

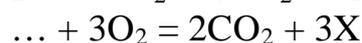
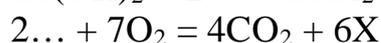
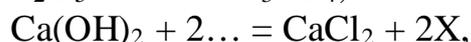
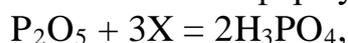


ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
ПО ХИМИИ 2019–2020 уч. г.
МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП
8 КЛАСС

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. Вещество X

Во всех реакциях символом X обозначено одно и то же вещество, а многоточиями – иные вещества. Определите X и запишите уравнения реакций, заменив многоточия формулами веществ.



Вещество Y разлагается с образованием X и выделением газа, поддерживающего горение. Определите Y и запишите уравнение реакции.

Задание 2. Получение и свойства газа

Ученик проводил опыт по получению неизвестного газа X. Для этого он использовал пробирку, пробку с газоотводной трубкой, кристаллизатор с водой, пустую пробирку. Для получения газа пробирку с находящимся в ней тёмным порошком нагревали пламенем спиртовки.

1. Какой газ получал ученик? Запишите уравнение реакции.

2. В процессе проведения опыта вода в кристаллизаторе окрасилась в бледно-розовый цвет. Объясните, чем это могло быть вызвано.

3. При сгорании в газе X неизвестного металла образуется вещество, состоящее из равных количеств атомов двух элементов. При этом массовая доля металла равна 60 %. Назовите неизвестный металл, запишите уравнение реакции.

4. Запишите уравнение реакции газа X с гидразином N_2H_4 , зная, что в результате неё образуются одно простое и одно сложное вещество.

Задание 3. Нагревание металлов в закрытом сосуде

Юный химик проделал следующий опыт. В пустую пробирку он насыпал немного порошка металлической меди, закрыл пробирку плотно входящей резиновой пробкой и нагрел порошок меди при постоянном встряхивании пробирки.

После охлаждения пробирки до комнатной температуры он опустил её в кристаллизатор с водой пробкой вниз и извлёк пробку. Вода частично заполнила пробирку.

1. Что исследовал юный химик?
2. Какую долю свободного объёма пробирки заняла вода?
3. Изменился ли при этом цвет меди? Какое вещество образовалось?

Запишите уравнение реакции.

4. Можно ли для этого опыта брать порошок металлического железа? Если можно – запишите уравнение этой реакции.

5. Можно ли для этого опыта брать порошок металлического магния? Ответ обоснуйте.

Задание 4. Водород для аэростата

В 1887 году Дмитрий Иванович Менделеев совершил полёт на аэростате с целью наблюдения за солнечным затмением. Шар объёмом 700 м^3 был заполнен водородом. Считая условия нормальными (0°C , 1 атм), рассчитайте:

а) подъёмную способность шара (в килограммах), которая равна разности масс воздуха и водорода, вытеснившего воздух;

б) массу железа, которое необходимо для производства такого количества водорода методом конверсии водяного пара. В этом методе на 3 весовые части воды, вступившей в реакцию, приходится 7 весовых частей железа.

Задание 5. Парниковые газы

Углерод образует с одновалентными элементами **X** и **Y** пять соединений, состоящих из пятиатомных молекул. Все они представляют собой газы, вызывающие сильный парниковый эффект (во много раз больший, чем углекислый газ), однако, к счастью, их содержание в атмосфере ничтожно мало. Самое тяжёлое из этих соединений **A** примерно в 3 раза тяжелее воздуха и в 5,5 раз тяжелее самого лёгкого **B**.

1. Определите элементы **X** и **Y**, установите молекулярные формулы всех пяти соединений. Составьте структурную формулу одного из них.

2. Во сколько раз плотность соединения **A** больше плотности водорода?

