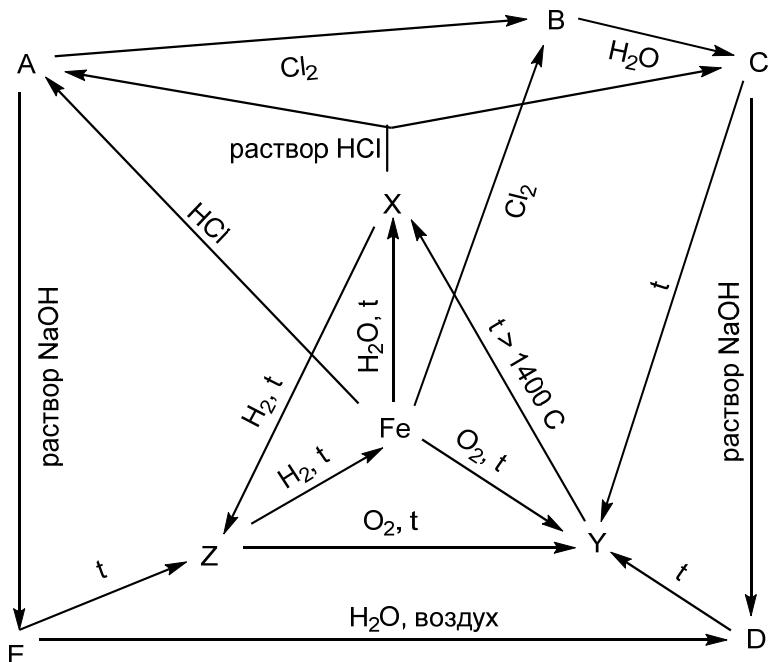


**Республиканская олимпиада по химии – 2018**  
**Казань, 25–26 января 2018 г.**  
**8 класс**  
**Автор заданий И.А. Седов**  
**1 тур**

**Задание 1**

*Иду в воду – красен, выйду – черен.  
 Русская народная загадка.*

Перед вами – схема химических превращений с участием соединений железа. Напишите формулы всех зашифрованных веществ, приведите уравнения всех превращений с коэффициентами. Какие из них являются соединениями закисного (двувалентного), а какие – окисного (трехвалентного) железа?



Известно, что соединение **C** содержит в формульной единице 12 атомов водорода.

**Задание 2**

*Мать сына родила, а сын мать.  
 Украинская народная загадка.*

Вещество **X** образуется, например, при реакции гидрофторида аммония  $\text{NH}_4\text{HF}_2$  с оксидом ванадия (III), а также при реакции малонового эфира  $\text{CH}_2(\text{COOC}_2\text{H}_5)_2$  с маргариновым альдегидом  $\text{C}_{16}\text{H}_{33}\text{CHO}$ .

1. Напишите формулу вещества **X**.

2. Запишите уравнение еще одной реакции, в результате которой получается вещество **X**.
3. Какой объем может занимать 1 моль вещества **X** при нормальных условиях?
4. Одна из разновидностей вещества **X** плавится при 4 °C при атмосферном давлении. Что это за разновидность?

### Задание 3

*На “кал” начинается, на “ий” кончается.  
Химическая народная загадка.*

При нагревании 5,137 мг черного оксида некоторого элемента сначала образуется 5,054 мг другого его оксида, а при более сильном нагревании – 4,992 мг еще одного, бледно-зеленого оксида, в котором степень окисления этого элемента на единицу меньше, чем в черном оксиде. С помощью расчета определите, о каком элементе идет речь, и установите формулы этих оксидов.

### Задание 4

*Зеленый лев пожирает солнце.  
Алхимическая народная загадка.*

Одним из немногих веществ, способных растворить золото, является царская водка, представляющая собой смесь концентрированной азотной и соляной кислот. Растворение происходит вследствие образования в присутствии хлорид-ионов устойчивых комплексных анионов  $[\text{AuCl}_4]^-$ .

По данным элементного анализа, образец царской водки содержит 64,4% кислорода и 7,75% водорода по массе.

1. Определите массовую долю обеих кислот в царской водке. Каково мольное соотношение  $\text{HCl} : \text{HNO}_3$ ?
2. Какова была концентрация кислот, использованных для приготовления царской водки, если известно, что масса соляной кислоты превышала массу азотной ровно в 4 раза?
3. После упаривания и охлаждения раствора, получившегося после растворения золота в царской водке, в осадок выпали желтые кристаллы. При прокаливании 0,1000 г этих кристаллов образуется 0,0478 г золота. Установите формулу кристаллов. Запишите уравнение реакции термического разложения.
4. Напишите уравнение реакции взаимодействия царской водки с золотом, если известно, что в ходе реакции выделяется оксид азота (II).

