2022/23. õa keemiaolümpiaadi lõppvooru ülesanded
9.–10. klass

Lahendus 1. Autor: Vladislav Ivaništšev

Allikad: www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0026265X16306671
www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0021925818450764

a) $CaC_{20}H_{14}O_{10}N_8 \cdot 8H_2O$ + **19**O_2 → CaO + **20**CO_2 + **4**N_2 + **15**H_2O (2)

b) $n(CO_2) = 0{,}50\ cm^3 \cdot 95\ mg/dm^3 \cdot 20/(40{,}08\ g/mol) = \mathbf{24\ \mu mol}$ (2)

c) $c(Ca) = \frac{1}{20} \cdot \frac{0{,}320\ cm^3}{0{,}50\ cm^3} \cdot \frac{1000\ mmol/mol}{22{,}4\ dm^3/mol} = \mathbf{1{,}4\ mM}$ (2)

d) $c(Ca) = 40{,}08\ g/mol \cdot \frac{1}{(0{,}98 \cdot 2)^4} \cdot \frac{1}{20} \cdot \frac{0{,}026\ cm^3}{0{,}50\ cm^3} \cdot \frac{10^{-3}\ dm^3/ml}{22{,}4\ dm^3/mol} \cdot \frac{10^6\ \mu g}{1\ g} = \mathbf{0{,}3\ \mu g/ml}$ (3)

e) Aatomabsorptsioonispektroskoopia sobib paremini väikeste kaltsiumikontsentratsioonide määramiseks, kuna sellel on madalaim avastamispiir proovi koguse kohta, mis kehavedelike puhul peab olema väike. Gravimeetria puhul on kaalutud sademe mass (> 1 μg) suurem. Tiitrimeetria puhul on mõõdetud maht (> 1 cm^3) ja kontsentratsioon (> 1 mM) suurem. (1)

10 p

Lahendus 2. Autor: Jörgen Metsik

a) Metalli katab tõenäoliselt oksiidikiht, mille puhul oleks **A** üldvalem $\mathbf{X}_xO_y$

$$\frac{xM(\mathbf{X})}{xM(\mathbf{X})+yM(O)} = 0{,}5292 \Rightarrow M(\mathbf{X}) = \frac{y}{x}\frac{0{,}5292}{1-0{,}5292}M(O)$$

Kui eeldame, et metall on oksiidis ainult ühes oksüdatsiooniastmes, siis saame realistliku valemiga ühendi ainult siis, kui $x = 3$ ja $y = 2$ ning seega on $M(\mathbf{X}) = 26{,}98$ g/mol ja metall **X** on **alumiinium** (**A** on Al_2O_3). (1)

Analoogiliselt eelnevale lahenduskäigule saame, et

$$M(\mathbf{Y}) = \frac{y}{x}\frac{0{,}7389}{1-0{,}7389}M(Cl)$$

ja kui $x = 1$ ja $y = 2$, $M(\mathbf{Y}) = 200{,}6$ g/mol ja metall **Y** on elavhõbe (**B** on $HgCl_2$). (1)

b) **i)** $4Al + 3O_2 \rightarrow Al_2O_3$ (1)

ii) $2Al + 3HgCl_2 \rightarrow 2AlCl_3 + 3Hg$ (1)

iii) $2Al + 6H_2O \rightarrow 2Al(OH)_3 + 3H_2$ (1)

iv) $Al(OH)_3 + 3HCl \rightarrow AlCl_3 + 3H_2O$ (1)

v) $Al(OH)_3 + NaOH \rightarrow Na[Al(OH)_4]$ (1)

või $Al(OH)_3 + 3NaOH \rightarrow Na_3[Al(OH)_6]$

vi) $2Al(OH)_3 \rightarrow Al_2O_3 + 3H_2O$ (1)

vii) $Al_2O_3 + 6HCl \rightarrow 2AlCl_3 + 3H_2O$ (1)

c) Hg sulameid nimetatakse **amalgaamideks**. (1)

10 p

Lahendus 3. Autor: Vladislav Ivaništšev

a) $It = zn\mathcal{F}$ (1) – Helmholtz (0,5)

$pV = nT\mathcal{R}$ (2) – Clapeyron (0,5)

$m\Delta T = -in\mathcal{K}$ (3) – Ostwald (0,5)

b) $\mathcal{F} = \Delta t/\Delta n \cdot I/z$ = 740 h/9,1 mol·1 A/3 = **27 A·h/mol** (1,5)

