

KEEMIAÜLESANNETE LAHENDAMISE LAHTINE VÕISTLUS

Noorem rühm (9. ja 10. klass)

Tallinn, Tartu, Kuressaare, Narva, Pärnu, Kohtla-Järve 9. november 2013

Ülesannete lahendused

1.

a) Vask(II)sulfaat-vesi(1/5) või vask(II)sulfaatpentahüdraat

b) $M(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = 249,7 \text{ g/mol}$

$M(\text{CuSO}_4) = 159,6 \text{ g/mol}$

$n(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = 90,0 \text{ g} / 249,7 \text{ g/mol} = 0,360 \text{ mol}$

$n(\text{CuSO}_4) = n(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = 0,360 \text{ mol}$

$m(\text{CuSO}_4) = 0,360 \text{ mol} \cdot 159,6 \text{ g/mol} = 57,5 \text{ g}$

%(esialgne lahus) = $\frac{57,5 \text{ g}}{200 \text{ g} + 90 \text{ g}} \cdot 100\% = 19,8\%$

c) $m(14\% \text{-lise lahuse kogumass}) = 57,5 \text{ g} \cdot \frac{100\%}{14,0\%} = 410,7 \text{ g} \sim 411 \text{ g}$

$m(\text{vett vaja lisada}) = 410,7 - (200 + 90,0) = 120,7 \sim 121 \text{ g}$

d) $n(\text{väljakristallunud } \text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = 22 \text{ g} / 249,7 \text{ g/mol} = 0,0881 \text{ mol}$

$m(\text{lahusest eemaldatud } \text{CuSO}_4) = 0,0881 \text{ mol} \cdot 159,6 \text{ g/mol} = 14,1 \text{ g}$

$m(\text{lahusesse jäänud } \text{CuSO}_4) = 57,5 \text{ g} - 14,1 = 43,4 \sim 43 \text{ g}$

2.

a) $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2 \rightarrow 6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$

b) $\Delta_r H = 6 \cdot (-393,5) \text{ kJ/mol} + 6 \cdot (-285,8) \text{ kJ/mol} - (-1268) \text{ kJ/mol} = -2808 \text{ kJ/mol}$

c) $M(\text{glükoos}) = 180,2 \text{ g/mol}; \quad q = n \cdot \Delta_r H = \frac{100 \text{ g} \cdot 2807,8 \text{ kJ/mol}}{180,2 \text{ g/mol}} = 1560 \text{ kJ}$

d) $t = \frac{1560 \text{ kJ}}{4,2 \text{ kJ/kcal} \cdot 570 \text{ kcal/l} \cdot 0,80 \text{ l/h}} = 0,81 \text{ h} = 49 \text{ min}$

3.

a) Ebameeldivat lõhna põhjustab tioolrühm, -SH.

Hape D on H₂S, divesiniksulfiid.

b) Aine A on buteentiool, aine B on metüül-butaantiool, aine C on kinolinüül-metaantiool.

c) Lahenduskaik:

$$m(\text{aine A, II lahus}) = \frac{100 \text{ mg}}{500 \text{ ml}} \cdot 10 \text{ ml} = 2 \text{ mg}$$

$$m(\text{aine A, pihustatud}) = \frac{2 \text{ mg}}{(10 + 390) \text{ ml}} \cdot 2 \text{ ml} = 0,01 \text{ mg}$$

$$m(\text{aine A, detekteeritav}) = \frac{0,01 \text{ mg}}{696 \text{ m}^3 \cdot 10^6 \text{ cm}^3/\text{m}^3} \cdot 100 \text{ cm}^3 = 1,44 \cdot 10^{-9} \text{ mg} \approx 1 \cdot 10^{-9} \text{ mg}$$

d) Aine A on üpris hüdrofoobne, seega ei lahustu see vees hästi, vähem

polaarses lahustis aga küll. Teine põhjus on selles, et etanool läheb aurufaasi paremini kui vesi (aineid „manustati“ ju pihustamise teel).

