

**Keemia lahtine võistlus**  
**Noorem rühm (9. ja 10. klass)**

*Tallinn, Tartu, Kuressaare, Narva, Pärnu, Kohtla-Järve 5. november 2005. a*

1. Selles ülesandes on tegu muinasjutumaailmaga, kus kristalse valge võluaine erineva protsendilise sisaldusega lahustel on alljärgnevad värvid:

Protsendiline sisaldus	Värvus	Protsendiline sisaldus	Värvus
>1 kuni 6	punane	>37 kuni 39	helesinine
>6 kuni 15	oranž	>39 kuni 45	sinine
>15 kuni 19	kollane	>45 kuni 50	violetne
>19 kuni 37	roheline	>50	värvitu

Võluaine maksimaalse protsendilise sisaldusega lahus on täpselt 50%; olgu kõikide lahuste tihedus  $1,5 \text{ g/cm}^3$ .

**a) i)** Arvutage, mitu grammi võluainet on vaja 5,45 L punase lahuse (5,45%) valmistamiseks. **ii)** Arvutage vee mass, mis võimaldaks punktis **i)** arvutatud võluaine kogusest saada küllastunud lahuse. (2)

**b)** 400 ml 47% lahusele lisati 348 g vett. **i)** Arvutage võluaine protsendiline sisaldus lõpplahuses ja **ii)** kirjutage, millised värvid esinesid kirjeldatud lahendamisel. (2)

**c)** 15% võluaine lahus seisis avatuna pikka aega päikese käes. Eeldades, et päikesekiirgus lahuse värvi ei muuda, põhjendage, miks ja millist värvi oli võluaine lahus peale pikaajalist seismist päikese käes. (2)

**d)** Kunstnik valas kokku 540 ml 5% lahust 435 g 42% lahusega.

**i)** Arvutage saadud lahuses võluaine protsendiline sisaldus.

**ii)** Kirjutage, millist värvi olid võluaine lähtelahused ja saadud lahus.

**iii)** Milline värv tekiks, kui sama värvi reaalsed lahused kokku valada? Eeldage, et reaktsiooni ei toimu ja värvus ei sõltu reaalsete ainete protsendilisest sisaldusest (2) **8 p**

2. Organismis edasikantud hapnikust on osa füüsikaliselt lahustunud vereplasmas, osa aga keemiliselt seotud hemoglobiiniga verelibledes. Hemoglobiinis on 54,6550% elementi **X**, 20,9383% elementi **Y**, 16,4012% elementi **Z**, 7,2852% elementi **Q**, 0,3850% elementi **A**; lisaks neile sisaldub hemoglobiini molekulis VIIIB rühma metalli **B** aatomeid. Element **X** sisaldub kõikides orgaanilistes ühendites. Elemendid **Y** ja **Q** moodustavad ühendi  $\text{Q}_2\text{Y}$ , milleta oleks elu võimatu. Element **Z** moodustab kaheaatomiliste molekulidena põhimise osa atmosfäärist. Ühes hemoglobiini molekulis on 780 elemendi **Z** aatomit. Elemendi **A** aatommass on kaks korda suurem elemendi **Y** aatommassist. Hemoglobiini on veres 140 g/liitris. Üks molekul hemoglobiini võib siduda kuni 4 molekuli hapnikku.

**a)** Kirjutage elementide **X**, **Y**, **Z** ja **Q** sümbolid ja nimetused. (2)

**b)** Arvutage hemoglobiini molaarmass. (1,5)

**c) i)** Arvutage elementide **A** ja **B** molaarmass; **ii)** kirjutage nende sümbolid ja nimetused (3)

**d)** Arvutage hemoglobiini empiiriline valem (aatommassid võtke maksimaalse täpsusega) (3)

**e)** Arvutage hapniku maksimaalne ruumala, mis kantakse edasi ühe liitri (täpselt) vere poolt. Eeldage, et ühes liitris vereplasmas lahustub 2 ml hapnikku ja hapniku molaarruumala inimkeha temperatuuril on  $25,4 \text{ dm}^3/\text{mol}$ . Vereplasma ruumala võrdub vere ruumalaga. (2,5) **12 p**

