

# KEEMIAÜLESANNETE LAHENDAMISE LAHTINE VÕISTLUS

Vanem rühm (11. ja 12. klass)

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

5. november 2016

1. Tänapäeval on keemiatööstuses üle 80% reaktsioonidest heterogeenselt katalüüsitud. Hape-aluskatalüüsis kasutatakse laialdaselt segaoksiidi **Z**, mis sisaldab kolme maakooses enim levinumat elementi. Segaoksiidi **Z** saadakse oksiididest **X** (hapniku massiprotsent  $\omega_{\text{O}} = 53,3\%$ ) ja **Y** ( $\omega_{\text{O}} = 47,1\%$ ).

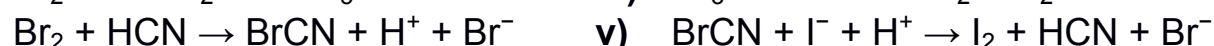
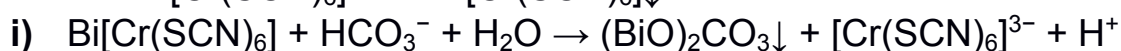
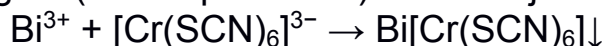
a) Tuvastage arvutustega oksiidid **X** ja **Y** ning andke neile nimetused.

b) Järjestage oksiidid **X–Z** happelisuse kasvu järjekorras.

C–H sideme aktiveerimises alkaanides osaleb metall **A**, mis moodustab ühendeid **B–D**. Butaani oksüdeerimisel maleiinhappeni kasutatakse pürofosfaati **B** ( $\omega_{\text{O}} = 46,8\%$ ,  $\omega_{\text{A}} = 33,1\%$ ), mida saadakse vesinikfosfaadi **C** ( $\omega_{\text{O}} = 49,1\%$ ,  $\omega_{\text{A}} = 31,3\%$ ) dehüdreerimisel. Aine **C** saadakse oksiidi **D** ( $\omega_{\text{O}} = 44,0\%$ ) redutseerival lahustumisel ning fosforhappega sadestamisel.

c) Tuvastage arvutusega metall **A** ja kirjutage ainete **A–D** valemid. **8 p**

2. Järgnev reaktsioonide jada võimaldab kindlaks määrata madalat vismuti kogust ( $3\text{--}300 \mu\text{mol}/\text{dm}^3$ ) tekkinud joodi tiitrimise kaudu.



a) Tasakaalustage ionreaktsioonide i)–vi) võrrandid.

b) Kui suur kogus vismutit ( $\mu\text{g}$ ) oli proovis, kui reaktsioonijadas tekkinud  $\text{I}_2$  tiitrimiseks kulus  $23,64 \text{ cm}^3 \text{ Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  lahust ( $0,002016 \text{ mol}/\text{dm}^3$ )? **9 p**

3. Kui kaks  $^A\text{H}^+$  tuuma massiarvuga  $A$  ületavad Kuloni barjääri  $E = \frac{\alpha}{2} \cdot A^{-1/3}$ , kus  $\alpha = 1,13 \cdot 10^{11} \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1}$ , hakkab nende vahel toimima tugev vastastikmõju, mis võib viia tuumade liitumiseni. See protsess on aluseks vesinikust raskemate elementide tekkele tähtedes.

a) Arvutage  $^1\text{H}^+ + ^1\text{H}^+$  liitumise Kuloni barjääri väärtus.

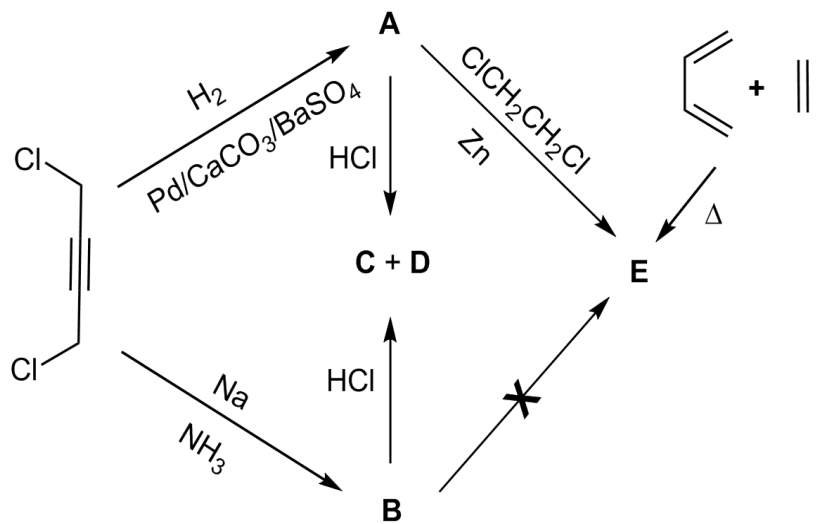
Suurema osa tuumade energia on lähedane keskmisele kineetilisele energiale ( $K = \frac{3}{2} \cdot RT$ ) ja ebapiisav Kuloni barjääri ületamiseks. Tuumad koos elektronidega käituvad ioniseeritud gaasina (plasma), mille kontraktsiooni hoiab ära kõrge foton-gaasi (kiirguse) rõhk. Esimeses lähenemises võrdub plasma rõhk tähtedel  $p = \frac{N}{V} \cdot RT$  ning foton-gaasi rõhk väljendub kui  $p = \frac{1}{3} \cdot \beta T^4$ , kus  $R = 8,314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$  ja  $\beta = 7,565 \cdot 10^{-16} \text{ J} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{K}^{-4}$ . Tähe **23 KLV** keskel on plasma ja foton-gaasi rõhk ning temperatuur võrdsed, pinnal aga  $T_{\text{pind}} = 6000 \text{ K}$ .