e) Aine A molekulmass: $M = 4 \cdot 12,01 + 8 \cdot 1,008 + 32,06 = 88,17 \text{ g/mol}$

Aine A molekulmass tioestrina: $M' = 1,48 \cdot 88,17 = 130 \text{ g/mol}$

Muutus: $x = 130 - 88,17 = 42 \text{ g/mol}$

Aine B molekulmass: $M = 5 \cdot 12,01 + 12 \cdot 1,008 + 32,06 = 104,21 \text{ g/mol}$

Aine B molekulmass tioestrina: $M' = 1,40 \cdot 104,21 = 146 \text{ g/mol}$

Muutus: $y = 146 - 104,21 = 42 \text{ g/mol}$

Aine C molekulmass: $M = 10 \cdot 12,01 + 9 \cdot 1,008 + 32,06 + 14,01 = 175,25 \text{ g/mol}$

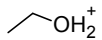

Aine C molekulmass tioestrina: $M' = 1,24 \cdot 175,25 = 217 \text{ g/mol}$

Muutus: $z = 217 - 175,25 = 42 \text{ g/mol}$

Muutus 42 g/mol vastab fragmendile -CH₂-C(=O)- (tegemist on etanaatestritega, 1 H tuleb lähtemolekulist). Vastus loetakse õigeks, kui õpilane on teinud arvutusi ning saadud suhteliselt väikese paarisarvu põhjal välja pakkunud C, O ja H.

4.

a) $pK_a = pH - \log \frac{[A^-]}{[HA]}$

b) H_3O^+ NH_4^+  OH_2^+  HCl

c) Kõigepealt tuleb leida äädikhappe kontsentratsioon c lõpplahuses:

$$c = \frac{25 \text{ ml} \cdot 1,0 \text{ g/ml} \cdot 30\% \cdot 1000 \text{ ml/L}}{60,05 \text{ g/mol} \cdot 100\% \cdot 100 \text{ ml}} \approx 1,25 \text{ M}$$

Olgu x dissotsieerunud äädikhappe kontsentratsioon:

$$[A^-] = [H^+] = x; \quad c - x = [HA]; \quad K_a = 10^{-pK_a}; \quad K_a = \frac{x^2}{c-x}$$

eeldame, et $c \gg x$, seega: $x = \sqrt{K_a \cdot c} = 4,66 \cdot 10^{-3} \text{ M}$

Kontrollime enda eeldust: $\frac{x}{c} \cdot 100\% = 0,37\%$

Järelikult meie eeldus oli korrektne. x on alla 1% c-st.

Järelikult lõpliku lahuse pH on: $pH = -\log[H^+] = -\log x = 2,33$.

5.

a) X – Fe, raud; Y – Al, alumiinium; Z – C, süsinik; A – Fe₂O₃, raud(III)oksiid;

B – Al₂O₃, alumiiniumoksiid; C – FeC₂O₄·2H₂O, raud(II)oksalaat-vesi (1/2);

D – CO₂, süsinikdioksiid; E – H₂O, vesi; F – CO, süsinikmonooksiid.

b) i) $2\text{Al} + \text{Fe}_2\text{O}_3 = 2\text{Fe} + \text{Al}_2\text{O}_3$; ii) $\text{FeC}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} = \text{Fe} + 2\text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$;

iii) $4\text{Fe} + 3\text{O}_2 = 2\text{Fe}_2\text{O}_3$; iv) $2\text{C} + \text{O}_2 = 2\text{CO}$; v) $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 3\text{CO} = 2\text{Fe} + 3\text{CO}_2$;

vi) $2\text{Fe}_2\text{O}_3 + 3\text{C} = 4\text{Fe} + 3\text{CO}_2$

c) Termit

d) Süsinikdioksiid on õhust tihedam ja jäi katma katseklaasi põhjas olevat rauda, mis puutus hapnikuga kokku alles pärast katseklaasist väljumist.

e) $3\text{Fe} + 2\text{O}_2 = \text{Fe}_3\text{O}_4$; $2\text{Fe} + \text{O}_2 = 2\text{FeO}$

6.

