

**Областная олимпиада по химии им. Н.Н. Семёнова
2019-2020 учебный год**

7-8 КЛАСС

(продолжительность – 3 часа; общее количество баллов 100)

Задача 1

Решение.

1. Рассмотрим изотоп урана-238. В атоме урана-238 число протонов равно 92 (порядковый номер элемента в периодической таблице Д.И. Менделеева), число нейтронов равно 146 (238-92), число электронов 92 (порядковый номер элемента в периодической таблице Д.И. Менделеева). В атоме кислорода число протонов равно 8, число нейтронов равно 8 (16-8), число электронов 8. Таким образом, в $^{238}\text{UO}_2^{2+}$ общее число протонов равно $92+2\cdot 8=108$, общее число нейтронов $146+2\cdot 8=162$, а число электронов $92+2\cdot 8-2=106$.

2. Если заменить изотоп урана-238 на изотоп урана-235, то изменяется только число нейтронов: в изотопе урана-235 число нейтронов равно **143**. Таким образом, в $^{235}\text{UO}_2^{2+}$ общее число протонов равно $92+2\cdot 8=108$, общее число нейтронов $143+2\cdot 8=151$, а число электронов $92+2\cdot 8-2=106$.

Ответ: 1) $^{238}\text{UO}_2^{2+}$: $p=108$, $n=162$, $e=106$; 2) $^{235}\text{UO}_2^{2+}$: $p=108$, $n=159$, $e=106$.

Разбалловка: (7 баллов)

за правильное понимание физического смысла порядкового номера и атомной массы атома – 1 балл,

за правильный расчет числа протонов, нейтронов и электронов в $^{238}\text{UO}_2^{2+}$ и $^{235}\text{UO}_2^{2+}$ (по 3 балла за ион)– 6 баллов.

Задача 2

Решение.

1. Составим систему уравнений и решим ее:

$$\begin{cases} A(X) = 2A(Y) \\ A(Y) = 1.75A(Z), 3.5A(Z) - A(Z) = 40, 2.5A(Z) = 40, \\ A(X) - A(Z) = 40 \end{cases}$$

$$A(Z) = 16, A(Y) = 28, A(X) = 56.$$

Получаем, что элемент **X** – это железо (**Fe**), элемент **Y** – кремний (**Si**), а элемент **Z** – кислород (**O**).

2. Между собой эти элементы могут образовывать несколько химических соединений – кремнийсодержащих солей железа (FeSiO_3 ; Fe_2SiO_4 ; $\text{Fe}_2(\text{SiO}_3)_3$ и др. Молекулярная масса соединения **A** равна $8.25\cdot 16$ г/моль= 132 г/моль. Условию задачи удовлетворяет метасиликат железа (II) FeSiO_3 ($M(\text{FeSiO}_3)=132$ г/моль).

Ответ: элемент **X** – железо (Fe), элемент **Y** – кремний (Si), элемент **Z** – кислород (O), химическое соединение **A** – FeSiO_3 – метасиликат железа (II).

Разбалловка: (10 баллов)

за составление системы уравнений и определение элементов – 5 баллов,
за определение элементов – 3 балла,
за определение вещества А – 1 балл,
за название и формулу соединения А – 1 балла.

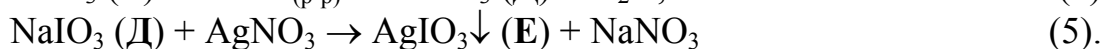
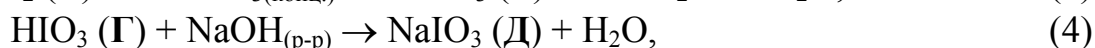
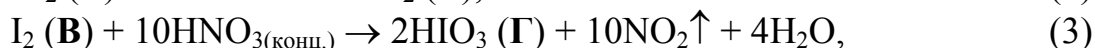
Задача 3

Решение.

1. Исходя из сведений по веществам **А** и **Б**, а также уравнению реакции с участием MnO_2 нетрудно установить, что вещество **А** это HCl , а простое вещество **Б** – Cl_2 .

