

KEEMIAÜLESANNETE LAHENDAMISE LAHTINE VÕISTLUS

Noorem rühm (9. ja 10. klass)

Kohtla-Järve, Kuressaare, Narva, Pärnu, Tallinn ja Tartu

5. oktoober 2019

Ülesannete lahendused

1. Muundamistele vastavad reaktsioonivõrrandid:

1. $2\text{Fe} + 3\text{Cl}_2 = 2\text{FeCl}_3$ (1)
2. $\text{Fe} + 4\text{HNO}_3$ (konts.) = $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 + \text{NO} + 2\text{H}_2\text{O}$ (1)
3. $\text{FeSO}_4 + \text{Mg} = \text{MgSO}_4 + \text{Fe}$ (1)
4. $\text{Fe} + 2\text{HCl} = \text{FeCl}_2 + \text{H}_2$ (1)
5. $4\text{Fe} + 3\text{O}_2 = 2\text{Fe}_2\text{O}_3$ (1)
6. $2\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 + 3\text{Na}_2\text{S} = 2\text{FeS} + 6\text{NaNO}_3 + \text{S}$ (1)
7. $\text{FeS} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{FeSO}_4 + \text{H}_2\text{S}$ (1)
8. $\text{FeSO}_4 + \text{BaCl}_2 = \text{FeCl}_2 + \text{BaSO}_4$ (1)
9. $\text{FeCl}_3 + 3\text{KOH} = \text{Fe}(\text{OH})_3 + 3\text{KCl}$ (1)
10. $2\text{Fe}(\text{OH})_3 = \text{Fe}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$ (1)

10 p

2.

- a) Lahus A – AgNO_3 (1)
Lahus B – NaCl (1)
Lahus C – HCl (1)
Lahus K – BaCl_2 (1)
Lahus L – Na_2SO_4 (1)
Lahus M – Na_2CO_3 (1)

Lahus	A AgNO_3	B NaCl	C HCl	K BaCl_2	L Na_2SO_4	M Na_2CO_3
A AgNO_3	X					
B NaCl	↓ AgCl	X				
C HCl	↓ AgCl	–	X			
K BaCl_2	↓ AgCl	–	–	X		
L Na_2SO_4	↓ Ag_2SO_4	–	–	↓ BaSO_4	X	
M Na_2CO_3	↓ Ag_2CO_3	–	↑ CO_2	↓ BaCO_3	–	X

- b) i) Fenoolftaleiini lisades muutub punaseks: Na_2CO_3 lahus. (1)
ii) Lakmust lisades muutuvad punaseks: AgNO_3 ja HCl lahused. (1)

8 p

3.

- a) X – N_2 (0,5)
A – H_2 (0,5)
B – NH_3 (0,5)
C – H_2O (0,5)

D – CO ₂	(0,5)
E – O ₂	(0,5)
F – NO	(0,5)
G – NO ₂	(0,5)
H – HNO ₃	(0,5)
I – HNO ₂	(0,5)
J – NH ₄ NO ₃	(0,5)
K – N ₂ O	(0,5)

b) Reaktsioonivõrrandid:

I N ₂ + 3H ₂ = 2NH ₃	(1)
II CH ₄ + 2H ₂ O = CO ₂ + 4H ₂	(1)
III 4NH ₃ + 5O ₂ = 4NO + 6H ₂ O	(1)
IV 2NO + O ₂ = 2NO ₂	(1)
V 3HNO ₂ = H ₂ O + 2NO + HNO ₃	(1)
VI NH ₄ NO ₃ = N ₂ O + 2H ₂ O	(1)

12 p

4.

