

# KEEMIAÜLESANNETE LAHENDAMISE LAHTINE VÕISTLUS

Noorem rühm (9. ja 10. klass)

*Tallinn, Tartu, Kuressaare, Narva, Pärnu, Kohtla-Järve 10. november 2012*

- Viiu Vikerkaar otsustas sünteesida oma värviliste ühendite kogu täiendamiseks musta  $\text{CuO}$ , kollase  $\text{PbI}_2$  ja roheline  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ .
  - Kuidas sünteesida  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ , kasutades  $\text{NH}_3$  ja dikroomhapet? Kirjutage tasakaalustatud reaktsioonivõrrandid.
  - Kuidas sünteesida  $\text{CuO}$ , kasutades  $\text{Cu}$ , lahj.  $\text{HNO}_3$  ja  $\text{NaOH}$  lahust? Ühes mainitud sünteesi etapis eraldub kergesti oksüdeeritav kaheaatomiline gaas. Kirjutage tasakaalustatud reaktsioonivõrrandid.
  - Kuidas sünteesida  $\text{PbI}_2$ , kasutades  $\text{PbCO}_3$ ,  $\text{I}_2$ , lahj.  $\text{HNO}_3$  ja  $\text{NaOH}$  lahust? Sünteesis osaleva lihtaine jaoks toimub ühes sünteesietapis disproportsioneerumine: sama lähtelemendi oksüdatsioonaste nii suureneb viie võrra kui ka väheneb ühe võrra. Kirjutage tasakaalustatud reaktsioonivõrrandid.
  - Kuna Viiu ei ole eriti hoolas inimene, siis läks tal varsti pärast  $\text{PbI}_2$  sünteesi see mõnede teiste kollaste ühenditega –  $\text{CdS}$ ,  $\text{Ag}_2\text{CO}_3$  ning  $\text{K}_2\text{CrO}_4$  – sassi. Neid ühendeid on aga lihtne eristada vesilahusega, mis sisaldab ühele aineklassile iseloomulikke katioone  $\text{X}^+$ .
    - Millised ioonid on  $\text{X}^+$ ?
    - Kuidas saab antud aineid eristada? Kirjuta vastavadioonvõrrandid ning too ära reaktsiooni toimumise tunnused.
- Üliõpilane valmistas kaks lahust. Lahus **A** on 5%-line  $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  lahus ( $m = 100$  g), lahus **B** on 12%-line  $\text{K}_2\text{CrO}_4$  lahus ( $V = 80$  ml,  $\rho = 1,1$  g/cm<sup>3</sup>). Lahus **A** on happeline, seetõttu on kroom dikromaadi vormis. Lahuste kokkuvalamisel tekib lahus **C**, milles säilib happelisus ja kogu  $\text{K}_2\text{CrO}_4$  lahusest **B** läheb samuti üle dikromaadiks (seega lahuses **C** enam  $\text{CrO}_4^{2-}$  ioone ei ole):  $2\text{CrO}_4^{2-} + 2\text{H}^+ \rightarrow \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + \text{H}_2\text{O}$ 
  - Leia  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$  ionide massiprotsent lahuses **C**.
  - Lahusele **C** lisatakse liias  $\text{Cu}^{2+}$  lahust, tekib sade:  $\text{CuCr}_2\text{O}_7 \cdot \text{H}_2\text{O}$ . Arvutage tekkinud sademe mass.
- Sool **A** sisaldab 31,90 % kaaliumit, 28,93 % elementi **X** ja 39,17 % elementi **Y**. Soola **A** saab valmistada kaheaatomilise lihtaine  $\text{X}_2$  ja aluse **B** reageerimisel; lisasaadustena tekib sool **C** (elementi **X** 47,56 %) ja vesi (reaktsioon **I**). Lihtainet  $\text{X}_2$  saab valmistada mangaan(IV)oksiidi ja vesinikkloriidhappe reageerimisel (reaktsioon **II**). Soola **A** kuumutamisel tekib esmalt sool **D** (28,21% kaaliumi, 25,59 % elementi **X** ja 46,20 % elementi **Y**) ja sool **C** (reaktsioon **III**). Edasisel kuumutamisel tekib samuti sool **C** ja eraldub eraldub kaheaatomiline lihtaine **E**, mis on vajalik eluks maal (reaktsioon **IV**). Kui soola **A** kuumutada katalüsaatori ( $\text{MnO}_2$ ) juuresolekul, tekivad kohe ühendid **C** ja **E** (reaktsioon **V**).