2. Исходя из реакции Cl_2 с холодным раствором KI можно однозначно установить, что простое вещество **В** – I_2 . Поскольку **Г** – кислородсодержащая кислота, являющаяся продуктом окисления I_2 , нетрудно понять, что **Г** это HIO_3 . Далее очевидно, что **Д** и **Е** это $NaIO_3$ и $AgIO_3$, соответственно. Вывод о том, что **Е** это $AgIO_3$ подтверждается сведениями о том, что $AgIO_3$ плохо растворимо в воде (см. таблицу растворимости).

3. Запишем уравнения реакций:



4. Йод - важный элемент, играющий ключевую роль в жизни человека:

- в медицине – 3-х или 5-процентный спиртовой раствор йода используется для дезинфекции кожи вокруг повреждения (рваной, резаной или иной раны), но не для приёма внутрь при дефиците йода в организме;

- в криминалистике - пары йода применяются для обнаружения отпечатков пальцев на бумажных поверхностях, например, на купюрах;

- в технике - используется в качестве компонента положительного электрода (окислителя) в литиево-ионных аккумуляторах для автомобилей; в производстве источников света и др.;

- биологическая роль - у животных и человека йод входит в состав так называемых тиреоидных гормонов, вырабатываемых щитовидной железой — тироксина и трийодтиронина, оказывающих многостороннее воздействие на рост, развитие и обмен веществ организма.

Ответ: **А** – HCl ; **Б** – Cl_2 ; **В** – I_2 ; **Г** – HIO_3 ; **Д** – $NaIO_3$; **Е** – $AgNO_3$.

Разбалловка: (16 баллов)

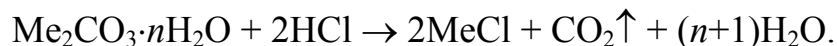
за определение веществ А и Б (по 1.5 балла за вещество) – 3 балла,
за определение веществ В, Г и Д (по 1 баллу за вещество) – 3 балла,
за определение вещества Е – 2 балла,
за реакции 2, 4 и 5 (за каждую по 1 баллу за реакцию) – 3 балла,
за реакции 1 и 3 (за каждую по 1.5 балла за реакцию) – 3 балла,
за указание областей применения йода (В) – 1 балл.

Задача 4

Решение.

1. Запишем общую формулу кристаллогидрата карбоната неизвестного щелочного металла – $Me_2CO_3 \cdot nH_2O$.

2. Запишем уравнение реакции взаимодействия $Me_2CO_3 \cdot nH_2O$ с соляной кислотой:



Определим число молей CO_2 , выделившегося в данной реакции:

$$n(CO_2) = 0.786 \text{ л} / 22.4 \text{ л/моль} = 0.035 \text{ моль}.$$

Из уравнения реакции видно, что $n(Me_2CO_3 \cdot nH_2O) = n(CO_2) = 0.035 \text{ моль}$.

3. Определим молекулярную массу:

$$M(Me_2CO_3 \cdot nH_2O) = 8 \text{ г} / 0.035 \text{ моль} = 228 \text{ г/моль}.$$

Анализируя полученное значение можно сделать вывод о том, что искомым металлом не может быть цезий, поскольку значения его удвоенной атомной массы равна 268 г/моль, что превышает молекулярную массу кристаллогидрата карбоната металла. Далее определение состава искомого кристаллогидрата удобно представить в виде таблицы

1	2	3	4	5	6	7
Rb	$Rb_2CO_3 \cdot nH_2O$	228	168	-3	-	не подходит
K	$K_2CO_3 \cdot nH_2O$			90	5	подходит
Na	$Na_2CO_3 \cdot nH_2O$			122	6.78	не подходит
Li	$Li_2CO_3 \cdot nH_2O$			154	8.55	не подходит

1- металл; 2 – формула кристаллогидрата; 3 – $M(Me_2CO_3 \cdot nH_2O)$ (г/моль); 4 – $M(Me_2CO_3 \cdot nH_2O) - M(CO_3^{2-})$; 5 – $M(Me_2CO_3 \cdot nH_2O) - M(CO_3^{2-}) - 2A(Me)$; 6 – $n = M(nH_2O)/18$; 7 – вывод.

Из данных таблицы следует, что речь идет о пентагидрате карбоната калия: $K_2CO_3 \cdot 5H_2O$.

