



ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ  
ПО ХИМИИ. 2021–2022 уч. г.  
МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП. 10 КЛАСС

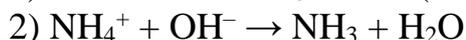
**Задания, решения и критерии оценки**

**1.** Порошок металла массой 10,4 г полностью растворили в очень разбавленной азотной кислоте, при этом газ не выделялся. При нагревании полученного раствора с избытком щёлочи выделилось 896 мл газа (н. у.). Определите, какой был взят металл, в ответ запишите его химический символ.

**Ответ:** Zn. **2 балла**

**Решение.**

При взаимодействии металла с азотной кислотой образуется соль, а при взаимодействии этой соли с щелочью выделился газ, то этот газ – аммиак.



Из уравнения (1) следует, что 8 моль металла дают  $n$  моль  $NH_4NO_3$  и  $n$  моль аммиака.

По условию  $n(NH_3) = 0,896 / 22,4 = 0,04$  моль,

тогда  $n(Me) = 8 \cdot 0,04 / n = 0,32 / n$  моль

$M(Me) = 10,4n / 0,32 = 32,5n$  (г/моль)

При  $n = 2$  молярная масса металла равна 65, что соответствует Zn.

**2.** Бинарное соединение **A** состоит из элементов, находящихся в одном периоде таблицы Д.И. Менделеева. Массовая доля одного из элементов составляет 79,77 %. При растворении **A** в воде и длительном нагревании из раствора выделяется газ **B**, обладающий кислотными свойствами, в котором массовая доля того же элемента равна 97,26 %. Определите формулы веществ **A** и **B** и запишите их в ответ.

**Ответ:** **A** –  $AlCl_3$ , **B** –  $HCl$ . **3 балла – по 1,5 балла за формулу.**

**3.** При полном сгорании 3,36 л (н. у.) смеси двух газообразных алканов **A** и **B** с неразветвлённой углеродной цепью образовалось 11,88 г воды и выделилось 343,38 кДж теплоты.

1) Установите молекулярные формулы и назовите алканы **A** и **B**, если известно, что они являются ближайшими гомологами, причём алкан **B** имеет бóльшую молярную массу.

2) Рассчитайте мольную долю (в %) алкана **A** в смеси.

3) Определите теплоту сгорания алкана **B** (в кДж/моль, с точностью до целых), если известно, что при сгорании 1 моль **A** выделяется 2044 кДж теплоты.

**Ответ:**

Название А – пропан

Название В – бутан или н-бутан

Мольная доля А (%) – 60

Теплота сгорания В(%) – 2657 (диапазон от 2600 до 2700)

**5 баллов – по 1 баллу за названия и мольную долю, 2 балла за теплоту.**

**Решение.**

Для алканов можно использовать следующие общие формулы:  $C_nH_{2n+2}$  и  $C_mH_{2m+2}$  при условии, что  $m = n + 1$ . Пусть количество вещества А равно  $x$  моль, количество вещества В –  $y$  моль. Общее количество газовой смеси равно  $3,36 / 22,4 = 0,15$  моль.

Уравнение № 1:  $x + y = 0,15$ .

Уравнения реакций горения соединений А и В в общем виде:



Согласно этим уравнениям,  $n(H_2O)_I = (n + 1)x$  моль,  $n(H_2O)_{II} = (m + 1)y$  моль.

Общее количество вещества воды равно  $11,88 / 18 = 0,66$  моль.

Уравнение № 2:  $(n + 1)x + (m + 1)y = 0,66$ .

Решение системы уравнений № 1 и № 2 при условии, что  $m = n + 1$ , приводит к выражению:  $y = 0,51 - 0,15n$ .

Далее необходимо применить подбор:

При  $n = 1$ ,  $y = 0,36$  – не согласуется с условием задачи, т. к.  $x + y = 0,15$ .

При  $n = 2$ ,  $y = 0,21$  – также не подходит.

При  $n = 3$ ,  $y = 0,06$  – согласуется с условием задачи.

При  $n = 4$ ,  $y < 0$ .

Следовательно,  $C_nH_{2n+2} - C_3H_8$  пропан (А),  $C_mH_{2m+2} - C_4H_{10}$  бутан (В).

$n(C_3H_8) = 0,15 - 0,06 = 0,09$  моль, мольная доля  $0,09 / 0,15 \cdot 100 \% = 60 \%$ .