- a) **NB!** Kõik teised peale **B_n** peaksid olema täieliku struktuurvalemiga; **B_n** lihtsustatud struktuurvalemiga. **A** – CH_3CH_3 - etaan; **B1** – $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{Cl}$ - kloroetaan; **B2** – CH_3CHCl_2 – 1,1-dikloroetaan; **B3** – CH_3CCl_3 – 1,1,1-trikloroetaan; **B4** – $\text{CH}_2\text{ClCH}_2\text{Cl}$ – 1,2- dikloroetaan; **B5** – $\text{CH}_2\text{ClCHCl}_2$ – 1,1,2 - trikloroetaan; **B6** – $\text{CH}_2\text{ClCCl}_3$ – 1,1,1,2- tetrakloroetaan; **B7** – $\text{CHCl}_2\text{CHCl}_2$ – 1,1,2,2- tetrakloroetaan; **B8** – $\text{CHCl}_2\text{CCl}_3$ – 1,1,1,2,2-pentakloroetaan; **B9** – CCl_3CCl_3 - heksakloroetaan; **C** – CH_2CH_2 - eteen; **D/B4** – $\text{CH}_2\text{ClCH}_2\text{Cl}$ – 1,2 - dikloroetaan; **E** – $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ – etanool/ etaan-1-ool; **F** – CH_3COOH - etaanhape;
- b) Muutes lähteainete suhet kloori suurest üleliiast hoopis suhteks 1:1, oleks enamuse moodustuvast produktist $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{Cl}$, kuna Cl_2 ei ole piisavalt, et moodustada suures hulgas teisi saadusi.
- c) 1) asendusreaktsioon; 2) elimineerimisreaktsioon; 3) liitumisreaktsioon; 4) liitumisreaktsioon; 5) redoksreaktsioon

KEEMIAÜLESANNETE LAHENDAMISE LAHTINE VÕISTLUS

Vanem rühm (11. ja 12. klass)

Tallinn, Tartu, Kuressaare, Narva, Pärnu, Kohtla-Järve 9. november 2013

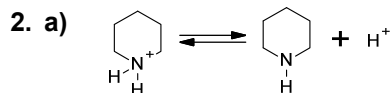
Ülesannete lahendused

$$1. \text{ a) } p = \frac{0,082 \text{ atm} \cdot \text{dm}^3 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \cdot 298 \text{ K}}{0,018 \text{ dm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}} = 1400 \text{ atm} \quad (2)$$

$$\text{b) } N = \frac{10^{-6} \text{ Torr} \cdot 10^{-3} \text{ dm}^3 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \cdot \text{mol}^{-1}}{62,4 \text{ Torr} \cdot \text{dm}^3 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \cdot 298 \text{ K}} = 3 \cdot 10^{10}$$

$$d = \left(\frac{V}{N} \right)^{\frac{1}{3}} = \frac{10^{-2} \text{ m}}{(3 \cdot 10^{10})^{\frac{1}{3}}} = 3 \cdot 10^{-6} \text{ m} = 3 \mu\text{m} \quad (3)$$

c) Üks võimalus oleks jää kuubikusse peita klaaskuul vms raskus, mis vaatlusel välja ei paistaks, kuid kuubiku sulamisel või katki mineku korral võib selline pettus lihtsasti avalikuks tulla. Teine võimalus oleks valmistada lahus maitseta, värvuset ja lõhnata ühendist, mis külmunud olekus omaks suuremat tihedust kui tavaline jää. Siin tuleb aga arvestada, et lahuste külmumistemperatuur erineb puhta vee omast. Kasutatud ühend ei tohiks olla ka mürgine, sest oma etenduses kavatseb mustkunstnik selle vee kindlasti ära juua (või kellelegi teisele sisse joota). Sellise ühendi leidmine võib seega olla üsna keerukas. Palju lihtsam lahendus on valmistada eriline jääkuubik raskest veest (D_2O), mille tihedus ($1,1 \text{ g/cm}^3$) on tavalise vee tihedusest suurem. (2)



