

Jakso 0 Ihmisen ja elinympäristön kemiaa – laskutehtävien ratkaisut

9.

Ratkaisu:

a)

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

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

$$m(\text{liuos}) = m(\text{etikkahappo}) + m(\text{vesi}) = 10 \text{ g} + 100 \text{ g} = 110 \text{ g}.$$

Etikkahapon massaprosenttinen osuus on:

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

b)

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

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

$$V(\text{liuos}) = V(\text{etikkahappo}) + V(\text{vesi})$$

$$= 7,5 \text{ ml} + 100,0 \text{ ml}$$

$$= 107,5 \text{ ml}.$$

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:

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

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

Jakso 1 Mooli, ainemäärä ja konsentraatio – laskutehtävien ratkaisut

1.1 Alkuaineen suhteellinen atomimassa

1.3

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.

1.4

Ratkaisu:

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

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

1.5

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 $(100 - x)$ %

Sijoitetaan eri isotooppien atomimassat ja prosenttiosuudet kuparin suhteellisen atomimassan lausekkeeseen:

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

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 $(100 - 68,9519)$ % $\approx 31,05$ %.

1.2 Mooli ja ainemäärä

1.7

Ratkaisu:

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

a)

$$N(\text{C}) = 8,6 \cdot 10^{24} \text{ kpl}$$

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

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

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

b)

$$N(\text{asetyylisalisyylihappomolekyylit}) = 1,7 \cdot 10^{21} \text{ kpl}$$

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

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

$$\begin{aligned} n(\text{asetyylisalisyylihappomolekyylit}) &= \frac{N(\text{asetyylisalisyylihappomolekyylit})}{N_A} \\ &= \frac{1,7 \cdot 10^{21}}{6,022 \cdot 10^{23} \text{ kpl/mol}} = 0,002823 \text{ mol} \approx 0,0028 \text{ mol} \end{aligned}$$

c)

$$N(\text{kofeiinimolekyylit}) = 3,1 \cdot 10^{20} \text{ kpl}$$

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

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

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

d)

$$N(\text{vesimolekyylit}) = 1,0 \cdot 10^6 \text{ kpl}$$

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

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

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

1.8

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)

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

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

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

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

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:

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

1.9

Ratkaisu:

a)

$$n(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = 0,100 \text{ mol}$$

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

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

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

josta $N = n \cdot N_A$:

$$N(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = n(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) \cdot N_A = 0,100 \text{ mol} \cdot 6,022 \cdot 10^{23} \text{ kpl/mol} = 6,0220 \cdot 10^{22} \text{ kpl} \approx 6,02 \cdot 10^{22} \text{ kpl.}$$

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 $n(\text{H}) = 12 \cdot 0,100 \text{ mol} = 1,20 \text{ mol}$.

Muista, että moolissa (ja sen osassa tai kerrannaisessa) on aina tietty lukumäärä tarkasteltavia hiukkasia!

c)

Tarkastellaan edelleenkin glukoosin kemiallista kaavaa. Sen perusteella yhdessä glukoosimolekyylissä on kuusi hiiliatomia. Hiiliatomien ainemäärä 0,100 moolissa glukoosia on siis kuusinkertainen glukoosin ainemäärään verrattuna eli $n(\text{C}) = 6 \cdot 0,100 \text{ mol} = 0,600 \text{ mol}$.

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

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

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

1.10

Ratkaisu:

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

a) $M(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}) = (2 \cdot 12,01 + 6 \cdot 1,008 + 16,00) \text{ g/mol} = 46,068 \text{ g/mol}.$

b) $M(\text{C}_5\text{H}_{12}\text{O}_5) = (5 \cdot 12,01 + 12 \cdot 1,008 + 5 \cdot 16,00) \text{ g/mol} = 152,146 \text{ g/mol}.$

c) $M(\text{C}_{20}\text{H}_{30}\text{O}) = (20 \cdot 12,01 + 30 \cdot 1,008 + 16,00) \text{ g/mol} = 286,440 \text{ g/mol}.$

d) $M(\text{C}_8\text{H}_{10}\text{O}_2\text{N}_4) = (8 \cdot 12,01 + 10 \cdot 1,008 + 2 \cdot 16,00 + 4 \cdot 14,01) \text{ g/mol} = 194,20 \text{ g/mol}.$

e) $M(\text{C}_{14}\text{H}_{18}\text{N}_2\text{O}_5) = (14 \cdot 12,01 + 18 \cdot 1,008 + 2 \cdot 14,01 + 5 \cdot 16,00) \text{ g/mol} = 294,304 \text{ g/mol}.$

1.11

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!)

