesti. Tällöin väkevämmästä liuksesta otettavan tilavuuden (V_1) on oltava $\frac{1}{2}$ laimennoksen lopputilavuudesta (V_2) eli $V_1 = \frac{1}{2} \cdot V_2 = \frac{1}{2} \cdot 100 \text{ ml} = 50 \text{ ml}$.

Liuoksen valmistus:

Mitataan mahdollisimman tarkasti 50 ml:n täyspipetillä väkevämpää glukoosiliuosta 100 ml:n mittapulloon. Täytetään mittapullo merkkiin saakka tislattulla vedellä. Sekoitetaan liuos.

- b) $c_1 = 4,0 \text{ mol/l}$
 $c_2 = 1,0 \text{ mol/l}$
 $V_2 = 200 \text{ ml} = 0,200 \text{ l}$
 $V_1 = ?$

Tapa 1:

Ratkaistaan V_1 suureyhtälöstä $c_1 V_1 = c_2 V_2$

$$V_1 = \frac{c_2 \cdot V_2}{c_1} = \frac{1,0 \text{ mol/l} \cdot 0,200 \text{ l}}{4,0 \text{ mol/l}} = 0,05000 \text{ l} = 50 \text{ ml}$$

Tapa 2:

Tilavuus, joka väkevämpää liuosta on mitattava, päätellään väkevemmän liuoksen ja laimeamman liuoksen konsentraatioiden suhteesta.

Konsentraatioiden suhde $\frac{c_1}{c_2} = \frac{4,0 \text{ mol/l}}{1,0 \text{ mol/l}} = 4,0$ eli liuoksen tulee laimentua 4 kertaaisesti.

Tällöin väkevämmästä liuksesta otettavan tilavuuden (V_1) on oltava $\frac{1}{4}$ laimennoksen lopputilavuudesta

(V_2), jolloin voidaan merkitä: $V_1 = \frac{1}{4} \cdot V_2 \Rightarrow V_1 = \frac{1}{4} \cdot 200 \text{ ml} = 50 \text{ ml}$.

Liuoksen valmistus:

Mitataan mahdollisimman tarkasti 50 ml:n täyspipetillä väkevämpää glukoosiliuosta 200 ml:n mittapulloon. Täytetään mittapullo merkkiin saakka tislattulla vedellä. Sekoitetaan liuos.

- c) $c_1 = 4,0 \text{ mol/l}$
 $c_2 = 0,080 \text{ mol/l}$
 $V_2 = 50 \text{ ml} = 0,050 \text{ l}$
 $V_1 = ?$

Mooli 2

Tapa 1:

Ratkaistaan V_1 suureyhtälöstä $c_1V_1 = c_2V_2$

$$V_1 = \frac{c_2 \cdot V_2}{c_1} = \frac{0,080 \text{ mol/l} \cdot 0,050 \text{ l}}{4,0 \text{ mol/l}} = 0,001000 \text{ l} = 1,0 \text{ ml}$$

Tapa 2:

Tilavuus, joka väkevämpää liuosta on laimennokseen mitattava, päätellään väkevemmän liuoksen ja laimeamman liuoksen konsentraatioiden suhteesta.

Konsentraatioiden suhde $\frac{c_1}{c_2} = \frac{4,0 \text{ mol/l}}{0,08 \text{ mol/l}} = 50$ eli liuoksen tulee laimentua 50 kertaisesti.

Tällöin väkevämmästä liuksesta otettavan tilavuuden (V_1) on oltava $\frac{1}{50}$ laimennoksen

lopputilavuudesta (V_2), jolloin voidaan merkitä: $V_1 = \frac{1}{50} \cdot V_2 \Rightarrow V_1 = \frac{1}{50} \cdot 50 \text{ ml} = 1,0 \text{ ml}$.

Mitataan mahdollisimman tarkasti täyspipetillä (tai mittapipetillä) 1,0 ml väkevämpää glukoosiliuosta 100 ml:n mittapulloon. Täytetään mittapullo merkkiin saakka tislattulla vedellä. Sekoitetaan liuos.

34. 8,45 g ammoniumkarbonaattia ($(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$) liuotetaan veteen, ja liuoksen lopputilavuus säädetään 100 ml:ksi mittapullossa. Näin valmistettua liuosta pipetoidaan 5,00 ml:n täyspipetillä 50,0 ml:n mittapulloon, joka täytetään merkkiviivaan asti vedellä. Laske tämän liuoksen ammonium- ja karbonaatti-ionikonsentraatio.

Ratkaisu:

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

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

$$V(\text{liuos})_1 = 100 \text{ ml} = 0,100 \text{ l}$$

$$V((\text{NH}_4)_2\text{CO}_3) = 5,00 \text{ ml} = 0,00500 \text{ l}$$

Huomaa yksikkömuunnokset ja muunnosten tarkkuudet!

$$V(\text{liuos})_2 = 50,0 \text{ ml} = 0,0500 \text{ l}$$

$$c(\text{NH}_4^+) = ?$$

$$c(\text{CO}_3^{2-}) = ?$$

Ratkaistaan ensin ammoniumkarbonaatin ainemäärä suureyhtälöstä $n = \frac{m}{M}$

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

Lasketaan valmistetun liuoksen ammoniumkarbonaattikonsentraatio. Käytetään suureyhtälöä $c = \frac{n}{V}$.

Huomaa, että tässä vaiheessa käytetään liuostilavuutta $V(\text{liuos})_1$, joka on 100 ml.

Mooli 2

$$c((\text{NH}_4)_2\text{CO}_3) = \frac{n((\text{NH}_4)_2\text{CO}_3)}{V(\text{liuos})_1} = \frac{0,087935 \text{ mol}}{0,100 \text{ l}} = 0,87935 \text{ mol/l}$$

Lasketaan seuraavaksi, mikä ainemäärä ammoniumkarbonaattia saadaan, kun valmistettua liuosta pipetoidaan 5,00 ml. Käytetään suureyhtälöä $c = \frac{n}{V}$, josta $n = c \cdot V$

$$n((\text{NH}_4)_2\text{CO}_3) = c((\text{NH}_4)_2\text{CO}_3) \cdot V((\text{NH}_4)_2\text{CO}_3) = 0,87935 \text{ mol/l} \cdot 0,00500 \text{ l} = 0,0043968 \text{ mol}$$

Kun tämä ainemäärä lopulta laimennetaan 50,0 ml:ksi (= $V(\text{liuos})_2$), saadaan ammoniumkarbonaattiliuoksen konsentraatioksi

$$c((\text{NH}_4)_2\text{CO}_3) = \frac{n((\text{NH}_4)_2\text{CO}_3)}{V(\text{liuos})_2} = \frac{0,0043968 \text{ mol}}{0,0500 \text{ l}} = 0,087936 \text{ mol/l}$$

Ammoniumkarbonaatin kaavasta $((\text{NH}_4)_2\text{CO}_3)$ nähdään, että yhdessä moolissa ammoniumkarbonaattia on kaksi moolia ammoniumioneja (NH_4^+) ja yksi mooli karbonaatti-ioneja (CO_3^{2-}). Litrassa valmistettua liuosta on siten kaksinkertainen ainemäärä ammoniumioneja verrattuna ammoniumkarbonaatin ainemäärään. Karbonaatti-ionien ainemäärä puolestaan on sama kuin ammoniumkarbonaatinainemäärä. Kysytyt ionien konsentraatiot ovat siten:

$$c(\text{NH}_4^+) = 2 \cdot c((\text{NH}_4)_2\text{CO}_3) = 2 \cdot 0,087936 \text{ mol/l} = 0,17587 \text{ mol/l} \approx 0,176 \text{ mol/l}$$
$$c(\text{CO}_3^{2-}) = c((\text{NH}_4)_2\text{CO}_3) = 0,087936 \text{ mol/l} \approx 0,0879 \text{ mol/l}$$

35. Tehtäväsi on valmistaa 500 ml typpihappoliuosta, jonka konsentraatio on 0,100 mol/l. Käytettävissäsi on typpihappoa, jonka pitoisuus on 36 massaprosenttia ja tiheys on 1,214 kg/l, tislattua vettä, pipettejä ja mittapulloja. Miten valmistat liuoksen ja mitä työturvallisuusseikkoja otat huomioon?

Ratkaisu:

$$c(\text{HNO}_3) = 0,100 \text{ mol/l}$$

$$m\text{-}\%(\text{HNO}_3(\text{aq})) = 36 \% = 0,36$$

$$\rho(\text{HNO}_3) = 1,214 \text{ kg/l}$$

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

Huomaa yksikkömuunnos ja muunnoksen tarkkuus!

$$M(\text{HNO}_3) = 63,018 \text{ g/mol}$$

Lasketaan aluksi käytettävän typpihappoliuoksen konsentraatio. Tarkastellaan 1,0 litran tilavuutta tätä liuosta eli $V(\text{liuos}) = 1,0 \text{ l}$. Ratkaistaan tämän tilavuuden ja annetun tiheyden avulla yhden liuoslitran massa

tiheyden suureyhtälöstä $\rho = \frac{m}{V}$, josta $m = \rho \cdot V$

$$m(\text{liuos}) = \rho(\text{HNO}_3(\text{aq})) \cdot V(\text{liuos}) = 1,214 \text{ kg/l} \cdot 1,0 \text{ l} = 1,214 \text{ kg} = 1\,214 \text{ g}$$

Mooli 2

Ratkaistaan annetun massaprosenttisen pitoisuuden avulla typpihapon osuus liuoksen kokonaismassasta.

$$m(\text{HNO}_3) = 0,36 \cdot 1214 \text{ g} = 437,0 \text{ g}$$

Ratkaistaan tätä massaa vastaava typpihapon ainemäärä suureyhtälöstä $n = \frac{m}{M}$.

$$n(\text{HNO}_3) = \frac{m(\text{HNO}_3)}{M(\text{HNO}_3)} = \frac{437,0 \text{ g}}{63,018 \text{ g/mol}} = 6,935 \text{ mol}$$

Ratkaistaan käytettävissä olevan typpihapon konsentraatio suureyhtälöstä $c = \frac{n}{V}$.