(2)

$$\text{b) } GB = \Delta G = G_{\text{neutraal}} + G_{\text{H}^+} - G_{\text{katioon}} = (-251,848965 \cdot 627,509469) + (-6,275) - (-252,210315 \cdot 627,509469) = 220,5 \text{ kcal/mol} \quad (2)$$

$$\text{Erinevus: } \Delta = GB_{\text{arvutatud}} - GB_{\text{eksperim}} = 220,5 - 220,0 = 0,5 \text{ kcal/mol} \quad (1)$$

$$\text{c) } \Delta G = -RT \ln(K)$$

$$pK_a = \frac{\Delta G}{R \cdot T \cdot \ln(10)} = \frac{220,0 \frac{\text{kcal}}{\text{mol}} \cdot 1000 \cdot 4,184 \frac{\text{J}}{\text{cal}}}{8,314 \frac{\text{J}}{\text{K} \cdot \text{mol}} \cdot 298,15 \text{ K} \cdot \ln(10)} = 161,3$$

Alternatiivselt:

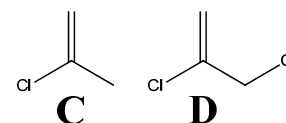
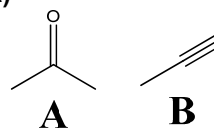
$$K = e^{\frac{-\Delta G}{RT}} = e^{-\frac{220,0 \frac{\text{kcal}}{\text{mol}} \cdot 1000 \cdot 4,184 \frac{\text{J}}{\text{cal}}}{8,314 \frac{\text{J}}{\text{K} \cdot \text{mol}} \cdot 298,15 \text{ K}}} = 5,3692 \cdot 10^{-162}$$

$$pK_a = -\log(K) = -\log(5,3692 \cdot 10^{-162}) = 161,3 \quad (3)$$

Piperidiin on tugevam alus gaasfaasis ($161,3 > 11,22$; mida suurem pK_a väärtus, seda nõrgem hape on vastava aluse konjugeeritud hape ja seega seda tugevam on antud alus). (1)

d) Korreksem on kJ/mol, sest SI-süsteemi energiaühikuks on džaulid mitte kalorit. (1)

3. a)



(iga õige ühendi eest 1,5 punkti)

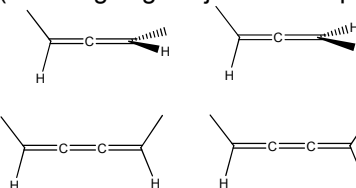
(6)

b) i) optiline ii) geomeetriline

(1)

(kummagi õigesti joonistatud paari eest 1,5 punkti)

(3)



4. a) $4 \text{ C}_5\text{H}_9\text{NO}_4 + 21 \text{ O}_2 \rightarrow 20 \text{ CO}_2 + 2 \text{ N}_2 + 18 \text{ H}_2\text{O}$ (gaas) (1)

b) Loeme ära, millised sidemed reaktsioonis lõhutakse ning millised tekivad. Siin võib abiks tulla molekuli struktuurivalemi väljajoonistamine nii, et ka vesinikud on välja toodud.