При сгорании 0,09 моль пропана выделяется  $2044 \cdot 0,09 = 183,96$  кДж теплоты.

При сгорании смеси алканов выделилось 343,38 кДж теплоты. Следовательно, теплота сгорания бутана будет равна  $(343,38 - 183,96) / 0,06 = 2657$  кДж/моль.

**4.** Углеводород X содержит 91,3 % углерода по массе, а молярная масса X не превышает 100 г/моль. При взаимодействии X с избытком раствора брома в четырёххлористом углероде он превращается в октабромид. При взаимодействии соединения X с аммиачным раствором оксида серебра выпадает осадок. В сухом состоянии этот осадок неустойчив и взрывается. При деструктивном окислении X, например перманганатом калия в присутствии серной кислоты, образуются только диметилмалоновая (диметилпропандиовая) кислота и углекислый газ.

1) Установите молекулярную формулу углеводорода X и его строение. Приведите название углеводорода X по номенклатуре ИЮПАК (например, 2,3-диметилгексадиен-1,3).

2) Напишите уравнение реакции деструктивного окисления X и вычислите, сколько молей перманганата калия потребуется для окисления 1 моль X.

Молекулярная формула X –

Название X –

$n(\text{KMnO}_4)$  (моль) –

**Ответ:** молекулярная формула X –  $\text{C}_7\text{H}_8$ ;

название X – 3,3-диметилпентадиин-1,4;  $n(\text{KMnO}_4)$  (моль) = 3,2.

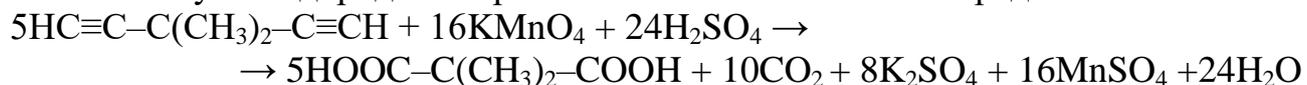
**4 балла – 1 балл за формулу, 2 балла за название, 1 балл за моли  $\text{KMnO}_4$ .**

**Решение.**

Искомый углеводород – 3,3-диметилпентадиин-1,4.

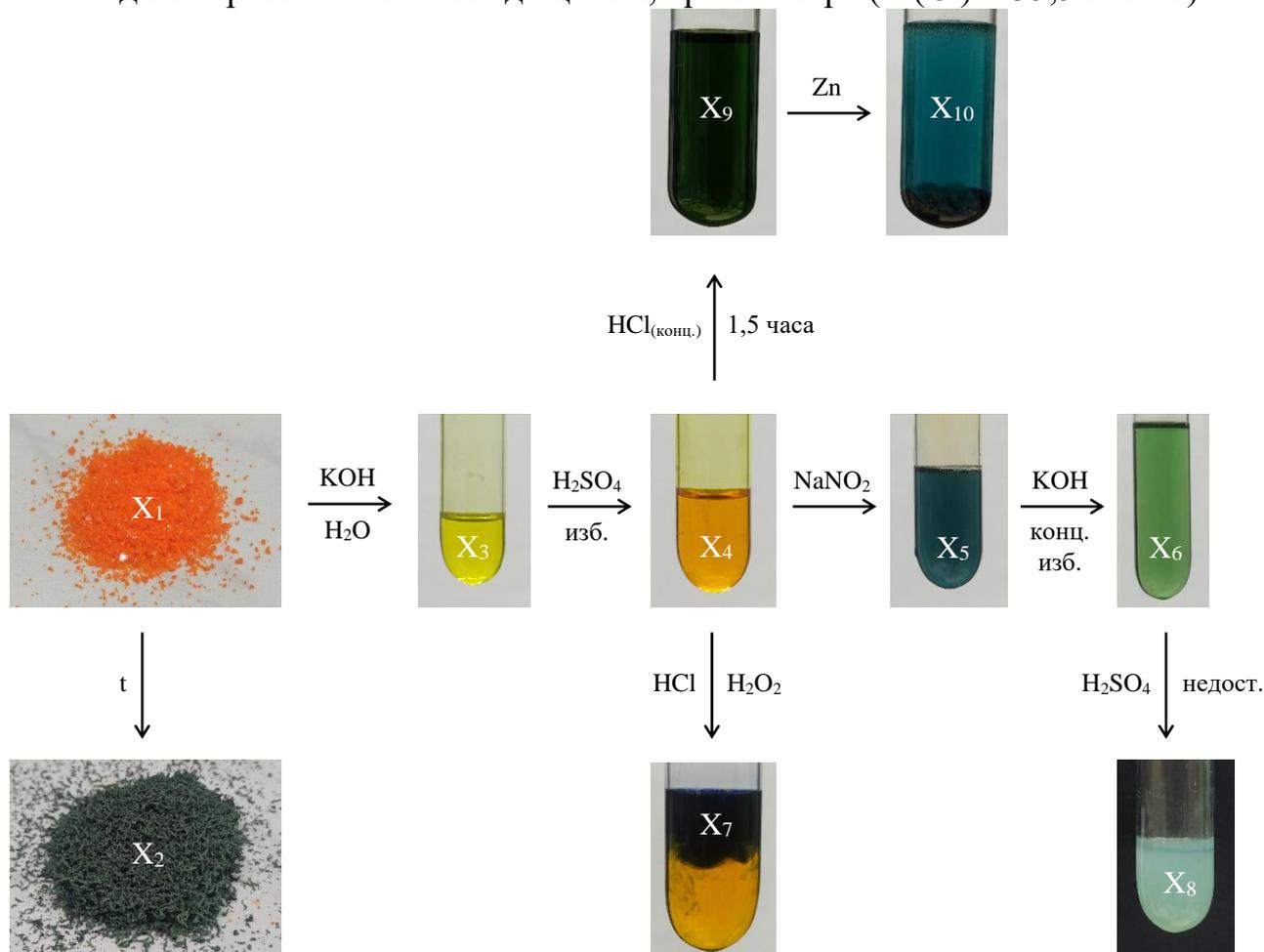
$M(\text{C}_7\text{H}_8) = 92 \text{ г/моль}$  ( $< 100 \text{ г/моль}$ ).

