

**Областная олимпиада по химии им. Н.Н. Семёнова
2020-2021 учебный год**

7-8 КЛАСС

(продолжительность – 3 часа; общее количество баллов 110)

Задача 1

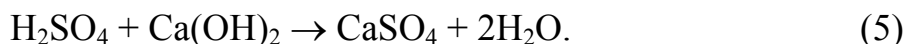
Решение.

1. В реакциях нейтрализации участвуют кислоты и основания. Одним из продуктов этих реакций является вода. Сумма всех протонов в воде равна 10. Далее определяем кислоту. Предположим, что вещество, содержащее 36 протонов – одноосновная кислота, тогда число протонов в кислотном остатке равно $36-1=35$. Проверяем, не является ли это вещество бескислородной кислотой. Нетрудно видеть, что атом брома содержит 35 протонов. Таким образом, кислота в первом уравнении – HBr.

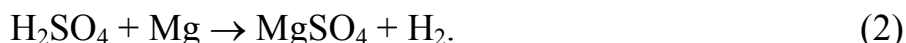
2. Рассуждая аналогично в случае основания (одна OH-группа содержит 9 протонов и далее варьируя кислотность основания), находим, что вещество с 20 протонами это гидроксид натрия – NaOH. Таким образом:



По такой же методике определяем вещества, зашифрованные в уравнении (5):



3. В реакциях замещения один из участников простое вещество. Нетрудно видеть, что в реакции (2) вещество с 12 протонами это магний – Mg, а вещество с двумя протонами – молекулярный водород (H_2). Следовательно, речь идёт о реакции взаимодействия магния с какой-то из кислот. Перебирая несколько вариантов, находим, что искомая кислота – серная. Таким образом:



По такой же методике определяем вещества, зашифрованные в уравнении (4):



4. В реакции соединения могут вступать как простые так и сложные вещества. Если предположить, что речь идёт о простых веществах, то сразу можно установить, что в реакцию (3) вступили барий (56 протонов) и молекулярный хлор (34 протона). Таким образом:



Разбалловка: (10 баллов)

за правильное определение зашифрованных соединений (по 2 балла за реакцию или по 0.5 балла за каждое вещество) – 10 баллов.

Задача 2

Решение.

1. Определим молекулярную массу вещества А: $M(\text{A}) = 10 \cdot M(\text{NH}_3) = 170$ г/моль.

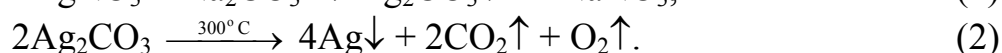
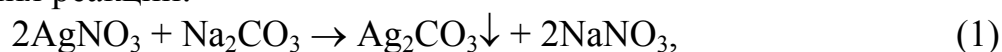
2. Из условия задачи следует, что в реакции (1) при действии раствора карбоната натрия на вещество **A** образуется желтый осадок. Логично предположить, что речь идет об образовании какого-то карбоната желтого цвета, который является термически неустойчивым и распадается до простого вещества **X** (очевидно металла). Судя по описанию свойств речь может идти о каком-то соединении серебра.

3. Предположим, что один из трех элементов **X**, **Y** или **Z** – кислород. Если принять, что это элемент **Z** ($A(O)=16$ г/моль), тогда $A(X)=16$ г/моль $\cdot 6.75 = 108$ г/моль. Элемент **X** – серебро (Ag), что согласуется с уже высказанными предположениями. Итак, элемент **X** – Ag, **Z** – O.

4. Нетрудно видеть, что элемент **Y** – азот ($A(Y)=A(O)\cdot 2=14$ г/моль).

5. Искомое вещество **A** – нитрат серебра ($AgNO_3$) ($M(AgNO_3)=170$ г/моль). Тривиальные названия – *ляпис*, *адский камень*.

6. Уравнения реакций:



Ответ: **X** – Ag, элемент **Y** – N, элемент **Z** – O; вещество **A** – $AgNO_3$.

Разбалловка: (12 баллов)

за определение серебра – 3 балла,

за определение кислорода и азота (по 2 балла за элемент) – 4 балла,

за определение нитрата серебра – 2 балла,

за уравнения реакций (по 1 баллу за уравнение) – 2 балла,

за тривиальное название (по 0.5 балла за название) – 1 балл.

Задача 3

Решение.

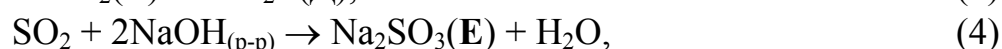
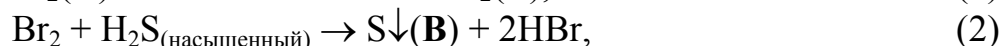
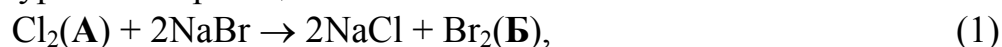
1. Исходя из сведений по веществам **Г** и **Д** (50% кислорода), а также уравнению реакции с участием **Г** нетрудно установить, что вещество **Г** это кислород (O_2), а вещество **Д** – оксид серы (IV) (SO_2). Также отсюда следует, что простое вещество **В** – сера (S).