Üks NMDA molekul sisaldab 2 C=O sidet, 2 H-O sidet, 2 C-O sidet, 1 H-N sideme, 2 C-N sidet, 3 C-C sidet ja 6 H-C sidet. Seega kulub ühe mooli NMDA kõigi sidemete lõhkumiseks energiat:

$2 \cdot 736 + 2 \cdot 464 + 2 \cdot 360 + 1 \cdot 389 + 2 \cdot 305 + 3 \cdot 347 + 6 \cdot 414 = 7644 \text{ kJ}$ Lisaks NMDA-le lõhutakse hapniku sidemeid, kusjuures ühes O_2 molekulis on üks O=O side, mistõttu kulub ühe mooli O_2 kõigi sidemete lõhkumiseks 498 kJ energiat. (2)

Analoogselt arutleme sidemete moodustumisel tekkiva energia kohta. Üks CO₂ molekul sisaldab 2 C=O sidet, üks N₂ molekul sisaldab ühe N≡N sideme ja üks H₂O molekul sisaldab kaks H–O sidet. Siit saame, et ühe mooli CO₂, N₂ ja H₂O moodustumisel eraldub vastavalt energiat:

$$\text{CO}_2: 2 \cdot 736 = 1472 \text{ kJ}; \text{N}_2: 1 \cdot 946 = 946 \text{ kJ}; \text{H}_2\text{O}: 2 \cdot 464 = 928 \text{ kJ} \quad (2)$$

Kuna reageerib 4 NMDA molekuli ja 21 O₂ molekuli ning tekib 20 CO₂, 2 N₂ ja 18 H₂O molekuli, siis saame reaktsioonil kokku kuluva energia:

$$4 \cdot 7644 + 21 \cdot 498 - 20 \cdot 1472 - 2 \cdot 946 - 18 \cdot 928 = 41034 - 48036 = -7002 \text{ kJ}$$

Reaktsioonil eraldub 7002 kJ energiat. (1)

c) Põlemisentalpia näitab aine ühe mooli täielikul oksüdeerimisel eralduva energia hulka, seega vastuse saamiseks jagame reaktsioonil eraldunud energia hulga NMDA molekulide arvuga selles reaktsioonis:

$$\frac{-7002 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}}{4} \approx -1751 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} \quad (1,5)$$

d) Tähistame NMDA tekkeentalpia tundmatuga x. Kõigi lihtainete tekkeentalpia on defineeritud olema 0 kJ/mol. Kirjutame punktis 1 leitud NMDA täieliku oksüdeerimise reaktsiooni kohta võrrandi, kasutades lähteainete ja produktide tekkeentalpiaid:

$$20 \cdot \Delta_f H[\text{CO}_2] + 2 \cdot \Delta_f H[\text{N}_2] + 18 \cdot \Delta_f H[\text{H}_2\text{O}(\text{g})] - 4 \cdot \Delta_f H[\text{NMDA}] - 21 \cdot \Delta_f H[\text{O}_2] = -7002 \text{ kJ}$$

Siin $\Delta_f H$ tähistab aine standardset tekkeentalpiat ning võrrandi paremal pool oleva suuruse arvutasime välja punktis 3 – tegu on samal reaktsioonil eraldunud energiahulgaga.

Asendades võrrandisse ülesandes antud tekkeentalpiaate väärtused ning asendades $\Delta_f H[\text{NMDA}] = x$, saame:

$$20 \cdot (-393,5) + 18 \cdot (-241,8) - 4 \cdot x = -7002 \text{ (kJ)}$$

Siit leiame, et $\Delta_f H[\text{NMDA}] = x \approx -1305 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$ (2)

e) Mida madalam on aine tekkeentalpia, seda stabiilsem on aine. Kuna looduses esinevad ained on üldiselt stabiilsed, siis võib arvata, et looduses levinud ainete tekkeentalpiad on pigem madalad. (1,5)

5. a) 1) $2 \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 16 \text{H}^+ + 3 \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} \rightarrow 4 \text{Cr}^{3+} + 11 \text{H}_2\text{O} + 3 \text{CH}_3\text{COOH}$
 2) $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 14 \text{H}^+ + 6 \text{I}^- \rightarrow 2 \text{Cr}^{3+} + 3 \text{I}_2 + 7 \text{H}_2\text{O}$
 3) $2 \text{S}_2\text{O}_3^{2-} + \text{I}_2 \rightarrow \text{S}_4\text{O}_6^{2-} + 2 \text{I}^-$ (3)

b) $n_{\text{tio}} = c_{\text{tio}} \cdot V_{\text{titrant}} = 0,03 \frac{\text{mol}}{\text{l}} \cdot 11,80 \cdot 10^{-3} \text{ l} = 3,54 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$

