



ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
ПО ХИМИИ. 2019–2020 уч. г.
МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП. 9 КЛАСС

Задания и критерии оценивания

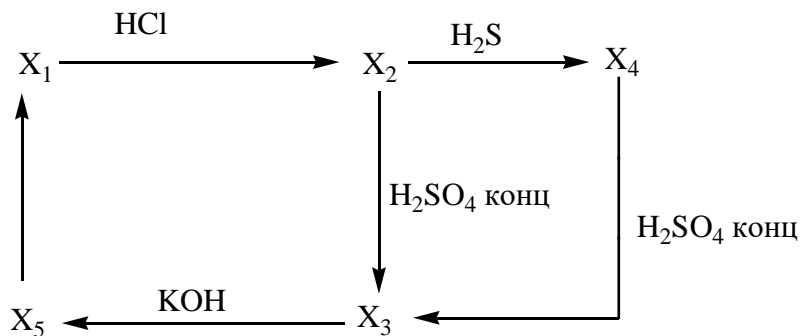
Общие указания: если в задаче требуются расчёты, они обязательно должны быть приведены в решении. Ответ, приведённый без расчётов или иного обоснования, не засчитывается.

Задание 1. Разделение кристаллогидратов

Имеется смесь двух кристаллогидратов: $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ и $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$. Предложите химический способ разделения этой смеси с минимальным числом химических превращений. Запишите уравнения реакций.

Задание 2. Превращения элемента и его соединений

Один из оксидов, образованных элементом X (вещество X_1), содержит 20,0 % кислорода по массе. Он представляет собой чёрный порошок, нерастворимый в воде. При действии на него соляной кислоты образуется зелёный раствор вещества X_2 . Действие на кристаллы X_2 концентрированным раствором серной кислоты приводит к образованию белого осадка X_3 , а пропускание через раствор X_2 сероводорода приводит к образованию чёрного осадка X_4 . Вещество X_3 поглощает воду, образуя раствор голубого цвета. Если X_4 кипятить в концентрированной серной кислоте, образуется белый осадок X_3 и выделяется газ. При действии на белый осадок X_3 раствором гидроксида калия цвет осадка изменяется на синий. Все описанные реакции представлены на схеме:



- 1) Определите неизвестные вещества и запишите уравнения реакций.
- 2) Предложите способ получения вещества X_1 из вещества X_5 .

Задание 3. Расчёт состава смеси

Смесь сульфида алюминия и сульфида железа(II), общей массой 14,1 г высыпали в воду. После окончания выделения газа осадок отделили фильтрованием и прокалили в инертной атмосфере. Масса осадка после прокаливания составила 11,7 г. Найдите массовые доли веществ в исходной смеси. Что произойдёт, если осадок прокаливать на воздухе, и какова будет

масса твёрдого вещества после прокаливания? Напишите уравнения всех описанных реакций.

Задание 4. Газообразные фториды

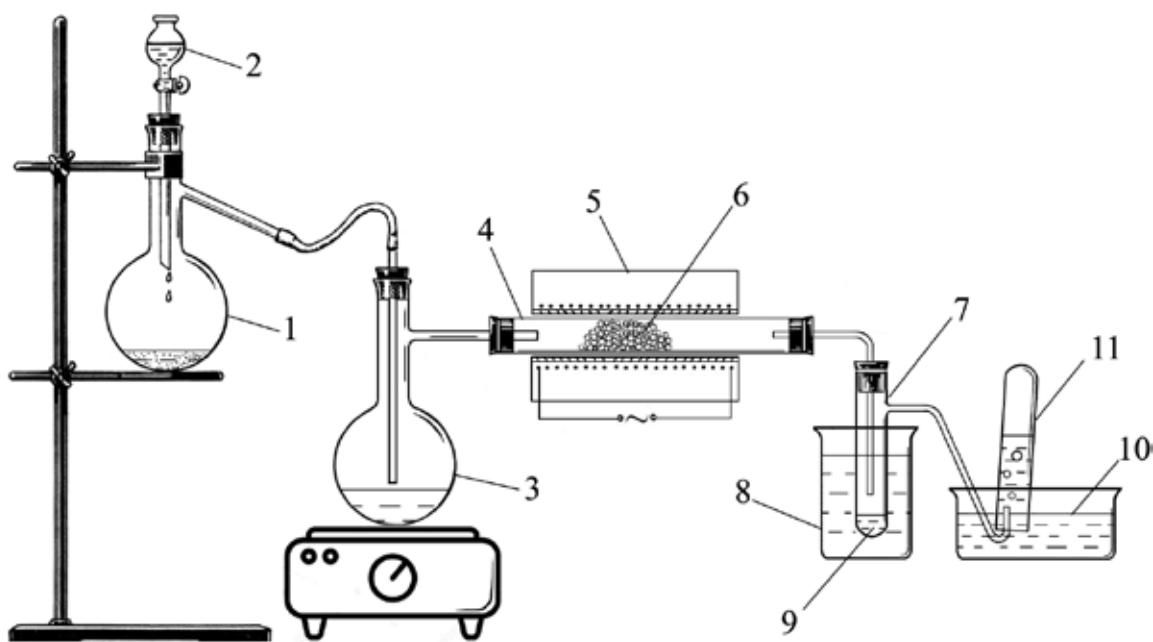
Два газообразных фторида имеют одинаковую плотность при нормальных условиях. Каждый из них в 2 раза тяжелее углекислого газа. Один из фторидов (тот, в котором больше атомов) химически очень инертен, а второй гидролизуются водой, причём реакция протекает без изменения степеней окисления элементов. Установите формулы газов, найдите их плотность при н. у. и предложите способ синтеза одного газа из другого в три стадии (с уравнениями).