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

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

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

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:

$10 \text{ dl} \cdot 0,0001987 \text{ mol/dl} = 0,001987 \text{ mol} \approx 0,0020 \text{ mol}$.

1.12

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)

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

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

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

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

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)

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

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

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

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

1.13

Ratkaisu:

a)

$$m(\text{C}_{27}\text{H}_{46}\text{O}) = 250 \text{ mg} = 0,250 \text{ g} \text{ (Huomaa yksikkömuunnos ja muunnoksen tarkkuus!)}$$

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

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

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

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

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

b)

$$n(\text{C}_{27}\text{H}_{46}\text{O}) = 6,4660 \cdot 10^{-4} \text{ mol (a-kohdasta)}$$

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

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

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

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

1.14

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

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

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 suoreyhtälöstä $n = \frac{N}{N_A}$, 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 tinan 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.

1.15

Ratkaisu:

a)

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

b)

$$n(\text{He}) = 8,0 \text{ mol}$$

$$M(\text{He}) = 4,003 \text{ g/mol}$$

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

Ratkaistaan heliumin massa suureytälöstä $n = \frac{m}{M}$, 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 suureytälöstä

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

Ratkaistaan lopuksi kysytty typpiatomien massa suureytälöstä $n = \frac{m}{M}$:

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

Suurin massa on siten typpi-atomeilla.

1.16

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.

1.17

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	$= 88,104 \text{ g/mol} \cdot 1,196 \cdot 10^{-12} \text{ mol}$ $= 1,054 \cdot 10^{-10} \text{ g} \approx 1,1 \cdot 10^{-10} \text{ g}$	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	$= \frac{2\,356 \text{ g}}{286,15 \text{ g/mol}}$ $= 8,23344 \text{ mol}$ $\approx 8,233 \text{ mol}$	$= 8,23344 \text{ mol} \cdot 6,022 \cdot 10^{23} \frac{1}{\text{mol}}$ $= 4,95818 \cdot 10^{24}$ $\approx 4,958 \cdot 10^{24}$

1.18

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 myrkkymolekyylien 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 myrkkymolekyylien lukumäärä N saadaan suureyhtälöstä

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

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

1.19

Ratkaisu:

a)

Taulukkokirjan mukaan asetonin (C_3H_6O) tiheys on $0,79 \text{ kg/dm}^3$.

$$\rho(C_3H_6O) = 0,79 \text{ kg/dm}^3$$

$$V(C_3H_6O) = 500 \text{ ml} = 0,500 \text{ dm}^3 \text{ Huomaa yksikkömuunnos ja yksikkömuunnoksen tarkkuus!}$$

$$M(C_3H_6O) = 58,078 \text{ g/mol}$$

$$n(C_3H_6O) = ?$$

Ratkaistaan ensin asetonin massa asetonin tiheyden ja liuoksen tilavuuden avulla

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

$$m(C_3H_6O) = \rho(C_3H_6O) \cdot V(C_3H_6O) = 0,79 \text{ kg/dm}^3 \cdot 0,500 \text{ dm}^3 = 0,3950 \text{ kg} = 395,0 \text{ g.}$$

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

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

$$n(C_3H_6O) = \frac{m(C_3H_6O)}{M(C_3H_6O)} = \frac{395,0 \text{ g}}{58,078 \text{ g/mol}} = 6,801 \text{ mol} \approx 6,8 \text{ mol.}$$

b)

$$n(C_3H_6O) = 6,801 \text{ mol (a-kohdasta)}$$

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

$$N(C_3H_6O) = ?$$

Asetonimolekyylien lukumäärä saadaan ratkaistua suureyhtälöstä

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

$$N(C_3H_6O) = 6,801 \text{ mol} \cdot 6,022 \cdot 10^{23} \text{ 1/mol} = 4,096 \cdot 10^{24} \approx 4,1 \cdot 10^{24}.$$