$\mathcal{R} = \Delta V/\Delta n \cdot p/T$ = 560 dm^3/6,8 mol·1 atm/1000 K = **0,082 dm^3·atm/(mol·K)** (1,5)

$\mathcal{K} = -\Delta\Delta T/\Delta n \cdot m/i$ = 23 K/6,2 mol·1 kg/2 = **1,8 K·kg/mol** (1,5)

c) $N_A = 107{,}86833\ g/mol/(0{,}0011179627\ g/C \cdot 1{,}60217663 \cdot 10^{-19}\ C)$

$N_A = \mathbf{6{,}0222149 \cdot 10^{23}/mol}$ (2)

2019. a NA väärtus on täpselt $6{,}02214076 \cdot 10^{23}$/mol.

d) $N_A = 22{,}4\ dm^3/mol/[4/3 \cdot 3{,}1416 \cdot 1{,}4 \cdot 10^{-6}\ dm \cdot (0{,}20 \cdot 10^{-8}\ dm)^2]$

$N_A = \mathbf{9{,}5 \cdot 10 \cdot 10^{23}/mol}$ (2)

10 p

Lahendus 4. Autor: Vladislav Ivaništšev

a) Tekstist ilmneb, et **A** on oksiid valemiga Sn_xO_y

$$\frac{xM(\mathrm{Sn})}{xM(\mathrm{Sn})+yM(\mathrm{O})} = 0,7877 \Rightarrow \frac{y}{x} = \frac{1-0,7877}{0,7877}\frac{118,7\ \mathrm{g/mol}}{16,00\ \mathrm{g/mol}} = 2$$

A on $\mathbf{SnO_2}$. (1)

Olgu **C** valem on $Pb_x\mathbf{X}_y$, siis

$$\frac{xM(\mathrm{Pb})}{xM(\mathrm{Pb})+yM(\mathbf{X})} = 0,9283 \Rightarrow M(\mathbf{X}) = \frac{x}{y}\frac{1-0,9283}{0,9283}\cdot 207\ \mathrm{g/mol} = \frac{x}{y}\cdot 16\ \mathrm{g/mol}$$

kui $x/y = 1$,

C on **PbO**. (1)

Olgu **B** valem on $Pb_xSn_yO_z$, siis

$$\frac{yM(\mathrm{Sn})}{xM(\mathrm{Pb})+yM(\mathrm{Sn})+zM(\mathrm{O})} = 0,1988 \Rightarrow \frac{x\cdot 207,2}{y\cdot 118,7} + \frac{z\cdot 16,00}{y\cdot 118,7} = \frac{x}{y}\cdot 1,746 + \frac{z}{y}0,135 = 4,03$$

kui $x = 2$, $y = 1$ ja $z = 4$,

B on $\mathbf{Pb_2SnO_4}$. (1)

Olgu **D** valem on $Sn_x\mathbf{X}_y$, siis

$$\frac{xM(\mathrm{Sn})}{xM(\mathrm{Sn})+yM(\mathbf{X})} = 0,6493 \Rightarrow M(\mathbf{X}) = \frac{x}{y}\frac{1-0,6493}{0,6493}\cdot 119\ \mathrm{g/mol} = \frac{x}{y}\cdot 64\ \mathrm{g/mol}$$

kui $x/y = 1/2$,

D on $\mathbf{SnS_2}$. (1)

b) **i)** $SnO_2 + C \rightarrow Sn + CO_2$ (1)

ii) $Cu(OH)_2\cdot CuCO_3 + C \rightarrow 2Cu + 2CO_2 + H_2O$ (1)

iii) $Sn + 2HCl \rightarrow SnCl_2 + H_2$ (1)

iv) $Au + HNO_3 + 3HCl \rightarrow AuCl_3 + NO + 2H_2O$ (1)

v) $3SnCl_2 + 2AuCl_3 \rightarrow 3SnCl_4 + 2Au$ (1)

vi) $SnCl_4 + 2H_2O \rightarrow SnO_2 + 4HCl$ (1)

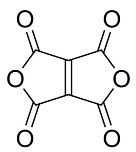
10 p

Lahendus 5. Autor: Vladislav Ivaništšev

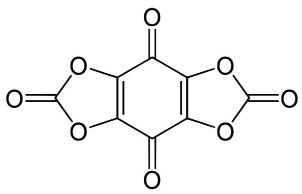
a) Oksiidid: süsinikoksiid, süsinikdioksiid (2×0,5)

Allotroobid: grafiit, teemant, grafeen, fullereenid, nanotorud jt. (2×0,5)

