

Республиканская олимпиада по химии – 2018

Казань, 25–26 января 2018 г.

8 класс

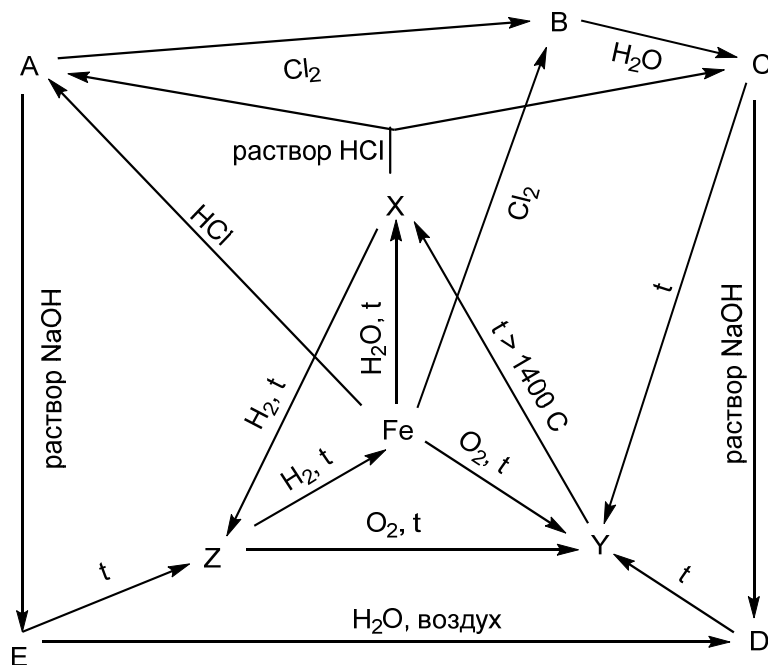
Автор заданий И.А. Седов

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 (двухвалентного), а какие – окисного (трехвалентного) железа?



Известно, что соединение С 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 NH_4HF_2 с оксидом ванадия (III), а также при реакции малонового эфира $\text{CH}_2(\text{COOC}_2\text{H}_5)_2$ с маргаритовым 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 °С 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: $?\text{H}_6$, $?\text{H}_{10}$, $?\text{H}_9$, $?\text{H}_{14}$.
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 отработанный 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.

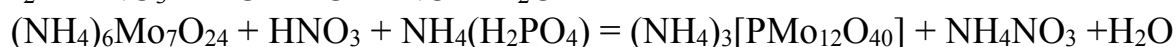
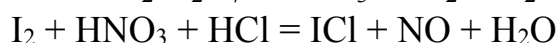
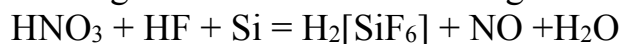
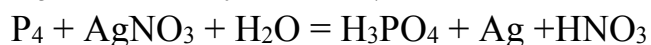
10. При действии серной и соляной кислот на поверхности ? образуется труднорастворимая пленка сульфата или хлорида ?, препятствующая дальнейшему разрушению металла; органические же кислоты образуют легкорастворимые соли, которые ни в коей мере не могут защитить поверхность металла.

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 CS₂ дали цифру 631,68.

12. Из разговоров на стоянке Крестовая он узнал, что тунгусы (эвенки), промысляющие 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: H_2SO_4 , HCl , H_3PO_4 , HBr , 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 – FeCl₂

B – FeCl₃

C – FeCl₃·6H₂O

D – Fe(OH)₃

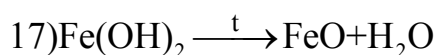
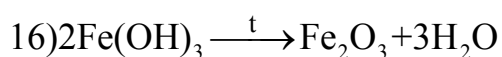
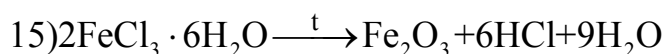
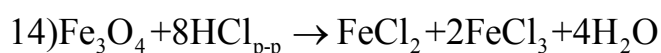
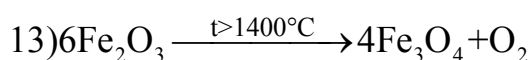
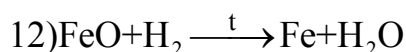
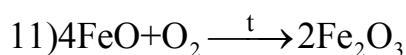
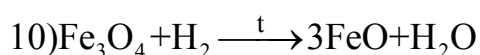
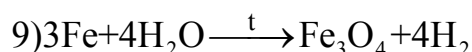
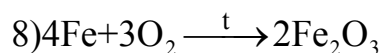
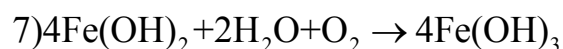
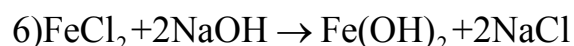
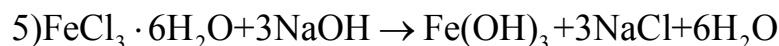
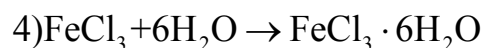
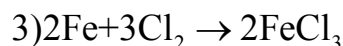
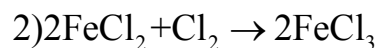
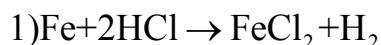
E – Fe(OH)₂

X – Fe₃O₄

Y – Fe₂O₃

Z – FeO

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

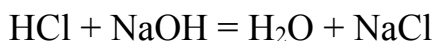
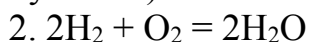


По 0,5 балла за каждое вещество, по 0,5 балла за верную реакцию (без коэффициентов 0,25 балла), 0,25 балла за верное отнесение каждого вещества.