4. Старое название соли - *поташ*. Поташ - одна из солей, известных людям ещё в древности. Карбонат калия применяют: для изготовления жидкого мыла; для производства хрустального, оптического или тугоплавкого стекла; для выращивания сельскохозяйственных культур (соли калия являются хорошим удобрением для растений); в фотографии как элемент проявителей; в качестве добавки в строительный раствор и бетон для уменьшения температуры замерзания; как поглотитель сероводорода при очистке газов; как обезвоживающий агент; зарегистрирован в качестве пищевой добавки E501.

Ответ: $K_2CO_3 \cdot 5H_2O$.

Разбалловка: (17 баллов)

за составление общей формулы кристаллогидрата – 1 балл,

за определение числа молей CO_2 (2 балла) и $Me_2CO_3 \cdot nH_2O$ (1 балл) - 3 балла,

за молекулярной массы определение $Me_2CO_3 \cdot nH_2O$ – 2 балла,

за определение формулы $Me_2CO_3 \cdot nH_2O$ – 8 баллов,

за тривиальное название (1 балл) и указание областей применения (2 балла)
 $Me_2CO_3 \cdot nH_2O$ – 3 балла.

Задача 5

Решение.

1. Самый распространенный в земной коре элемент - это кислород.
 Определим массовую долю кислорода в минерале:

$$\omega(O) = 100\% - 38.83\% - 18.06\% - 1.17\% = 41.94\%.$$

2. Общая формула, характеризующая состав минерала - $Ca_xP_yC_zO_k$.
 Определим коэффициенты x , y , z и k , составив атомный фактор:

$$x : y : z : k = \frac{38.83}{40} : \frac{18.06}{31} : \frac{1.17}{12} : \frac{43.11}{16} =$$

$$= 0.971 : 0.583 : 0.0975 : 2.694 = 10 : 6 : 1 : 27.$$

Таким образом, получаем – $Ca_{10}P_6CO_{27}$ или $3Ca_3(PO_4)_2 \cdot CaCO_3$
 (смешанная соль).

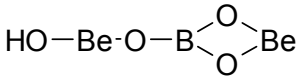
Ответ: $Ca_{10}P_6CO_{27}$ или $3Ca_3(PO_4)_2 \cdot CaCO_3$.

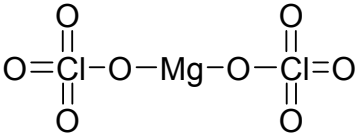
Разбалловка: (12 баллов)

за установление кислорода - 2 балла,
 за определение массовой доли кислорода – 2 балла,
 за составление атомного фактора – 5 баллов,
 за составление молекулярной формулы – 3 балла.

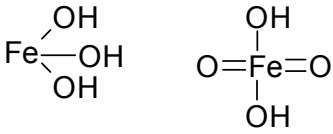
Задача 6

Решение.

1) Be_2HO_4OB – **содержит ошибку** (лишний атом кислорода); речь идет об основном борате бериллия –  $Be_2(OH)BO_3$ (**основная соль**);

2) Cl_3MgO_{11} – **содержит ошибку** (лишние атомы кислорода и хлора); речь идет о перхлорате магния –  $Mg(ClO_4)_2$ (**средняя соль**);

3) $SO_{14}Na_2H_{20}$ – соответствует декагидрату сульфата натрия (гауберова соль) - $Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$ (**кристаллогидрат соли**);

4) O_4FeH_3 – **содержит ошибку** (лишний атом кислорода или водорода); речь идет о гидроксиде железа (III) –  $Fe(OH)_3$ (**гидроксид**) или о железной кислоте – H_2FeO_4 ;

5) $FeK_3N_6C_6$ – соответствует гексацианоферрат (III) калия (красная кровяная соль) – $K_3[Fe(CN)_6]$ (**комплексная соль**);

6) $GaH_6Na_3O_6$ – соответствует гексагидроксогаллату (III) натрия – $Na_3[Ga(OH)_6]$ (**комплексная соль**);

7) H_5O_4PNNa – соответствует гидрофосфату натрия-аммония – $NaNH_4HPO_4$ (**двойная соль**);

8) ClH_2PbO_2 – **содержит ошибку** (содержит лишнюю OH-группу); речь идет об основном хлориде свинца (II) – $Pb(OH)Cl$ (**основная соль**);

9) $F_6H_{12}N_3Al_2$ – **содержит ошибку** (содержит лишний атом Al); речь идет о *гексафтороалюминате аммония* – $(NH_4)_3[AlF_6]$ (**комплексная соль**);