$$c(\text{HNO}_3) = \frac{n(\text{HNO}_3)}{V(\text{liuos})} = \frac{6,935 \text{ mol}}{1,0 \text{ l}} = 6,935 \text{ mol/l}$$

Ratkaistaan, mikä ainemäärä typpihappoa tarvitaan valmistettavaan laimennokseen:

$$V(\text{laimennos}) = 500 \text{ ml} = 0,500 \text{ l} \quad \text{Huomaa yksikkömuunnos ja muunnoksen tarkkuus!}$$
$$c(\text{laimennos}) = 0,100 \text{ mol/l}$$

Laimennokseen tarvittava typpihapon ainemäärä saadaan suureyhtälöstä $c = \frac{n}{V}$, josta

$$n(\text{HNO}_3) = c(\text{laimennos}) \cdot V(\text{laimennos}) = 0,100 \text{ mol/l} \cdot 0,500 \text{ l} = 0,0500 \text{ mol}$$

Lasketaan, mikä tilavuus käytettävissä olevaa typpihappoliuosta ($c = 6,935 \text{ mol/l}$) tarvitaan, jotta saadaan tämä ainemäärä. Käytetään suureyhtälöä

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

$$V(\text{HNO}_3) = \frac{n(\text{HNO}_3)}{c(\text{HNO}_3)} = \frac{0,0500 \text{ mol}}{6,935 \text{ mol/l}} = 0,007210 \text{ l} = 7,2 \text{ ml}$$

Liuoksen valmistus:

Tarkin väline, jolla 7,2 ml:n tilavuus saadaan mitattua, on 10 ml:n mittapipetti. Täytetään ensin 500 ml:n mittapullo puolilleen tislattua vettä. Pipetoidaan pumppeita ja mittapipettiä käyttäen pulloon tarkasti 7,2 ml väkevämpää typpihappoliuosta. Sekoitetaan käänteleillä mittapulloa. Täytetään mittapullo vedellä merkkiin saakka. Sekoitetaan vielä huolellisesti mittapulloa käänteleillä. Jos liuosta säilytetään pitkiä aikoja, siirretään se säilytyspulloon ja tehdään pulloon tarpeelliset merkinnät.

Työturvallisuus: Väkevää typpihappoa käsitellessä on käytettävä suojalaseja, laboratoriotakkia ja hapon kestäviä suojakäsineitä. Liuos valmistetaan vetokaapissa, sillä typpihappohöyryjen hengittäminen on vaarallista. Roiskumisvaaran vuoksi laimennus tulee aloittaa kaatamalla mittapulloon ensin tislattua vettä, sen jälkeen lisätään hitaasti typpihappo ja lopuksi mittapullo täytetään tislattua vedellä merkkiin. Koska

typpihappoliuos on syövyttävää, tulee pulloon liittää varoitusmerkintä syövyttävästä aineesta



Ylioppilastehtäviä – Tehtävien ratkaisut

1. Kaupallinen typpihappoliuos sisältää 65 massaprosenttia typpihappoa. Liuoksen tiheys on 1,39 kg/l.

a) Laske tämän HNO_3 -liuoksen konsentraatio.

b) Kuinka monta millilitraa kaupallista typpihappoa tarvitaan valmistettaessa 250 ml liuosta, jonka konsentraatio on 0,15 mol/l?

c) Mitä työturvallisuuteen liittyviä asioita tulee ottaa huomioon tätä liuosta valmistettaessa?

(Yo syksy 2014)

Ratkaisu:

$$\text{a) } m\text{-}\%(\text{HNO}_3) = 65 \% = 0,65$$

$$M(\text{HNO}_3) = 63,018 \text{ g/mol}$$

$$\rho(\text{liuos}) = 1,39 \text{ kg/l}$$

Valitaan tarkasteltavaksi liuosmääräksi 1,00 litra. Ratkaistaan tiheyden suureyhtälöstä

$$\rho = \frac{m}{V} \text{ yhden liuoslitran massa}$$

$$m(\text{liuos}) = \rho(\text{liuos}) \cdot V(\text{liuos}) = 1,39 \text{ kg/l} \cdot 1,00 \text{ l} = 1,3900 \text{ kg}$$

Typpihapon osuus (massaprosenttisen pitoisuuden perusteella) liuoksen massasta on:

$$m(\text{HNO}_3) = 0,65 \cdot 1,3900 \text{ kg} = 0,9035 \text{ kg} = 903,5 \text{ g}$$

Typpihapon ainemäärä on

$$n(\text{HNO}_3) = \frac{m(\text{HNO}_3)}{M(\text{HNO}_3)} = \frac{903,5 \text{ g}}{63,018 \text{ g/mol}} = 14,34 \text{ mol}$$

Kysytty typpihapon konsentraatio on

$$c(\text{HNO}_3) = \frac{n(\text{HNO}_3)}{V(\text{liuos})} = \frac{14,34 \text{ mol}}{1,00 \text{ l}} = 14,34 \text{ mol/l} \approx 14 \text{ mol/l}$$

$$\text{b) } c_1 = 14,34 \text{ mol/l (a-kohdasta)}$$

$$V_1 = ?$$

$$c_2 = 0,15 \text{ mol/l}$$

$$V_2 = 250 \text{ ml} = 0,250 \text{ l}$$

Suureyhtälöstä $c_1 V_1 = c_2 V_2$ ratkaistuna tarvittava tilavuus V_1 on

$$V_1 = \frac{c_2 V_2}{c_1} = \frac{0,15 \text{ mol/l} \cdot 0,250 \text{ l}}{14,34 \text{ mol/l}} = 0,002615 \text{ l} \approx 2,6 \text{ ml}$$

Mooli 2

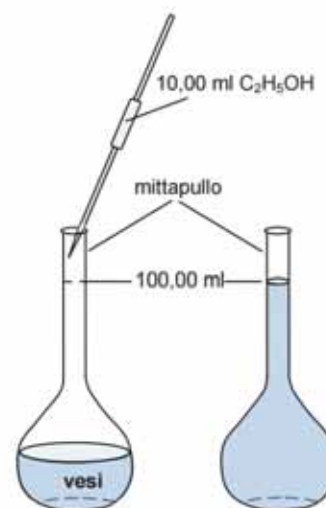
c) Väkevää typpihappoa käsiteltäessä on käytettävä suojalaseja, laboratoriotakkia ja hapon kestäviä suojakäsineitä. Liuos valmistetaan vetokaapissa, sillä typpihappohöyryjen hengittäminen on vaarallista. Roiskumisvaaran vuoksi laimennus tulee aloittaa kaatamalla mittapulloon ensin tislattua vettä, sen jälkeen typpihappo ja lopuksi mittapullo täytetään tislatulla vedellä merkkiin.

2. 100,0 millilitran mittapulloon, joka sisältää hieman vettä, lisätään täyspipetillä 10,00 ml etanolia (tiheys 0,789 g/ml). Tämän jälkeen liuosta sekoitetaan ja lopuksi pullo täytetään merkkiin asti vedellä. Saadun liuoksen tiheys on 0,982 g/ml. Laske etanolin

- konsentraatio (1 p.)
- pitoisuus massaprosentteina (1 p.)
- molaalisuus (m). (2 p.)

Molaalisuus on lämpötilasta riippumaton suure, ja sillä tarkoitetaan liuoksen aineen (etanoli) ainemäärää jaettuna liuottimen (veden) massalla:

$$\text{molaalisuus } (m) = \frac{\text{liuoksen aineen ainemäärä (mol)}}{\text{liuottimen massa (kg)}}$$



d) Voidaanko

tehtävässä annettujen tietojen perusteella laskea mittapulloon lisätyn veden tilavuus? Perustele. (2 p.) (Yo syksy 2012)

Ratkaisu:

- $V(\text{liuos}) = 100,0 \text{ ml} = 0,1000 \text{ l}$
 $V(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}) = 10,00 \text{ ml}$
 $\rho(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}) = 0,789 \text{ g/ml}$
 $M(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}) = 46,068 \text{ g/mol}$
 $c(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}) = ?$

Ratkaistaan tiheyden suureyhtälöstä $\rho = \frac{m}{V}$ liuokseen lisätyn etanolin massa

$$m(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}) = \rho(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}) \cdot V(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}) = 0,789 \text{ g/ml} \cdot 10,00 \text{ ml} = 7,8900 \text{ g}$$

Etanolin ainemäärä on

$$n(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}) = \frac{m(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH})}{M(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH})} = \frac{7,8900 \text{ g}}{46,068 \text{ g/mol}} = 0,17127 \text{ mol}$$

Etanolikonsentraatio on

$$c(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}) = \frac{n(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH})}{V(\text{liuos})} = \frac{0,17127 \text{ mol}}{0,1000 \text{ l}} = 1,7127 \text{ mol/l} \approx 1,71 \text{ mol/l}$$

- $V(\text{liuos}) = 100,0 \text{ ml}$
 $\rho(\text{liuos}) = 0,982 \text{ g/ml}$
 $m(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}) = 7,8900 \text{ g}$ (a-kohdasta)
 $m\text{-}\%(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}) = ?$

Mooli 2

Ratkaistaan tiheyden suureyhtälöstä $\rho = \frac{m}{V}$ koko liuoksen massa

$$m(\text{liuos}) = \rho(\text{liuos}) \cdot V(\text{liuos}) = 0,982 \text{ g/ml} \cdot 100,0 \text{ ml} = 98,200 \text{ g}$$

Kysytty etanolin osuus massaprosenteina on

$$m - \%(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}) = \frac{m(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH})}{m(\text{liuos})} \cdot 100 \% = \frac{7,8900 \text{ g}}{98,200 \text{ g}} \cdot 100 \% = 8,0346 \% \approx 8,03 \%$$

- c) $n(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}) = 0,17127 \text{ mol}$ (a-kohdasta)
 $m(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}) = 7,8900 \text{ g}$ (a-kohdasta)
 $m(\text{liuos}) = 98,200 \text{ g}$ (b-kohdasta)

Lasketaan liuottimen (veden) massa liuoksen massan ja etanolin massan erotuksena:

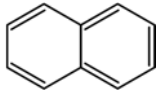
$$\begin{aligned} m(\text{H}_2\text{O}) &= m(\text{liuos}) - m(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}) \\ &= 98,200 \text{ g} - 7,8900 \text{ g} \\ &= 90,310 \text{ g} \\ &= 0,090310 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kysytty molaalisuus on

$$\text{molaalisuus (m)} = \frac{n(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH})}{m(\text{liuotin})} = \frac{0,17127 \text{ mol}}{0,090310 \text{ kg}} = 1,8965 \text{ mol/kg} \approx 1,90 \text{ mol/kg}$$

- d) Lisätyn veden tilavuutta ei voida laskea, sillä tehtävässä ei ole annettu veden lämpötilaa tai tiheyttä.