Reageerimata dikromaat: $n_{\text{dikrom}} = \frac{n_{\text{tio}}}{6} = \frac{3,54 \cdot 10^{-4} \text{ mol}}{6} = 5,9 \cdot 10^{-5} \text{ mol}$

$n_{\text{dikrom_alg}} = c_{\text{dikrom}} \cdot V_{\text{dikrom}} = 0,01 \frac{\text{mol}}{\text{l}} \cdot 10 \cdot 10^{-3} \text{ l} = 10^{-4} \text{ mol}$

Reageerinud dikromaadi moolide arv:

$n_{\text{dikrom_reag}} = n_{\text{dikrom_alg}} - n_{\text{dikrom}} = 10^{-4} \text{ mol} - 5,9 \cdot 10^{-5} \text{ mol} = 4,1 \cdot 10^{-5} \text{ mol}$

$n_{\text{EtOH_proov}} = \frac{3}{2} \cdot n_{\text{dikrom_reag}} = \frac{3}{2} \cdot 4,1 \cdot 10^{-5} \text{ mol} = 6,15 \cdot 10^{-5} \text{ mol}$

Etanooli molaarne kontsentratsioon käärinud õunamahlas:

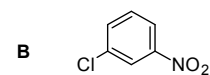
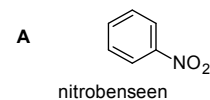
$$c_{\text{mahl}} = 20 \cdot c_{\text{proov}} = 20 \cdot \frac{n_{\text{EtOH}}}{V_{\text{proov}}} = 20 \cdot \frac{6,15 \cdot 10^{-5} \text{ mol}}{10^{-3} \text{ l}} = 1,23 \frac{\text{mol}}{\text{l}} \quad (3)$$

c) Etanooli mahuprotsendiline kontsentratsioon:

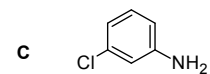
$$\text{ABV} = \frac{c_{\text{mahl}} \cdot V_{\text{mahl}} \cdot M_{\text{EtOH}}}{\rho \cdot V_{\text{mahl}}} \cdot 100\% = \frac{1,23 \frac{\text{mol}}{\text{l}} \cdot 46 \frac{\text{g}}{\text{mol}}}{789 \frac{\text{g}}{\text{l}}} \cdot 100\% = 7,17\% \quad (2)$$

6. a) kloriid, amiin, eeter, amiid (1)

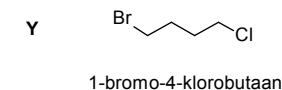
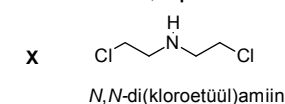
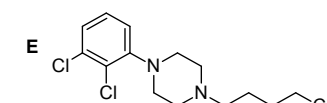
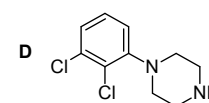
b) Iga õige struktuuri eest 1 punkt ja nimetuse eest 0,5 punkti. (9,5)



1-kloro-3-nitrobenseen

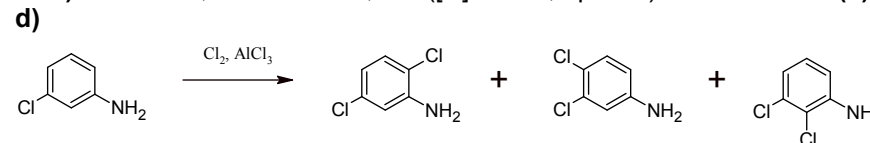


3-amino-1-klorobenzseen



c) a
)
H₂S
O₄/
HN
O₃

(1)
b) näiteks H₂, Pd/C või HCl, Fe. ([H] eest 0,5 punkti) (1)



(1,5)