10) $H_{20}B_4O_{17}Na_2$ – соответствует декагидрату *тетрабората натрия (бура)* - $Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$ (**кристаллогидрат соли**);

11) N_2CaO_4 – соответствует *нитриту кальция* – $Ca(NO_2)_2$ (**средняя соль**);

12) $S_2AlO_{20}H_{24}K$ – соответствует *додэкагидрату сульфата калия-алюминия (алюмокалиевые квасцы)* – $KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$ (**двойная соль**);

13) S_3CK_2 – соответствует *третиокарбонат калия* – K_2CS_3 (**средняя соль**).

Разбалловка: (13 баллов)

за правильный ответ по 1 баллу за каждое вещество - 13 баллов.

Задача 7

Решение.

1. Пусть в 1 литре воды растворяется 4.6 литров неизвестного газа **X**. Рассчитаем число молей газа **X**, растворившегося в 1 л воды (воспользуемся уравнением Менделеева-Клапейрона):

$$PV = \nu RT, \quad \nu = PV/RT,$$

$$\nu = (1.01 \cdot 10^5 \text{ (Па)} \cdot 0.0046 \text{ (м}^3)) / (8.314 \text{ (Дж/моль} \cdot \text{К)} \cdot 273 \text{ (К)}) = 0.2 \text{ моль}$$

2. Определим массу газа **X**, образующего 0.675%-ный раствор в воде ($m(H_2O) = 1000 \text{ г}$):

$$\omega = \frac{m(X) \cdot 100\%}{m(H_2O) + m(X)}, \quad 0.675 = \frac{m(X) \cdot 100\%}{1000 + m(X)}, \quad m(X) = 6.796 \text{ г}$$

3. Отсюда, молекулярная масса вещества **X** равна:

$$M(X) = m(X) / \nu(X) = 6.796 / 0.2 = 34 \text{ г/моль}$$

Условию задачи удовлетворяет сероводород H_2S , который при растворении в воде образует кислоту. Итак **X** – H_2S .

4. Растворимость H_2S в воде при $0^\circ C$ (s^0) составляет 0.6796 г, тогда растворимость H_2S в воде при $40^\circ C$ (s^{40}) составляет 0.2265 г.

5. Сероводород – газ, растворимость газов уменьшается с ростом температуры. Причина состоит в том, что все газы растворяются с выделением теплоты (отсутствуют межмолекулярные взаимодействия в газовой фазе и возникают между молекулами газа и растворителя), поэтому повышение температуры смещает равновесие в сторону обратного, эндотермического процесса - выделение газов из раствора.

Ответ: **X** – H_2S ; $s^0 = 0.6796 \text{ г/100 г } H_2O$; $s^{40} = 0.2265 \text{ г/100 г } H_2O$.

Разбалловка: (15 баллов)

за расчет числа молей газа **X** - 3 балла,

за определение массы вещества **X** в растворе – 3 балла,

за определение вещества **X** – 3 балла,

за расчет растворимости **X** при разных температурах (по 1.5 балла за температуру) – 3 балла,

за ответ об уменьшении растворимости газа с ростом температуры - 3 балла.

Задача 8

Решение.

По вертикали. 1. Нептуний. 2. Водород. 3. Кислород. 4. Кобальт. 5. Никель. 6. Ртуть. 7. Цинк. 8. Германий.

По горизонтали. 1. Пробирка.

Экспериментальный тур

(продолжительность – 3 часа; общее количество баллов 30)

Предлагается *одна из возможных схем* проведения анализа, что необходимо при оценивании результатов данного этапа олимпиады.

1. С помощью индикаторной бумаги легко обнаруживается и *раствор* $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ – бумага окрашивается в *синий цвет*. Из предложенных веществ только *раствор* $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ изменяет окраску индикатора. Следовательно, в *пробирке №5* – водный раствор *аммиака*. Этот вывод также подтверждается по характерному запаху из пробирки.

2. Наблюдения при смешении содержимого пробирок заносятся в таблицу и сравниваются с предварительно составленной таблицей. Видно, что раствор в *пробирке №2* не даёт осадок ни в каком из возможных случаев. Это указывает на то, что в *пробирке №2* водный раствор NH_4NO_3 (*нитрат аммония*).