Luku 2.1 – Tehtävien ratkaisut



7. Naftaleeni on polysyklinen aromattinen hiilivety, joka sublimoituu helposti jo huoneenlämmössä. Sitä on aiemmin käytetty kotitalouksissa vaatekoin hävittämiseen. Vaatekoi tuhoaa erityisesti villavaatteiden ja –kankaiden kuituja. Käytöstä on luovuttu, sillä naftaleenin epäillään aiheuttavan syöpää.
- Mitä sublimoituminen tarkoittaa?
 - Mitä tarkoittaa polysyklinen aromaattinen hiilivety?
 - Yksi koipallo sisältää 1,0 gramman naftaleenia. Mikä ainemäärä naftaleenia pallossa on?
 - Pallosta sublimoituu naftaleenia huoneilmaan 100 mg. Kuinka monta naftaleenimolekyyliä tällöin on kuutiometrissä huoneilmaa, jos huoneen tilavuus on 30 m^3 ?

Ratkaisu:

- Sublimoituminen on olomuodon muutos, jossa kiinteä aine muuttuu suoraan kaasuksi.
- Polysyklinen aromaattinen hiilivety on yhdiste, jonka rakenteessa on useita bentseenirenkaita ja se sisältää vain hiiltä ja vetyä
- $m(\text{C}_{10}\text{H}_8) = 1,0 \text{ g}$
 $M(\text{C}_{10}\text{H}_8) = 128,164 \text{ g/mol}$
 $n(\text{C}_{10}\text{H}_8) = ?$

Lasketaan naftaleenin ainemäärä n suureyhtälöstä $n = \frac{m}{M}$

$$n(\text{C}_{10}\text{H}_8) = \frac{m(\text{C}_{10}\text{H}_8)}{M(\text{C}_{10}\text{H}_8)} = \frac{1,0 \text{ g}}{128,164 \text{ g/mol}} = 7,803 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \approx 7,8 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

- $m(\text{C}_{10}\text{H}_8) = 100 \text{ mg} = 0,100 \text{ g}$ (Huomaa yksikkömuunnos!)
 $M(\text{C}_{10}\text{H}_8) = 128,164 \text{ g/mol}$
 $N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ 1/mol}$
 $V(\text{huone}) = 30 \text{ m}^3$
 $N(\text{C}_{10}\text{H}_8) = ?$

Lasketaan ensin, mikä ainemäärä naftaleenia on 100 mg:ssa

$$n(\text{C}_{10}\text{H}_8) = \frac{m(\text{C}_{10}\text{H}_8)}{M(\text{C}_{10}\text{H}_8)} = \frac{0,100 \text{ g}}{128,164 \text{ g/mol}} = 7,8025 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$$

Ratkaistaan kysytty hiukkasten lukumäärä N suureyhtälöstä $n = \frac{N}{N_A}$, josta

$$\begin{aligned} N(\text{C}_{10}\text{H}_8) &= n(\text{C}_{10}\text{H}_8) \cdot N_A \\ &= 7,8025 \cdot 10^{-4} \text{ mol} \cdot 6,022 \cdot 10^{23} \text{ 1/mol} \\ &= 4,6987 \cdot 10^{20} \end{aligned}$$

Ratkaistaan naftaleenimolekyylien lukumäärä N yhdessä kuutiometrissä huoneilmaa

$$N(\text{C}_{10}\text{H}_8/\text{m}^3) = \frac{4,6987 \cdot 10^{20}}{30 \text{ m}^3} = 1,566 \cdot 10^{19} / \text{m}^3 \approx 1,6 \cdot 10^{19} / \text{m}^3$$

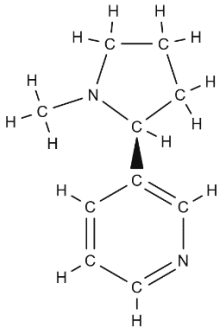
Luku 2.2 – Tehtävien ratkaisut

11. Nikotiini on tupakkakasveista saatava alkaloidi, joka aiheuttaa ihmisessä hyvin nopeasti voimakkaan riippuvuuden. Nikotiini jakautuu elimistöön nopeasti verenkierron mukana, läpäisee helposti veriaivoesteen, saavuttaen aivot 10-20 sekunnissa savun sisään hengittämisen jälkeen.

a) Selitä, miksi nikotiini on heterosyklinen ja aromaattinen yhdiste.

b) Merkitse nikotiinin rakennekaavaan kaikki sp^2 -hybridisoituneet atomit.

c) Nikotiinimyrkytyksellä tarkoitetaan tilaa, jossa nikotiinia imeytyy elimistöön 60 milligrammaa. Se voi olla hengenvaarallinen henkilölle, joka ei ole altistunut nikotiinille pitkäaikaisesti. Joskus pikkulapsilla on todettu nikotiinimyrkytys, kun he syöneet joko tupakantumpeja tai nikotiinipurukumia. Kuinka monta nikotiinimolekyyliä on 60 milligrammassa nikotiinia?

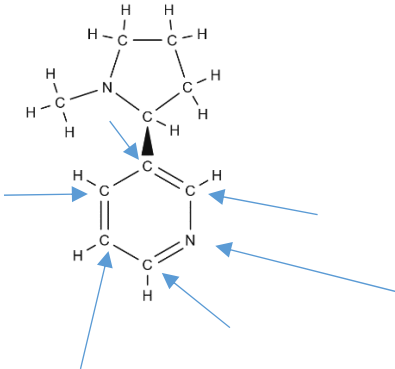


Ratkaisu:

a) Nikotiini on heterosyklinen, sillä sen rakenteessa on kaksi rengasta, joissa on hiiliatomien lisäksi myös typpi-atomit.

Aromaattisuus johtuu siitä, että alemmassa renkaassa tapahtuu sidoselektronien delokalisaatio.

b) sp^2 -hybridisoituneet atomit on merkitty nuolilla.



c)

$$m(\text{nikotiini}) = 60 \text{ mg} = 0,060 \text{ g}$$

$$M(\text{nikotiini}) = 162,232 \text{ g/mol}$$

$$N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ 1/mol}$$

$$N(\text{nikotiinimolekyylit}) = ?$$

Ratkaistaan ensin nikotiinin ainemäärä (n) suurehtälöstä $n = \frac{m}{M}$.

$$n(\text{nikotiini}) = \frac{0,060 \text{ g}}{162,232 \text{ g/mol}} = 0,0003698 \text{ mol}$$

Ratkaistaan kysytty nikotiinimolekyylien lukumäärä suurehtälöstä

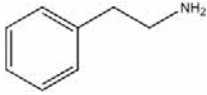
$$n = \frac{N}{N_A}, \text{ josta } N = n \cdot N_A$$

$$N(\text{nikotiinimolekyylit}) = 0,0003698 \text{ mol} \cdot 6,022 \cdot 10^{23} \text{ 1/mol} = 2,227 \cdot 10^{20} \approx 2,2 \cdot 10^{20}$$

Mooli 2

23. 2-Fenylylietyyliamiini (2-fenylyli-1-aminoetaani) on yksi suklaassa esiintyvistä yli 300 orgaanisesta aineesta. 2-Fenylylietyyliamiinia pidetään molekyylinä, joka saa aikaan suklaan syömisen aiheuttaman hyvänolon tunteen. Mielihyvätunnetta on selitetty 2-fenylylietyyliamiinin kyvyllä vapauttaa aivoista dopamiinia, joka tekisi ihmisestä iloisemman.

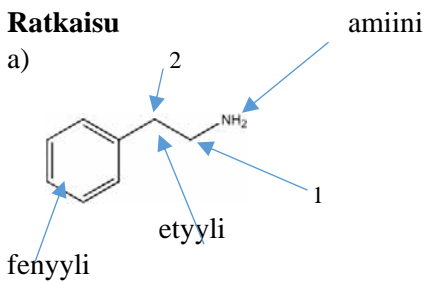
a) Merkitse 2-fenylylietyyliamiininimolekyyliin erikseen ne kohdat, joiden perusteella nimi on muodostettu.



b) 100 gramman suklaalevy sisältää keskimäärin 100 milligrammaa 2-fenylylietyyliamiinia. Mikä ainemäärä 2-fenylylietyyliamiinia on 250 gramman suklaalevyssä?

Ratkaisu

a)



b)

$$m(2\text{-fenyylietyyliamiini}) = 100 \text{ mg} = 0,100 \text{ g}$$

$$M(2\text{-fenyylietyyliamiini}) = 121,178 \text{ g/mol}$$

$$n(2\text{-fenyylietyyliamiini}) = ?$$

Ratkaistaan ensin 2-fenylylietyyliamiini ainemäärä (n) 100 gramman suklaalevyssä suureyhtälöstä $n = \frac{m}{M}$.

$$n(2\text{-fenyylietyyliamiini}) = \frac{0,100 \text{ g}}{121,178 \text{ g/mol}} = 0,00082523 \text{ mol}$$

Ratkaistaan kysytty 2-fenylylietyyliamiinin ainemäärä 250 gramman suklaalevyssä:

$$n(2\text{-fenyylietyyliamiini}) = 2,5 \cdot 0,00082523 \text{ mol} = 0,0020631 \text{ mol} \approx 0,00206 \text{ mol}$$

Luku 3.1 – Tehtävien ratkaisut

2. Ratkaise yhdisteen suhdekaava, kun

a) $n(\text{C}) = 0,0130 \text{ mol}$, $n(\text{H}) = 0,0390 \text{ mol}$ ja $n(\text{O}) = 0,0065 \text{ mol}$

b) $m(\text{C}) = 72,06 \text{ g}$ ja $m(\text{H}) = 6,048 \text{ g}$

c) $m\text{-}\%(\text{C}) = 40,0 \%$, $m\text{-}\%(\text{H}) = 6,7 \%$ ja $m\text{-}\%(\text{O}) = 53,3 \%$

Ratkaisu:

a) $n(\text{C}) = 0,0130 \text{ mol}$

$n(\text{H}) = 0,0390 \text{ mol}$

$n(\text{O}) = 0,0065 \text{ mol}$

Jaetaan kukin ainemäärä pienimmällä ainemäärällä eli tässä tapauksessa hapen ainemäärällä (0,0065 mol):

$$\frac{n(\text{C})}{n(\text{O})} = \frac{0,0130 \text{ mol}}{0,0065 \text{ mol}} = 2,000$$

$$\frac{n(\text{H})}{n(\text{O})} = \frac{0,0390 \text{ mol}}{0,0065 \text{ mol}} = 6,000$$

$$\frac{n(\text{O})}{n(\text{O})} = \frac{0,0065 \text{ mol}}{0,0065 \text{ mol}} = 1,000$$

Ainemäärien kokonaislukusuhte on: $n(\text{C}) : n(\text{H}) : n(\text{O}) = 2 : 6 : 1$.