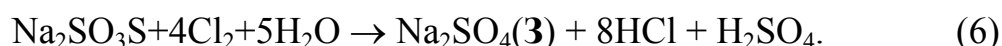
2. При взаимодействии оксида **Д** с раствором гидроксида натрия образуется Na_2SO_3 (или $NaHSO_3$) – соль **Е**.

3. В реакции Na_2SO_3 с серой образуется тиосульфат натрия (Na_2SO_3S) – вещество **Ж**, которое применяется в фотографии под названием "фиксаж". Также это вещество часто называют "антихлор".

4. Нетрудно видеть, что простое вещество, образующееся в первой реакции – бром (Br_2) (вещество **Б**). Тогда веществом **A** может быть хлор (Cl_2), который как и кислород (**Г**) при обычных условиях газ.

5. Запишем уравнения реакций:





Ответ: А – Cl₂; Б – Br₂; В – S; Г – O₂; Д – SO₂; Е – Na₂SO₃; Ж – Na₂SO₃S; З – Na₂SO₄.

Разбалловка: (14 баллов)

за определение каждого вещества (по 1 баллу за вещество) – 8 баллов,
за уравнение реакций 1-6 (за каждое уравнение реакции по 1 баллу) – 6 баллов.

Задача 4

Решение.

1. Анализ условий задачи позволяет сделать вывод о том, что в реакцию с соляной кислотой вступил неизвестный металл **X**. Действительно, если масса исходного сплава 10 г, то масса нерастворившегося остатка составила – 8.125 г, что соответствует суммарной массе входящего в состав сплава Вi и Pb (для Вi: 10·0.5 = 5 г; для Pb: 10·0.3125 = 3.125 г). Таким образом, имеем



2. Определим число молей выделившегося водорода:

$$v(\text{H}_2) = 0.35294 \text{ л} / 22.4 \text{ л/моль} = 0.015756 \text{ моль}.$$

Если предположить, что металл **X** – одновалентный, то тогда из уравнения (1) следует, что $v(\text{X})=0.0315125$ моль. В этом случае относительная атомная масса металла равна $1.875/0.0315125 = 59.5$ г/моль. Метал, обладающий такой атомной массой и валентностью I не существует.

Если предположить, что металл **X** – двухвалентный, то тогда из уравнения (1) следует, что $v(\text{X})=0.015756$ моль. В этом случае относительная атомная масса металла равна $1.875/0.015756 = 119$ г/моль. Метал, обладающий такой атомной массой и валентностью II существует – это олово (Sn). Итак металл **X** – Sn.

3. Определим металл, который растворяется в 80%-ной серной кислоте. Известно, что потеря массы от 8.125 г составляет 38.46%, значит растворилось 3.125 г ($8.125 \text{ г} \cdot 0.3846 = 3.125 \text{ г}$). Очевидно, что это свинец. Запишем уравнение реакции:

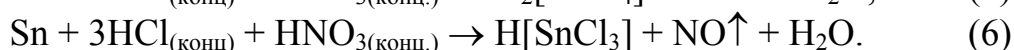
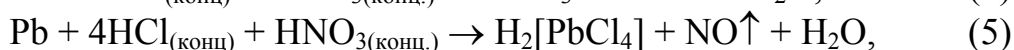


4. Остаток, образовавшийся после действия серной кислотой представляет собой висмут, который при сильном нагревании реагирует с кислородом (при этом образуется оксид висмута (III) – Вi₂O₃):



Масса образовавшегося оксида Вi₂O₃ составляет 5.574 г ($n(\text{Вi}_2\text{O}_3)=0.01196$ моль; $m(\text{Вi}_2\text{O}_3)= 0.01196 \cdot 466 \text{ г/моль}=5.574 \text{ г}$).

5. Весь сплав может раствориться в царской водке:



Ответ: X - Sn.

Разбалловка: (17 баллов)

за определение олова – 8 баллов,

за составление уравнений реакций (1)-(3 (по 2 балла за реакцию)) – 6 баллов,

за составление уравнений реакций (4)-(6) (по 1 баллу за реакцию) - 3 балла.

Задача 5

Решение.

1. В условии задачи сказано, что минерал *мохит* относится к группе сульфидов. Следовательно, в его состав входит сера. Таким образом, один из элементов **X**, **Y** и **Z** – сера (S).

