

KEEMIAÜLESANNETE LAHENDAMISE LAHTINE VÕISTLUS

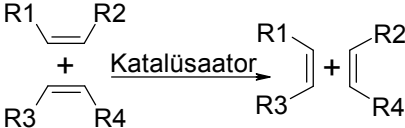
Vanem rühm (11. ja 12. klass)

Tallinn, Tartu, Kuressaare, Narva, Pärnu, Kohtla-Järve 6. november 2010

Lihtsad anorgaanilised ained meie ümber

1. Element **X** esineb looduses nii lihtainena kui ka liitainete koostises. Lihtaine korral on tegu ühe õhu koostisosaga (aine **A**) ning mineraalselt leidub seda põhiliselt kahe soolana – **B** ja **C** (erinevad IA rühma metallide katioonid, anioonid samad). Soolas **C** sisalduva metalli katiooni raadius on suurem kui soolas **B** oleval metalli katioonil. Aine **A** reaktsioon vesinikuga toimub kõrgel temperatuuril ja rõhul katalüsaatorite manulusel (**reaktsioon 1**), tekib värvusetu teravalõhnaline ja vees hästi lahustuv gaas **D**. Gaas **D** oksüdeerub hapnikus lihtaineni **A** ja eraldub vesi (**reaktsioon 2**). Temperatuuril 150-900 °C katalüsaatori (Pt) juuresolekul tekib gaasi **D** reageerimisel hapnikuga elementi **X** sisaldav oksiid **E** (%O)=53,3, elemendi **X** oksüdatsiooniaste on II) ja eraldub samuti vesi (**reaktsioon 3**). Oksiid **E** reageerib edasi lihtainega **F**, mis osaleb reaktsioonides oksüdeerijana, ja tekib oksiid **G** (**reaktsioon 4**). **D** reageerimisel süsihappega tekib vesiniksool **H**, mida kasutatakse kondiitritööstuses kergitusainena. **H** laguneb kuumutamisel kaheks oksiidiks ja gaasiks **D** (**reaktsioon 5**). Tugevat hapet **I** toodetakse gaasi **G** reageerimisel veega: tekib tugev hape **I** ja gaas **E** (**reaktsioon 6**).
- Kirjutage soolade **B**, **C** ja **H** triviaalnimetused. (1)
 - Kirjutage elemendi **X** ja ainete **A-I** valemid ja nimetused. (5)
 - Kirjutage **reaktsioonide 1-6** tasakaalustatud võrrandid. (6) 12 p

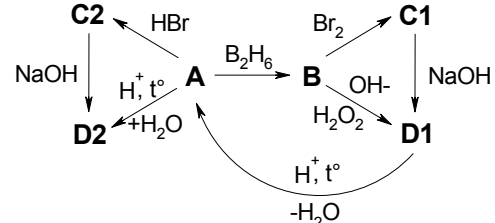
Metatees

2. 2005. aastal anti Nobeli preemia keemia alal kolmele teadlasele R. Grubbs'ile, R. Schrock'ile ja I. Chauvin'ile metateesi meetodi loomise eest. Metatees toimub vastavalt kujutatud skeemile.
- 
- Kirjutage ainele C_4H_7I vastavad kõik ahela- ja asendiisomeerid. (3)
 - Kirjutage 3-jodobut-1-eeini metateesi saaduste struktuurivalemid ja nimetused. (2)
- Sünteesiks lahustati 1,0 mmol 3-jodobut-1-eeini 25 cm³ diklorometaanis ja lisati katalüsaator. Reaktsioon toimus 97%-lise saagisega. Eeldage, et gaasilised ained lenduvad ära.
- Arvutage kõikide ainete molaarsed kontsentratsioonid (mM) lahuses peale reaktsiooni lõppemist. (2) 7 p

Tudengi reaktsioonid

3. Keemiatudeng Gleb segas kokku ammoniaagi lahuse ja vasksulfaadi ning lisas saadud lahusele etanooli. Selle tulemusel sadenes sinine kristalne kompleks $[Cu(NH_3)_x]SO_4$, mille Gleb filtreeris ja kuivatask. Gleb lisas 0,1805 g kristallidele (sisaldasid vähesel määral vett) 20,00 cm³ 0,2097 M HCl lahust, selle tulemusel komplekssool lagunes ja lahusesse tekkisid lihtsoolad. Happe liia tagasi tiitrimiseks kulus 12,19 cm³ 0,1000 M NaOH lahusega.
- Kirjutage toimunud reaktsioonide võrrandid. (3)
 - Arvutage NH_3 sisaldus (x) komplekssoolas. (5)
 - Leidke vee protsendiline sisaldus komplekssoolas. (2) 10 p