Suhdekaava on $(\text{C}_2\text{H}_6\text{O})_x$.

b) $m(\text{C}) = 72,06 \text{ g}$

$m(\text{H}) = 6,048 \text{ g}$

$M(\text{C}) = 12,01 \text{ g/mol}$

$M(\text{H}) = 1,008 \text{ g/mol}$

Ratkaistaan yhdisteessä olevien hiiliatomien ja vetyatomien ainemäärät:

$$n(\text{C}) = \frac{m(\text{C})}{M(\text{C})} = \frac{72,06 \text{ g}}{12,01 \text{ g/mol}} = 6,000 \text{ mol}$$

$$n(\text{H}) = \frac{m(\text{H})}{M(\text{H})} = \frac{6,048 \text{ g}}{1,008 \text{ g/mol}} = 6,000 \text{ mol}$$

Ainemäärien kokonaislukusuhte on $n(\text{C}) : n(\text{H}) = 1 : 1$.

Suhdekaava on $(\text{CH})_x$.

c) $m\text{-}\%(\text{C}) = 40,0 \%$

$m\text{-}\%(\text{H}) = 6,7 \%$

$m\text{-}\%(\text{O}) = 53,3 \%$

$M(\text{C}) = 12,01 \text{ g/mol}$

$M(\text{H}) = 1,008 \text{ g/mol}$

$M(\text{O}) = 16,00 \text{ g/mol}$

Mooli 2

Valitaan näytteen massaksi 100 g. Massaprosenttisten osuuksien perusteella eri alkuaineatomien massat ovat

$$m(\text{C}) = 40,0 \text{ g}$$

$$m(\text{H}) = 6,7 \text{ g}$$

$$m(\text{O}) = 53,3 \text{ g}$$

Alkuaineatomien ainemäärät ovat

$$n(\text{C}) = \frac{m(\text{C})}{M(\text{C})} = \frac{40,0 \text{ g}}{12,01 \text{ g/mol}} = 3,3306 \text{ mol}$$

$$n(\text{H}) = \frac{m(\text{H})}{M(\text{H})} = \frac{6,7 \text{ g}}{1,008 \text{ g/mol}} = 6,647 \text{ mol}$$

$$n(\text{O}) = \frac{m(\text{O})}{M(\text{O})} = \frac{53,3 \text{ g}}{16,00 \text{ g/mol}} = 3,3313 \text{ mol}$$

Jaetaan kukin ainemäärä pienimmällä ainemäärällä eli tässä tapauksessa hiilen ainemäärällä (3,3306 mol):

$$\frac{n(\text{C})}{n(\text{C})} = \frac{3,3306 \text{ mol}}{3,3306 \text{ mol}} = 1,0000$$

$$\frac{n(\text{H})}{n(\text{C})} = \frac{6,647 \text{ mol}}{3,3306 \text{ mol}} = 1,996$$

$$\frac{n(\text{O})}{n(\text{C})} = \frac{3,3313 \text{ mol}}{3,3306 \text{ mol}} = 1,0077$$

Ainemäärien kokonaislukujen suhteeksi saadaan: $n(\text{C}) : n(\text{H}) : n(\text{O}) \approx 1 : 2 : 1$.

Suhdekaava on $(\text{CH}_2\text{O})_x$

3. Metyylibentsoaatti on hyväntuoksuinen esteri, jota käytetään hajuväsiteollisuudessa. 5,325 grammaa tätä ainetta sisältää 3,758 grammaa hiiltä, 0,316 grammaa vetyä ja 1,251 grammaa happea. Ratkaise metyylibentsoaatin suhdekaava.

Ratkaisu:

$$m(\text{C}) = 3,758 \text{ g}$$

$$m(\text{H}) = 0,316 \text{ g}$$

$$m(\text{O}) = 1,251 \text{ g}$$

$$M(\text{C}) = 12,01 \text{ g/mol}$$

$$M(\text{H}) = 1,008 \text{ g/mol}$$

$$M(\text{O}) = 16,00 \text{ g/mol}$$

Eri alkuaineatomien ainemäärät ovat

$$n(\text{C}) = \frac{m(\text{C})}{M(\text{C})} = \frac{3,758 \text{ g}}{12,01 \text{ g/mol}} = 0,312906 \text{ mol}$$

$$n(\text{H}) = \frac{m(\text{H})}{M(\text{H})} = \frac{0,316 \text{ g}}{1,008 \text{ g/mol}} = 0,31349 \text{ mol}$$

$$n(\text{O}) = \frac{m(\text{O})}{M(\text{O})} = \frac{1,251 \text{ g}}{16,00 \text{ g/mol}} = 0,0781875 \text{ mol}$$

Mooli 2

Jaetaan kukin ainemäärä pienimmällä ainemäärällä eli tässä tapauksessa hapen ainemäärällä (0,0781875 mol):

$$\frac{n(\text{C})}{n(\text{H})} = \frac{0,312906 \text{ mol}}{0,0781875 \text{ mol}} = 4,00200$$

$$\frac{n(\text{H})}{n(\text{O})} = \frac{0,31349 \text{ mol}}{0,0781875 \text{ mol}} = 4,0095$$

$$\frac{n(\text{O})}{n(\text{O})} = \frac{0,0781875 \text{ mol}}{0,0781875 \text{ mol}} = 1,00000$$

Pienimpien kokonaislukujen suhteeksi saadaan: $n(\text{C}) : n(\text{H}) : n(\text{O}) \approx 4 : 4 : 1$
Suhdekaava on $(\text{C}_4\text{H}_4\text{O})_x$.

4. Eräs orgaaninen yhdiste sisälsi hiiltä, vetyä ja happea. Kun 0,100 g tätä yhdistettä poltettiin, syntyi palamistuotteina 0,228 g hiilidioksidia ja 0,0931 g vettä. Ratkaise yhdisteen suhdekaava.

Ratkaisu:

$$m(\text{yhdiste}) = 0,100 \text{ g}$$

$$m(\text{CO}_2) = 0,228 \text{ g}$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 0,0931 \text{ g}$$

$$M(\text{CO}_2) = 44,01 \text{ g/mol}$$

$$M(\text{H}_2\text{O}) = 18,016 \text{ g/mol}$$

$$M(\text{C}) = 12,01 \text{ g/mol}$$

$$M(\text{H}) = 1,008 \text{ g/mol}$$

$$M(\text{O}) = 16,00 \text{ g/mol}$$

Yhdisteessä olevien hiili- ja vetyatomien ainemäärä saadaan selville ratkaisemalla palamisreaktiossa muodostuneen hiilidioksidin ja veden ainemäärä. Koska yksi mooli hiilidioksidia CO_2 sisältää yhden moolin hiiliatomeja, on yhdisteen hiiliatomien ainemäärä sama kuin muodostuvan hiilidioksidin ainemäärä eli

$$n(\text{C}) = n(\text{CO}_2).$$

$$n(\text{C}) = n(\text{CO}_2) = \frac{0,228 \text{ g}}{44,01 \text{ g/mol}} = 0,0051806 \text{ mol}$$

Yhdisteen vetyatomien ainemäärä puolestaan saadaan ratkaistua muodostuneen veden ainemäärästä, sillä yhdessä moolissa vesimolekyylejä H_2O on kaksi moolia vetyatomeja eli $n(\text{H}) = 2 \cdot n(\text{H}_2\text{O})$.

$$n(\text{H}) = 2 \cdot n(\text{H}_2\text{O}) = 2 \cdot \frac{0,0931 \text{ g}}{18,016 \text{ g/mol}} = 0,010335 \text{ mol}$$

Koska yhdisteen tiedetään sisältävän myös happea, saadaan happiatomien massa vähentämällä yhdisteen kokonaismassasta hiili- ja vetyatomien massat.

$$m(\text{C}) = n(\text{C}) \cdot M(\text{C}) = 0,0051806 \text{ mol} \cdot 12,01 \text{ g/mol} = 0,062219 \text{ g}$$

$$m(\text{H}) = n(\text{H}) \cdot M(\text{H}) = 0,010335 \text{ mol} \cdot 1,008 \text{ g/mol} = 0,010418 \text{ g}$$

$$m(\text{O}) = 0,100 \text{ g} - (0,062219 \text{ g} + 0,010418 \text{ g}) = 0,027363 \text{ g}$$

Mooli 2

Ratkaistaan suhdekaavaa varten happiatomien ainemäärä

$$n(\text{O}) = \frac{m(\text{O})}{M(\text{O})} = \frac{0,027363 \text{ g}}{16,00 \text{ g/mol}} = 0,0017102 \text{ mol}$$

Eri alkuaineatomien ainemäärät ovat:

$$n(\text{C}) = 0,0051806 \text{ mol}$$

$$n(\text{H}) = 0,010335 \text{ mol}$$

$$n(\text{O}) = 0,0017102 \text{ mol}$$

Kun kaikki ainemäärät jaetaan pienimmällä (hapen) ainemäärällä, saadaan

$$n(\text{C}) : n(\text{H}) : n(\text{O}) = 3,0292 : 6,0432 : 1,000.$$

Muodostetaan ainemääristä pienin kokonaislukujen suhde, jolloin suhdekaavaksi saadaan $(\text{C}_3\text{H}_6\text{O})_x$.