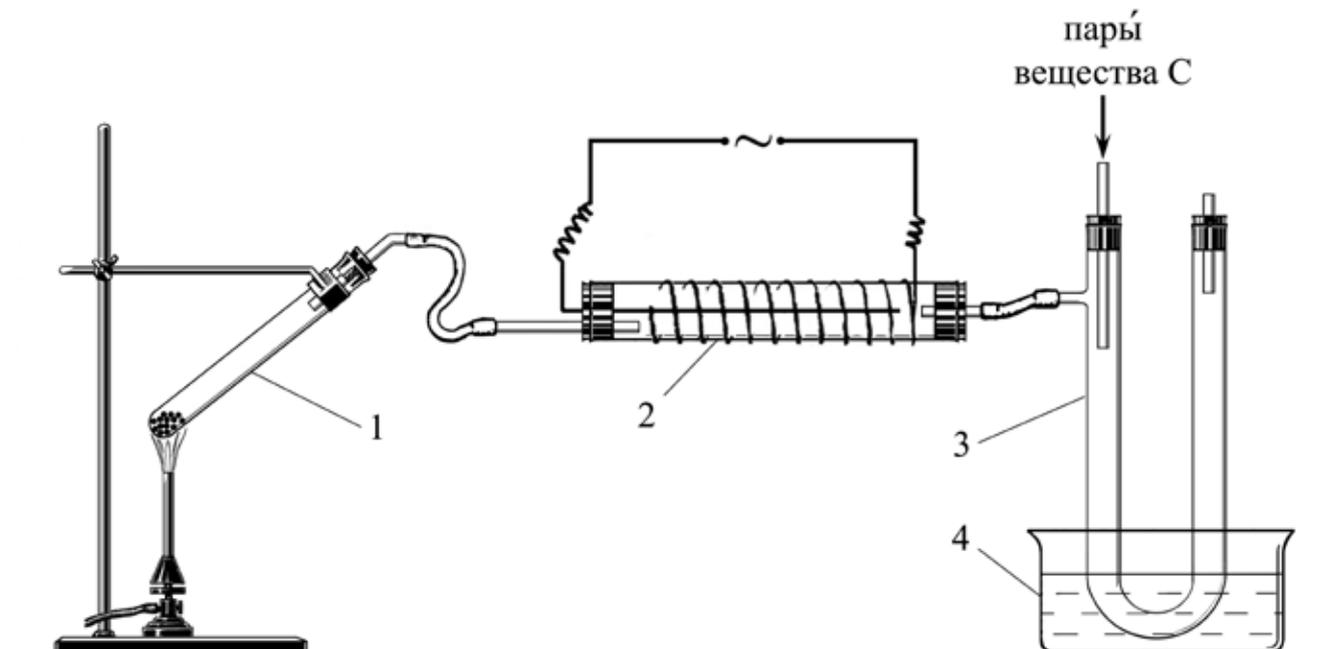
3. Напишите уравнения реакций:

а) превращения **B** в **A**;

б) **A** с водой (один из продуктов реакции – тоже парниковый газ).

Задание 6. Разложение и соединение

Юные исследователи провели эксперимент в приборе, изображённом на рисунке. В пробирку (на рис. обозначена цифрой 1) поместили вещество **A** и нагрели. В результате реакции вещество **A** разложилось на два простых вещества: **B** и **C**. Вещество **B** – газ без цвета и без запаха, входит в состав земной атмосферы и поддерживает горение. Вещество **C** – жидкий при обычных условиях металл серебристого цвета. Капельки металла **C** были хорошо заметны по окончании реакции на холодных стенках пробирки 1.



Газ **B** пропускали в трубку (2), на поверхности которой была намотана металлическая спираль, внутри трубки проходил металлический стержень. Внутренний металлический стержень и наружная спираль были подключены к источнику высокого напряжения. Под действием электрического разряда в трубке (2) газ **B** частично превратился в газ **D**. Затем смесь газов **B** и **D** поступала в U-образную трубку (3), в которую направляли нагретые пары вещества **C**. Нижнюю часть U-образной трубки (3) охлаждали холодной водой в ванне (4). В результате реакции в трубке (3) снова образовалось вещество **A**.

1. Определите вещества **A**, **B**, **C** и **D**.

2. Напишите уравнения следующих реакций: разложение вещества **A** в пробирке (1), превращение газа **B** в **D** в трубке (2) и образование вещества **A** в U-образной трубке (3).