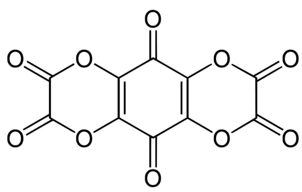
b) (4×1,5)



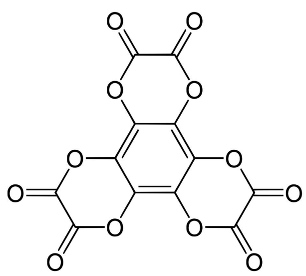
C_6O_6



C_8O_8

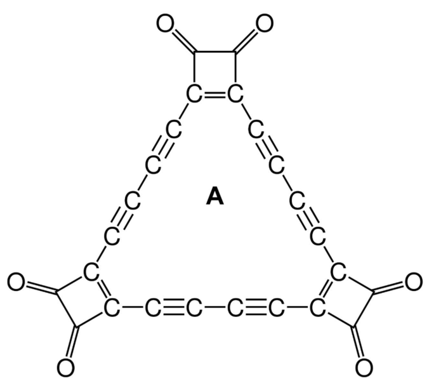


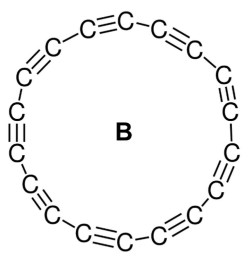
$C_{10}O_{10}$



$C_{12}O_{12}$

c) (2×1)





10 p

Lahendus 6. Autor: Vladislav Ivaništšev

a) **A** = Na_2CO_3 (1)
B = $FeCl_3$ (1)
C = NH_4Br (1)
D = ZnI_2 (1)
E = $CuSO_4$ (1)
F = $Pb(NO_3)_2$ (1)

b) (4×0,5)

	A	B	C	D	E	F
A						
B	↑↓					
C	↑	–				
D	↓	↓	–			
E	↓	–	–	↓		
F	↓	↓	↓	↓	↓	

c) **i)** $2FeCl_3 + ZnI_2 \rightarrow 2FeCl_2 + I_2 + ZnCl_2$ (1)
ii) $2CuSO_4 + 2ZnI_2 \rightarrow 2CuI + I_2 + 2ZnSO_4$ (1)

10 p

Lahendus 7. Autor: Riinu Härmas

a) Aku tuleb hoida talvel laetuna, sest tühjas seisus on happe kontsentratsioon akus madal ja madala kontsentratsiooni korral võib lahus akus jäätuda. (1)

b) Lahuse jäätumistemperatuur on –14 °C, kui selle kontsentratsioon on m% = 20.
Aku väävelhappe lahuses on väävelhappe mass
$m(H_2SO_4)$ = 3,0 cm³·1,24 kg/dm³ ·0,34 =1,265 kg (0,5)
Kokku peab 20% väävelhappe lahuse mass olema
m(lahus) = 1,265 g/0,2 = 6,325 kg (0,5)
m(vesi) = 6,325 g – 3,0 dm³·1,24 kg/dm³ = **2,6 kg** (0,5)

c) m(Pb) + $m(PbO_2)$+ m(lahus) = 14,5 kg·0,91 = 13,19 kg (0,5)
2,5·m(lahus) = m(Pb) + $m(PbO_2)$
m(lahus) = 13,05 kg/3,5 = 3,77 kg (0,5)
m(Pb) + $m(PbO_2)$ = 13,19 – 3,77 = 9,42 kg (0,5)
Kuna plii ja pliioksiidi moolide arvud on võrdsed, siis
m(Pb)/$m(PbO_2)$ = 207,2 g/mol/239,2 g/mol = 0,8662 (0,5)
m(Pb) + m(Pb)/0,8662 = 9,42 kg
m(Pb) = 9,42 kg/(1+1/0,8662) = **4,37 kg** (0,5)

d) c = 0,09·3,0 dm³·1060 g/dm³/(98,08 g/mol·3,0 dm³) = 0,97 M (1)
U = 0,048 V/M · 0,97 M + 1,91 V = **1,96 V** (1)

e) $m(PbSO_4)$ = 2/2·34 mol·303,26 g/mol = **10,3 kg** (1)

f) q/m = 34 mol·96485 C/mol/(14,5 kg·3600 s/h) = **62 A·h/kg** (1)
P = 34 mol·96485 C/mol·2,0 V/(700·60 s) = **154 W** (1)