5. Ratkaise yhdisteen molekyylikaava, kun

a) suhdekaava on $(\text{CH})_x$ ja $M(\text{yhdiste}) = 78 \text{ g/mol}$.

b) suhdekaava on $(\text{C}_3\text{H}_6\text{O})_x$ ja suhteellinen molekyyli­massa on noin 116.

Ratkaisu:

a) $M(\text{yhdiste}) = 78 \text{ g/mol}$

$$M(\text{C}) = 12,01 \text{ g/mol}$$

$$M(\text{H}) = 1,008 \text{ g/mol}$$

Muodostetaan yhtälö suhdekaavaan $(\text{CH})_x$ merkityn x :n ratkaisemiseksi:

$$x \cdot (M(\text{C}) + M(\text{H})) = M(\text{yhdiste})$$

Sijoitetaan yhtälöön moolimassojen luku­arvot ja ratkaistaan x :

$$x \cdot (12,01 + 1,008) = 78, \text{ josta}$$

$$13,018x = 78$$

$$x = 5,992 \approx 6$$

Molekyyli­kaava on C_6H_6 .

b) $M_r(\text{yhdiste}) = 116$

$$A_r(\text{C}) = 12,01$$

$$A_r(\text{H}) = 1,008$$

$$A_r(\text{O}) = 16,00$$

Muodostetaan yhtälö suhdekaavaan $(\text{C}_3\text{H}_6\text{O})_x$ merkityn x :n ratkaisemiseksi:

$$x \cdot (3 \cdot A_r(\text{C}) + 6 \cdot A_r(\text{H}) + A_r(\text{O})) = M_r(\text{yhdiste})$$

Sijoitetaan yhtälöön suhteellisten atomimassojen ja suhteellisen molekyyli­massan luku­arvot ja ratkaistaan x :

$$x \cdot (3 \cdot 12,01 + 6 \cdot 1,008 + 16,00) = 116, \text{ josta}$$

$$58,078 x = 116$$

$$x = 1,997 \approx 2$$

Molekyyli­kaava on $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_2$.

6. Kurkkupastilleissa käytettävä mentoli sisältää vain hiiltä, vetyä ja happea. Kun 0,1005 grammaa mentolia poltettiin, syntyi 0,2829 grammaa hiilidioksidia ja 0,1159 grammaa vettä.

a) Ratkaise mentolin suhdekaava.

b) Ratkaise mentolin molekyyli­kaava, kun sen moolimassan tiedetään olevan 156 g/mol.

Ratkaisu:

- a) $m(\text{näyte}) = 0,1005 \text{ g}$
 $m(\text{CO}_2) = 0,2829 \text{ g}$
 $m(\text{H}_2\text{O}) = 0,1159 \text{ g}$
 $M(\text{CO}_2) = 44,01 \text{ g/mol}$
 $M(\text{H}_2\text{O}) = 18,016 \text{ g/mol}$
 $M(\text{H}) = 1,008 \text{ g/mol}$
 $M(\text{C}) = 12,01 \text{ g/mol}$
 $M(\text{O}) = 16,00 \text{ g/mol}$

Lasketaan mentolissa olevien hiiliatomien ainemäärä palamisreaktiossa muodostuneen hiilidioksidin ainemäärän avulla:

$$n(\text{C}) = n(\text{CO}_2) = \frac{m(\text{CO}_2)}{M(\text{CO}_2)} = \frac{0,2829 \text{ g}}{44,01 \text{ g/mol}} = 0,00642808 \text{ mol}$$

Lasketaan mentolissa olevien vetyatomien ainemäärä palamisreaktiossa muodostuneen veden ainemäärän avulla:

$$n(\text{H}) = 2 \cdot n(\text{H}_2\text{O}) = 2 \cdot \frac{m(\text{H}_2\text{O})}{M(\text{H}_2\text{O})} = \frac{2 \cdot 0,1159 \text{ g}}{18,016 \text{ g/mol}} = 0,0128663 \text{ mol}$$

Mentolin sisältämän hapen massa saadaan, kun näytteen massasta vähennetään hiilen ja vedyn massat:

$$\begin{aligned} m(\text{O}) &= m(\text{näyte}) - m(\text{C}) - m(\text{H}) \\ &= m(\text{näyte}) - n(\text{C}) \cdot M(\text{C}) - m(\text{H}) \cdot M(\text{H}) \\ &= 0,1005 \text{ g} - (0,00642808 \text{ mol} \cdot 12,01 \text{ g/mol}) - (0,0128663 \text{ mol} \cdot 1,008 \text{ g/mol}) \\ &= 0,0103295 \text{ g} \end{aligned}$$

Ratkaistaan mentolissa olevien happiatomien ainemäärä

$$n(\text{O}) = \frac{m(\text{O})}{M(\text{O})} = \frac{0,0103295 \text{ g}}{16,00 \text{ g/mol}} = 6,45594 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$$

Merkitään eri alkuaineiden ainemäärien suhde

$$n(\text{C}) : n(\text{H}) : n(\text{O}) = 0,00642808 \text{ mol} : 0,0128663 \text{ mol} : 6,45594 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$$

Kun kukin ainemäärä jaetaan pienimmällä ainemäärällä eli hapen ainemäärällä ($6,45594 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$), saadaan: $n(\text{C}) : n(\text{H}) : n(\text{O}) = 9,95685 \text{ mol} : 19,9294 \text{ mol} : 1,00000 \text{ mol}$, josta kokonaislukusuhte on

$$n(\text{C}) : n(\text{H}) : n(\text{O}) \approx 10 : 20 : 1$$

Mentolin suhdekaava on $(\text{C}_{10}\text{H}_{20}\text{O})_x$.

- b) $M(\text{mentoli}) = 156 \text{ g/mol}$
 $M(\text{C}) = 12,01 \text{ g/mol}$
 $M(\text{H}) = 1,008 \text{ g/mol}$
 $M(\text{O}) = 16,00 \text{ g/mol}$

Ratkaistaan kerroin x yhtälöstä

$$x \cdot (10 \cdot M(\text{C}) + 20 \cdot M(\text{H}) + M(\text{O})) \text{ g/mol} = M(\text{mentoli})$$

Sijoitetaan yhtälöön moolimassat:

$$x \cdot (10 \cdot 12,01 + 20 \cdot 1,008 + 16,00) \text{ g/mol} = 156 \text{ g/mol}$$

josta ratkaisuna $x = 0,9983 \approx 1$.

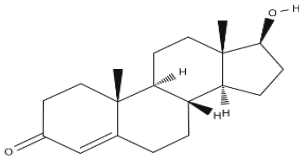
Molekyylikaava on $\text{C}_{10}\text{H}_{20}\text{O}$.

Luku 3.2 – Tehtävien ratkaisut

10. Testosteroni (rakennekaava ohessa) on sukupuolihormoni, jota erittyy sekä miehillä että naisilla. Naisilla testosteronipitoisuudet ovat noin 1/10 verrattuna miesten vastaaviin pitoisuuksiin. Miehillä testosteronia erittyy vuorokaudessa muutamia milligrammoja.

a) Mihin testosteronin nimessä oleva pääte –oni viittaa.

b) Laske, mikä olisi testosteronikonsentraatio miehen veressä, jos testosteronia on 8,0 milligrammaa 4,5 litrassa verta.



Ratkaisu:

a) Pääte –oni viittaa testosteronin rakenteessa olevaan karbonyyliryhmään (ketoryhmään). Yhdisteet, joissa on funktionaalisenä ryhmänä ketoryhmä saavat nimeensä päätteen –oni.

b) $m(\text{testosteroni}) = 8,0 \text{ mg} = 0,0080 \text{ g}$

$V(\text{veri}) = 4,5 \text{ l}$

$M(\text{testosteroni}; \text{C}_{19}\text{H}_{28}\text{O}_2) = 288,414 \text{ g/mol}$

$c(\text{testosteroni}) = ?$

Ratkaistaan testosteronin ainemäärä suureyhtälöstä $n = \frac{m}{M}$.

$$n(\text{testosteroni}) = \frac{0,0080 \text{ g}}{288,414 \text{ g/mol}} = 2,774 \cdot 10^{-5} \text{ mol}$$

Ratkaistaan testosteronin konsentraatio suureyhtälöstä $c = \frac{n}{V}$.

$$c(\text{testosteroni}) = \frac{2,774 \cdot 10^{-5} \text{ mol}}{4,5 \text{ l}} = 6,164 \cdot 10^{-6} \text{ mol/l} \approx 6,2 \cdot 10^{-6} \text{ mol/l}$$

Ylioppilastehtäviä – Tehtävien ratkaisut

2. Orgaaninen yhdiste sisältää vain hiiltä, vetyä ja happea. Kun 0,240 g yhdistettä poltettiin, syntyi täydellisessä palamisreaktiossa 0,352 g hiilidioksidia ja 0,144 g vettä.
- Määritä yhdisteen empiirinen kaava (suhdekaava). (3 p.)
 - Mikä on yhdisteen molekyylikaava, kun sen suhteellinen molekyyli massa on noin 60? (1 p.)
 - Kun yhdiste reagoi etanolin kanssa, väkevän rikkihapon katalysoidessa reaktiota, saatiin tuote, jolla on tunnusomainen tuoksu. Kirjoita reaktioyhtälö rakennekaavoin. (2 p.)
(Yo kevät 2014)

Ratkaisu:

$$m(\text{yhdiste}) = 0,240 \text{ g}$$

$$m(\text{CO}_2) = 0,352 \text{ g}$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 0,144 \text{ g}$$

$$M(\text{CO}_2) = 44,01 \text{ g/mol}$$

$$M(\text{H}_2\text{O}) = 18,016 \text{ g/mol}$$

$$M(\text{H}) = 1,008 \text{ g/mol}$$

$$M(\text{C}) = 12,01 \text{ g/mol}$$

$$M(\text{O}) = 16,00 \text{ g/mol}$$

Ratkaistaan ensin palamisreaktiossa muodostuneen hiilidioksidin ainemäärä.

