2022/2023. õa keemiaolümpiaadi lahtise võistluse ülesanded
Noorem rühm (9. ja 10. klass)
1. oktoober 2022
Lahendused

1. Vase reaktsioonid (10 p)

1) $3Cu + 8HNO_3 = 3Cu(NO_3)_2 + 2NO + 4H_2O$ (lahjendatud hape) (1)
või $Cu + 4HNO_3 = Cu(NO_3)_2 + 2NO_2 + 2H_2O$ (kontsentreeritud hape)
2) $Cu + Cl_2 = CuCl_2$ (1)
või $2Cu + 4HCl + O_2 = 2CuCl_2 + 2H_2O$
3) $Cu_2(OH)_2CO_3 + 4HCl = 2CuCl_2 + 3H_2O + CO_2\uparrow$ (1)
4) $CuCl_2 + 2NaOH = Cu(OH)_2\downarrow + 2NaCl$ (1)
5) $CuSO_4 + 2NaOH = Cu(OH)_2\downarrow + 2NaCl$ (1)
6) $2CuSO_4 + 2Na_2CO_3 + H_2O = Cu_2(OH)_2CO_3 + 2Na_2SO_4 + CO_2\uparrow$ (1)
7) $CuSO_4 + H_2S = CuS\downarrow + H_2SO_4$ (1)
8) $2CuS + 3O_2 = 2CuO + 2SO_2\uparrow$ (1)
9) $Cu_2(OH)_2CO_3 = 2CuO + CO_2 + H_2O$ (kuumutamisel) (1)
10) $CuO + 2HNO_3 = Cu(NO_3)_2 + H_2O$ (1)

2. Taruvaigutinktuur (11 p)

a) p(etanool) = (40%·1 cm^3·0,789 g/cm^3)/(1 cm^3·0,948 g/cm^3) = **33%** (2)
b) m(lahus) = (100% − 12%)·230 g/12% = 1687 g = **1,7 kg** (1)
c) $m_1 \cdot p_1 + m_2 \cdot p_2 = (m_1 + m_2) \cdot p_3$
$m_1 + m_2$ = 1687 g
(1687 g − m_2)·33 + m_2·95 = 1687 g·80
m_1 = 408 g ja m_2 = 1279 (1)
V(viin) = 408 g/0,948 g/cm^3 = 430 cm^3 = **0,43 dm^3** (2)
V(95% etanoolilahus) = 1279/0,804 g/cm^3 =1600 cm^3 = **1,6 dm^3** (2)
d) m(80% lahus) = 1000 cm^3·0,843 g/cm^3 = 843 g
V(etanool + vesi) = 0,80·843 g/0,789 g/cm^3 + 0,20·843 g/0,998 g/cm^3 = 1024 cm^3 (2)
V(kontraktsioon) = 1024 cm^3 - 1000 cm^3 = **24 cm^3** (1)

3. Päästeülesanne (10 p)

a) **i)** KCN (0,5)
ii) NH_3 (0,5)
iii) $KClO_3$ (0,5)
iv) Al_2S_3 (0,5)
b) **iii)** $2KClO_3 = 2KCl + 3O_2\uparrow$ (1)
iv) $Al_2S_3 + 6H_2O = 2Al(OH)_3 + 3H_2S\uparrow$ (1)
c) Lekke kestus on 2 h 53 min = 173 min
173 min·2 dm^3/min = 346 dm^3
m(HCl) = 0,15·346 dm^3·1,073 kg/dm^3 = 55,7 kg
n(HCl) = 55,7 kg / 36,5 kg/kmol = 1,52 kmol
$2\ HCl + Na_2CO_3 = H_2O + 2NaCl + CO_2\uparrow$
$n(Na_2CO_3)$ = 1,52 kmol/2 = 0,76 kmol
$m(Na_2CO_3)$ = 0,76 kmol·106 kg/kmol = 80,6 kg = **81 kg** pesusoodat (2)
$V(H_2O)$ = 81 kg/0,010 kg/dm^3 = **8100 dm^3** vett (1)
d) V(kogu õhk) = 2,95·10^7 Pa·2·6,3 dm^3/(1,0·10^5 Pa) = 3720 dm^3
V(õhk väljudes) = 6·10^6 Pa·2·6,3 dm^3/(1,0·10^5 Pa) = 760 dm^3
V(sissehingatud õhk) = 3720 dm^3 − 760 dm^3 = 2960 dm^3
t = 2960 dm^3/(100 dm^3/min) = **30 min** (3)