## 2 тур

### Задание 5

В конце 60-х – начале 70-х годов в журнале “Химия и жизнь” печатались научно-популярные статьи, рассказывающие о свойствах каждого из элементов таблицы Менделеева. Позже эти статьи были изданы в виде отдельного двухтомника под названием “Популярная библиотека химических элементов”. Мы рекомендуем всем вам почитать эти статьи, которые теперь можно найти в Интернете.

Мы привели выдержки из статей о 6 различных элементах, заменив их названия знаком ? К каждому элементу относятся ровно 2 выдержки. В ответе укажите только символ элемента, соответствующего каждой выдержке.

1. Сходство ? с алюминием принесло немало хлопот и автору периодического закона Д.И. Менделееву. Именно из-за этого сходства в середине прошлого века ? считали трехвалентным элементом с атомным весом 13,8.
2. Промышленный процесс извлечения ? из руд – цианирование – основан на взаимодействии ? с цианидами щелочных металлов:  
$$4? + 8\text{KCN} + 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 \rightarrow 4\text{K}[?(\text{CN})_2] + 4\text{KOH}$$
3. Первые соединения ? с водородом были получены П. Джонсом и Л. Тейлором еще в 1881 г. Долгое время охотников заниматься этими соединениями было немного. Они нестойки, ядовиты, скверно пахнут и, главное, очень странно построены. Попробуйте определить, какую валентность проявляет ? в таких, например, соединениях: ?<sub>2</sub>H<sub>6</sub>, ?<sub>4</sub>H<sub>10</sub>, ?<sub>5</sub>H<sub>9</sub>, ?<sub>10</sub>H<sub>14</sub>.
4. Ган заметил при этом, что на руднике в Фалюне, где собирается сера, необходимая для производства кислоты, также ощущается подобный запах, указывающий на присутствие теллура. Любопытство, вызванное надеждой обнаружить в этом коричневом осадке новый редкий металл, заставило меня исследовать осадок. Приняв намерение отделить теллур, я не смог, однако, открыть в осадке никакого теллура. Тогда я собрал все, что образовалось при получении серной кислоты путем сжигания фалюнской серы за несколько месяцев, и подверг полученный в большом количестве осадок обстоятельному исследованию.
5. Однако в последние десятилетия наибольшая часть ? идет не в лампочки, а в металлургию, металлообработку и некоторые смежные с ними отрасли промышленности. <...> Уже существуют металлургические цеха объемом в несколько тысяч кубометров с атмосферой, состоящей из ? высокой чистоты. В этих цехах работают в изолирующих костюмах, а дышат подаваемым через шланги воздухом (выдыхаемый воздух отводится также через шланги); запасные дыхательные аппараты закреплены на спинах работающих.
6. Со щелочами ? реагирует, образуя соли. Многие из них имеют сладковатый вкус, но пробовать на язык их нельзя. <...> Разрывная прочность этих бронз больше, чем у многих легированных сталей.

7. .? – один из последних стабильных элементов таблицы Менделеева. И из тяжелых элементов – самый доступный, с отработанной веками технологией добычи, с разведанными рудами. И очень пластичный. И очень удобный в обработке. <...> Пятнадцати-двадцати-сантиметрового слоя ? достаточно, чтобы предохранить людей от действия излучения любого известного науке вида.

8. Некоторые ученые считают, что отношение 81:19 непостоянно и что в недрах земли происходит частичное разделение и перераспределение изотопов ?

9. Примерно 88% калия-40 подвергается бета распаду и превращается в кальций-40. Но в 12 случаях из 100 (в среднем) ядра калия-40 не излучают, а, наоборот, захватывают по одному электрону с ближайшей к ядру К-орбиты («К-захват»). Захваченный электрон соединяется с протоном – образуется новый нейтрон в ядре и излучается нейтрино.

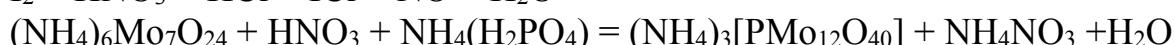
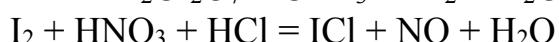
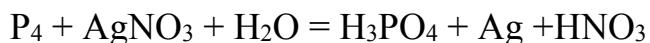
10. При действии серной и соляной кислот на поверхности ? образуется труднорастворимая пленка сульфата или хлорида ?, препятствующая дальнейшему разрушению металла; органические же кислоты образуют легкорастворимые соли, которые ни в коей мере не могут защитить поверхность металла.