Задание 5. Соль с резким запахом

Неорганическая соль **А** состоит из трёх элементов-неметаллов (один из них – азот, 27,5 % по массе) и представляет собой бесцветные кристаллы, хорошо растворимые в воде. При нагревании соль разлагается на два газа **Б** и **В**, обладающих запахом, **Б** – очень резким, **В** – очень неприятным. Установите формулы соли и газов, напишите уравнение разложения **А**. Как можно получить газы **Б** и **В** из соли **А** по отдельности? Напишите уравнения реакций.

Задание 6. Получение газа

Для получения газа **Х** юные химики собрали прибор, как это показано на рисунке.



Прибор для получения газа **Х**: 1 – колба Вюрца с кристаллическим перманганатом калия; 2 – капельная воронка с концентрированной соляной кислотой; 3 – колба Вюрца с дистиллированной водой; 4 – трубка-реактор; 5 – электронагреватель; 6 – кусочки пористой керамики; 7 – пробирка с боковым отводом; 8 – стакан с холодной водой; 9 – жидкость **Z**;
10 – кристаллизатор с раствором гидроксида натрия;
11 – пробирка, в которую собирается газ **Х**.

В колбу Вюрца (на рис. показана цифрой 1) поместили кристаллический перманганат калия, из капельной воронки (2) в колбу добавили концентрированную соляную кислоту. Тотчас начал выделяться газ **Y**, который по трубке проходил в колбу Вюрца (3). В колбе (3) находилась дистиллированная вода, которую нагревали до кипения с помощью электроплитки. Затем паро-газовая смесь проходила в трубку-реактор (4), которую нагревали до высокой температуры с помощью электропечи (5). В трубку-реактор (4) были помещены кусочки пористой керамики (6) для увеличения времени взаимодействия реагирующих веществ в зоне с высокой температурой.

Из реактора летучие вещества попадали в пробирку (7), помещённую в стакан с холодной водой (8). На дне пробирки конденсировалась дымящая едкая жидкость **Z**. Оставшиеся газы проходили через раствор щёлочи (NaOH) в кристаллизаторе (10), после чего в пробирке (11) собирался практически чистый газ **X**.

1. Определите газы **X** и **Y**, а также жидкость **Z**, которая представляет собой раствор некоторого газа.
2. Напишите уравнения реакций получения **Y** в колбе Вюрца (1) и превращения **Y** в **X**, которая протекает в трубке-реакторе (4) и является обратимой.
3. С какой целью газы, выходящие по боковому отводу из пробирки (7), пропускали через раствор щёлочи? Ответ проиллюстрируйте соответствующими уравнениями реакций.
4. С помощью какой качественной реакции можно доказать, что в пробирке (11) собирается газ **X**?
5. Как «традиционно» получают газ **X** в лаборатории? Рассмотрите два способа и приведите соответствующие уравнения реакций.

Решения и критерии оценивания олимпиадных заданий

В итоговую оценку из 6 задач засчитываются 5 решений, за которые участник набрал наибольшие баллы, то есть одна из задач с наименьшим баллом не учитывается.

Задание 1. Разделение кристаллогидратов

Решение и критерии оценивания:

Смесь растворяют в воде. К полученному раствору приливают избыток раствора щёлочи. При этом в осадок выпадает гидроксид железа(III). Выпавший вначале осадок гидроксида алюминия растворяется в избытке щёлочи.



балл



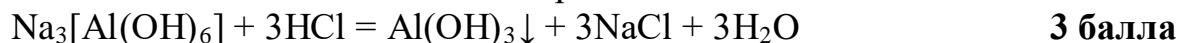
(Принимается любая разумная форма записи алюмината натрия.)

Осадок гидроксида железа(III) отфильтровывают, промывают водой, растворяют в разбавленной соляной кислоте.