Isomeerid

4. 6,4 g aine **A** ruumala on suurem kui 3 dm³ temperatuuril 25°C ja rõhul 101 kPa.
- Leidke süsivesiniku **A** maksimaalne molaarmass. (2)
($pV = nRT$, $R = 8,314 \text{ J}/(\text{mol}\cdot\text{K})$)
Aine **A** osaleb toodud muundumiste jadas, milles ained **C1** ja **C2** ning ka **D1** ja **D2** on asendiisomeeride paarid, **B** valem võib esitada kujul RBH_2 (R – alküülahel).
 - Kirjutage kõikide šifreeritud ainete **A**, **B**, **C1**, **C2**, **D1** ja **D2** struktuurivalemid. (6) 8 p
- 

Paar tilka hapet

5. I. 10 tilka 39,4% HCl (36,5 g/mol) lahust (1,195 g/cm³) lahjendati 100,0 milliliitri. Valmistatud lahja HCl lahuse 20,0 cm³ tiitrimiseks kulus 12,7 cm³ 0,1015 M NaOH lahust.
- Leidke lahjendamiseks võetud HCl hulk. (2)
 - Leidke ühe tilga 39,4% HCl lahuse ruumala. (2)
- II. 70 °C juures olevale demineraliseeritud veele [$K_w(70^\circ\text{C}) = 2,1 \cdot 10^{-13} \text{ M}^2$] lisati 1 tilk 39,4% HCl lahust (täiendavad andmed on osas I). Saadud lahuse pH peab olema täpselt 6. Eeldatakse, et 70 °C juures on CO₂ täielikult lendunud.
- i) Milline on 70 °C juures puhta demineraliseeritud vee pH?
ii) Põhjendage, kas see vesi on happeline, neutraalne või leeline. (3)
 - Leidke demineraliseeritud vee ruumala, millele 1 tilga happe lisamine annab keskkonna, mille pH on täpselt 6. (4) 11 p
(Keemiaülesannete lahendamise lahtine võistlus, vanem rühm, 2003. a)

Kütuseelement

6. Kütuseelementide väljatöötamiseks sünteesiti segaoksiid $\text{La}_2\text{Ni}_{1-2\delta}^{\text{II}}\text{Ni}_{2\delta}^{\text{III}}\text{O}_{4+\delta}$ $0 < \delta < 0,25$, ja uuriti selle koostist. Sünteesiks kasutati lantaan(III)nitraadi lahust ja nikkel(II)nitraadi lahust, mis segati omavahel stöhhiomeetriliselt. Seejärel lisati stöhhiomeetriline kogus kütust ($\text{H}_2\text{NCH}_2\text{COOH}$, glütsiin). Saadud lahuse kuumutamisel $500\text{ }^\circ\text{C}$ -ni, toimus keemiline reaktsioon kütuse ja nitraatide vahel, mis viis produkti $\text{La}_2\text{Ni}_{1-2\delta}^{\text{II}}\text{Ni}_{2\delta}^{\text{III}}\text{O}_{4+\delta}$ tekkeni.
- a) Kui õhk reaktsioonist osa ei võta, siis $\delta = 0$, ning reaktsiooni saadustes on süsinik ja lämmastik ainult gaasidena (CO_2 , N_2). Kirjutage sel juhul:
- oksüdeerumise ja redutseerumise poolreaktsioonide võrrandid,
 - oksüdeerija ja redutseerija,
 - kütuse ja nitraatide vahelise reaktsiooni tasakaalustatud võrrand. (5)
- Reaktsioonil saadud oksiidi $\text{La}_2\text{Ni}_{1-2\delta}^{\text{II}}\text{Ni}_{2\delta}^{\text{III}}\text{O}_{4+\delta}$ δ kindlakstegemiseks kasutati jodomeetrilist tiitrimist N_2 atmosfääris. Selleks kaaluti $0,200\text{ g}$ saadud oksiidi ja $1,000\text{ g}$ KI ning lahustati 10 cm^3 6 M HCl lahuses. Lahus viidi $50,00\text{ cm}^3$ kolbi ja täideti destilleeritud veega kriipsuni. Saadud lahus, mis sisaldas joodi, tiitriti $0,00100\text{ M}$ $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ lahusega, kasutades indikaatorina tärklist. $10,00\text{ cm}^3$ lahuse tiitrimiseks kulus $29,5\text{ cm}^3$ $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$.
- b) Kirjutage
- molekulaarse joodi tekke ionvõrrand ja
 - jodomeetrilisel tiitrimisel toimuva reaktsiooni ionvõrrand. (2)
- c) Arvutage δ . (5) **12 p**