11. При плавлении ? образуется жидкость, состоящая опять-таки из цепей и замкнутых колец. Есть восьмичленные кольца, есть и более многочисленные «объединения». То же и в растворе. Попытки определить молекулярный вес ? в растворе в  $\text{CS}_2$  дали цифру 631,68.

12. Из разговоров на стоянке Крестовая он узнал, что тунгусы (эвенки), промышляющие зверя и птицу, покупают порох в фактории, а свинец добывают сами. Оказывается, по руслу речки Тонгуда можно набрать много «мягких желтых камней», которые легко округлить, а по весу они такие же тяжелые, как и свинец.

## Задание 6

Расставьте коэффициенты в уравнениях реакций:



## **Экспериментальный тур**

### **Задание 7**

Вам выданы неподписанные пробирки, в каждую из которых налит разбавленный раствор одной из следующих кислот:  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{HBr}$ ,  $\text{HNO}_3$ , либо чистая вода. (Содержимое всех пробирок различно).

Определите, что находится в каждой из пробирок, используя выданные вам реактивы: гидроксид натрия, хлорид бария и нитрат серебра. Запишите уравнения всех реакций, которые могут быть использованы для определения каждого вещества.

## Краткие решения

### Задание 1.

**A – FeCl<sub>2</sub>**

**B – FeCl<sub>3</sub>**

**C – FeCl<sub>3</sub>·6H<sub>2</sub>O**

**D – Fe(OH)<sub>3</sub>**

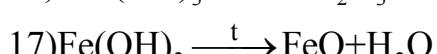
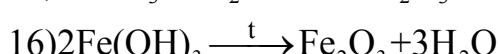
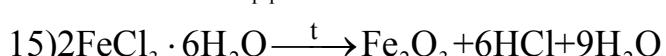
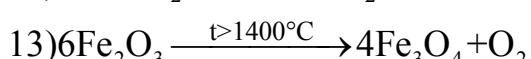
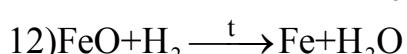
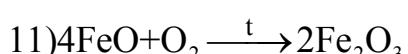
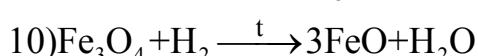
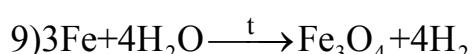
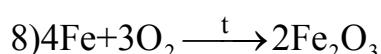
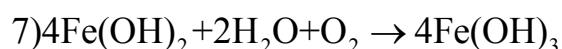
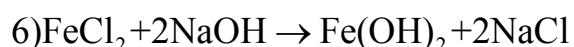
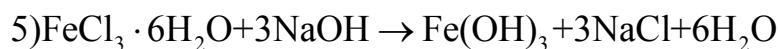
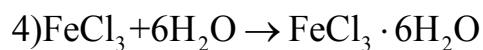
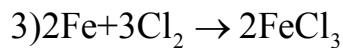
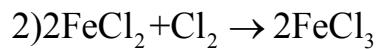
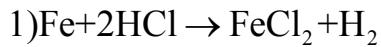
**E – Fe(OH)<sub>2</sub>**

**X – Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>**

**Y – Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>**

**Z – FeO**

**A, E, Z, X – закисное, B, C, D, Y, X – окисное**

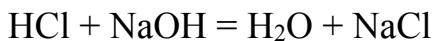
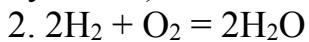


**По 0,5 балла за каждое вещество, по 0,5 балла за верную реакцию (без коэффициентов 0,25 балла), 0,25 балла за верное отнесение каждого вещества.**

**Итого 14,5 баллов.**

## Задание 2.

1. Общими элементами в обеих реакциях являются только водород и кислород. Тогда веществом **X** гипотетически могут быть водород, кислород, вода и перекись водорода, однако единственным разумным вариантом является **вода (2,5 балла)**. (Также можно обратить внимание на температуру плавления в пункте 4).



**(1 балл за любую верную реакцию с коэффициентами)**

3. Нормальные условия соответствуют температуре плавления воды. 1 моль воды может занимать либо объем около **18 мл (1,5 балла)**, либо  $18/0,9 = 20$  мл (лед) **(1,5 балла)**.