Koska yhdessä moolissa hiilidioksidimolekyylejä on yksi mooli hiiliatomeja, on yhdisteen hiiliatomien ainemäärä $n(\text{C})$ sama kuin palamisreaktiossa muodostuneen hiilidioksidin ainemäärä $n(\text{CO}_2)$.

$$n(\text{C}) = n(\text{CO}_2) = \frac{0,352 \text{ g}}{44,01 \text{ g/mol}} = 0,0079982 \text{ mol}$$

Hiiliatomien ainemäärästä saadaan ratkaistua hiilen massa alkuperäisessä näytteessä.

$$m(\text{C}) = n(\text{C}) \cdot M(\text{C}) = 0,0079982 \text{ mol} \cdot 12,01 \text{ g/mol} = 0,096058 \text{ g}$$

Yhdisteen vetyatomien ainemäärä saadaan ratkaistua palamisreaktiossa muodostuneen veden ainemäärän avulla. Yhdessä moolissa vesimolekyylejä on kaksi moolia vetyatomeja. Yhdisteen vetyatomien ainemäärän ja muodostuneen veden ainemäärän välille voidaan tällöin kirjoittaa verranto

$$\frac{n(\text{H})}{n(\text{H}_2\text{O})} = \frac{2}{1}, \text{ josta } n(\text{H}) = 2 \cdot n(\text{H}_2\text{O})$$

Ratkaistaan vetyatomien ainemäärä veden ainemäärän avulla

$$n(\text{H}) = 2 \cdot n(\text{H}_2\text{O}) = 2 \cdot \frac{m(\text{H}_2\text{O})}{M(\text{H}_2\text{O})} = 2 \cdot \frac{0,144 \text{ g}}{18,016 \text{ g/mol}} = 0,015986 \text{ mol}$$

Ratkaistaan yhdisteen vetyatomien massa seuraavasti:

$$m(\text{H}) = n(\text{H}) \cdot M(\text{H}) = 0,015986 \text{ mol} \cdot 1,008 \text{ g/mol} = 0,016114 \text{ g}$$

Koska yhdisteen tiedetään sisältävän myös happea, saadaan happiatomien massa vähentämällä yhdisteen massasta edellä ratkaistut hiili- ja vetyatomien massat.

Mooli 2

$$m(\text{O}) = m(\text{yhdiste}) - (m(\text{C}) + m(\text{H})) = 0,240 \text{ g} - (0,096058 + 0,016114) \text{ g} = 0,12783 \text{ g}$$

Ratkaistaan happiatomien ainemäärä

$$n(\text{O}) = \frac{m(\text{O})}{M(\text{O})} = \frac{0,12783 \text{ g}}{16,00 \text{ g/mol}} = 0,0079894 \text{ mol}$$

Jaetaan kukin ainemäärä pienimmällä ainemäärällä (happi), jolloin saadaan

$n(\text{C}) : n(\text{H}) : n(\text{O}) = 1,0011 \text{ mol} : 2,0001 \text{ mol} : 1,0000 \text{ mol}$, joka voidaan pyöristää kokonaislukusuhteeksi 1:2:1.

Suhdekaava on $(\text{CH}_2\text{O})_x$.

b) $M_r(\text{yhdiste}) = 60$

Ratkaistaan suhdekaavaan merkitty x yhtälöstä

$$x \cdot (A_r(\text{C}) + 2 \cdot A_r(\text{H}) + A_r(\text{O})) = M_r(\text{yhdiste})$$

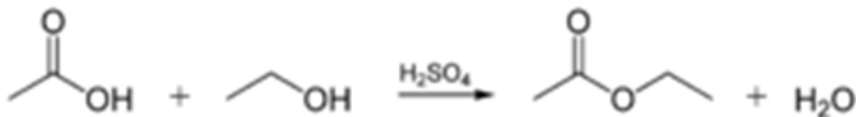
$$x \cdot (12,01 + 2 \cdot 1,008 + 16,00) = 60, \text{ josta saadaan}$$

$$30,026x = 60, \text{ ja ratkaisuna } x \approx 2.$$

Molekyylikaava on $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$.

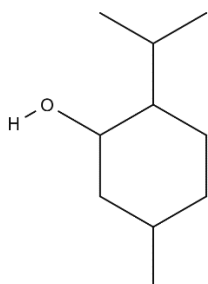
c) Koska yhdiste reagoi etanolin kanssa, kyseessä on karboksyylihappo (karboksyylihappo ja alkoholi muodostavat esterin).

Molekyylikaavan $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$ perusteella yhdiste on etaanihappo. Kysytty reaktioyhtälö on



Luku 4.2 – Tehtävien ratkaisut

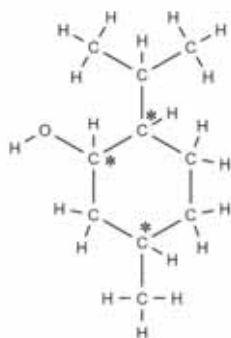
15. Oheisessa kuvassa on esitetty piparminttuöljyn aromiaineen, mentolin viivakaava.



- Laadi mentolin rakennekaava siten, että merkitset näkyviin kaikki atomit (sidosviivoin).
- Kirjoita mentolin molekyylikaava.
- Mihin yhdisteryhmiin mentoli voidaan luokitella?
- Mitä funktionaalisia ryhmiä molekyyliässä on?
- Esiintyykö mentolilla konformaatioisomeriaa? Perustele vastauksesi.
- Kuinka monta asymmetristä hiiliatomia mentolimolekyyliässä on?
- Eräs ihon kutinaa lievittävä voide sisältää 30 milligrammaa mentolia yhdessä grammassa voidetta. Mikä ainemäärä mentolia on yhdessä grammassa voidetta?

Ratkaisu:

a)



- Molekyylikaava on $C_{10}H_{20}O$.
- tyydyttynyt, syklinen, alkoholi
- hydroksyyliiryhmä $-OH$
- Kyllä esiintyy, sillä mentolimolekyyliässä on yksinkertaisia $C-C$ -sidoksia, jotka voivat kiertyä ja taipua.
- Mentolimolekyyliässä on kolme asymmetristä hiiliatomia (merkitty kohtaan a) tähdellä).
- $m(\text{mentoli}) = 30 \text{ mg} = 0,030 \text{ g}$
 $M(\text{mentoli}) = 156,260 \text{ g/mol}$
 $n(\text{mentoli}) = ?$

Ratkaistaan kysytty mentolin ainemäärä suureyhtälöstä $n = \frac{m}{M}$, josta

$$n(\text{mentoli}) = \frac{0,030 \text{ g}}{156,260 \text{ g/mol}} = 1,920 \cdot 10^{-4} \text{ mol} \approx 1,9 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$$

Luku 4.3 – Tehtävien ratkaisut

22. Maitohapon (2-hydroksipropaanihapon) optisten isomeerien tunnistamiseksi polarimetrillä kummastakin isomeeristä valmistettiin erikseen seuraavat liuokset: Kiinteää isomeeriä punnittiin tarkalleen 145 milligrammaa ja se liuotettiin 50 millilitran mittapulloissa noin 30 millilitraan tislattua vettä. Kun kaikki kiinteä aine oli liuennut, pullo täytettiin merkkiin saakka tislattua vedellä. Laske näin valmistettujen maitohappoliuosten konsentraatiot. Pohdi, mitä polarimetrisessä mittauksessa havaittaisiin, jos valmistetut liuokset yhdistettäisiin.

Ratkaisu:

$$m(\text{maitohappo}) = 145 \text{ mg} = 0,145 \text{ g}$$

$$M(\text{maitohappo}) = 90,078 \text{ g/mol}$$

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

$$c(\text{liuos}) = ?$$

Ratkaistaan maitohapon ainemäärä suureyhtälöstä $n = \frac{m}{M}$, josta

$$n(\text{maitohappo}) = \frac{0,145 \text{ g}}{90,078 \text{ g/mol}} = 1,6097 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

Ratkaistaan kysytty konsentraatio suureyhtälöstä $c = \frac{n}{V}$, josta

$$c(\text{maitohappo}) = \frac{1,6097 \cdot 10^{-3} \text{ mol}}{0,050 \text{ l}} = 0,03219 \text{ mol/l} \approx 0,032 \text{ mol/l}$$

Jos liuokset yhdistettäisiin, syntyisi seos, jossa on kumpaakin optista isomeeriä yhtä paljon eli kyseessä olisi raseeminen seos. Polarimetrisessä mittauksessa ei havaittaisi mitään, sillä raseemisen seoksen tasopolarisoidun valon tason käänkökulma on 0° .

Luku 5.1 – Tehtävien ratkaisut

7. Ihmisen veren normaali glukoosipitoisuus on 3,3–5,5 mmol/l.

a) Kuinka monta grammaa glukoosia on tällöin litrassa verta?

b) Eräessä mittauksessa potilaan veren glukoosipitoisuudeksi saatiin 70 mg / 100 ml Oliko veren glukoosikonsentraatio normaali?

Ratkaisu:

a) $c(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = 3,3 - 5,5 \text{ mmol/l} = 3,3 \cdot 10^{-3} - 5,5 \cdot 10^{-3} \text{ mol/l}$ (Huomaa potenssimerkintä!)

$$M(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = 180,156 \text{ g/mol}$$

$$m(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = ?$$

Ratkaistaan, mikä massa glukoosia on litrassa verta suureyhtälöstä $n = \frac{m}{M}$, josta $m = n \cdot M$

Tehtävässä annetun pitoisuuden alarajalla $m(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = 3,3 \cdot 10^{-3} \text{ mol/l} \cdot 180,156 \text{ g/mol} = 0,5945 \text{ g/l} \approx 0,59 \text{ g/l}$.

Tehtävässä annetun pitoisuuden ylärajalla $m(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = 5,5 \cdot 10^{-3} \text{ mol/l} \cdot 180,156 \text{ g/mol} = 0,9909 \text{ g/l} \approx 0,99 \text{ g/l}$.

b) $m(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = 70 \text{ mg} = 0,070 \text{ g}$ (Huomaa yksikkömuunnos ja muunnoksen tarkkuus!)