ОТКРЫТЫЕ СОРЕВНОВАНИЯ ПО ХИМИИ

Старшая группа (11 и 12 класс)

Таллинн, Тарту, Курессааре, Нарва, Пярну, Кохтла-Ярве 6 ноября 2010 г.

Простые неорганические вещества вокруг нас

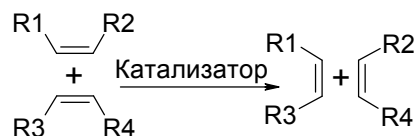
1. Элемент **X** находится в природе как в виде простого вещества, так и в составе сложных веществ. В случае простого вещества речь идет об одной составной части воздуха (вещество **A**). В минералах элемент **X** находится, в основном, в виде двух солей – **B** и **C** (разные катионы металлов группы IA, одинаковые анионы). Радиус катиона металла, содержащегося в соли **C**, больше, чем радиус катиона металла в соли **B**. Реакция вещества **A** с водородом происходит при высокой температуре в присутствии катализатора (**реакция 1**), образуется хорошо растворимый в воде бесцветный газ **D** с резким запахом. Газ **D** окисляется в кислороде до простого вещества **A** с выделением воды (**реакция 2**). При температуре 150-900 °C в присутствии катализатора (Pt) газ **D** реагирует с кислородом, образуя содержащий элемент **X** оксид **E** (%(O)=53,3, степень окисления элемента **X** равна II), также выделяется вода (**реакция 3**). Оксид **E** реагирует дальше с простым веществом **F**, которое участвует в реакциях в качестве окислителя, с образованием оксида **G** (**реакция 4**). При реакции **D** с угольной кислотой образуется кислая соль **H**, которую используют в кондитерской промышленности для поднятия теста. **H** разлагается при нагревании на два оксида и газ **D** (**реакция 5**). Сильную кислоту **I** производят реакцией газа **G** с водой: образуется сильная кислота **I** и газ **E** (**реакция 6**).

- Напишите тривиальные названия солей **B**, **C** и **H**. (1)
- Напишите формулы и названия элемента **X** и веществ **A-I**. (5)
- Напишите уравнения **реакций 1-6** и расставьте коэффициенты. (6)

12 б

Метатезис

2. В 2005 году Нобелевскую премию по химии получили Р. Граббс, Р. Шрок и И. Шовен за создание метода метатезиса. Схема метатезиса представлена на рисунке.



- Напишите все изомеры цепи и изомеры положения для вещества C₄H₇I. (3)
- Напишите структурные формулы и названия для продуктов метатезиса 3-иодобут-1-ена. (2)

Для проведения синтеза 1,0 ммоль 3-иодобут-1-ена растворили в 25 см³ дихлорметана и добавили катализатор. Реакция прошла с

выходом 97%. Предположите, что газообразные вещества улетучиваются.

- Рассчитайте молярные концентрации (mM) всех веществ в растворе после окончания реакции. (2) 7 б

Реакции студента

3. Студент-химик Глеб смешал раствор аммиака с сульфатом меди и добавил к полученному раствору этанол. В результате этого в осадок выпал синий кристаллический комплекс [Cu(NH₃)_x]SO₄, который Глеб отфильтровал и высушил. Глеб добавил к 0,1805 г кристаллов (содержали немного воды) 20,00 см³ 0,2097 M раствора HCl, в результате чего комплексная соль разложилась и в растворе образовались простые соли. На обратное титрование избытка кислоты израсходовалось 12,19 см³ 0,1000 M раствора NaOH.