b) Arvutage  $p_{\text{kesk}}$  ja  $T_{\text{kesk}}$  väärtused, võttes  $\frac{N}{V} = 2,00 \cdot 10^8 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-3}$ .

c) Arvutage plasma  $K$  väärtused tähe **23 KLV i)** keskel ja **ii)** pinnal.

d) Põhjendage, kas  $^1\text{H}^+ + ^1\text{H}^+$  liitumise tõenäosus on kõrgem tähe **23 KLV** keskel või pinnal? **7 p**

4. Ühendit **E** on võimalik sünteesida ühendist **A** ( $C_4H_6Cl_2$ ) ning eteenist ja but-1,3-dieenist Diels–Alderi reaktsiooni käigus. Ühendid **A** ja **B** on *cis-trans*-isomeerid. Ühendid **C** ja **D** on optilised isomeerid.



a) Joonistage ainete **A–E** struktuurivalemid ning kirjutage nomenklatuursed nimetused.

b) Miks kasutatakse **A**

sünteesil *nn* Lindlar'i "mürgitatud" katalüsaatorit ( $Pd/CaCO_3/BaSO_4$ )?

c) Miks ei õnnestu **E** sünteesil 1,2-dikloroetaanist ( $ClCH_2CH_2Cl$ ) ja **B**-st?

d) Ühendi **E** sünteesil 1,2-dikloroetaanist ning ainest **A** võib tekkida mitmeid orgaanilisi kõrvalprodukte. Joonistage neist kahe struktuurivalemid. **14 p**

5. Butadieeni ( $C_4H_6$ ) hüdrogeenimisel tekib butaan ( $C_4H_{10}$ ).

a) Joonistage struktuurivalemid kõigile  $C_4H_6$  ja  $C_4H_{10}$  isomeeridele.

Et suurendada butadieeni konversiooni butaaniks lisati liias vesinikku, nii et reaktsiooni alguses oli  $H_2$  hulk kuus korda suurem kui  $C_4H_6$  hulk,  $n_0(H_2) = 6n_0(C_4H_6)$ . Konversioon näitab, kui palju ainet võrreldes algsega on reageerinud. Aine  $j$  konversiooni  $X(j)$  saab leida valemiga  $X(j) = 1 - n(j)/n_0(j)$ , kus  $n_0(j)$  ja  $n(j)$  on vastavalt aine  $j$  moolide arv reaktsiooni alguses ja lõpus.

b) Mis on reaktsioonis  $C_4H_6 + 2H_2 = C_4H_{10}$  vesiniku maksimaalne konversioon?

c) Näidake, et  $X(H_2) = X(C_4H_6)/3$ .

d) Avaldage reaktsioonisegus olevate ainete moolide koguhulk ( $n_T = n(H_2) + n(C_4H_6) + n(C_4H_{10})$ )  $n_0(H_2)$  ning  $X(H_2)$  kaudu.

e) Arvutage vesiniku, butadieeni ja butaani moolide arv ning moolide koguhulk  $n_T$ , kui vesinikku oli algsetl 6,4 mol ning sellest reageeris 24%. **14 p**

6. ♀ on punaka värvusega metall, mis moodustab vikerkaarevärvi ühendeid **A–G**. Kuumutades metalli ♀ õhus temperatuuril alla  $800^\circ C$ , moodustub must oksiid; kuumutamisel üle  $800^\circ C$  – punane oksiid **A**. Musta oksiidi lahustamisel kontsentreeritud  $HCl$  lahuses tekib kompleksaniooni **B** kollane lahus; lahjendatud  $HCl$  lahuses – roheline halogeniidi **C** lahus. Lisades **C** lahusele  $NaOH$  tekib helesinine sade **D**. Sademele **D**  $H_2SO_4$  lisamisel saadakse aine, mille kristallhüdraat **E** (♀ vitriol) on sinist värvi ( $M_E = 250$  g/mol).  $NH_3 \cdot H_2O$  abil saadakse ainest **E** violetne monohüdraatne komplekssool **F** ( $M_F = 246$  g/mol).

a) Kirjutage ühendite **A–F** valemid ja nimetused.

Haruldane oranži värvusega mineraal kaalium- $\mu_4$ -okso-heksa- $\mu_2$ -kloro-tetra-[kloro♀aat(II)] (**G**) sisaldab 20,0% kaaliumit.  $\mu$ -indeks näitab talle järgneva rühma koordinatsiooniarvu.

b) Tuvastage arvutustega mineraali **G** valem.

**8 p**