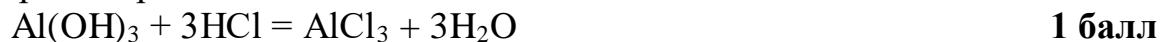


Раствор осторожно выпаривают. При охлаждении концентрированного раствора выпадает кристаллогидрат хлорида железа(III). 1 балл

Фильтрат, содержащий алюминат натрия, осторожно нейтрализуют соляной кислотой. Выпадает осадок гидроксида алюминия.



Осадок гидроксида алюминия отфильтровывают, промывают водой, растворяют в разбавленной соляной кислоте.

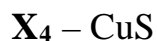
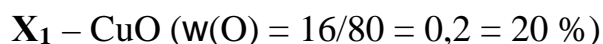


Раствор осторожно выпаривают. При охлаждении концентрированного раствора выпадает кристаллогидрат хлорида алюминия. 1 балл

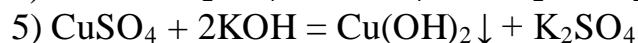
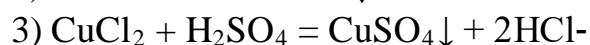
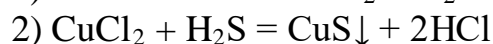
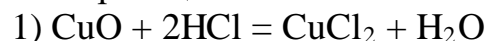
Всего за задачу – 10 баллов.

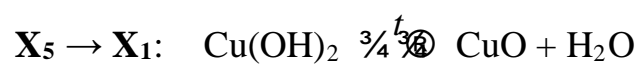
Задание 2. Превращения элемента и его соединений

Решение:



Уравнения реакций:





Критерии оценивания:

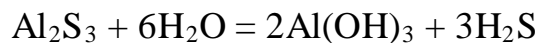
Элемент X и вещества X₁–X₅	6×1	6 баллов
Уравнения реакций:		
1) – 3) и X₅ → X₁	по 0,5 балла	2 балла
4) и 5)	по 1 баллу	2 балла

Всего за задачу – 10 баллов.

Задание 3. Расчёт состава смеси

Решение:

Сульфид алюминия при внесении в воду подвергается полному гидролизу, а сульфид железа(II) устойчив в воде. Полученный осадок состоит из гидроксида алюминия и сульфида железа(II). При дальнейшем прокаливании в инертной атмосфере разлагается гидроксид алюминия. Таким образом, после прокалывания остаётся смесь оксида алюминия и сульфида железа.



Пусть $n(\text{Al}_2\text{S}_3) = x$ моль, тогда

$$m(\text{Al}_2\text{S}_3 \text{ и } \text{FeS}) - m(\text{Al}_2\text{O}_3 \text{ и } \text{FeS}) = m(\text{Al}_2\text{S}_3) - m(\text{Al}_2\text{O}_3) = 150x - 102x = 14,1 - 11,7$$

$$48x = 2,4$$

$$x = 0,05 \text{ моль}$$

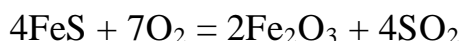
$$m(\text{Al}_2\text{S}_3) = 150 \times 0,05 = 7,5 \text{ г}$$

$$m(\text{FeS}) = 14,1 - 7,5 = 6,6 \text{ г}$$

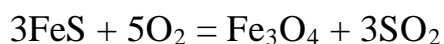
$$w(\text{Al}_2\text{S}_3) = 7,5 / 14,1 = 0,532 \text{ (53,2 \%)}$$

$$w(\text{FeS}) = 6,6 / 14,1 = 0,468 \text{ (46,8 \%)}$$

Если осадок прокалывать на воздухе, то сульфид алюминия опять превратится в оксид алюминия и дополнительно будет окисляться сульфид железа. В зависимости от температуры образуется Fe_2O_3 или Fe_3O_4 .



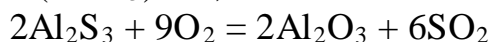
или



$$n(\text{FeS}) = 6,6 / 88 = 0,075 \text{ моль}$$

$$n(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 0,075 / 2 = 0,0375 \text{ моль}$$

$$m(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 0,0375 \times 160 = 6 \text{ г}$$



$$n(\text{Al}_2\text{O}_3) = n(\text{Al}_2\text{S}_3) = 0,05 \text{ моль}$$

$$m(\text{Al}_2\text{O}_3) = 0,05 \times 102 = 5,1 \text{ г}$$

$$m(\text{Fe}_2\text{O}_3 \text{ и } \text{Al}_2\text{O}_3) = 6 + 5,1 = 11,1 \text{ г}$$

или

$$n(\text{Fe}_3\text{O}_4) = 0,075 / 3 = 0,025 \text{ моль}$$

$$m(\text{Fe}_3\text{O}_4) = 0,025 \times 232 = 5,8 \text{ г}$$

$$m(\text{Fe}_3\text{O}_4 \text{ и } \text{Al}_2\text{O}_3) = 5,8 + 5,1 = 10,9 \text{ г}$$

Критерии оценивания:

Уравнения реакций	3×1	3 балла
Расчёт состава смеси		3 балла
Качественный состав осадка после прокаливания на воздухе		1 балл
Расчёт состава осадка после прокаливания на воздухе (полным баллом оценивается любой из представленных вариантов)		3 балла
Всего за задачу – 10 баллов.		