3. Если наполнить колбу смесью газов **B** и **D** и закрыть, то через некоторое время в колбе останется только один газ. Какой? Почему? Как при этом изменится давление в колбе по сравнению с первоначальным?

4. Разработаны технологии, которые предполагают использование газа **D** для удаления паров вещества **C** из воздуха жилых и рабочих помещений. На какой особенности химических свойств газа **D** основано это применение?

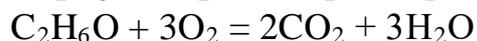
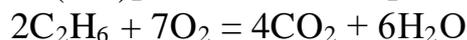
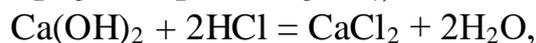
Решения и критерии оценивания олимпиадных заданий

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.

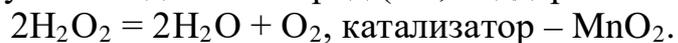
Задание 1. Вещество X

Решение:

Из первой реакции следует, что вещество X – вода (H₂O). Это позволяет записать формулы других неизвестных веществ.



Вещество Y – пероксид водорода, H₂O₂, так как при его разложении образуются вода и кислород (газ, поддерживающий горение).



Критерии оценивания:

Определение вещества X	2 балла
Уравнения реакций – по 1,5 балла, всего	6 баллов
Определение вещества Y	1 балл
Уравнение реакции разложения Y	1 балл
Всего за задачу – 10 баллов	

Задание 2. Получение и свойства газа

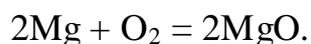
Решение:

1. Из описания опыта следует, что ученик получал кислород. Газ X – O₂. Описание опыта, внешний вид вещества, а также окрашивание воды в розовый цвет позволяет предположить, что разложению подвергали перманганат калия (возможно написание реакции разложения перманганата другого металла).

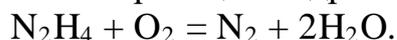


2. Окрашивание воды в розовый цвет обусловлено тем, что мелкие частички перманганата уносятся током выделяющегося газа из пробирки и попадают в кристаллизатор, где растворяются в воде.

3. Продуктом сгорания металла в кислороде, как правило, является оксид. Оксид, состоящий из равных количеств атомов элементов, имеет формулу MO. Массовая доля кислорода в MO составляет 40 %, а металла M – 60 %. Атомная масса M относится к атомной массе кислорода как 60 к 40, то есть равна $16 \times 60 / 40 = 24$. Неизвестный металл – магний. Уравнение реакции:



4. Уравнение реакции гидразина с кислородом:



Критерии оценивания:

Определение газа X	1 балл
Объяснение розового цвета	1 балл
Уравнения трёх реакций – по 2 балла, всего	6 баллов
Определение магния	2 балла
Всего за задачу – 10 баллов	

Задание 3. Нагревание металлов в закрытом сосуде

Решение и критерии оценивания:

1. Юный химик исследовал объёмное содержание кислорода в воздухе.
2 балла
 2. Вода поднялась на $1/5$ свободного объёма пробирки, так как израсходованный кислород составляет около 20 % воздуха по объёму.
1 балл
 3. Медь превратилась в порошок чёрного цвета – оксид меди (II).
 $2\text{Cu} + \text{O}_2 = 2\text{CuO}$
1 балл
1 балл
 4. Порошок железа использовать можно, так как процесс полностью аналогичен опыту с медью.
 $3\text{Fe} + 2\text{O}_2 = \text{Fe}_3\text{O}_4$
1 балл
1 балл
- балл**
(Уравнение реакции с образованием Fe_2O_3 также засчитывается.)
5. Использовать магний для данного опыта нельзя, так как магний реагирует при нагревании не только с кислородом, но и с азотом.
3 балла
- Всего за задачу – 10 баллов**

Задание 4. Водород для аэростата

Решение:

Найдём количество вещества водорода:

$$n(\text{H}_2) = V / V_m = 700 \times 10^3 / 22,4 = 31,25 \times 10^3 \text{ моль.}$$

По закону Авогадро, количество замещаемого воздуха – такое же.

$$\text{а) } m(\text{возд}) - m(\text{H}_2) = nM(\text{возд}) - nM(\text{H}_2) = 31,25 \times 10^3 (29 - 2) = 844 \times 10^3 \text{ г} = 844 \text{ кг.}$$

Это не так много, как кажется, поскольку в это значение входят массы оболочки шара, корзины, снаряжения. Из-за недостаточной подъёмной силы шара Менделееву пришлось лететь одному, без помощника.