- a) i) $\text{KIO}_3 + \underline{5}\text{KI} + \underline{6}\text{HCl} \rightarrow \underline{3}\text{I}_2 + \underline{6}\text{KCl} + \underline{3}\text{H}_2\text{O}$ (1)
 ii) $\text{I}_2 + \underline{2}\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \rightarrow \underline{2}\text{NaI} + \text{Na}_2\text{S}_4\text{O}_6$ (1)
- b) $n(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) = 0,0500 \text{ M} \cdot 0,01964 \text{ dm}^3 = 0,982 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$ (1)
 $n(\text{I}_2) = 1/2 n(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) = 0,491 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$
 $n(\text{KIO}_3) = 1/3 n(\text{I}_2) = 0,16367 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$ (1)
 $c = n(\text{KIO}_3) / 0,01000 \text{ dm}^3 = \mathbf{0,0164 \text{ M}}$ (1)
- c) $M(\text{KIO}_3) = 214 \text{ g/mol}$
 $m(\text{KIO}_3) = n(\text{KIO}_3) \cdot M(\text{KIO}_3) \cdot 100 \text{ cm}^3 / 10 \text{ cm}^3 = 0,35 \text{ g}$ (1)
 $\%(\text{KIO}_3) = 350 \text{ mg} / 400 \text{ mg} \cdot 100 = \mathbf{87,5 \%}$ (1)
- d) Tärklis kasutatakse indikaatorina jodomeetrilise tiitrimise korral, kuna vaba joodi leidumisel lahuses omandab lahus tumesinise värvuse. Seega lisas Mari tärklis, et tiitrimise lõppastmes oleks võimalik paremini visuaalselt määrata tiitrimise lõpp-punkti. (1)

8 p

5.

- a) $c(\text{H}) = \frac{5 \cdot 10^{-30} \text{ g/cm}^3}{1 \text{ g/mol}} = 5 \cdot 10^{-30} \text{ mol/cm}^3$ (1)
 $c(\text{H}) = 5 \cdot 10^{-30} \text{ mol/cm}^3 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \text{ aatom/mol} = 3 \cdot 10^{-6} \text{ aatom/cm}^3$
 $c(\text{H}) = \mathbf{3 \text{ aatom/m}^3}$ (1)
- b) $c(\text{H}_2) = \frac{n}{V} = \frac{p}{RT} = \frac{2,1 \cdot 10^{-10} \text{ Pa}}{8,314 \frac{\text{Pa} \cdot \text{m}^3}{\text{mol} \cdot \text{K}} \cdot (273\text{K} - 258\text{K})} = 1,68 \cdot 10^{-12} \text{ mol/m}^3$ (1)
 $c(\text{H}_2) = 1,68 \cdot 10^{-12} \text{ mol/m}^3 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \text{ molekul/mol}$
 $c(\text{H}_2) = \mathbf{1,01 \cdot 10^{12} \text{ molekul/m}^3}$ (1)

$$c) c(\text{H}_2) = \frac{1}{22,4 \text{ dm}^3/\text{mol}} \cdot \frac{5,3 \cdot 10^{-7} \text{ mol}}{1 \text{ mol}} = 2,37 \cdot 10^{-5} \text{ mol/m}^3$$

$$c(\text{H}_2) = 2,37 \cdot 10^{-5} \frac{\text{mol}}{\text{m}^3} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \frac{\text{molekul}}{\text{mol}} = 1,42 \cdot 10^{19} \frac{\text{molekul}}{\text{m}^3} \quad (1)$$

$$n = \frac{c(\text{H}_2)}{c'(\text{H}_2)} = \frac{1,42 \cdot 10^{19} \text{ molekuli/m}^3}{1,01 \cdot 10^{12} \text{ molekul/m}^3} = \mathbf{1,4 \cdot 10^7 \text{ korda}} \quad (1)$$

$$d) m(\text{Päike}) = 1,99 \cdot 10^{30} \text{ kg}, r(\text{Päike}) = 695700 \text{ km} = 6,957 \cdot 10^8 \text{ m}$$

$$V(\text{Päike}) = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot (6,957 \cdot 10^8)^3 = 1,41 \cdot 10^{27} \text{ m}^3 \quad (1)$$