4. Этой разновидностью является **тяжелая вода (2 балла)**

**Итого 8,5 баллов.**

## Задание 3.

Решать задачу проще всего с превращения оксида I в оксид III. Убыль массы, очевидно, связана с выделением кислорода. Можно записать реакцию следующим образом:



Убыль массы при превращении оксида I в оксид III составляет:

$$\Delta m = 5.137 - 4.992 = 0.145 \text{ мг},$$

что соответствует  $0.000145/16 = 0.000009063$  моль, или  $0.009063$  ммоль атомов кислорода, выделившихся в ходе реакции.

Тогда молярная масса  $\text{Э}_2\text{O}_{x-1}$  составляет  $4.992 \text{ мг}/0.009063 \text{ ммоль} = 550.84 \text{ г/моль}$ .

При переборе  $x$  от 2 (минимального) до 8 получаем следующие значения атомных масс:

x	M(Э)	Э	Оксид I	Оксид III
2	267	–		
3	259	Md, No, Lr	No <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	NoO
4	251	Cf	CfO <sub>2</sub>	Cf <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
5	243	Am	Am <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	AmO <sub>2</sub>
6	235	<sup>235</sup> U	UO <sub>3</sub>	U <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
7	227	Ac	Ac <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	AcO <sub>3</sub>
8	219	–		

Подсказкой для выбора в пользу калифорния может служить загадка либо доскональное знание химии и цветов соединений трансурановых элементов...

$n(\text{CfO}_2) = 0.018$  ммоль. При реакции оксид I → оксид II выделяется  $(5.137 - 5.054)/32 = 0.00259$  ммоль кислорода – в 7 раз меньше. Значит, протекает реакция:



Оксид II  $\text{Cf}_7\text{O}_{12}$ .

**Э – Cf, оксид I –  $\text{CfO}_2$ , оксид II –  $\text{Cf}_7\text{O}_{12}$ , оксид III –  $\text{Cf}_2\text{O}_3$ .**

**4 балла за расчет молярной массы, 2 балла за верный элемент, 4 балла за верный оксид II (в том числе в виде  $\text{E}_{14}\text{O}_{7x-4}$ ), по 1 баллу за оксиды I и III. Итого 12 баллов.**

#### Задание 4.

1. Для расчета содержания каждой кислоты в растворе выразим их концентрацию в мольных долях. Пусть в растворе содержится  $x \text{ HNO}_3$ ,  $y \text{ HCl}$  и  $(1-x-y)$  воды. Тогда

$$\frac{16 \cdot 3x + 16 \cdot (1-x-y)}{63x + 36,5y + 18(1-x-y)} = 0,644$$

$$\frac{x + y + 2 \cdot (1-x-y)}{63x + 36,5y + 18(1-x-y)} = 0,0775$$

Решая систему, находим, что  $x(\text{HNO}_3) = 0,04645$  и  $y(\text{HCl}) = 0,16294$ , мольная доля воды равна 0.79061. **Мольное соотношение 1:3,5** (Такой результат получается при атомной массе водорода принятой 1.000. Если взять атомную массу 1.008, как в таблице,  $x(\text{HNO}_3) = 0,049460$  и  $y(\text{HCl}) = 0,163265$ , мольная доля воды равна 0.787275. **Мольное соотношение 1:3,3**)

$$w(\text{HNO}_3) = \frac{0,04645 \cdot 63}{0,04645 \cdot 63 + 0,16294 \cdot 36,5 + 18 \cdot 0,79061} = \frac{2,926}{23,105} = 0,127 \quad (\text{при } A(\text{H})=1.008, \text{ ответ будет } 0,134)$$

$$w(\text{HCl}) = \frac{0,16294 \cdot 36,5}{0,04645 \cdot 63 + 0,16294 \cdot 36,5 + 18 \cdot 0,79061} = \frac{5,947}{23,105} = 0,257 \quad (\text{при } A(\text{H})=1.008, \text{ ответ будет } 0,256)$$

**По 2 балла за массовые доли кислот, 2 балла за мольное соотношение.**

2. Массовая доля азотной кислоты  $x$ , массовая доля соляной кислоты  $y$ ,  $m(\text{HCl}) = 4m(\text{HNO}_3) = 4n$

$$\frac{4x}{4n+n} = 0,257 \quad (\text{для атомной массы водорода 1.008 } \frac{4x}{4n+n} = 0,256)$$