3. После добавления в *пробирку №3* по каплям раствора аммиака вначале образуется белый осадок, который при дальнейшем прибавлении аммиака растворяется. Это указывает на наличие в *пробирке №3* водного раствора ZnSO_4 (*сульфат цинка*). Напротив, при выполнении той же последовательности действий в случае с раствором из *пробирки №4* образующийся первоначально белый осадок в избытке аммиака не растворяется. В данном случае речь идет о водном растворе $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ (*сульфат алюминия*).

4. Идентифицировав растворы $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ и ZnSO_4 нетрудно определяется раствор в *пробирке №1* – водный раствор BaCl_2 (*хлорид бария*): в обоих случаях образуется белый кристаллический осадок.

	NH_4NO_3	$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$	$\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$	ZnSO_4	BaCl_2
NH_4NO_3		-	-	-	-
$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$	-		↓ (белый)	-	↓ (белый)
$\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$	-	↓ (белый)		↓ (белый), затем растворяется	-
ZnSO_4	-	-	↓ (белый), затем растворяется		↓ (белый)
BaCl_2	-	↓ (белый)	-	↓ (белый)	

5. Содержание *пробирки №6* может быть выполнено по следующей схеме:

а) реакция среды на индикатор – нейтральная (предположение, что это водный раствор соли);

б) раствор имеет голубую окраску – возможно раствор содержит ионы Cu^{2+} (предположение, что это водный раствор соли меди (II));

в) наблюдения при смешении содержимого *пробирок №1-№5*, приведенные в таблице:

	NH_4NO_3	$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$	$\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$	ZnSO_4	BaCl_2
раствор X	-	-	↓ (голубой), затем синий раствор	-	↓ (белый)

указывают на то, что водный раствор вещества X содержит SO_4^{2-} ионы, поскольку при смешении растворов из *пробирок №1* и *№6* образуется белый осадок;

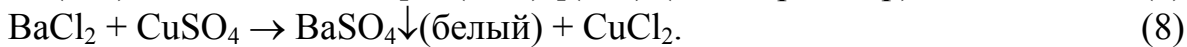
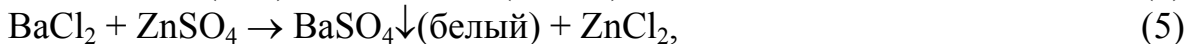
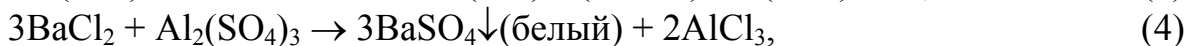
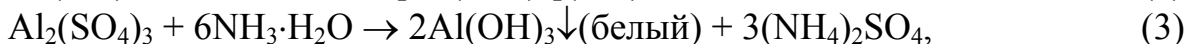
г) после добавления в *пробирку №6* по каплям раствора аммиака вначале образуется голубой осадок, который при дальнейшем прибавлении аммиака растворяется с образованием раствора ярко-синего цвета, что указывает на образование комплекса между Cu^{2+} -ионами и аммиаком.

Таким образом, в *пробирке №6* содержится водный раствор CuSO_4 (сульфат меди).

В итоге, получаем:

- *пробирка №1* – водный раствор BaCl_2 ;
- *пробирка №2* - водный раствор NH_4NO_3 ;
- *пробирка №3* - водный раствор ZnSO_4 ;
- *пробирка №4* - водный раствор $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$;
- *пробирка №5* - водный раствор $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$;
- *пробирка №6* - водный раствор CuSO_4 .

7. Уравнения возможных реакций:



Разбалловка: (30 баллов)

за составление общего хода анализа и составление таблицы – 4 балла,

за определение раствора аммиака – 2 балла,

за определение нитрата аммония – 2 балла,

за определение хлорида бария – 2 балла,

за определение сульфата алюминия – 3 балла,

за определение сульфата цинка – 3 балла,

за определение сульфата меди (3 балла за открытие ионов меди (II) и 3 балла за открытие сульфат-ионов) – 6 баллов,

за уравнения реакций (по 1 баллу за реакцию) – 8 баллов.

Внимание! Разбалловка дана применительно к данному решению. В случае другого правильного варианта решения можно использовать другую разбалловку, но суммарное число баллов не должно превышать 30!