- a) Näidake arvutustega, millised on elemendid **X** ja **Y** ning mis on soola **A** valem. Andke soolale nimetus.
- b) Identifitseerige ained (valem + nimetus) **B - E**.
- c) Kirjutage reaktsioonide **I - V** tasakaalustatud reaktsioonivõrrandid. Määrake soolades **A, C** ja **D** elemendi **X** oksüdatsiooniaste. **(10)**

4. Etüleenglükool ( $C_2H_6O_2$ ) on lõhnata ja värvuseta magusa maitsega mürgine vedelik, mida kasutatakse antifriisina. Seda on võimalik saada epoksüetaani ( $C_2H_4O$ ) reageerimisel veega. Etüleenglükool tekib umbes 90% saagisega ning lisaks moodustuvad ka etüleenglükooli oligomeerid dietüleenglükool ( $M_r = 106,1$  g/mol) ja trietüleenglükool (150,2 g/mol), mille struktuurides on eetersidemed ja hüdroksüülrühmad. Kõrgema saagisega (>99%) saab etüleenglükooli toota OMEGA protsessis, kus epoksüetaan reageerib esmalt süsinikdioksiidiga. Tekib etüleenglükooli süsihappeester etüleenkarbonaat ( $C_3H_4O_3$ ), mis hüdrolüüsitakse etüleenglükooliks. Eralduvat süsihappegaasi saab aga uuesti kasutada sünteesi lähteainena.

- a) Milleks kasutatakse antifriise?
- b) Kirjutada etüleenglükooli, epoksüetaani, dietüleenglükooli, trietüleenglükooli ja etüleenkarbonaadi struktuurvalemid. Üheski ühendis pole hargnenud süsinikskeletti ega süsinik-süsinik kaksiksidet.
- c) Millise struktuuriga ühend tekib etüleenglükooli esterdamisel kahe ekvivalendi etaanhappega ( $CH_3COOH$ )?
- d) Esterdati võrdsed molaarsed hulgad etüleenglükooli ja etaanhapet. Milliste struktuuridega saadused ja millises vahekorras tekivad, kui reaktsioon kulgeb lõpuni ja hüdroksüülrühmade reaktsioonivõimed on ühesugused? **(10)**

5. Inimorganismi „ehitusüksusteks“ on rakud. Tüüpiline inimrakk on kuju poolest ligikaudu kera, mille läbimõõt on 20  $\mu m$ . Rakud moodustuvad omakorda väiksematest koostisosadest, nn organellidest. Üks olulisimaid organelle on tsentrosoom, mis on ka kerakujuline, läbimõõduga kõigest 200 nm. Tsentrosoom ise moodustub põhiliselt valkudest. Keskmise valgu molekulmass on 50 000 amü. Valgumolekuli kuju võib olla väga erinev, aga levinuim vorm on samuti kera, kuid läbimõõduga 50 Å ( $1 \text{ Å} = 10^{-10} \text{ m}$ ).

- a) Arvutage: **i)** tsentrosoomi ruumala, **ii)** keskmise valgumolekuli ruumala ning **iii)** leidke, mitu keskmise suurusega valgumolekuli on tsentrosoomis, eeldades, et valgud hõlmavad 75% tsentrosoomi ruumalast. Kera ruumala arvutamiseks kasutage järgmist valemit:

$$V = \frac{4}{3} \pi R^3$$

(R on kera raadius).

- b) Oletame, et teatud valk paikneb rakus ainult tsentrosoomis, mis koosneb ainult selle valgu molekulidest. Arvutage: **i)** selle valgu lokaalne (st tsentrosomaalne) molaarne kontsentratsioon ja **ii)** selle valgu keskmine hulk raku ruumala kohta (mol/l).

- c) Rakkude uurimisel kasutatakse sageli meetodit, kus rakumembraani (st ümbritsevat „seina“) keemiliselt lõhutakse ning rakusisu paiskub lahusesse. Meetodi korralikuks tööks on vajalik umbes miljoni raku olemasolu, kusjuures lõpplahuse ruumala on 100 korda suurem rakkude ruumalast. Arvutage, milline on eelmises alapunktis mainitud valgu kontsentratsioon lõpplahuses.
- d) Valkude kontsentratsiooni määramiseks kasutatakse sageli nn Bradfordin meetodit, mille korral vähim määratav kontsentratsioon on suurusjärgus 0,05 mg/ml. Hinnake, kas Bradfordin meetodi abil on võimalik määrata valgu kontsentratsiooni eelmises alapunktis mainitud lõpplahuses. **(10)**
6. Viies katseklaasis on lahused, milles esinevad järgmised ioonid: **Ba<sup>2+</sup>**, **Ag<sup>+</sup>**, **Al<sup>3+</sup>**, **Pb<sup>2+</sup>**, **NO<sub>3</sub><sup>-</sup>**, **SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>**, **I<sup>-</sup>**, **S<sup>2-</sup>**. Igas katseklaasis on ainult ühe soola lahus. Katseklaasides olevatele lahustele NaOH lahuse lisamisel toimusid järgmised muutused: nr **2**. – tekkis pruun sade; nr **3** ja **5** – tekkis valge sade; nr **1** ja **4** – muutuseta.
- a) Millised lahustuvad soolad võisid moodustuda loetletud ionidest (grupeerige katioonide järgi)? Anda nende süstemaatilised nimetused.
- b) Millised soolad on katseklaasides nr **1–5**? Kirjutada reaktsioonivõrrandid NaOH lahusega.
- c) Kirjutada reaktsioonivõrrandid, mis kirjeldavad katseklaasides nr **3** ja **5** asetleidvat sademe lahustumist leelise liias. Kuidas seda nähtust nimetatakse? **(10)**

