

## VIIIE KOOLI

(Nõo RG, Tartu HTG, Tartu MHG, Tartu Tamme G, Viljandi CRJG)

### KOHTUMISE KEEMIAÜLESANNETE LAHENDUSED

Miina Härma Gümnaasium, 12.–13. jaanuar 2011

1. a) divesiniksulfiidhape < etaanhape < fosforhape < väävelhape < soolhape  
(täiesti õige järjestus – 1,5;  
neli hapet on õiges järjekorras – 1;  
kolm hapet on õiges järjekorras – 0,5) **1,5**
- b) Üheprootoniline hape: CH<sub>3</sub>COOH, HCl  
Kaheprootoniline hape: H<sub>2</sub>S, H<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>  
Kolmeprootoniline hape: H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>  
(iga õigesti liigitatud hape – 0,4) **(5·0,4) 2**
- c) F > Cl > C > H > Cs  
(täiesti õige järjestus – 1,5;  
neli elementi on õiges järjekorras – 1;  
kolm elementi on õiges järjekorras – 0,5) **1,5**
- d)  $A_4(O) = (215,5 - 79,904 - 87,62)/3 = 16,0$   
(tüvenumbrite arv on vale – 0) **1**
- e)  $2,5 \text{ gallon} = 2,5 \text{ gallon} \cdot \frac{8 \text{ pint}}{1 \text{ gallon}} \cdot \frac{2 \text{ tass}}{1 \text{ pint}} \cdot \frac{16 \text{ supilusikas}}{1 \text{ tass}} \cdot \frac{3 \text{ teelusikas}}{1 \text{ supilusikas}} \cdot \frac{29,6 \text{ cm}^3}{6 \text{ teelusikas}} \cdot \frac{1 \text{ dm}^3}{1000 \text{ cm}^3} = 9,5 \text{ dm}^3$  **1,5**
- f) Neutraalne keskkond: CsCl  
Happeline keskkond: NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>, FeSO<sub>4</sub>, Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>  
Aluseline keskkond: Rb<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>,  
(iga õigesti liigitatud sool – 0,3) **(5·0,3) 1,5**  
**9 p**
2. a) Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> – naatriumsulfaat  
Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> – naatriumkarbonaat  
NaCl – naatriumkloriid  
KCl – kaaliumkloriid **(4·0,25)**

Esitame arvutustulemused tabelina:

Aine	M / g/mol	m / g	%	n / mmol	c / mM
PEG		64	<b>6,0</b> <sup>(3)</sup>		
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	142,04	5,7	<b>0,53</b>	40,1 <sup>(4)</sup>	37,4 <sup>(5)</sup>
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	105,99	1,68	<b>0,16</b>	15,85	14,8
NaCl	58,44	1,46	<b>0,14</b>	24,98	23,3
KCl	74,55	0,75	<b>0,070</b>	10,1	9,37
H <sub>2</sub> O		1000 <sup>(1)</sup>	<b>93</b>		

Lahuse mass: 1074<sup>(2)</sup> (100)

$$^{(1)} m(\text{H}_2\text{O}) = 1 \text{ dm}^3 \cdot \frac{1000 \text{ cm}^3}{1 \text{ dm}^3} \cdot \frac{1 \text{ g}}{1 \text{ cm}^3} = 1000 \text{ g} \quad (0,25)$$

$$^{(2)} m(\text{lahus}) = (64 + 5,7 + 1,68 + 1,46 + 0,75 + 1000) \text{ g} = 1073,59 \text{ g} \quad (0,25)$$

$$^{(3)} \%(\text{PEG}) = \frac{64 \text{ g}}{1074 \text{ g}} \cdot 100 = 6,0 \quad (6 \cdot 0,25)$$

$$^{(4)} n(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 5,7 \text{ g} \cdot \frac{1 \text{ mol}}{142,04 \text{ g}} \cdot \frac{1000 \text{ mmol}}{1 \text{ mol}} = 40,1 \text{ mmol} \quad (4 \cdot 0,25)$$