3. Metaan on maagaasi peamine komponent. Seda võib saada ka alumiiniumkarbiidi reageerimisel veega. Metaani põlemise saadusaineteks on oksiidid **A** ja **B**, mis pole võimalised edasi oksüdeeruma. Metaani reageerimisel kõrgel temperatuuril oksiidiga **A** moodustub vesinik ja sõltuvalt temperatuurist ning lähteainete vahekorra kas oksiid **D**

või oksiid **B**. Metaani kuumutamisel katalüsaatori juuresolekul moodustub samuti vesinik ning lihtaine **G**. Lihtaine **G** põlemisel moodustub oksiid **B**, mis hõõguva lihtaine **G** toimel redutseerub oksiidiks **D**. Oksiid **D** on väga mürgine redutseerivate omadustega gaas, mida kasutatakse metallide saamiseks. Ka lihtainet **G** kasutatakse metallide saamiseks, kus lihtaine **G** suure ülehulga tõttu võib moodustada nii oksiid **B** kui **D**. Oksiidist **D** ja vesinikust sünteesitakse kõrgel temperatuuril ja rõhul katalüsaatori juuresolekul metanooli.

a) Kirjutage oksiidide **A**, **B**, **D** ja lihtaine **G** valemid ja nimetused. (2)

b) Kirjutage reaktsioonivõrrandid i) alumiiniumkarbiid + vesi  $\rightarrow$ , ii) metaan +  $O_2 \rightarrow$ , iii) metaan + **A**  $\rightarrow H_2 + D$ , iv) metaan + **A**  $\rightarrow H_2 + B$ , v) metaan  $\xrightarrow{0t^0t} H_2 + G$ , vi) **G** +  $O_2 \rightarrow B$ , vii) **G** + **B**  $\rightarrow D$ , viii)  $Fe_3O_4 + D \rightarrow Fe + \dots$ , ix)  $CuO + G \rightarrow D$ , x)  $\rightarrow$  metanool (5) 7 p

4. Lihtained **A** ja **B** moodustavad oksiide **X**, **Y** ja **Z**. Oksiidi **X** kasutatakse suletud süsteemides väljahingatava õhu regenereerimiseks, kus saadusaineteks on vesiniksool **D** ja lihtaine **B**. Oksiid **X** võib laguneda oksiidiks **Y** ja lihtaineks **B**. Veega reageerimisel annavad oksiidid **X**, **Y** ja **Z** hüdroksiidi **E**, mille molaarmass on 56,1 g/mol. Oksiidide **X** ja **Y** reageerimisel veega moodustub veel oksiid **Q**. Nendes reaktsioonides sama hulga hüdroksiidi **E** tekkimisel moodustub aine **X** saadusainet **Q** kolm korda rohkem, kui seda saadakse aine **Y**. Aine **Q** laguneb nii kuumutamisel kui katalüsaatori toimel. Moodustuvad oksiid **G** ja lihtaine **B**. Oksiidide **X**, **Z** ja **G** molekulis on ühesugune arv aatomeid. **Y** ja **Q** molekulis on aatomeid võrreldes eelmistega ühe võrra rohkem.

a) Kirjutage ainete **A**, **B**, **D**, **E**, **G**, **X**, **Y**, **Z** ja **Q** valemid ja nimetused. (5)

b) Kirjutage reaktsioonivõrrandid: i)  $X + H_2O + CO_2 \rightarrow$ , ii)  $X \rightarrow Y + B$ , iii)  $X + H_2O \rightarrow$ , iv)  $Y + H_2O \rightarrow$ , v)  $Z + H_2O \rightarrow$ , vi)  $Q \rightarrow G + B$ , (6) 11 p