- Напишите уравнения произошедших реакций. (3)
- Рассчитайте содержание (x) NH₃ в комплексной соли. (5)
- Определите процентное содержание воды в комплексной соли. (2)

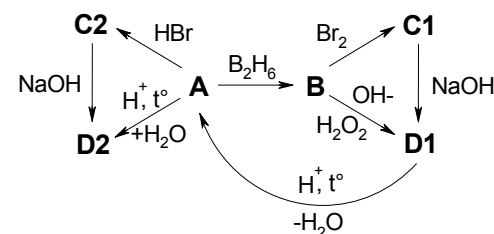
10 б

Изомеры

4. Объем вещества **A** массой 6,4 г больше, чем 3 дм³ при температуре 25 °C и давлении 101 кПа.

- Найдите максимально возможную молярную массу вещества **A**. (2)
($pV = nRT$,
 $R = 8,314 \text{ Дж/(моль}\cdot\text{К)}$)

Вещество **A** участвует в приведенной последовательности превращений, в которой вещества **C1** и **C2**, а также **D1** и **D2** являются парами изомеров положения, формулу вещества **B** можно представить в виде RBH₂ (R – алкильная цепь).



- Напишите структурные формулы зашифрованных веществ **A**, **B**, **C1**, **C2**, **D1** и **D2**. (6) 8 б

Две капли кислоты

5. I. 10 капель 39,4% раствора HCl (36,5 г/моль) (1,195 г/см³) разбавили до 100,0 миллилитров. Для титрования 20,0 см³ полученного разбавленного раствора HCl израсходовалось 12,7 см³ 0,1015 M раствора NaOH.

- Найдите количество HCl, взятого для разбавления. (2)
- Найдите объем одной капли 39,4% раствора HCl. (2)

II. К деминерализованной воде при 70 °C [$K_w(70^\circ\text{C}) = 2,1 \cdot 10^{-13} \text{ M}^2$] добавили 1 каплю 39,4% раствора HCl (дополнительные данные взять

из I части). Значение pH полученного раствора должно равняться точно 6. Предположите, что при 70 °C CO₂ полностью улетучивается из раствора.

- a) i) Чему равен pH чистой деминерализованной воды при 70 °C?
ii) Обоснуйте, является эта вода кислой, нейтральной или щелочной. (3)
- b) Найдите объем деминерализованной воды, добавление к которому 1 капли кислоты дает среду, pH которой равен точно 6. (4) **11 б**
(Открытые соревнования по химии, старшая группа, 2003 г.)

Топливный элемент

6. Для разработки топливных элементов синтезировали смешанный оксид $\text{La}_2\text{Ni}_{1-2\delta}^{\text{II}}\text{Ni}_{2\delta}^{\text{III}}\text{O}_{4+\delta}$, $0 < \delta < 0,25$ и исследовали его состав. Для синтеза использовали раствор нитрата лантана(III) и раствор нитрата никеля(II), которые смешали между собой в стехиометрическом соотношении. Затем добавили стехиометрическое количество топлива (H₂NCH₂COOH, глицин). При нагревании полученного раствора до 500 °C произошла химическая реакция между топливом и нитратами, в результате чего образовался продукт $\text{La}_2\text{Ni}_{1-2\delta}^{\text{II}}\text{Ni}_{2\delta}^{\text{III}}\text{O}_{4+\delta}$.

- a) Если воздух не участвует в реакции, то $\delta = 0$, и в продуктах реакции углерод и азот присутствуют только в виде газов (CO₂, N₂).
Напишите для этого случая:
i) уравнения полуреакций окисления и восстановления,
ii) окислитель и восстановитель,
iii) уравнение реакции между топливом и нитратами с расставленными коэффициентами. (5)

Для определения δ полученного в результате реакции оксида $\text{La}_2\text{Ni}_{1-2\delta}^{\text{II}}\text{Ni}_{2\delta}^{\text{III}}\text{O}_{4+\delta}$ использовали иодометрическое титрование в атмосфере N₂. Для этого взвесили 0,200 г полученного оксида и 1,000 г KI и растворили в 10 см³ 6 М раствора HCl. Раствор перенесли в 50,00 см³ колбу и заполнили дистиллированной водой до метки. Полученный раствор, который содержал иод, оттитровали 0,00100 М раствором Na₂S₂O₃, используя в качестве индикатора крахмал. На титрование 10,00 см³ раствора израсходовалось 29,5 см³ раствора Na₂S₂O₃.

- b) Напишите
i) ионное уравнение реакции образования молекулярного иода и
ii) ионное уравнение реакции, происходящее при иодометрическом титровании. (2)
- c) Рассчитайте δ . (5) **12 б**