4. Soolade lahus (10 p)

a) $BaCl_2 + Na_2SO_4 = BaSO_4 + 2NaCl$ (1)

b) $m(Na_2SO_4) = 1000/10{,}00 \cdot 142{,}04$ g/mol$\cdot 0{,}2000$ mol/dm$^3 \cdot 0{,}00506$ dm^3 = **14,4 g** (2)

c) $AgNO_3 + NaCl = AgCl + NaNO_3$ (1)

d) $m(NaCl) = 1000/10{,}00 \cdot 58{,}44$ g/mol$\cdot 0{,}2000$ mol/dm$^3 \cdot (15{,}17 - 2 \cdot 5{,}06)/1000$ dm^3 = **5,9 g** (2)

e) $m(NaNO_3) = 1000/10{,}00 \cdot 85{,}00$ g/mol$\cdot (0{,}02022 \cdot 0{,}200 - 0{,}2000 \cdot 0{,}01517)$ mol = **8,6 g** (2)

f) $n(Na_2SO_4) : n(NaCl) : n(NaNO_3) = 5{,}06 : 15{,}17 - 2 \cdot 5{,}06 : 200 \cdot 0{,}02022/0{,}200 - 15{,}17$

$n(Na_2SO_4) : n(NaCl) : n(NaNO_3) =$ **1 : 1 : 1** (2)

5. Tuleviku kütus (10 p)

Zhang, T., Miyaoka, H., Ichikawa, T. ja Kojima Y. (2018). Review on Ammonia Absorption Materials: Metal Hydrides, Halides, and Borohydrides. *ACS Applied Energy Materials 1*(2), 232-242. doi:10.1021/acsaem.7b00111

a) **i)** $E(H_2) = 71$ g/dm^3/(2,016 g/mol)$\cdot 1/2 \cdot 474$ kJ/mol = **8,3·10^3 kJ/dm^3** (1)

ii) $E(NH_3) = 610$ g/dm^3/(17,03 g/mol)$\cdot 1/4 \cdot 1357$ kJ/mol = **12,1·10^3 kJ/dm^3** (1)

b) M(**M**) = 16,00 g/mol$\cdot 0{,}603/(1-0{,}603)$ = 24,3 g/mol, element on **magneesium** (1)

M(**M**) = $2 \cdot 35{,}45$ g/mol$\cdot 0{,}255/(1-0{,}255)$ = 24,3 g/mol

c) **A**: $Mg_3N_2 + 3H_2O = 3MgO +$ **2**NH_3 (1)

B: $Mg(NH_2)_2 + H_2O = MgO +$ **2**NH_3 (1)

C: $MgH_2 + H_2O = MgO +$ **2**H_2 (1)

D: $Mg(NH_3)_6Cl_2 = MgCl_2 +$ **6**NH_3 (1)

E: $Mg(BH_4)_2 + 4H_2O = MgO \cdot B_2O_3 +$ **8**H_2 (1)

F: $Mg(NH_3)_2(BH_4)_2 + 4H_2O = MgO \cdot B_2O_3 +$ **8**$H_2 +$ **2**NH_3 (1)

$NH_3BH_3 + 3/2H_2O = B_2O_3 +$ **3**$H_2 +$ **1**NH_3 (1)

6. Superhapped (10 p)

Olah, G. A., Prakash, G. K. S., ja Goeppert, A. (2006). Fluorinated superacidic systems. *Actualite Chimique 301*: 68. https://bit.ly/3DOZpM0

a) **X** – F (1)

Y – Sb (1)

M(**X**) = $2M_{\mathbf{B}} - M_{\mathbf{C}}$ = 19,00 g/mol

M(**Y**) = $M_{\mathbf{B}} - 6M$(X) = 121,8 g/mol

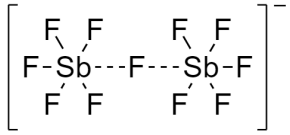
b) **A** – H_2F^+ (1)

B – $[SbF_6]^-$ (1)

C – $[Sb_2F_{11}]^-$ (1)

D – $[Sb_3F_{16}]^-$ (1)

c) Ioon **C** on dimeerne anioon $[Sb_2F_{11}]^-$ (1)



d) **E** = $H_2Sb_2F_{12} = [H_2F^+][Sb_2F_{11}^-]$ (1)

F = $H_3Sb_2F_{13} = [H_3F_2^+][Sb_2F_{11}^-]$ (1)

G = $H_2SbF_7 = [H_2F^+][SbF_6^-]$ (1)

7. Vesiniksulfiidi eemaldamine (10 p)

CLAUSPOL: $2H_2S + 3O_2 \rightarrow 2H_2O + SO_2$ (1)

$SO_2 + 2H_2S = 3S + 2H_2O$ (1)

KONOX: $2Na_2FeO_4 + 3H_2S \rightarrow 2NaFeO_2 + 2NaOH + 3S + 2H_2O$ (1)