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

$$M(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = 180,156 \text{ g/mol}$$

$$c(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = ?$$

Lasketaan glukoosin ainemäärä 100 ml:ssa verta

$$n(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = \frac{m(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6)}{M(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6)} = \frac{0,070 \text{ g}}{180,156 \text{ g/mol}} = 0,0003886 \text{ mol}$$

Ratkaistaan veren glukoosikonsentraatio ainemäärän ja veren tilavuuden avulla:

$$c(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = \frac{n(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6)}{V(\text{veri})} = \frac{0,0003886 \text{ mol}}{0,100 \text{ l}} = 0,003886 \text{ mol/l} \approx 3,9 \text{ mmol/l}$$

Veren glukoosikonsentraatio oli normaali.

Mooli 2

8. a) Pohdi, miksi urheilijat joskus valitsevat glukoosia sisältävän makeisen sokeripalan sijaan saadakseen lisäenergiaa.
b) Kun glukoosia hyödynnetään solujen energialähteenä, vapautuu yhtä glukoosimoolia kohti energiaa 2 870 kJ. Kuinka monta kilojoulea energiaa vapautuu 100 grammasta glukoosia? Kuinka monta prosenttia tämä energiamäärä on päivittäisestä energiatarpeesta, jos se on 1 800 kcal.

Ratkaisu:

- a) Glukoosia sisältävästä makeisesta glukoosi imeytyy nopeasti verenkiertoon ja on käytettävissä sellaisenaan solujen energialähteeksi. Sokeripala sisältää sakkaroosia, joka on glukoosin ja fruktoosin muodostama disakkaridi. Ennen kuin glukoosia voidaan hyödyntää energialähteenä, sakkaroosi tulee pilkkoa, jolloin glukoosi vapautuu. Sakkaroosin toista monosakkaridia, fruktoosia ei voida sellaisenaan hyödyntää energialähteenä, joten energiansaanti sakkaroosista on hitaampaa.

b) $m(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = 100 \text{ g}$

$$M(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = 180,156 \text{ g/mol}$$

$$\text{Vapautuva energiamäärä} = 2\,870 \text{ kJ/mol}$$

$$1 \text{ kcal} = 4,1868 \text{ kJ}$$

Lasketaan glukoosin ainemäärä 100 grammassa:

$$n(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = \frac{m(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6)}{M(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6)} = \frac{100 \text{ g}}{180,156 \text{ g/mol}} = 0,55507 \text{ mol}$$

Tästä saatava energiamäärä on $0,55507 \text{ mol} \cdot 2\,870 \text{ kJ/mol} = 1\,593,1 \text{ kJ} \approx 1\,590 \text{ kJ}$

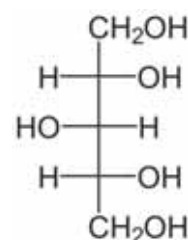
Muutetaan ilmoitettu päivittäinen energiatarve kilojouleiksi

$$1\,800 \text{ kcal} \cdot 4,1868 \text{ kJ/kcal} = 7\,536 \text{ kJ}$$

Lasketaan, kuinka monta prosenttia 100 grammasta glukoosia saatava energiamäärä on tarvittavasta kokonaisenergiämäärästä.

$$\frac{1590 \text{ kJ}}{7536 \text{ kJ}} \cdot 100 = 21,110\% \approx 21,1\%$$

9. Suomalaistutkimusten mukaan ksylitolin (rakennekaava ohessa) säännöllinen nauttiminen 5-10 minuutin ajan ruokailun jälkeen vähentää hampaiden kiilleaurioita, estää happohyökkäystä ja vähentää suun kuivuutta. Eräässä purukumissa on 63,0 massaprosenttia ksylitolia purukumin kokonaismassasta. Yhden purukumipalan massa on 1,45 grammaa. Kuinka monta ksylitolimolekyyliä yksi purukumipala sisältää?



Mooli 2

Ratkaisu:

$$m\text{-\%}(ksylitoli) = 63,0 = 0,630$$

$$m(\text{purukumipala}) = 1,45 \text{ g}$$

$$M(\text{ksylitoli}) = (5 \cdot 12,01 + 12 \cdot 1,008 + 5 \cdot 16,00) \text{ g/mol} = 152,146 \text{ g/mol}$$

$$N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ 1/mol}$$

$$N(\text{ksylitolimolekyylit})=?$$

Ratkaistaan aluksi, mikä massa ksylitolia on yhdessä purukumipalassa:

$$m(\text{ksylitoli}) = 0,630 \cdot 1,45 \text{ g} = 0,91350 \text{ g}$$

$$\text{Ratkaistaan ksylitolin ainemäärä suurehtälöstä } n = \frac{m}{M} .$$

$$n(\text{ksylitoli}) = \frac{m(\text{ksylitoli})}{M(\text{ksylitoli})} = \frac{0,91350 \text{ g}}{152,146 \text{ g/mol}} = 6,0041 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

Ratkaistaan kysytty ksylitolimolekyylien lukumäärä suurehtälöstä $n = \frac{N}{N_A}$, josta $N = n \cdot N_A$

$$N(\text{ksylitolimolekyylit}) = n(\text{ksylitoli}) \cdot N_A = 6,0041 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot 6,022 \cdot 10^{23} \text{ 1/mol} = 3,6157 \cdot 10^{21} \approx 3,62 \cdot 10^{21}$$

10. Biokemian kurssin harjoitustyössä tehtävänä oli tunnistaa sokeriliuos polarimetrisesti ja laskea saatujen tulosten perusteella tutkitun liuoksen sokerikonsentraatio. Käytetyssä polarimetrissä tasopolarisoidun valon aallonpituus oli 589 nm ja valon kulkema matka 10 cm. Työstä saatiin seuraavat tulokset:

- havaittiin, että sokeriliuos käänsi tasopolarisoidun valon värähtelytasoa vasemmalle
- mitattu kääntökulma (α) oli 22° .

Hyödynnä saatuja mittaustuloksia ja ohessa annettuja lisätietoja ja ratkaise

- mitä sokeria liuos sisälsi. Perustele valintasi.
- tutkitun liuoksen sokerikonsentraatio. Ilmoita tulos kahdella merkitsevällä numerolla.

sokeri	ominaiskiertokyky $[\alpha]_{589 \text{ nm}}$
glukoosi	+ 52°
fruktoosi	- 92°
galaktoosi	+ 82°
laktoosi	+ 55°

Lisätiedot:

$$[\alpha] = \frac{\alpha}{c \cdot l} , \text{ missä}$$

c = tutkittavan aineen pitoisuus (g/ml)

α = mitattu kääntökulma

l = valon kulkeman matkan lukuarvo desimetreinä

Ratkaisu:

a) Tutkittava sokeriliuos sisälsi fruktoosia, sillä se on annettujen lisätietojen perusteella ainut sokeri, joka kääntää polarimetrisessä mittauksessa tasopolarisoidun valon värähtelytasoa vasemmalle.

b) Hyödynnetään lisätietona annettua suureyhtälöä $[\alpha] = \frac{\alpha}{c \cdot l}$ ja ratkaistaan siitä tutkitun fruktoosiliuoksen pitoisuus c yksikössä g/ml.

$$c = \frac{\alpha}{[\alpha] \cdot l}$$

sijoitetaan tähän suureyhtälöön seuraavat lukuarvot

$$[\alpha] = 92^\circ$$

$$l = 1$$

$$\alpha = 22^\circ$$

$$c = \frac{22}{92 \cdot 1} = 0,2391$$

Polarimetrisen mittauksen tuloksena tutkitun sokeriliuoksen (fruktoosiliuoksen) pitoisuus oli 0,2391 g/ml.

Lasketaan tämän pitoisuuden avulla liuoksen konsentraatio:

$$m(\text{fruktoosi}) = 0,2391 \text{ g}$$

$$V(\text{liuos}) = 1,0 \text{ ml} = 1,0 \cdot 10^{-3} \text{ l}$$

$$M(\text{fruktoosi}) = 180,156 \text{ g/mol}$$

$$n(\text{fruktoosi}) = \frac{m}{M} = \frac{0,2391 \text{ g}}{180,156 \text{ g/mol}} = 1,327 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

$$c(\text{fruktoosi}) = \frac{n}{V} = \frac{1,327 \cdot 10^{-3} \text{ mol}}{1,0 \cdot 10^{-3} \text{ l}} = 1,327 \text{ mol/l} \approx 1,3 \text{ mol/l}$$

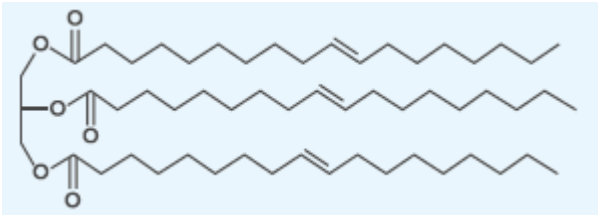
Luku 5.2 – Tehtävien ratkaisut

14. Kirjoita sellaisen triglyseridin rakennekaava viivakaavalla, jossa *trans*-öljyhappomolekyylit ovat reagoineet glyserolin (1,2,3-propaanitrioli) kanssa.

a) Laske tämän triglyseridin moolimassa.

b) Miten tämän triglyseridin kemiallinen rakenne ja fysikaaliset ominaisuudet muuttuvat, kun yksi mooli tätä triglyseridiä reagoi kolmen moolin kanssa vetykaasua? Perustele vastauksesi.

Ratkaisu:



a) Triglyseridin molekyylikaava on $C_{57}H_{104}O_6$, joten $M(C_{57}H_{104}O_6) = 885,402 \text{ g/mol}$

b) Kun triglyseridi reagoi kolmen moolin kanssa vetykaasua (H_2), vetyatomit liittyvät kaksoissidoksen muodostaviin hiiliatomeihin, ja rasvahappo-osat muuttuvat tyydyttyneiksi (steariinihappoiksi). Rasva muuttuu tyydyttymättömästä tyydyttyneeksi ja samalla sulamispiste nousee.

15. Koehenkilö painaa 68,0 kg ja hän kuluttaa kävelytestissä energiaa $0,450 \frac{kJ}{g \cdot \text{min}}$. Kuinka kauan hänen on käveltävä polttaakseen 125 grammaa rasvaa, kun rasvan energiasisältö on 38,0 kJ/g?