1.3 Liuoksen konsentraatio

1.20

Ratkaisu

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

a)

$$n(\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}) = 3,0 \text{ mol}$$

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

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

$$c(\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}) = \frac{n(\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11})}{V(\text{liuos})} = \frac{3,0 \text{ mol}}{2,0 \text{ l}} = 1,5 \text{ mol/l}$$

b)

$$n(\text{C}_{27}\text{H}_{46}\text{O}) = 1,1 \cdot 10^{-5} \text{ mol}$$

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

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

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

1.21

Ratkaisu

$$m((\text{NH}_4)_2\text{SO}_4) = 3,0 \text{ g}$$

$$M((\text{NH}_4)_2\text{SO}_4) = 132,154 \text{ g/mol}$$

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

$$c((\text{NH}_4)_2\text{SO}_4) = ?$$

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

$$c(\text{SO}_4^{2-}) = ?$$

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

$$n((\text{NH}_4)_2\text{SO}_4) = \frac{m((\text{NH}_4)_2\text{SO}_4)}{M((\text{NH}_4)_2\text{SO}_4)} = \frac{3,0 \text{ g}}{132,154 \text{ g/mol}} = 0,02270 \text{ mol}.$$

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:

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

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

1.22

Ratkaisu:

Kaikissa kohdissa kysytty konsentraatio 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.

a)

$m(\text{Ca}^{2+}) = 180 \text{ mg} = 0,180 \text{ g}$, 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 $n = \frac{m}{M}$:

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

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)

$$c(\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6) = 3,406 \cdot 10^{-3} \text{ mol/l (c-kohdasta)}$$

$$V(\text{mehu}) = 2,0 \text{ dl} = 0,20 \text{ l, huomaa yksikkömuunnos ja muunnoksen tarkkuus!}$$

$$V(\text{veri}) = 5,2 \text{ l}$$

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

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:

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

1.23

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)

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

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

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

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

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 $V = \frac{n}{c}$:

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

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 $N = n \cdot N_A$:

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

1.24

Ratkaisu:

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

$V(\text{veri}) = 1,00 \text{ l}$, veren tilavuus ilmoitettu samalla tarkkuudella kuin glukoosin ainemäärä (3 merkitsevää numeroa)

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

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

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.

1.25

Ratkaisu

$V(\text{hiki}) = 2,0 \text{ dl} = 0,20 \text{ l}$, huomaa yksikkömuunnos ja muunnoksen tarkkuus!

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

$M(\text{K}^+) = 39,10 \text{ g/mol}$, huomaa, että kaliumionin moolimassa on sama kuin kaliumatomin moolimassa!

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

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 $m = n \cdot M$:

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

1.26

Ratkaisu:

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

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

$V(\text{liuos}) = 250 \text{ ml} = 0,250 \text{ l}$, huomaa yksikkömuunnos ja muunnoksen tarkkuus!

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

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

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

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

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 $c = \frac{n}{V}$:

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

1.27**Ratkaisu:****a)**

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

1.28

Ratkaisu:

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

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

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

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

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

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

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

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 $c = \frac{n}{V}$:

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

1.29

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	$= 0,0012 \text{ mol} \cdot 74,096 \text{ g/ mol}$ $= 0,08892 \text{ g}$ $\approx 0,089 \text{ g}$	$1,2 \cdot 10^{-3}$	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

1.4 Liuosten valmistaminen ja laimentaminen

1.30

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 dekantterilasissa. Kun kaikki natriumkloridi 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 liuoksesta on kyse, miten väkevä liuos on, valmistuspäivämäärä ja tekijän nimikirjaimet.

1.31

Ratkaisu:

a)

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

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

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

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

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 dekantterilasissa (HUOM! lopputilavuutta pienempään tilavuuteen vettä). Kun kaikki sitruunahappo 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.