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 $18/0,9 = \mathbf{20 \text{ мл (лед) (1,5 балла)}}$.

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 ₂ O ₃	NoO
4	251	Cf	CfO ₂	Cf ₂ O ₃
5	243	Am	Am ₂ O ₅	AmO ₂
6	235	²³⁵ U	UO ₃	U ₂ O ₅
7	227	Ac	Ac ₂ O ₇	AcO ₃
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 Cf_7O_{12} .

Э – Cf, оксид I – CfO_2 , оксид II – Cf_7O_{12} , оксид III – Cf_2O_3 .

4 балла за расчет молярной массы, 2 балла за верный элемент, 4 балла за верный оксид II (в том числе в виде $\text{Э}_{14}\text{O}_{7x-4}$), 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 HNO_3 , y 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**)

$$w(\text{HNO}_3) = \frac{0.04645 \cdot 63}{0.04645 \cdot 63 + 0.16294 \cdot 36.5 + 18 \cdot 0.79061} = \frac{2.926}{23.105} = \mathbf{0.127} \quad (\text{при } A(\text{H})=1.008, \text{ ответ будет } \mathbf{0.134})$$

$$w(\text{HCl}) = \frac{0.16294 \cdot 36.5}{0.04645 \cdot 63 + 0.16294 \cdot 36.5 + 18 \cdot 0.79061} = \frac{5.947}{23.105} = \mathbf{0.257} \quad (\text{при } A(\text{H})=1.008, \text{ ответ будет } \mathbf{0.256})$$

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

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

$$\frac{4x}{4n + n} = 0.257 \quad (\text{для атомной массы водорода } 1.008) \quad \frac{4x}{4n + n} = 0.256$$

$x = 0.32$ (для атомной массы водорода 1.008 $x = 0.32$)

$$\frac{y}{4n + n} = 0.127 \quad (\text{для атомной массы водорода } 1.008) \quad \frac{y}{4n + n} = 0.134$$

$y = 0.635$ (для атомной массы водорода 1.008 $y = 0.67$)

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 $\text{H}[\text{AuCl}_4]$:

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

$M(\text{H[AuCl}_4]) = 339,7865 \text{ г/моль}$

$\Delta M = 72.2835 \text{ г/моль}$, что соответствует 4 молекулам воды. Формула желтых кристаллов $\text{H[AuCl}_4] \cdot 4\text{H}_2\text{O}$

3 балла за формулу желтых кристаллов.

4. $\text{Au} + \text{HNO}_3 + 4\text{HCl} = \text{H[AuCl}_4] + \text{NO} + 2\text{H}_2\text{O}$

2 балла за реакцию с коэффициентами.

Итого 15 баллов.

2 тур

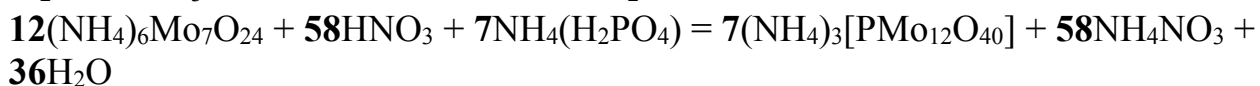
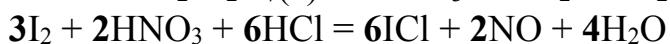
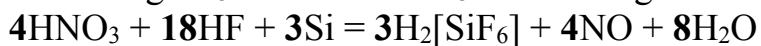
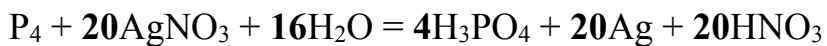
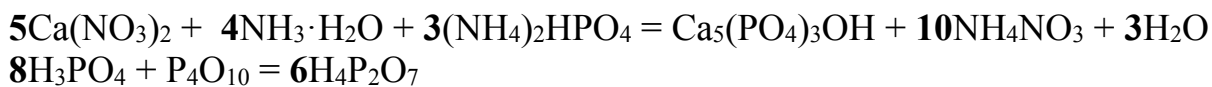
Задание 5

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. $\text{Ba}_3(\text{PO}_4)_2 + 6\text{HNO}_3 = 3\text{Ba}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{H}_3\text{PO}_4$

H_2SO_4 – 2 белых осадка

HCl – 1 белый осадок

H_3PO_4 – 2 осадка, один желтый

HBr – 1 желтый осадок

HNO_3 , H_2O – осадка нет

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.