Задание 4. Газообразные фториды

Решение и критерии оценивания:

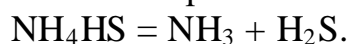
Молярная масса газов: $44 \times 2 = 88$ г/моль.		1 балл
Подбором находим формулы – CF_4 и PF_3	2×2	4 балла
Плотность при н. у.: $\rho = M / V_m = 88 \text{ г/моль} / 22,4 \text{ л/моль} = 3,93 \text{ г/л}$		2 балла
Схема синтеза: $\text{PF}_3 \text{ ® HF ® F}_2 \text{ ® CF}_4$		1,5 балла
Уравнения реакций:		
$\text{PF}_3 + 3\text{H}_2\text{O} = \text{H}_3\text{PO}_3 + 3\text{HF}$		
$2\text{HF} = \text{H}_2 + \text{F}_2$ (электролиз жидкого HF)		
$\text{C} + 2\text{F}_2 = \text{CF}_4$	$3 \times 0,5$	1,5 балла

Всего за задачу – 10 баллов.

Задание 5. Соль с резким запахом

Решение:

А – соль аммония. На один атом азота в соли **А** приходится молярная масса $14 / 0,275 = 51$ г/моль. Это соответствует гидросульфиду аммония NH_4HS . При нагревании соль разлагается на 2 газа:

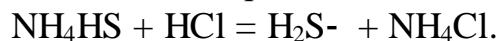


Резкий запах имеет NH_3 (газ **Б**), неприятный запах – H_2S (газ **В**).

Гидросульфид аммония реагирует со щелочами с выделением аммиака и с кислотами с выделением сероводорода:



(принимается также реакция $\text{NH}_4\text{HS} + \text{KOH} = \text{KHS} + \text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O}$),



Критерии оценивания:

Соль А		3 балла
	(0 баллов за формулу без расчёта и 0 баллов за $(\text{NH}_4)_2\text{S}$)	
Газы Б и В	2×1	2 балла
Уравнение разложения		1 балл
	(полный балл за разложение $(\text{NH}_4)_2\text{S}$)	
Уравнения реакций с кислотой и щёлочью	2×2	4 балла
	(полный балл за реакции с $(\text{NH}_4)_2\text{S}$)	

Всего за задачу – 10 баллов.

Задание 6. Получение газа

Решение и система оценивания:

1. При действии концентрированной соляной кислоты на перманганат калия выделяется хлор Cl_2 – газ **Y**. Затем он при высокой температуре реагирует с водяным паром, при этом окисляется вода и образуется кислород O_2 – **X**. В пробирке (7) конденсируются пары воды, в которой растворяется хлороводород, таким образом, жидкость **Z** – соляная кислота.

3 балла

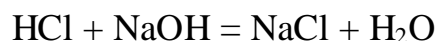
2. Получение **Y** $2\text{KMnO}_4 + 16\text{HCl} = 2\text{KCl} + 2\text{MnCl}_2 + 5\text{Cl}_2\uparrow + 8\text{H}_2\text{O}$

1 балл

Получение **X** $2\text{Cl}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 4\text{HCl} + \text{O}_2$

1 балл

3. На выходе из пробирки (7) кислород (газ **X**) загрязнён хлороводородом (который не растворился в воде, образуя соляную кислоту (9)) и хлором (который содержится в газовой смеси, т. к. реакция окисления воды хлором обратима). Для очистки кислорода от HCl и Cl_2 газовую смесь пропускали через раствор щёлочи:



1 балл

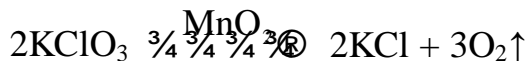
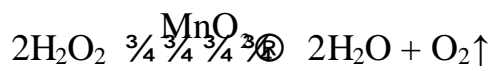


1 балл

4. Доказать наличие кислорода (газа **X**) можно с помощью тлеющей лучинки. При опускании в пробирку с кислородом лучинка вспыхивает.

1 балл

5. Существует несколько лабораторных способов получения кислорода. Примеры некоторых из них приведены ниже.



По 1 баллу за каждый верный способ, всего максимально 2 балла

Всего за задачу – 10 баллов.