5. Element **Y** moodustab lihtaine **X**. Lihtaine **X** reageerib gaasilise lihtainega **A**, andes gaasilise aine **B**. Lihtaine **X** reageerib veega, moodustades hapete **B** ja **C** lahused. Aine **X** reageerimisel külma KOH lahusega moodustuvad soolad **D** ja **E** ning vesi. Kui nimetatud reaktsioon viia läbi kuuma KOH lahusega, siis soola **E** asemel moodustub sool **F**. Soola **F** molaarmass on soola **E** molaarmassist 32,0 g/mol võrra suurem. Soolades **E** ja **F** molekulis on üks elemendi **Y** aatom ja nendes on vastavalt 39,2% ja 29,0% elementi **Y** (massi järgi).

a) Toodud arvuliste väärtuste järgi arvutage elemendi **Y** molaarmass. (2,5)

b) Arvutage ühendite i) **E** ja ii) **F** molaarmassid. (1)

c) Kirjutage ainete **X**, **A**, **B**, **C**, **D**, **E** ja **F** valemid ja nimetused. (3,5)

d) Kirjutage reaktsioonivõrrandid: i)  $X + A \rightarrow$ , ii)  $X + H_2O \rightarrow$ , iii)  $X + KOH$  (külm)  $\rightarrow$ , iv)  $X + KOH$  (kuum)  $\rightarrow$ . (4) 11 p

6. Ühend  $YIO_x$  on valge kristalne aine, mis värvib leegi kollaseks. Selle vesilahus on neutraalne.  $10,35 \text{ cm}^3$  5,00% ( $1,034 \text{ g/cm}^3$ ) ühendi  $YIO_x$  lahust lisati hapestatud KI lahusele, mida oli võetud liias. Lahus muutus tumepruuniks, sest moodustus lihtaine **A**. Moodustunud lihtaine **A** hulk määrati  $Na_2S_2O_3$  0,6500 M lahusega, mida kulus  $30,77 \text{ cm}^3$ . Tiosulfaat oksüdeerub  $S_4O_6^{2-}$ -iooniks. Tiosulfaat ja lihtaine **A** reageerivad moolivahekorras 2 : 1.

a) Kirjutage i) elemendi **Y** sümbol ja ii) lihtaine **A** valem. (1)

b) Kirjutage i) ionide  $IO_x^-$ ,  $I^-$  ja  $H^+$  vahelise reaktsiooni ioonvõrrand ja ii) elektronide ülemineku võrrandid. (4)

c) Kirjutage i) tiosulfaatiooni ja lihtaine **A** vahelise reaktsiooni ioonvõrrand ja ii) vastavad elektronide üleminekuvõrrandid. Märkige ionides oleva väevli oksüdatsiooniastmed. (2)

d) Põhjendage ja arvutage ühendi  $YIO_x$  valem. (4) 11 p

**Открытые соревнования по химии**  
**Младшая группа (9 и 10 кл.)**

*Таллинн, Тарту, Курессааре, Нарва, Пярну, Кохтла-Ярве; 5 ноября 2005 г.*

1. Действие этой задачи происходит в сказочном мире, где растворы белого волшебного кристаллического вещества в зависимости от его процентного содержания имеют разную окраску:

Процентное содержание	Цвет	Процентное содержание	Цвет
>1 до 6	красный	>37 до 39	голубой
>6 до 15	оранжевый	>39 до 45	синий
>15 до 19	жёлтый	>45 до 50	фиолетовый
>19 до 37	зелёный	>50	бесцветный

Раствор с максимальным содержанием в нем волшебного вещества - ровно 50%-ый; сделаем приближение, что плотность всех растворов равна  $1,5 \text{ г/см}^3$ .