б) На 1 моль H_2O массой 18 г приходится $18 / 3 \times 7 = 42$ г Fe, что составляет $42 / 56 = 3/4$ моль. Следовательно, 4 моля H_2O реагируют с 3 молями Fe:



$$n(\text{Fe}) = n(\text{H}_2) / 4 \times 3 = 23,4 \text{ кмоль},$$

$$m(\text{Fe}) = 23,4 \times 56 = 1310 \text{ кг}.$$

Критерии оценивания:

а) Расчёт количества вещества	1 балл
Расчёт подъёмной силы	3 балла
б) Уравнение реакции	3 балла
Расчёт массы железа	3 балла

(Расчёт массы железа можно произвести и без уравнения реакции, по заданному в условии соотношению масс воды и железа; в этом случае за правильный расчёт ставится максимальная оценка **6 баллов**).

Всего за задачу – 10 баллов

Задание 5. Парниковые газы

Решение:

1. Пусть Y – более тяжёлый элемент, тогда самое тяжёлое из соединений имеет формулу CY_4 . Его молярная масса примерно в 3 раза больше молярной массы воздуха:

$M(\text{CY}_4) \gg 3 \times 29 = 87$ г/моль, откуда $M(\text{Y}) \gg (87 - 12) / 4 = 18,75 \gg 19$ г/моль, это – F. Соединение А – CF_4 .

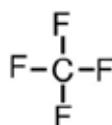
Далее, по условию,

$$M(\text{CY}_4) / M(\text{CX}_4) = 5,5,$$

$$M(\text{CX}_4) = (12 + 4 \times 9) / 5,5 = 16 \text{ г/моль}, \text{ это – метан, } \text{CH}_4 \text{ (соединение В)}.$$

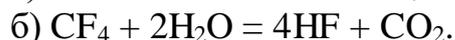
Таким образом,

X – H, Y – F, формулы соединений: CH_4 , CH_3F , CH_2F_2 , CHF_3 , CF_4 . Все молекулы представляют собой тетраэдры (CH_4 и CF_4 – правильные) с атомом углерода в центре, например:



$$2. D_{\text{H}_2}(\text{CF}_4) = M(\text{CF}_4) / M(\text{H}_2) = 88 / 2 = 44.$$

$$3. \quad \text{а) } \text{CH}_4 + 4\text{F}_2 = \text{CF}_4 + 4\text{HF};$$



CO_2 – парниковый газ.

Критерии оценивания:

Элементы X и Y	2 балла
Формулы соединений – по 0,5 балла, всего	2,5 балла
Структурная формула	1 балл
Плотность по водороду	2 балла
Уравнения реакций: а) 1 балл, б) 1,5 балла, всего	2,5 балла
Всего за задачу – 10 баллов	

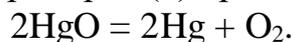
Задание 6. Разложение и соединение

Решение и система оценивания:

1. **A** – оксид ртути (II) HgO; **B** – кислород O₂; **C** – ртуть Hg; **D** – озон O₃.

По 1 баллу за каждое вещество, всего 4 балла.

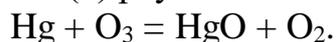
2. В пробирке (1) протекает реакция разложения оксида ртути (II):



В трубке (2) образуется озон:



В трубке (3) ртуть окисляется до оксида:



По 1 баллу за каждое верное уравнение реакции, всего 3 балла.

3. В колбе останется только кислород, т.к. озон неустойчив, легко разлагается:



При разложении озона количество молекул газообразных веществ увеличивается, поэтому в закрытой колбе при неизменной температуре давление возрастёт. **1 балл**

4. Озон – сильный окислитель, он более активен, чем кислород. Озон, в отличие от кислорода, реагирует с парами ртути уже при комнатной температуре. **1 балл**

Всего за задачу – 10 баллов