Sitruunahappo on käyttöturvallisuustiedotteen mukaan syövyttävä aine, joka voi ärsyttää ihoa, silmiä ja hengitysteitä. Tarvittavat varoitusmerkit ovat



b)

$c(\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}) = 10 \text{ mmol/l} = 0,010 \text{ mol/l}$, huomaa yksikkömuunnos ja muunnoksen tarkkuus!

$V(\text{liuos}) = 250 \text{ ml} = 0,250 \text{ l}$, huomaa yksikkömuunnos ja muunnoksen tarkkuus!

$M(\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}) = 94,108 \text{ g/mol}$

$m(\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}) = ?$

Ratkaistaan ensin, mikä ainemäärä fenolia on valmistettavassa liuostilavuudessa. Käytetään

suureyhtälöä $c = \frac{n}{V}$, 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 dekantterilasissa (HUOM! lopputilavuutta pienempään tilavuuteen vettä). Kun kaikki fenoli 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



c)

$c(\text{NiCl}_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}) = 0,0025 \text{ M} = 0,0025 \text{ mol/l}$, huomaa, että merkintä M tarkoittaa samaa kuin yksikkö mol/l!

$V(\text{liuos}) = 500 \text{ ml} = 0,500 \text{ l}$, huomaa yksikkömuunnos ja muunnoksen tarkkuus!

$M(\text{NiCl}_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}) = 237,686 \text{ g/mol}$, huomaa, että kaavassa oleva kidevesi eli vesimolekyylien lukumäärä tulee summata yhdisteen moolimassaan!

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

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 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



1.32

Ratkaisu:

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

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

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

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

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

Ratkaistaan ensin annetun etaanihapon tiheyden ja mitatun tilavuuden avulla liuokseen tulevan

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

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

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.

1.33

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 laimennokseen mitattava, voidaan päätellä myös väkevemmän liuoksen ja laimeamman liuoksen konsentraatioiden suhteesta.

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 kertaisesti. 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 suoreyhtälöstä $c_1V_1 = c_2V_2$:

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

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 kertaisesti.

Tällöin väkevämmästä liuoksesta 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)

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

$$c_2 = 0,080 \text{ mol/l}$$

$$V_2 = 50 \text{ ml} = 0,050 \text{ l}$$

$$V_1 = ?$$

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.

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

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.

1.34

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:

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

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-}). Litassa valmistettua liuosta on siten kaksinkertainen ainemäärä ammoniumioneja verrattuna ammoniumkarbonaatin ainemäärään. Karbonaatti-ionien ainemäärä puolestaan on sama kuin ammoniumkarbonaatinainemäärä. Kysytyt ionien konsentraatiot ovat siten:

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

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

1.35

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 $m = \rho \cdot V$:

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

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 $c = \frac{n}{V}$:

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

Ratkaistaan, mikä ainemäärä typpihappoa tarvitaan valmistettavaan laimennokseen:

$$V(\text{laimennos}) = 500 \text{ ml} = 0,500 \text{ l, huomaa yksikkömuunnos ja muunnoksen tarkkuus!}$$

$$c(\text{laimennos}) = 0,100 \text{ mol/l.}$$

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 $c = \frac{n}{V}$, 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 pumpettia ja mittapipettiä käyttäen pulloon tarkasti 7,2 ml väkevämpää typpihappoliuosta. Sekoitetaan kääntelemällä mittapulloa. Täytetään mittapullo vedellä merkkiin saakka. Sekoitetaan vielä huolellisesti mittapulloa kääntelemällä. Jos liuosta säilytetään pitkiä aikoja, siirretään se säilytyspulloon ja tehdään pulloon tarpeelliset merkinnät.

Työturvallisuus: 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 lisätään hitaasti typpihappo ja lopuksi mittapullo täytetään tislattua vedellä merkkiin. Koska typpihappoliuos on syövyttävää, tulee pulloon liittää varoitusmerkintä syövyttävästä aineesta



Jakso 1 Harjoittele lisää!