**$x = 0,32$  (для атомной массы водорода 1.008  $x=0,32$ )**

$$\frac{y}{4n+n} = 0,127 \quad (\text{для атомной массы водорода 1.008 } \frac{y}{4n+n} = 0,134)$$

**$y = 0,635$  (для атомной массы водорода 1.008  $x=0,67$ )**

**По 2 балла за массовые доли кислот.**

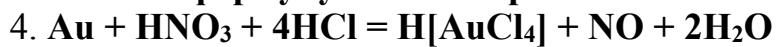
3. Очевидно, что выпадают кристаллы  $\text{H}[\text{AuCl}_4]$ . Но если рассчитать молекулярную массу желтых кристаллов, она окажется больше молекулярной массы  $\text{H}[\text{AuCl}_4]$ :

$$M(\text{ желтые кристаллы}) = 0.1000/(0.0478/196.97) = 412.07 \text{ г/моль}$$

$$M(H[AuCl_4]) = 339,7865 \text{ г/моль}$$

$\Delta M = 72.2835 \text{ г/моль}$ , что соответствует 4 молекулам воды. Формула желтых кристаллов  $H[AuCl_4] \cdot 4H_2O$

**3 балла за формулу желтых кристаллов.**



**2 балла за реакцию с коэффициентами.**

**Итого 15 баллов.**

## **2 тур**

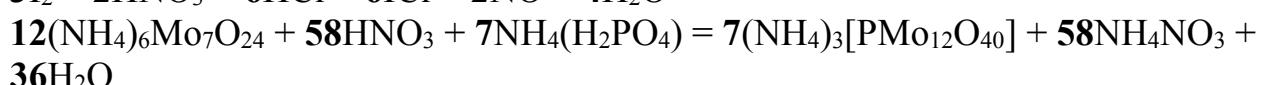
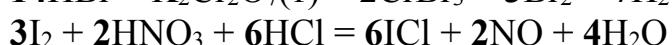
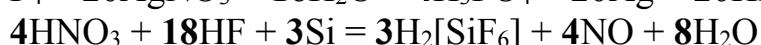
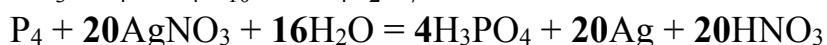
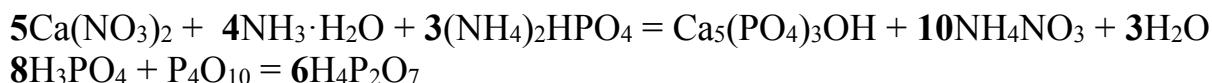
### **Задание 5**

1. Be
2. Au
3. B
4. Se
5. Ar
6. Be
7. Pb
8. B
9. Ar
10. Pb
11. Se
12. Au

**По 1 баллу за каждый элемент.**

**Итого 12 баллов.**

### **Задание 6**



**По 1 баллу за каждое уравнение.**

**Итого 8 баллов.**

## Экспериментальный тур

### Задание 7

1.  $\text{AgNO}_3 + \text{HCl} = \text{AgCl} + \text{HNO}_3$
2.  $2\text{AgNO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{Ag}_2\text{SO}_4 + 2\text{HNO}_3$
3.  $3\text{AgNO}_3 + \text{H}_3\text{PO}_4 + 3\text{NaOH} = \text{Ag}_3\text{PO}_4 + 3\text{NaNO}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$
4.  $\text{AgNO}_3 + \text{HBr} = \text{AgBr} + \text{HNO}_3$
5.  $\text{BaCl}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{BaSO}_4 + 2\text{HCl}$
6.  $3\text{BaCl}_2 + 2\text{H}_3\text{PO}_4 + 6\text{NaOH} = \text{Ba}_3(\text{PO}_4)_2 + 6\text{NaCl} + 6\text{H}_2\text{O}$
7.  $\text{Ba}_3(\text{PO}_4)_2 + 6\text{HNO}_3 = 3\text{Ba}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{H}_3\text{PO}_4$

$\text{H}_2\text{SO}_4$  – 2 белых осадка

$\text{HCl}$  – 1 белый осадок

$\text{H}_3\text{PO}_4$  – 2 осадка, один желтый

$\text{HBr}$  – 1 желтый осадок

$\text{HNO}_3, \text{H}_2\text{O}$  – осадка нет

$\text{HNO}_3$  растворяет  $\text{Ba}_3(\text{PO}_4)_2$

**За каждое верно определенное вещество 2,5 балла.**

**За верные уравнения реакций 1–6 по 2 балла, реакции 7 3 балла.**

**Итого 30 баллов.**