**ОТКРЫТЫЕ СОРЕВНОВАНИЯ ПО ХИМИИ**  
**Младшая группа (9 и 10 класс)**  
**Таллинн, Тарту, Курессааре, Нарва, Пярну, Кохтла-Ярве**  
**10 ноября 2012**

1. Чтобы дополнить свою коллекцию цветных веществ, Виу Викаркаар решила синтезировать черный  $\text{CuO}$ , желтый  $\text{PbI}_2$  и зеленый  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ .

**a)** Как синтезировать  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ , используя  $\text{NH}_3$  и хромовую кислоту? Напишите уравнения необходимых реакций.

**b)** Как синтезировать  $\text{CuO}$ , используя  $\text{Cu}$ , разб.  $\text{HNO}_3$  и раствор  $\text{NaOH}$ ? На одном этапе данного синтеза выделяется легко окисляемый двухатомный газ. Напишите уравнения необходимых реакций.

**c)** Как синтезировать  $\text{PbI}_2$ , используя  $\text{PbCO}_3$ ,  $\text{I}_2$ , разб.  $\text{HNO}_3$  и раствор  $\text{NaOH}$ ? Простое вещество, используемое в синтезе, в одном из его этапов диспропорционирует: для одного и того же элемента одновременно происходит увеличение степени окисления на 5 единиц и снижение на 1. Напишите уравнения используемых реакций.

**d)** Поскольку Виу не очень аккуратна, она перепутала недавно синтезированный  $\text{PbI}_2$  с  $\text{CdS}$ ,  $\text{Ag}_2\text{CO}_3$  и  $\text{K}_2\text{CrO}_4$ , уже имеющимися у нее в коллекции. Однако эти вещества легко различить, используя раствор, содержащий катионы  $\text{X}^+$ , характерные для одного класса веществ. **i)** Приведите формулу иона  $\text{X}^+$ ? **ii)** Как различить данные вещества? Напишите соответствующие ионные уравнения реакций и признаки, проявляющиеся в реакциях, по которым различимы данные вещества. **(12)**

2. Студент приготовил 2 раствора. Раствор **A** – это 5%-ный раствор  $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  ( $m = 100$  г), раствор **B** – 12%-ный раствор  $\text{K}_2\text{CrO}_4$  ( $V = 80$  мл,  $\rho = 1,1$  г/см<sup>3</sup>). Раствор **A** кислый, поэтому хром в этом растворе в виде дихромата. При сливании растворов **A** и **B** получается раствор **C**, который тоже кислый и поэтому весь  $\text{K}_2\text{CrO}_4$  из раствора **B** становится дихроматом (то есть в растворе **C** нет ионов  $\text{CrO}_4^{2-}$ ):  $2\text{CrO}_4^{2-} + 2\text{H}^+ \rightarrow \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + \text{H}_2\text{O}$

**a)** Найти процентное содержание (по массе) ионов  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$  в растворе **C**.

**b)** К раствору **C** прибавили в избытке раствор, содержащий ионы  $\text{Cu}^{2+}$  и образовался осадок  $\text{CuCr}_2\text{O}_7 \cdot \text{H}_2\text{O}$ . Рассчитайте массу данного осадка. **(8)**

3. Соль **A** содержит 31,90 % калия, 28,93 % элемента **X** и 39,17 % элемента **Y**. Соль **A** можно получить при реакции двухатомного простого вещества  $\text{X}_2$  с основанием **B**; другими продуктами этой реакции (реакция **I**) являются соль **C** (47,56 % элемента **X**) и вода. Вещество  $\text{X}_2$  можно получить при реакции

диоксида марганца с хлороводородной кислотой (реакция II). При нагревании соли **A** сперва образуется соль **D** (28,21% калия, 25,59 % элемента **X** и 46,20 % элемента **Y**) и соль **C** (реакция III). При дальнейшем нагревании (реакция IV) образуется соль **C** и двухатомное простое вещество **E**, которое необходимо для существования жизни на Земле. А если соль **A** нагреть в присутствии катализатора ( $MnO_2$ ), то сразу образуются вещества **C** и **E** (реакция V).