$$M(\text{H}^+) = 1 \text{ g/mol} = 0,001 \text{ kg/mol}$$

$$c(\text{H}^+) = \frac{n}{V} = \frac{m(\text{Päike})}{V(\text{Päike}) \cdot M(\text{H}^+)} = \frac{1,99 \cdot 10^{30} \text{ kg}}{1,41 \cdot 10^{27} \text{ m}^3 \cdot 0,001 \frac{\text{kg}}{\text{mol}}} = 1,4 \cdot 10^6 \frac{\text{mol}}{\text{m}^3}$$

$$c(\text{H}^+) = \mathbf{1,4 \frac{\text{mol}}{\text{cm}^3}} \quad (1)$$

$$e) c(\text{H}^+) = 10^{-7} \text{ mol/dm}^3 = 10^{-4} \text{ mol/m}^3$$

$$c(\text{H}^+) = \frac{m(\text{Päike})}{\frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r^3 \cdot M(\text{H}^+)}$$

$$r = \sqrt[3]{\frac{3 \cdot m(\text{Päike})}{4 \pi \cdot c(\text{H}^+) \cdot M(\text{H}^+)}} = \sqrt[3]{\frac{3 \cdot 1,99 \cdot 10^{30} \text{ kg}}{4 \pi \cdot 10^{-4} \frac{\text{mol}}{\text{m}^3} \cdot 0,001 \frac{\text{kg}}{\text{mol}}}} = 1,68 \cdot 10^{12} \text{ m} \quad (1)$$

$$n = \frac{r}{r(\text{Päike})} = \frac{1,68 \cdot 10^{12} \text{ m}}{6,957 \cdot 10^8 \text{ m}} = \mathbf{2416 \text{ korda}} \quad (1)$$

10 p

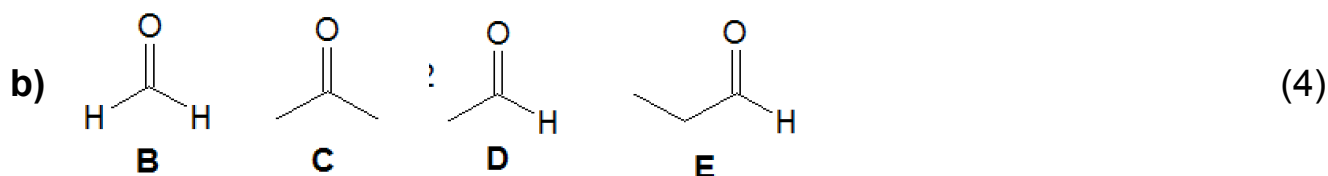
6.

a) **A1** – 2-metüülpropeen (1)

A2 – 2-buteen* (1)

A3 – 1-buteen (1)

* - 2-buteeni võib esineda nii *cis* kui ka *trans* isomeerina. Ülesande seisukohalt pole see aga oluline, sest mõlemad ühendid annavad sama produkti. Hindamisel ei arvestata *cis/trans* isomeeriat ning maksimumpunktid saab juba lihtsalt 2-buteeni nimetamise eest.



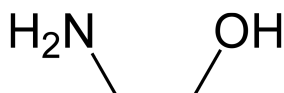


d) Alkoholide tootmiseks osonolüüsil tuleb lisada naatriumborohüdridi (NaBH_4). Kuigi Li on tugev redutseerija, pole tegemist hüdridiooni (H^-) doonoriga. (1)

10 p

7.

a) MEA struktuur:



CO_2 -ga reageerib **aminorühm (-NH₂)**

b) Esmalt tuleb leida voo 1 komponentide sisaldus massiprotsentides, mida saab avaldada molaarmassi kaudu teha järgnevalt:

$$f_{\text{mass, komp.}} = \frac{f_{\text{mol, komp.}} \cdot M_{\text{komp.}}}{f_{\text{mol, CO}_2} M_{\text{CO}_2} + f_{\text{mol, N}_2} M_{\text{N}_2} + f_{\text{mol, O}_2} M_{\text{O}_2}}$$

Saame, et massi järgi on:

CO_2 sisaldus 8,4% (0,5)

N_2 sisaldus 79,7% (0,5)

O_2 sisaldus 11,9% (0,5)