**a) i)** Рассчитайте, сколько граммов волшебного вещества потребуется для приготовления 5,45 л раствора красного цвета (5,45%). **ii)** Рассчитайте массу воды, необходимой для приготовления насыщенного раствора из взятой в пункте **i)** массы волшебного вещества. (2)

**b)** К 400 мл 47% раствора прибавили 348 г воды. **i)** Рассчитайте процентное содержание волшебного вещества в конечном растворе и **ii)** опишите, как изменялся цвет раствора по мере разбавления. (2)

**c)** 15% раствор волшебного вещества долгое время стоял открытым на солнце. Предположив, что солнечное излучение не изменяет цвет раствора, объясните, почему и как изменилась окраска раствора на солнце. (2)

**d)** Художник слил 540 миллилитров 5% раствора с 435 граммами 42% раствора. **i)** Рассчитайте процентное содержание волшебного вещества в полученном растворе. **ii)** Напишите, какого цвета были исходные и полученный растворы волшебного вещества. **iii)** Раствор какого цвета получился бы, если бы слили реальные растворы такой же окраски? Предположите, что реакции не происходит и окраска не зависит от процентного содержания реальных веществ. (2) **8 б**

2. Часть транспортируемого в организме кислорода физически растворена в плазме крови, часть - химически связана гемоглобином в клетках крови. В гемоглобине содержится 54,6550% элемента **X**, 20,9383% элемента **Y**, 16,4012% элемента **Z**, 7,2852% элемента **Q**, 0,3850% элемента **A**, а также содержатся атомы металла **B** VIIIВ группы. Элемент **X** содержится во всех органических соединениях. Элементы **Y** и **Q** образуют соединение  $\text{Q}_2\text{Y}$ , без которого жизнь была бы невозможна. Элемент **Z** в виде двухатомных молекул составляет большую часть атмосферы. В одной молекуле гемоглобина содержится 780 атомов элемента **Z**. Атомная масса элемента **A** в два раза больше атомной массы элемента **Y**. Содержание гемоглобина в

крови 140 г/литр. Одна молекула гемоглобина может связать до четырех молекул кислорода.

- a) Напишите символы и названия элементов **X**, **Y**, **Z** и **Q**. (2)
- b) Рассчитайте молярную массу гемоглобина. (1,5)
- c) i) Рассчитайте молярную массу элементов **A** и **B** и ii) напишите их символы и названия. (3)
- d) Рассчитайте эмпирическую формулу гемоглобина (атомные массы возьмите с максимальной точностью). (3)
- e) Рассчитайте максимальный объем кислорода, который переносится ровно одним литром крови. Предположите, что в одном литре плазмы крови растворено 2 мл кислорода и молярный объем кислорода при температуре тела человека равен 25,4 дм<sup>3</sup>/моль. Объем плазмы крови равен объему крови. (2,5) **12 6**

**3.** Метан является основным компонентом природного газа. Его можно получить реакцией карбида алюминия с водой. Продуктами сгорания метана являются оксиды **A** и **B**, которые не могут окисляться дальше. В реакции метана при высокой температуре с оксидом **A** образуется водород и, в зависимости от температуры и от соотношения исходных веществ, оксид **D** или оксид **B**. При нагревании метана в присутствии катализатора образуется также водород и простое вещество **G**. При сгорании простого вещества **G** образуется оксид **B**, который под действием раскаленного простого вещества **G** восстанавливается до оксида **D**. Оксид **D** - очень ядовитый газ с восстанавливающими свойствами, который используют для получения металлов. Также и простое вещество **G** используют для получения металлов, где в случае большого избытка простого вещества **G** может образоваться как оксид **B**, так и оксид **D**. Из оксида **D** и водорода в присутствии катализатора при высоких температуре и давлении синтезируют метанол.

- a) Напишите формулы и названия оксидов **A**, **B**, **D** и простого вещества **G** (2)
- b) Напишите уравнения реакций i) карбид алюминия + вода →, ii) метан + O<sub>2</sub> →, iii) метан + **A** → H<sub>2</sub> + **D**, iv) метан + **A** → H<sub>2</sub> + **B**, v) метан  $\xrightarrow{0\text{ }t^0\text{ }t}$  H<sub>2</sub> + **G**, vi) **G** + O<sub>2</sub> → **B**, vii) **G** + **B** → **D**, viii) Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> + **D** → Fe + ..., ix) CuO + **G** → **D**, x) → метанол. (5) **7 6**