Ylioppilastehtäviä

1.

Ratkaisu:

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 $\rho = \frac{m}{V}$ 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:

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

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 $c_1V_1 = c_2V_2$ ratkaistuna tarvittava tilavuus V_1 on:

$$V_1 = \frac{c_2V_2}{c_1} = \frac{0,15 \text{ mol/l} \cdot 0,250 \text{ l}}{14,34 \text{ mol/l}} = 0,002615 \text{ l} \approx 2,6 \text{ ml}.$$

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.

Ratkaisu:

a)

$$V(\text{liuos}) = 100,0 \text{ ml} = 0,1000 \text{ l}$$

$$V(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}) = 10,00 \text{ ml}$$

$$\rho(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}) = 0,789 \text{ g/ml}$$

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

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

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:

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

b)

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

$$\rho(\text{liuos}) = 0,982 \text{ g/ml}$$

$$m(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}) = 7,8900 \text{ g (a-kohdasta)}$$

$$m\text{-}\%(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}) = ?$$

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 massaprosentteina on:

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

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:

$$m(\text{H}_2\text{O}) = m(\text{liuos}) - m(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH})$$

$$= 98,200 \text{ g} - 7,8900 \text{ g}$$

$$= 90,310 \text{ g}$$

$$= 0,090310 \text{ kg}$$

Kysytty molaalisuus on:

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

d)

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

Jakso 2 Orgaanisten yhdisteiden rakenne ja ominaisuudet – laskutehtävien ratkaisut

2.1 Kovalenttiset sidokset orgaanisissa yhdisteissä

2.7

Ratkaisu:

a)

Sublimoituminen on olomuodon muutos, jossa kiinteä aine muuttuu suoraan kaasuksi.

b)

Polysyklinen aromaattinen hiilivety on yhdiste, jonka rakenteessa on useita bentseenirenkaita ja se sisältää vain hiiltä ja vetyä.

c)

$$m(\text{C}_{10}\text{H}_8) = 1,0 \text{ g}$$

$$M(\text{C}_{10}\text{H}_8) = 128,164 \text{ g/mol}$$

$$n(\text{C}_{10}\text{H}_8) = ?$$

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

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

d)

$$m(\text{C}_{10}\text{H}_8) = 100 \text{ mg} = 0,100 \text{ g} \text{ (Huomaa yksikkömuunnos!)}$$

$$M(\text{C}_{10}\text{H}_8) = 128,164 \text{ g/mol}$$

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

$$V(\text{huone}) = 30 \text{ m}^3$$

$$N(\text{C}_{10}\text{H}_8) = ?$$

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:

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

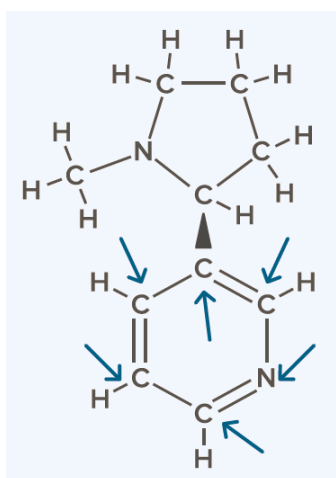
2.2 Kovalenttisen sidoksen muodostuminen – hybridisaatioteoria

2.11

Ratkaisu:

a) Nikotiini on heterosyklinen, sillä sen rakenteessa on kaksi rengasta, joissa on hiiliatomien lisäksi myös typpi atomi. 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) suureyhtälöstä $n = \frac{m}{M}$:

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

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

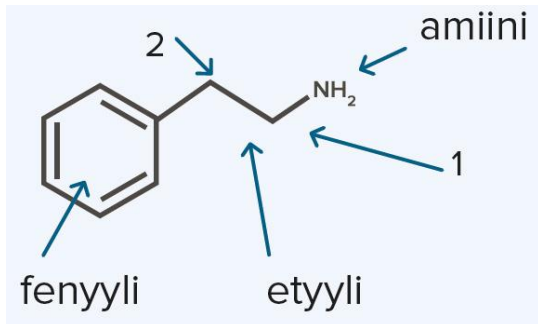
$$N(\text{nikotiinimolekyylit}) = 0,0003698 \text{ mol} \cdot 6,022 \cdot 10^{23} \text{ 1/mol} = 2,227 \cdot 10^{20} \approx 2,2 \cdot 10^{20}.$$