Korrutades sisaldused läbi voo 1 voolukiirusega, saame iga komponendi voolukiiruse:

$$m_{1,\text{CO}_2} = 2108 \cdot 0,084 = \mathbf{177,1 \text{ t/h}} \quad (0,5)$$

$$m_{1,\text{N}_2} = 2108 \cdot 0,797 = \mathbf{1680,1 \text{ t/h}} \quad (0,5)$$

$$m_{1,\text{O}_2} = 2108 \cdot 0,119 = \mathbf{250,9 \text{ t/h}} \quad (0,5)$$

c) $m_4 = 1,1m_1 = 2318,8 \text{ t/h}$ (1)

Kuna MEA süsteemist ei lahku, siis on selle mass mõlemas voos sama ning massiprotsendi erinevus tuleneb CO_2 väljumisest süsteemist:

$$m_3 = \frac{\%(\text{MEA, voog 4})}{\%(\text{MEA, voog 3})} m_4 = 2470,9 \text{ t/h} \quad (1)$$

Desorptsioonikolonni massibilansi järgi saame leida voo 5 (eemaldatava CO_2 hulga): $m_5 = m_3 - m_4 = \mathbf{152,1 \text{ t/h}}$ (1)

d) Süsteemi sisenedes on CO_2 voolukiirus 177,1 t/h, järelkult eemaldatava CO_2 osakaal on:

$$f_{\text{CO}_2, \text{ eemal.}} = \frac{152,1 \text{ t/h}}{177,1 \text{ t/h}} \cdot 100\% = \mathbf{85,9\%} \quad (1)$$

e) Võimalikud vastusevariandid: (1)

1) SO_2 ja NO_x ühendid reageerivad veega ja tekivad happed, mis põhjustaksid korrosiooni.

2) MEAga reageerides tekivad lahustumatud soolad, mis tekitaks süsteemis MEA kadu, tegevuskulud kasvaksid värske MEA lisamise ja soolade eemaldamise arvelt.

10 p

8.

a) Kuna ühend **D** sisaldab n aatomit mangaani, siis võib aine **D** molaarmassi avaldada kui:

$$M(D) = \frac{M(\text{Mn}) \cdot n}{w(\text{Mn})} = \frac{54,9 \text{ g/mol}}{0,279} \cdot n = 196,8n \text{ g/mol} \quad (0,5)$$

kui $n = 1$, siis ühend **D** sisaldab:

$$n(\text{O}) = \frac{196,8 \text{ g/mol} \cdot 0,324}{16,0 \text{ g/mol}} = 4 \text{ aatomit}$$

$$n(\text{K}) = \frac{196,8 \text{ g/mol} \cdot 0,397}{39,1 \text{ g/mol}} = 2 \text{ aatomit}$$

Ühendi **D** valem on **K₂MnO₄**

(0,5)

b)

A – KMnO₄

(0,5)

B – MnO₂

(0,5)

C – KOH

(0,5)

E – H₂O

(0,5)

F – H₂

(0,5)

G – H₂SO₄

(0,5)

H – Mn₂O₇

(0,5)

I – K₂SO₄

(0,5)

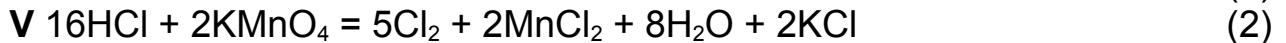
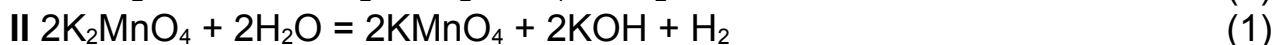
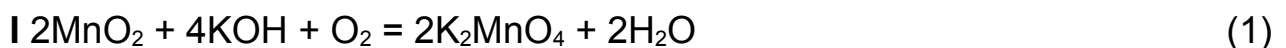
J – Cl₂

(0,5)

K – MnCl₂

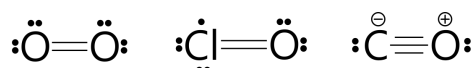
(0,5)

c)



12 p

9.



11 p