**4.** Простые вещества **A** и **B** образуют оксиды **X**, **Y** и **Z**. Оксид **X** используют для регенерации выдыхаемого воздуха в замкнутой системе, где продуктами реакции являются кислая соль **D** и простое вещество **B**. Оксид **X** может разложиться на оксид **Y** и простое вещество **B**. При реакции оксидов **X**, **Y** и **Z** с водой образуется гидроксид **E** с молярной массой 56,1 г/моль. При реакции оксидов **X** и **Y** с водой еще образуется оксид **Q**. В данных реакциях при образовании одинакового количества гидроксида **E** из вещества **X** образуется в три раза больше продукта реакции **Q**, чем когда исходным веществом является **Y**. Вещество **Q** разлагается как при нагревании, так и под действием катализатора. Образуются оксид **G** и простое вещество **B**. В молекуле оксидов **X**, **Z** и **G** одинаковое число атомов. В молекуле оксидов **Y**

и **Q** число атомов по сравнению с предыдущими молекулами на один больше.

**a)** Напишите формулы и названия веществ **A, B, D, E, G, X, Y, Z** и **Q**. (5)

**b)** Напишите уравнения реакций **i) X + H<sub>2</sub>O + CO<sub>2</sub> →**, **ii) X → Y + B**, **iii) X + H<sub>2</sub>O →**, **iv) Y + H<sub>2</sub>O →**, **v) Z + H<sub>2</sub>O →**, **vi) Q → G + B**, (6) **11 б**

**5.** Элемент **Y** образует простое вещество **X**. Простое вещество **X** реагирует с простым газообразным веществом **A** с образованием газообразного вещества **B**. Простое вещество **X** реагирует с водой с образованием растворов кислот **B** и **C**. Вещество **X** реагирует с холодным раствором **KOH**, образуя соли **D** и **E**, а также воду. Если эту реакцию провести с горячим раствором **KOH**, то вместо соли **E** образуется соль **F**. Молярная масса соли **F** на 32,0 г/моль больше молярной массы соли **E**. В молекулах солей **E** и **F** имеется по одному атому элемента **Y**; в них содержание по массе элемента **Y** равно соответственно 39,2% и 29,0%.

**a)** Рассчитайте молярную массу элемента **Y** по исходным численным данным. (2,5)

**b)** Рассчитайте молярные массы соединений **i) E** и **ii) F**. (1)

**c)** Напишите формулы и названия веществ **X, A, B, C, D, E** и **F**. (3,5)

**d)** Напишите уравнения реакций **i) X + A →**, **ii) X + H<sub>2</sub>O →**, **iii) X + KOH (холодный) →**, **iv) X + KOH (горячий) →**. (4) **11 б**

**6.** Соединение **YIO<sub>x</sub>** - белое кристаллическое вещество, которое окрашивает пламя в желтый цвет. Его водный раствор имеет нейтральную реакцию. 10,35 см<sup>3</sup> 5,00% раствора соединения **YIO<sub>x</sub>** (1,034 г/см<sup>3</sup>) прибавили к подкисленному раствору **KI**, который был взят в избытке. Раствор стал темно-коричневым, так как образовалось простое вещество **A**. Образовавшееся количество простого вещества **A** определили 0,6500 М раствором **Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>**, которого израсходовали 30,77 см<sup>3</sup>. Тиосульфат окисляется до **S<sub>4</sub>O<sub>6</sub><sup>2-</sup>**-иона. Тиосульфат и простое вещество **A** реагируют в мольном соотношении 2 : 1.

**a)** Напишите **i)** символ элемента **Y** и **ii)** формулу простого вещества **A**. (1)

**b)** Напишите **i)** ионное уравнение для реакции между ионами **IO<sub>x</sub><sup>-</sup>**, **I<sup>-</sup>** и **H<sup>+</sup>**; **ii)** уравнения перехода электронов. (4)

**c)** Напишите **i)** ионное уравнение между тиосульфат-ионами и простым веществом **A**; **ii)** соответствующие уравнения перехода электронов. В ионах указать степень окисления серы. (2)

**d)** Обоснуйте и рассчитайте формулу соединения **YIO<sub>x</sub>**. (4) **11 б**