2. Голубой цвет раствора, полученного при растворении *мохита* в серной кислоте может указывать на присутствие в минерале меди (Cu). Это подтверждается данными условия задачи, поскольку атомная масса меди в 2 раза больше атомной массы серы. Таким образом, элементы **X** и **Z** – медь и сера, соответственно.

3. Определим молекулярную массу соединения. Предположим, что брутто-формула *мохита* содержит один атом меди, тогда

$$\omega(\text{Cu}) = \frac{A(\text{Cu})}{M} \cdot 100\%, \quad M = \frac{A(\text{Cu})}{\omega(\text{Cu})} \cdot 100\% = 171.5 \text{ г/моль.}$$

Определение масса серы

$$m(\text{S}) = n(\text{S}) \cdot 32 = 171.5 \cdot 0.27.988 = 48 \text{ г}$$

показывает, что число атомов серы ($n(\text{S})$) – не целое число.

4. Предположим, что брутто-формула *мохита* содержит два атома меди, тогда

$$\omega(\text{Cu}) = \frac{2 \cdot A(\text{Cu})}{M} \cdot 100\%, \quad M = \frac{2 \cdot A(\text{Cu})}{\omega(\text{Cu})} \cdot 100\% = 343 \text{ г/моль.}$$

Расчет массы серы в этом случае

$$m(\text{S}) = n(\text{S}) \cdot 32 = 343 \cdot 0.27.988 = 96 \text{ г}$$

позволяет определить, что число атомов серы ($n(\text{S})$)=3.

5. Таким образом на неизвестный элемент **Y** приходится 119 г/моль. Это олово (Sn). Таким образом, формула *мохита* – Cu_2SnS_3 .

Ответ: **X** – Cu, **Y** – Sn, **Z** – S; Cu_2SnS_3 .

Разбалловка: (17 баллов)

за установление серы - 2 балла,

за установление меди – 4 балла,

за определение олова – 6 баллов,

за составление брутто-формулы – 5 баллов.

Задача 6

Решение.

1. Одним из возможных способов решения этого задания является определение степеней окисления элементов. Для нейтрального соединения должно выполняться правило: сумма степеней окисления всех элементов в соединении равна нулю.

2. В таблице приведены "существующие" и "несуществующие" соединения:

ВЕРНО	НЕВЕРНО
$\text{SO}_3\text{SK}_2 \rightarrow \text{K}_2\text{SO}_3\text{S}$	$\text{Ga}_2\text{H}_4\text{O}_4\text{P}_2$
$\text{O}_8\text{N}_2\text{H}_8\text{S}_2 \rightarrow (\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$	$\text{SeO}_{14}\text{K}_3\text{H}_{17}$
$\text{H}_6\text{Na}_3\text{O}_6\text{Al} \rightarrow \text{Na}_3[\text{Al}(\text{OH})_6]$	$\text{FeK}_3\text{N}_5\text{C}_5$
$\text{MgPKO}_4 \rightarrow \text{MgKPO}_4$	$\text{H}_{12}\text{O}_3\text{CN}_3$
$\text{H}_{20}\text{Na}_2\text{O}_{14}\text{S} \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	$\text{Li}_3\text{O}_3\text{PH}$
$\text{NO}_4\text{H}_3 \rightarrow \text{H}_3\text{NO}_4$	
$\text{N}_2\text{CaO}_4 \rightarrow \text{Ca}(\text{NO}_2)_2$	
$\text{N}_4\text{CuSH}_{12}\text{O}_4 \rightarrow [\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4$	
$\text{C}_6\text{FeK}_4\text{N}_6 \rightarrow \text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$	
$\text{F}_6\text{SiNa}_2 \rightarrow \text{Na}_2[\text{SiF}_6]$	

Разбалловка: (15 баллов)

за правильное отнесение каждого соединения (по 1 баллу за каждое вещество) - 15 баллов.

Задача 8

Решение.

По вертикали. 1. Переменная. 2. Кислород. 4. Водород. 5. Валентность. 6. Фосфор. 9. Барий.

По горизонтали. 3. Алюминий. 7. Постоянная. 8. Серебро. 10. Азот.

Разбалловка: (10 баллов)

за каждое верно указанное слово по 1 баллу - 10 баллов.

Экспериментальный тур

(продолжительность – 3 часа; общее количество баллов 40)

Предлагается *одна из возможных схем* проведения анализа, что необходимо учитывать при оценивании результатов данного этапа олимпиады. В случае альтернативного верного решения суммарное количество баллов не должно превышать 40.