**a)** Покажите расчетами элементы **X** и **Y**, а также рассчитайте формулу соли **A**. Приведите название соли.

**b)** Напишите формулы и названия веществ **B - E**.

Напишите уравнения реакций I – V. В солях **A**, **C** и **D** определите степень окисления элемента **X**. **(10)**

**4.** Этиленгликоль ( $C_2H_6O_2$ ) – ядовитая жидкость без цвета и запаха, обладающая сладким вкусом. Его широко используют в антифризах. Этиленгликоль можно получить при реакции эпоксиэтана ( $C_2H_4O$ ) с водой. В этой реакции этиленгликоль образуется с примерно 90% выходом, также в этой реакции образуются олигомеры этиленгликоля: диэтиленгликоль ( $M_r = 106,1$  г/моль) и триэтиленгликоль (150,2 г/моль), которые являются простыми эфирами и содержат также гидроксильную группу. Более эффективным (выход >99%) является OMEGA процесс для получения этиленгликоля. При этом эпоксиэтан сначала реагирует с диоксидом углерода и образуется сложный эфир угольной кислоты и этиленгликоля – этиленкарбонат ( $C_3H_4O_3$ ), из которого этиленгликоль получают в процессе гидролиза. Углекислый газ, образующийся в реакции можно снова использовать в качестве исходного вещества.

**a)** Для чего используют антифризы?

**b)** Напишите структурные формулы этиленгликоля, эпоксиэтана, диэтиленгликоля, триэтиленгликоля и этиленкарбоната. Ни в одном из этих веществ нет разветвлённого углеродного скелета и двойных связей между углеродами.

**c)** Какое вещество образуется при этерификации этиленгликоля 2 эквивалентами этановой кислоты ( $CH_3COOH$ )?

**d)** Этерификацию провели с равным количеством молей этиленгликоля и этановой кислоты. Продукты с какой структурой и в каком соотношении образуются, если реакция протекает до конца и реакционная способность гидроксильных групп одинаковая? **(10)**

5. Клетки являются „строительными блоками“ человеческого организма. Типичная клетка по форме шарообразна и имеет диаметр 20 микрометров. Клетки в свою очередь состоят из органелл. Одна из самых важных органелл – центросома. Центросома тоже имеет примерно шарообразную форму и её диаметр 200 нм. Она состоит в основном из белков. Средняя молекулярная масса белка 50 000 а.е.м. Белки бывают различной формы, но чаще всего встречаются сферические белки диаметром 50 Å (1 Å = 10<sup>-10</sup> м).

а) Рассчитайте: **i)** объем центросомы и **ii)** объем средней молекулы белка. **iii)** Сколько молекул белка среднего размера в центросоме, если белки занимают 75% её объема. Для расчёта объема шара используйте

формулу:  $V = \frac{4}{3}\pi R^3$  (R - радиус шара).

б) Предположим что определенный вид белка содержится только в центросоме и центросома состоит только из данного белка. Рассчитайте **i)** локальную молярную концентрацию данного белка (в центросоме) и **ii)** среднее содержание данного белка в клетке (моль/л).

с) Для исследования клеток часто химическим путем разрушают клеточную мембрану (клеточную стенку) и таким образом содержимое клетки попадает в раствор. Для корректного применения этого метода необходим примерно миллион клеток и объем полученного раствора должен быть в 100 раз больше объема используемых клеток. Рассчитайте концентрацию белка в растворе, полученном при анализе клеток из предыдущего пункта.

д) Для определения концентрации белка используют метод Брэтфорда. Для применения этого метода концентрация раствора должна быть порядка 0,05 мг/мл. Оцените можно ли определить методом Брэтфорда концентрацию белка в растворе из предыдущего пункта. **(10)**

6. В пяти пробирках имеются растворы, в которых содержатся следующие ионы: **Ba<sup>2+</sup>, Ag<sup>+</sup>, Al<sup>3+</sup>, Pb<sup>2+</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, I<sup>-</sup>, S<sup>2-</sup>**. В каждой пробирке содержится раствор только одной соли. При приливании к растворам в пробирках раствора NaOH наблюдались следующие изменения: № 2 - образовался коричневый осадок; № 3 и 5 - образовался белый осадок; № 1 и 4 - изменений не наблюдалось.

а) Какие растворимые соли могут образоваться из перечисленных ионов (сгруппировать по катионам)? Дать их систематические названия.

б) Какие соли содержатся в пробирках 1-5? Написать уравнения реакций с раствором NaOH.

с) Написать уравнения реакций, которые описывают растворение осадков в пробирках № 3 и 5 в избытке щелочи. Как называют это явление? **(10)**