$$^{(5)} V(\text{lahus}) = 1074 \text{ g} \cdot \frac{1 \text{ cm}^3}{1 \text{ g}} \cdot \frac{1 \text{ dm}^3}{1000 \text{ cm}^3} = 1,074 \text{ dm}^3 \quad (0,25)$$

$$c(\text{Na}_2\text{SO}_4) = \frac{40,1 \text{ mmol}}{1,074 \text{ dm}^3} = 37,4 \text{ mM} \quad (4 \cdot 0,25)$$

$$c(\text{Na}^+) = [2 \cdot (37,4 + 14,8) + 23,3] \text{ mM} = 127,7 \text{ mM} \approx 128 \text{ mM}$$

$$c(\text{K}^+) = 9,4 \text{ mM}$$

$$c(\text{SO}_4^{2-}) = 37 \text{ mM}$$

$$c(\text{CO}_3^{2-}) = 15 \text{ mM}$$

$$c(\text{Cl}^-) = (23,3 + 9,4) \text{ mM} = 32,7 \text{ mM} \approx 33 \text{ mM} \quad (5 \cdot 0,25) \text{ 6,5}$$

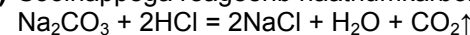
- b) Anioonide ja katioonide laengute summa on **võrdne nulliga**, sest lahus on elektroneutraalne. **(0,5)**

$$c(\text{katioonide laeng}) = (127,7 + 9,4) \text{ mM} = 137 \text{ mM}$$

$$c(\text{anonide laeng}) = [2 \cdot (37,4 + 14,8) + 32,7] \text{ mM} = 137 \text{ mM}$$

$$c(\text{katioonide laeng}) = c(\text{anonide laeng}) \quad (1,5) \text{ 2}$$

- c) Soolhappega reageerib naatriumkarbonaat.



$$V(\text{CO}_2) = \frac{1}{1} \cdot 15,85 \text{ mmol} \cdot \frac{1 \text{ mol}}{1000 \text{ mmol}} \cdot \frac{22,4 \text{ dm}^3}{1 \text{ mol}} = 0,355 \text{ dm}^3 \quad \underline{1,5}$$

**10 p**

3. a) 1 mol H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> kohta tuleb 1 mol SO<sub>3</sub>

Ooleumi valem: H<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>7</sub>

0,5

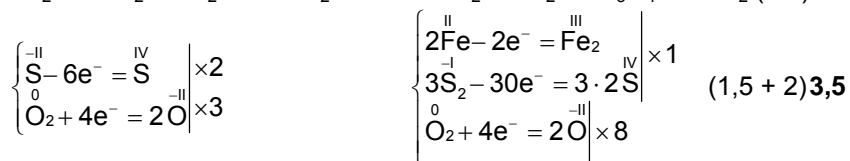
b)

Kontaktmenetlus	Märgprotsess
S + O <sub>2</sub> = SO <sub>2</sub>	
SO <sub>2</sub> + O <sub>2</sub> $\xrightarrow{V_2O_5}$ SO <sub>3</sub>	
SO <sub>3</sub> + H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> = H <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	SO <sub>3</sub> (g) + H <sub>2</sub> O (g) = H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (g)
H <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>7</sub> + H <sub>2</sub> O = 2H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	[H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (g) = H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (aq)]

(5·1) 5

c) 2H<sub>2</sub>S + 3O<sub>2</sub> = 2H<sub>2</sub>O + 2SO<sub>2</sub>

3FeS<sub>2</sub> + 8O<sub>2</sub> = Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> + 6SO<sub>2</sub> (2·1)



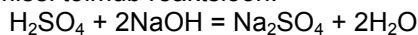
(Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> on segaoksiid valemiga FeO·Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)

d) Kui protsessides kadusid ei ole, siis saadakse mõlema meetodiga lisaks täpselt **sama kogus** väävelhapet (1 mol S ⇌ 1 mol H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>). **0,5**

e) Vääveltrioksiidi reageerimine veega on väga eksotermiline protsess ja tekiv väävelhappe lahus aurustub **eralduva soojuse toimet**. **0,5**