2.3 Funktionaaliset ryhmät ja eri yhdisteryhmät

2.23

Ratkaisu

a)



b)

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

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

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

Ratkaistaan ensin 2-fenyylietyyliamiini ainemäärä (n) 100 gramman suklaalevyssä suureyhtälöstä

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

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

Ratkaistaan kysytty 2-fenyylietyyliamiinin ainemäärä 250 gramman suklaalevyssä:

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

Jakso 3 Orgaanisten yhdisteiden mallintaminen ja rakennetutkimus – laskutehtävien ratkaisut

3.1 Suhdekaava ja molekyylikaava

3.2

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)

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

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

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

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

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

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

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

3.3

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:

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

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

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

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 $(\text{C}_4\text{H}_4\text{O})_x$.

3.4

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:

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

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

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

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 $(\text{C}_3\text{H}_6\text{O})_x$.

3.5

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 :

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

$$58,078x = 116$$

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

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

3.2 Rakennekaava ja sen mallintaminen

3.6

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:

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

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

3.10

Ratkaisu:

a)

Pääte -oni viittaa testosteronin rakenteessa olevaan karbonyyliryhmään (ketoryhmään). Yhdisteet, joissa on funktionaalisena 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 $c = \frac{n}{V}$:

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

Jakso 3 Harjoittele lisää!

Ylioppilastehtäviä

2.

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:

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

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

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

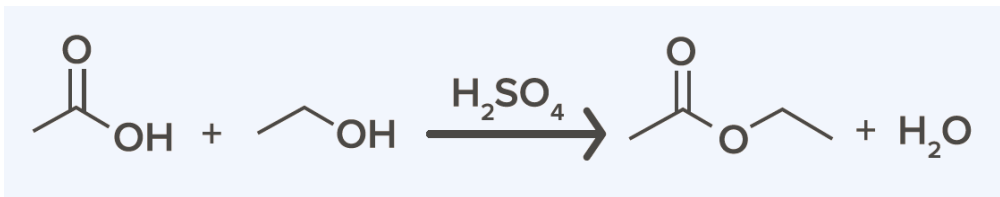
$$x \cdot (12,01 + 2 \cdot 1,008 + 16,00) = 60, \text{ josta saadaan}$$

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

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



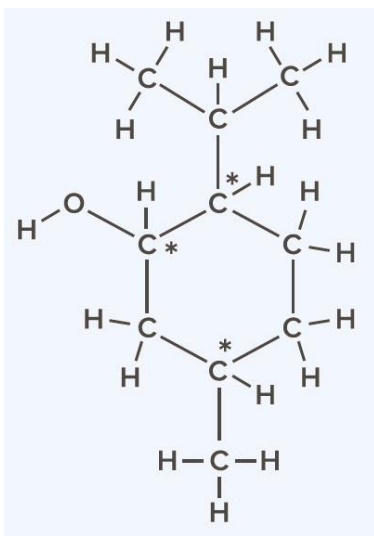
Jakso 4 Molekyylin avaruus rakenne ja stereoisomeria – laskutehtävien ratkaisut

4.2 Orgaanisten yhdisteiden stereoisomeria

4.15

Ratkaisu:

a)



b) Molekyylikaava on $C_{10}H_{20}O$.

c) Tyydyttynyt, syklinen, alkoholi.

d) Hydroksyyliiryhmä -OH.

e) Kyllä esiintyy, sillä mentolimolekyylissä on yksinkertaisia C-C-sidoksia, jotka voivat kiertyä ja taipua.

f) Mentolimolekyylissä on kolme asymmetristä hiiliatomia (merkitty kohtaan a) tähdellä).

g)

$$m(\text{mentoli}) = 30 \text{ mg} = 0,030 \text{ g}$$

$$M(\text{mentoli}) = 156,260 \text{ g/mol}$$

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

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

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

4.3 Stereoisomeerien erilaisia ominaisuuksia

4.22

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° .