1. Заполним таблицу, отражающую эффекты, проявляющиеся в результате взаимодействия водных растворов веществ друг с другом:

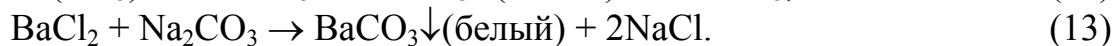
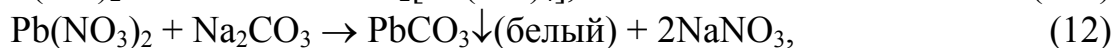
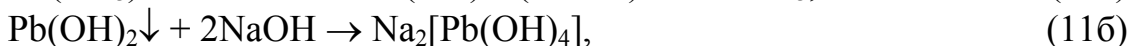
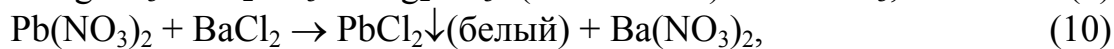
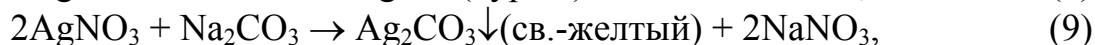
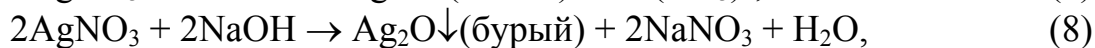
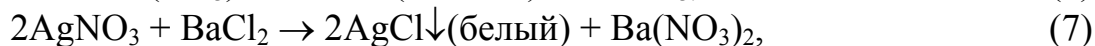
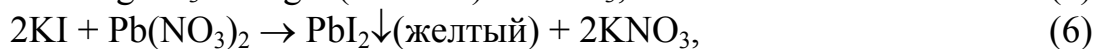
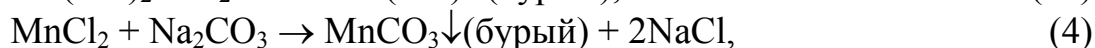
	MnCl ₂	KI	AgNO ₃	Pb(NO ₃) ₂	BaCl ₂	NaOH	Na ₂ CO ₃
MnCl ₂		-	AgCl↓ белый	PbCl ₂ ↓ белый	-	MnO(OH)↓ бурый	MnCO ₃ ↓ бурый
KI	-		AgI↓ желт.	PbI ₂ ↓ желт.	-	-	-
AgNO ₃	AgCl↓ белый	AgI↓ желт.		-	AgCl↓ белый	Ag ₂ O↓ бурый	Ag ₂ CO ₃ ↓ св-желт.
Pb(NO ₃) ₂	PbCl ₂ ↓ белый	PbI ₂ ↓ желт.	-		PbCl ₂ ↓ белый	Pb(OH) ₂ ↓ белый, растворяется в изб. NaOH	PbCO ₃ ↓ белый
BaCl ₂	-	-	AgCl↓ белый	PbCl ₂ ↓ белый		-	BaCO ₃ ↓ белый
NaOH	MnO(OH)↓ бурый	-	Ag ₂ O↓ бурый	Pb(OH) ₂ ↓ белый, растворяется в изб. NaOH	-		-
Na ₂ CO ₃	MnCO ₃ ↓ бурый	-	Ag ₂ CO ₃ ↓ св-желт.	PbCO ₃ ↓ белый	BaCO ₃ ↓ белый	-	

2. Анализируя данные таблицы, можно однозначно идентифицировать вещества в предложенных пробирках. Для этого попарно смешаем растворы и запишем наблюдаемые эффекты.

Иодид калия (KI) устанавливаем по двум выпадающим осадкам желтого цвета (AgI и PbI₂). Затем идентифицируем растворы AgNO₃ и Pb(NO₃)₂. При добавлении NaOH получим в случае AgNO₃ выпадение бурого осадка Ag₂O, а в случае Pb(NO₃)₂ выпадение белого осадка Pb(OH)₂, растворяющегося в избытке щелочи за счет образования комплексного соединения. В оставшихся трех пробирках определяем MnCl₂ по выпадению бурого осадка MnO(OH). Отличить Na₂CO₃ от BaCl₂ можно добавлением MnCl₂. в случае карбоната выпадет осадок MnCO₃, темнеющий на воздухе. В последней пробирке останется BaCl₂.

3. Уравнения возможных реакций:





4. Названия соединений:

MnCl_2 - хлорид марганца(II), KI - йодид калия,
 AgNO_3 - нитрат серебра, $\text{Pb(NO}_3)_2$ - нитрат свинца(II),
 BaCl_2 - хлорид бария, NaOH - гидроксид натрия,
 Na_2CO_3 - карбонат натрия.

Разбалловка: (40 баллов)

за составление общего хода анализа и заполнение таблицы – 10 баллов,
за правильную интерпретацию осадков (по 1 баллу за вещество) – 10 баллов,
за уравнения реакций (по 1 баллу за реакцию) – 13 баллов,
за названия веществ (по 1 баллу за вещество) – 7 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 40!