10 p

4. a) Tiitrimisel toimub reaktsioon:



Leiame tiitrimiseks kasutatava väävelhappe lahuse molaarse kontsentratsiooni:

$$c(H_2SO_4) = \frac{1}{2} \cdot 10 \text{ cm}^3 \cdot 0,1 \text{ M} \cdot \frac{1}{10 \text{ cm}^3} = 0,0500 \text{ M} \quad (2)$$

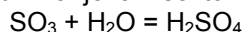
Leiame 10 cm<sup>3</sup> ooleumise H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ja vaba SO<sub>3</sub> moolide arvud:

$$m(\text{ooleum}) = 10 \text{ cm}^3 \cdot \frac{1,98 \text{ g}}{1 \text{ cm}^3} = 19,8 \text{ g}$$

$$n(\text{vaba SO}_3) = 19,8 \text{ g} \cdot 0,37 \cdot \frac{1 \text{ mol}}{80,06 \text{ g}} = 0,0915 \text{ mol}$$

$$n(H_2SO_4 \text{ ooleumis}) = 19,8 \text{ g} \cdot (1 - 0,37) \cdot \frac{1 \text{ mol}}{98,08 \text{ g}} = 0,127 \text{ mol} \quad (2,5)$$

Ooleumi lahjenamisel toimub reaktsioon:



Leiame väävelhappe moolide arvu valmistavas 0,05 M lahuses:

$$n(0,05 \text{ M H}_2\text{SO}_4) = \frac{1}{1} \cdot n(\text{vaba SO}_3) + n(H_2SO_4 \text{ ooleumis}) = 0,0915 \text{ mol} + 0,127 \text{ mol} = 0,219 \text{ mol} \quad (0,5)$$

Leiame valmistatava 0,05 M väävelhappe lahuse ruumala ja massi:

$$c = \frac{n}{V} \Rightarrow V = \frac{n}{c} \quad V(0,05 \text{ M H}_2\text{SO}_4) = 0,219 \text{ mol} \cdot \frac{1 \text{ dm}^3}{0,05 \text{ mol}} = 4,37 \text{ dm}^3$$

$$m(0,05 \text{ M H}_2\text{SO}_4) = 4,37 \text{ dm}^3 \cdot \frac{1000 \text{ cm}^3}{1 \text{ dm}^3} \cdot \frac{1 \text{ g}}{1 \text{ cm}^3} = 4370 \text{ g} \quad (1,5)$$

Nüüd on võimalik leida 0,05 M väävelhappe lahuse valmistamiseks kasutava vee ruumala:

$$V(H_2O) = (4370 - 19,8) \text{ g} \cdot \frac{1 \text{ cm}^3}{1 \text{ g}} = 3350 \text{ cm}^3 \approx \mathbf{4400 \text{ cm}^3} \quad (1) \quad \mathbf{7,5}$$

b)

Indikaator	Happe liig (pH < 7)	Neutraalne lahus (pH ≈ 7)	Leelise liig (pH > 7)
Fenoolftaleiin	Värvusetu	Värvusetu	Lillakasroosa
Lakmus	Punane	Lilla	Sinine
Metüüloranž	Punane	Kollane	Kollane

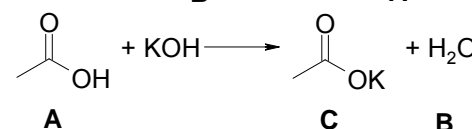
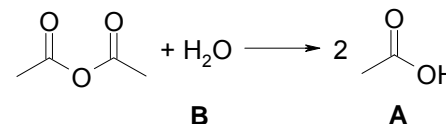
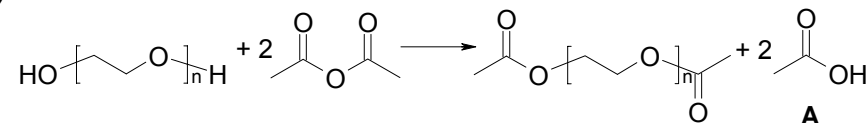
(2·0,5+2·0,5) 2