10 p

Lahendus 8. Autor: Andreas Simson

a) **i)** $U_3O_8 + 8HNO_3 \rightarrow 3UO_2(NO_3)_2 + 4H_2O + 2NO_2$ (1)

ii) $2UO_2(NO_3)_2 + 6NH_4OH \rightarrow (NH_4)_2U_2O_7 + 4NH_4NO_3 + 3H_2O$ (1)

iii) $(NH_4)_2U_2O_7 + 2H_2 \rightarrow 2UO_2 + 2NH_3 + 3H_2O$ (1)

iv) $UO_2 + 4HF \rightarrow UF_4 + 2H_2O$ (1)

b) Kuna uraani aatommass on erinevate looduslikult esinevate isotoopide kaalutud keskmine, saame kirja panna, kus x_1 ja x_2 on vastavalt ^{235}U ja ^{238}U moolimurrud ning A, A_1 ja A_2 on vastavalt uraani, ^{235}U ja ^{238}U aatommassid.

$A = x_1A_1 + x_2A_2$ ja $1 = x_1 + x_2$

x_1=**0,00728** (1)

^{235}U sisaldus looduslikus uraanis massi järgi (k) on:

$k = \frac{m_1}{m_1+m_2} = \frac{n_1A_1}{n_1A_1+n_zA_2} = \frac{nx_1A_1}{nx_1A_1+nx_2A_2} = \frac{x_1A_1}{x_1A_1+x_2A_2} = \mathbf{0{,}00719}$ (1)

c) Saame n tsentrifuugimistsükli kohta kirja panna järgneva võrrandi, kus p on soovitav ^{235}U sisaldus lõppsaaduses: $1{,}1^n k = \mathrm{p}$.

$n = \frac{ln\,(P/k)}{ln\,1{,}1} = 14{,}86 \approx \mathbf{15}$ (2)

d) Teame, etteantud võrranditest, et **A–B** ning **C–D** peavad olema summaarse tuumalaenguga 92. Seega peavad elemendid A-D olema Sr, Ba, Kr ja Xe. Võrranditest näeme, et elementide B ja D laengute erinevus on 18, seega peab B olema kas Kr või Sr ning D kas Ba või Xe. Alustades B-st saame, et *x* on 141 või 143. Massi jäävuse seadusest saame, et y on vastavalt kas 92 või 90. Sellest saame leida teiste aatomite massid ja laengud. Vihjetest teame, et see komplekt, kus leelismuldmetallide massiarvud on paaritud, on õige, seega:

${}^{1}_{0}n + {}^{235}_{92}\mathrm{U} \rightarrow {}^{141}_{56}\mathrm{Ba} + {}^{92}_{36}\mathrm{Kr} + 3\,{}^{1}_{0}n + \gamma$ (1)

${}^{1}_{0}n + {}^{235}_{92}\mathrm{U} \rightarrow {}^{91}_{38}\mathrm{Sr} + {}^{142}_{54}\mathrm{Xe} + 3\,{}^{1}_{0}n + \gamma$ (1)

10 p

Lahendus 9. Autor: Vladislav Ivaništšev

a) $V_m = R$ = 8,314 J/(mol·K)·(25,0 + 273,15) K/100 kPa = **24,79 dm³/mol** (1)

b) M(**A**) = 0,6472 g/dm³·24,79 dm³/mol = 16,04 g/mol ⇒ **A** on $\mathbf{CH_4}$ (1)

M(**B**) = 0,6872 g/dm³·24,79 dm³/mol = 17,03 g/mol ⇒ **B** on $\mathbf{NH_3}$ (1)

M(**C**) = 1,211 g/dm³·24,79 dm³/mol = 30,02 g/mol ⇒ **C** on $\mathbf{H_2CO}$ (1)

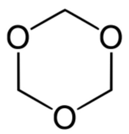
M(**D**) = 1,211 g/dm³·24,79 dm³/mol = 30,02 g/mol ⇒ **D** on **NO** (1)

M(**E**) = 1,775 g/dm³·24,79 dm³/mol = 44,00 g/mol ⇒ **E** on $\mathbf{CO_2}$ (1)

c) M(**E**) < 3,71 g/dm³·24,79 dm³/mol < 92 g/mol ⇒ **F”** on $\mathbf{N_2O_4}$ ja F on $\mathbf{NO_2}$ (1)

Kuna NO_2 dimeriseerub N_2O_4-ks, NO_2 ja N_2O_4 segu tihedus on vahemikus 1,9–3,7 g/dm³ (1)

d) $\mathbf{3}NO_2 + H_2O \rightarrow NO + \mathbf{2}HNO_3$ (1)

e)  (1)

10 p