Ratkaisu:

Poltettavan rasvan sisältämä kokonaisenergiämäärä on $125 \text{ g} \cdot 38,0 \text{ kJ/g} = 4750,0 \text{ kJ}$

Tämän energiamäärän polttamiseen tarvittava aika on $\frac{4750,0 \text{ kJ}}{68,0 \text{ kg} \cdot 0,450 \frac{kJ}{kg \cdot \text{min}}} = 155,23 \text{ min} \approx 2 \text{ h } 35 \text{ min}$

17. a) Erään potilaan verinäytteestä mitattiin kokonaiskolesterolipitoisuus ja LDL-kolesterolipitoisuus.

Arvoiksi saatiin: kokonaiskolesteroli 4,7 mmol/l ja LDL-kolesteroli 2,2 mmol/l. Ota selvää, mitkä ovat suositusten mukaiset kokonais- ja LDL-kolesterolipitoisuudet ja päättelä, oliko potilaan syytä huolestua mittaustuloksista.

b) Kuinka monta grammaa kolesterolia $C_{27}H_{46}O$ on sellaisen henkilön verenkierrössä, jonka veren kokonaiskolesterolipitoisuus on 3,9 mmol/l. Veren kokonaistilavuudeksi oletetaan 5,0 litraa?

Mooli 2

Ratkaisu:

a) Veren kokonaiskolesterolipitoisuuden tulisi olla alle 5 mmol/l ja LDL-kolesterolia tulisi olla alle 3 mmol/l. Potilaan ei siis ole syytä huolestua mittaustuloksista.

b) $c(\text{C}_{27}\text{H}_{46}\text{O}) = 3,9 \text{ mmol/l} = 3,9 \cdot 10^{-3} \text{ mol/l}$ (Huomaa potenssimerkintä!)

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

$$M(\text{C}_{27}\text{H}_{46}\text{O}) = 386,638 \text{ g/mol}$$

$$m(\text{C}_{27}\text{H}_{46}\text{O}) = ?$$

Lasketaan ensin verenkierrossa olevan kolesterolin kokonaisainemäärä suureyhtälöstä $c = \frac{n}{V}$, josta $n = c \cdot V$

$$n(\text{kolesteroli}) = 3,9 \cdot 10^{-3} \text{ mol/l} \cdot 5,0 \text{ l} = 0,01950 \text{ mol}$$

Lasketaan kysytty kolesterolin massa suureyhtälöstä $n = \frac{m}{M}$, josta $m = n \cdot M$

$$m(\text{kolesteroli}) = 0,01950 \text{ mol} \cdot 386,638 \text{ g/mol} = 7,539 \text{ g} \approx 7,5 \text{ g}$$

Luku 5.3 – Tehtävien ratkaisut

25. Insuliini on proteiinihormoni, joka säätelee veren glukoosipitoisuutta. Insuliinin moolimassa on noin 5 807 g/mol. Kun veren glukoosipitoisuus kohoaa, insuliinia erittyy vereen, jolloin sen pitoisuus veressä on noin 80 mg/100 ml. Mikä on tällöin veren insuliinikonsentraatio yksikössä mmol/l?

Ratkaisu:

$$M(\text{insuliini}) = 5\,807 \text{ g/mol}$$

$$m(\text{insuliini}) = 80 \text{ mg} = 0,080 \text{ g (huomaa yksikkömuunnos ja muunnoksen tarkkuus)}$$

$$V(\text{veri}) = 100 \text{ ml} = 0,100 \text{ l (huomaa yksikkömuunnos ja muunnoksen tarkkuus)}$$

$$c(\text{insuliini})=?$$

$$\text{Lasketaan insuliinin ainemäärä suureyhtälöstä } n = \frac{m}{M}$$

$$n(\text{insuliini}) = \frac{0,080 \text{ g}}{5807 \text{ g/mol}} = 0,00001378 \text{ mol}$$

$$\text{Lasketaan insuliinikonsentraatio suureyhtälöstä } c = \frac{n}{V}$$

$$c(\text{insuliini}) = \frac{0,00001378 \text{ mol}}{0,100 \text{ l}} = 0,0001378 \text{ mol} \approx 0,14 \text{ mmol/l}$$

26. Aspartaami $\text{C}_{14}\text{H}_{18}\text{N}_2\text{O}_5$ on erittäin vähän energiaa sisältävä keinotekoinen makeutusaine. Se on rakenteeltaan dipeptidi, joka koostuu kahdesta elimistössä yleisesti esiintyvistä aminohaposta, asparagiinihaposta ja fenyyialaniinista. Eräs jauhemainen tuote sisältää 12 massaprosenttia aspartaamia.

- Laske aspartaamin ainemäärä tuotteessa, kun tuotetta punnitaan 60 grammaa. Ilmoita ainemäärä millimoolina.
- Kuinka monta aspartaamimolekyyliä 60 grammaa tuotetta sisältää?
- Ruokalusikallinen (1,2 grammaa) kyseistä tuotetta liuotetaan 5,0 dl:an mehua. Laske mehun aspartaamikonsentraatio. (Oletetaan, että tilavuus ei muutu jauheen liuetessa.)
- Edellä kuvatulla tavalla valmistetusta mehusta haihdutetaan vettä pois kunnes mehun tilavuus on 140 millilitraa. Mikä on tämän mehun aspartaamikonsentraatio?

Ratkaisu:

$$m(\text{tuote}) = 60 \text{ g}$$

$$m\text{-}\%(\text{C}_{14}\text{H}_{18}\text{N}_2\text{O}_5) = 12 \% = 0,12$$

$$M(\text{C}_{14}\text{H}_{18}\text{N}_2\text{O}_5) = 294,304 \text{ g/mol}$$

$$n(\text{C}_{14}\text{H}_{18}\text{N}_2\text{O}_5) = ?$$

Mooli 2

Lasketaan aspartaamin massa ilmoitetun massaprosenttisen osuuden avulla

$$m(\text{C}_{14}\text{H}_{18}\text{N}_2\text{O}_5) = 60 \text{ g} \cdot 0,12 = 7,2 \text{ g}$$

Lasketaan tätä massaa vastaava aspartaamin ainemäärä suureyhtälöstä $n = \frac{m}{M}$.

$$n(\text{aspartaami}) = \frac{7,2 \text{ g}}{294,304 \text{ g/mol}} = 0,02446 \text{ mol} \approx 24 \text{ mmol}$$

b) $n(\text{aspartaami}) = 0,02446 \text{ mol}$

$$N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ 1/mol}$$

$$N(\text{aspartaami}) = ?$$

Aspartaamimolekyylien lukumäärä saadaan ratkaistua suureyhtälöstä $n = \frac{N}{N_A}$, josta $N = n \cdot N_A$

$$\begin{aligned} N(\text{aspartaami}) &= 0,02446 \text{ mol} \cdot 6,022 \cdot 10^{23} \text{ 1/mol} \\ &= 1,473 \cdot 10^{22} \\ &\approx 1,5 \cdot 10^{22} \end{aligned}$$

c) $m(\text{tuote}) = 1,2 \text{ g}$

$$m\text{-}\%(\text{C}_{14}\text{H}_{18}\text{N}_2\text{O}_5) = 12 \% = 0,12$$

$$V(\text{mehu}) = 5,0 \text{ dl} = 0,50 \text{ l (Huomaa yksikkömuunnos!)}$$

$$c(\text{C}_{14}\text{H}_{18}\text{N}_2\text{O}_5) = ?$$

Lasketaan aspartaamin massa lusikallisessa tuotetta massaprosenttisen osuuden perusteella

$$m(\text{C}_{14}\text{H}_{18}\text{N}_2\text{O}_5) = 1,2 \text{ g} \cdot 0,12 = 0,1440 \text{ g}$$

$$\text{Lasketaan aspartaamin ainemäärä } n(\text{aspartaami}) = \frac{0,1440 \text{ g}}{294,304 \text{ g/mol}} = 0,0004893 \text{ mol}$$

$$\text{Mehun aspartaamikonsentraatio on } c(\text{aspartaami}) = \frac{0,0004893 \text{ mol}}{0,50 \text{ l}} = 0,0009786 \text{ mol/l} \approx 0,00098 \text{ mol/l}$$

d) $c_1 = 0,0009786 \text{ mol/l}$

$$V_1 = 0,50 \text{ l}$$

$$V_2 = 140 \text{ ml} = 0,140 \text{ l}$$

$$c_2 = ?$$

Koska aspartaamin ainemäärä ei muutu, eli $n_1 = n_2$, voidaan mehun alkuperäisen aspartaamikonsentraation (c_1) ja aspartaamikonsentraatiolle veden haihdutuksen jälkeen (c_2) laatia lauseke:

$$c_1 V_1 = c_2 V_2, \text{ josta ratkaistuna } c_2 = \frac{c_1 \cdot V_1}{V_2}.$$

$$c_2 = \frac{0,0009786 \cdot 0,50 \text{ l}}{0,140 \text{ l}} = 0,003495 \text{ mol/l} \approx 0,0035 \text{ mol/l}$$

Luku 5.4 – Tehtävien ratkaisut

32. Laboratoriossa eristetyn ja puhdistetun DNA:n määrä voidaan arvioida UV-spektrometrillä, sillä DNA absorboi ultraviolettisäteilyä aallonpituudella 260 nm. Useasti toistettujen mittausten perusteella on saatu selville, että kyseisellä aallonpituudella mitattuna, DNA-pitoisuutta 1,0 mg/ml vastaa aina absorbanssiarvo 20. Opiskelijat eristivät sipulin DNA:ta, valmistivat siitä liuoksen, ja mittasivat liuoksen absorbanssiarvon aallonpituudella 260 nm. Tuloksesi tuli 0,032. Mikä oli opiskelijoiden valmistaman liuoksen DNA-pitoisuus?

Ratkaisu:

Koska pitoisuutta 1,0 mg/ml vastaa absorbanssiarvo 20, voidaan valmistetun liuoksen DNA-pitoisuus x (mg/ml), ratkaista verrannosta:

$$\frac{1,0}{20} = \frac{x}{0,032}, \text{ josta ratkaisuna } x = 1,6 \cdot 10^{-3} \text{ mg/ml}$$