c) Ooleumi transporditakse terasest tsisternides, sest raud paasiveerub kontsentreeritud väävelhappe toimet ja tsistern ei korrodeeru. **0,5**

d) Ei. Kuna vee tihedus on väiksem, siis jääb vesi ooleumi pinnale, kus toimub lokaalne ülekuumenemine, mille tulemusel võib väävelhappe lahus kolvist välja pirtsida ja eralduva kuumuse arvelt kolvi lõhkuda.

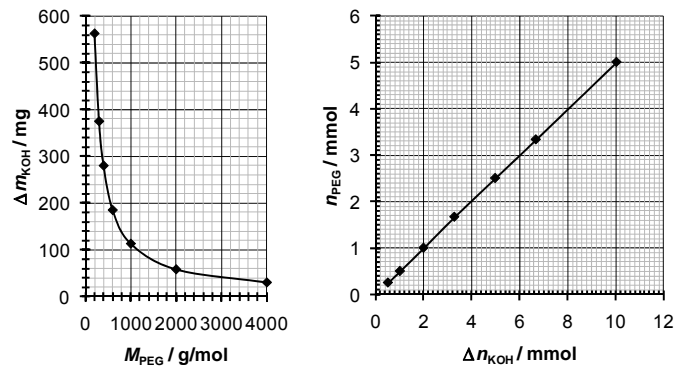
(2·0,5) 1  
11 p

5. a)



(1+0,5+0,5) 2

b) c)



(1,5+1,5)

Leiame PEG-i ja KOH moolide arvud.

$M_{\text{PEG}} / \text{g/mol}$	$\Delta m_{\text{KOH}} / \text{mg}$	$n_{\text{PEG}} / \text{mmol}$	$\Delta n_{\text{KOH}} / \text{mmol}$	$n_{\text{PEG}} / \Delta n_{\text{KOH}}$
200	563	5,00 <sup>(1)</sup>	10,03 <sup>(2)</sup>	0,50 <sup>(3)</sup>
300	375	3,33	6,68	0,50
400	280	2,50	4,99	0,50
600	185	1,67	3,30	0,51
1000	113	1,00	2,01	0,50
2000	58	0,50	1,03	0,48
4000	30	0,25	0,53	0,47

$$^{(1)} n_{\text{PEG}} = 1 \text{ g} \cdot \frac{1 \text{ mol}}{200 \text{ g}} \cdot \frac{1000 \text{ mmol}}{1 \text{ mol}} = 5 \text{ mmol}$$

$$^{(2)} \Delta n_{\text{KOH}} = 563 \text{ mg} \cdot \frac{1 \text{ mol}}{56,11 \text{ g}} = 10,0 \text{ mmol}$$

$$^{(3)} \frac{n_{\text{PEG}}}{\Delta n_{\text{KOH}}} = \frac{5 \text{ mmol}}{10 \text{ mmol}} = 0,5 \quad (1,5)$$

Sõltuvus on **lineaarne** ja selle tõus on **1/2** s.t 1 mooli PEG-iga võib liituda 2 mooli atsetüülrühmi ehk 1 mool PEG-i sisaldab 2 mooli hüdroksüülrühmi. (1,5) **6**

$$\text{d) } M_{\text{PEG}} = 1 \text{ g} / \left( \frac{1}{2} \cdot 33,5 \text{ mg} \cdot \frac{1 \text{ g}}{1000 \text{ mg}} \cdot \frac{1 \text{ mol}}{56,11 \text{ g}} \right) = 3350 \text{ g/mol} \quad (1)$$

$$N(\text{PEG}) = \frac{M_r(\text{PEG}) - M_r(\text{OH}) - A_r(\text{H})}{M_r(\text{C}_2\text{H}_4\text{O})} = \frac{3350 - 18}{44,06} = 76 \quad (1) \quad \underline{2}$$

10 p