$4NaFeO_2 + 4NaOH + 3O_2 \rightarrow 4Na_2FeO_4 + 2H_2O$ (1)

CATABAN: $Fe_2(SO_4)_3 + H_2S \rightarrow 2FeSO_4 + H_2SO_4 + S$ (1)

$4FeSO_4 + O_2 + 2H_2SO_4 \rightarrow 4Fe_2(SO_4)_3 + 2H_2O$ (1)

SULFATREAT: $Fe_2O_3 + 3H_2S = Fe_2S_3 + 3H_2O$ (1)

$2Fe_2S_3 + 3O_2 = 2Fe_2O_3 + 6S$ (1)

THYLOX: $(NH_4)_3AsO_2S_2 + H_2S = (NH_4)_3AsOS_3 + H_2O$ (1)

$2(NH_4)_3AsOS_3 + O_2 = 2(NH_4)_3AsO_2S_2 + 2S$ (1)

8. Fosfori eemaldamine järveveest (9 p)

Allikad:

- Lenntech. *Phosphorous removal from wastewater*. Kasutatud 30.09.2022, https://www.lenntech.com/phosphorous-removal.htm
- Rydin E., ja Welch, E. B. (1998). Aluminum dose required to inactivate phosphate in lake sediments. *Water Research 32*(10), 2969-2976.
- Sparks, D.L. (2003). Environmental Soil Chemistry. Elsevier: Amsterdam, The Netherlands (Al-ioonide joonis).

a) $Al^{3+} + PO_4^{3-} = AlPO_4\downarrow$ (1)

b) $Al^{3+} + xH_2O = Al(OH)_x^{(3-x)+} + xH^+$. Vabanevad vesinikioonid, pH **langeb**. (1)

c) $Al(OH)_x^{(3-x)+} + PO_4^{3-} = AlPO_4\downarrow + xOH^-$, $x \neq 3$. Vabanevad hüdroksiidioonid, pH **tõuseb**. (1)

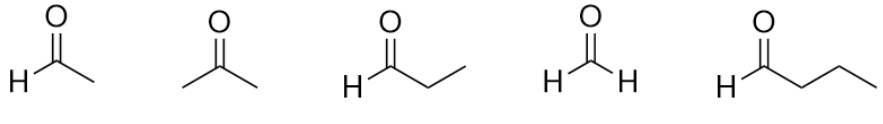
d) $Al(OH)_3$ on ainus vees lahustumatu ühend, tuleb valida pH vahemikud, kus hüdroksiidi osakaal on alla 20%. Need on **pH < 6, pH > 8,6**. (1)

e) pH = **7,3**, lahuses on **26%** alumiiniumist. (2)

f) Eemaldada tuleb 68 – 20 = 48 mg/dm^3.
Orgaanilist fosforit on vähem kui 20 mg/dm^3 (0,2·68 = 13,6 mg/dm^3), seega kogu vajaliku fosfori saab eemaldada reaktsioonis alumiiniumiga.
Järvevee pH = 6, seega sadeneb 20% Al hüdroksiidina ning ainult 80% osaleb reaktsioonis.
Fosforisisaldus massi järgi tuleb ümber arvutada fosfaatideks:
(48 mg/dm^3·10^{-3} g/mg /30,97 g/mol)·(1 mol PO_4^{3-} / 1 mol P) = 1,5499·10^{-3} mol PO_4^{3-}/dm^3
Reaktsiooni stöhhiomeetria on 1:1, kulub 1,5499·10^{-3} mol Al^{3+}/dm^3.
$n(Al^{3+})$ = 10^6 m^3·10^3 dm^3/m^3·1,5499·10^{-3} mol Al^{3+}/dm^3 = 1,5499·10^6 mol Al^{3+}
m(hüdraat) = 1,5499·10^6 mol Al^{3+}·½·666,43 g/mol = 516 445 kg = **520 tonn** (3)

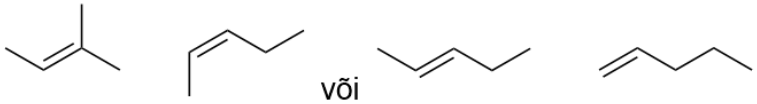
9. Osonolüüs (10 p)

a) (5)



A C_2H_4O **B** C_3H_6O **C** C_3H_6O **D** CH_2O **E** C_4H_8O

b) (3)



1 C_5H_{10} või **2** C_5H_{10} **3** C_5H_{10}

c) Õpilane saab kaks punkti, kui joonistab kaks struktuuri neljast võimalikust. 1,3-dimetüültsüklopropanooli isemeeriat ei arvestata. (2)