Jakso 5 Biomolekyylit ja solun kolmiulotteinen maailma – laskutehtävien ratkaisut

5.1 Hiilihydraatit

5.7

Ratkaisu:

a)

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

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

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

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.

5.8

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:

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

5.9

Ratkaisu:

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

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

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

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

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

Ratkaistaan aluksi, mikä massa ksylitolia on yhdessä purukumipalassa:

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

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

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

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

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

5.10

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

$$\alpha = 22$$

$$l = 1$$

$$[\alpha] = 92$$

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

Polarimetrisen mittauksen tuloksena tutkitun sokeriliuoksen (fruktoosiliuoksen) pitoisuus oli 0,2391 g/ml. Lasketaan tämän pitoisuuden avulla liuoksen konsentraatio:

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

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

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

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

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

5.2 Lipidit ja rasvat

5.15

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:

$$\frac{4750,0 \text{ kJ}}{68,0 \text{ kg} \cdot 0,450 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{min}}} = 155,23 \text{ min} \approx 2 \text{ h } 35 \text{ min} .$$

5.17

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

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

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

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

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

5.3 Proteiinit

5.25

Ratkaisu:

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

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

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

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

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

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

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

$$c(\text{insuliini}) = \frac{0,00001378 \text{ mol}}{0,100 \text{ l}} = 0,0001378 \text{ mol} \approx 0,14 \text{ mmol/l.}$$

5.26

Ratkaisu:

a)

$$m(\text{tuote}) = 60 \text{ g}$$

$$m\text{-}\%(\text{C}_{14}\text{H}_{18}\text{N}_2\text{O}_5) = 12 \% = 0,12$$

$$M(\text{C}_{14}\text{H}_{18}\text{N}_2\text{O}_5) = 294,304 \text{ g/mol}$$

$$n(\text{C}_{14}\text{H}_{18}\text{N}_2\text{O}_5) = ?$$

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 $N = n \cdot N_A$:

$$N(\text{aspartaami}) = 0,02446 \text{ mol} \cdot 6,022 \cdot 10^{23} \text{ 1/mol}$$

$$= 1,473 \cdot 10^{22} \approx 1,5 \cdot 10^{22}.$$

c)

$$m(\text{tuote}) = 1,2 \text{ g}$$

$$m\text{-}\%(C_{14}H_{18}N_2O_5) = 12 \% = 0,12$$

$$V(\text{mehu}) = 5,0 \text{ dl} = 0,50 \text{ l (Huomaa yksikkömuunnos!)}$$

$$c(C_{14}H_{18}N_2O_5) = ?$$

Lasketaan aspartaamin massa lusikallisessa tuotetta massaprosenttisen osuuden perusteella:

$$m(C_{14}H_{18}N_2O_5) = 1,2 \text{ g} \cdot 0,12 = 0,1440 \text{ g.}$$

Lasketaan aspartaamin ainemäärä:

$$n(\text{aspartaami}) = \frac{0,1440 \text{ g}}{294,304 \text{ g/mol}} = 0,0004893 \text{ mol.}$$

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:

$$c_1 V_1 = c_2 V_2, \text{ josta ratkaistuna } c_2 = \frac{c_1 \cdot V_1}{V_2}$$

$$\Rightarrow c_2 = \frac{0,0009786 \cdot 0,50 \text{ l}}{0,140 \text{ l}} = 0,003495 \text{ mol/l} \approx 0,0035 \text{ mol/l}.$$

5.4 Nukleiinihapot

5.32

Ratkaisu:

Koska pitoisuutta 1,0 mg/ml vastaa absorbanssiarvo 20, voidaan valmistetun liuoksen DNA-pitoisuus x (mg/ml), ratkaista verrannosta:

$$\frac{1,0}{20} = \frac{x}{0,032}, \text{ josta ratkaisuna } x = 1,6 \cdot 10^{-3} \text{ mg/ml.}$$