Окисление углеводорода X перманганатом калия в кислой среде:



$n(\text{KMnO}_4) = 16 / 5 = 3,2$  моль

5. Ниже приведена цепочка превращений. Все вещества  $X_1$ – $X_{10}$  содержат общий элемент. Вещество  $X_7$  – бинарное, массовая доля одного из элементов в нём составляет 60,6 %. Идентифицируйте все **окрашенные** вещества  $X_1$ – $X_{10}$ , в ответе укажите их молярные массы (г/моль). Атомные массы элементов необходимо брать с точностью до целых, кроме хлора ( $M(\text{Cl}) = 35,5$  г/моль).

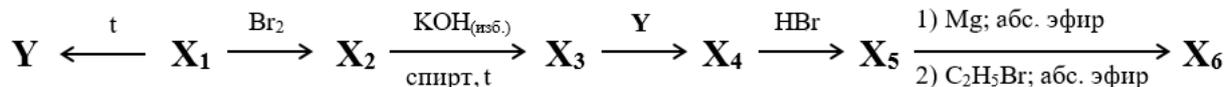


Ответ:

	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$
<b>Вещество</b>	$(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7$	$\text{Cr}_2\text{O}_3$	$\text{K}_2\text{CrO}_4$	$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$	$\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$
<b>Молярная масса, г/моль</b>	252	152	194	294	392
	$X_6$	$X_7$	$X_8$	$X_9$	$X_{10}$
<b>Вещество</b>	$\text{K}_3[\text{Cr}(\text{OH})_6]$ или $\text{K}[\text{Cr}(\text{OH})_4]$	$\text{CrO}_5$	$\text{Cr}(\text{OH})_3$	$\text{CrCl}_3$	$\text{CrCl}_2$
<b>Молярная масса, г/моль</b>	271 или 159	132	103	158,5	123

5 баллов – по 0,5 балла за каждый правильный ответ.

6. Углеводород  $X_1$  имеет плотность по водороду равную 28. Известно, что все атомы углерода в молекуле  $X_1$  имеют одинаковые степени окисления. Вещество разлагается при нагревании с образованием  $Y$  (других продуктов не образуется). Также из вещества  $X_1$  можно в несколько стадий получить углеводород  $X_6$ :



Реакция получения  $X_4$  из  $X_3$  является реакцией присоединения.

Определите углеводороды  $Y$  и  $X_6$ . В ответе укажите:

- 1) молярную массу  $Y$  (г/моль, с точностью до целых);
- 2) число вторичных атомов углерода в молекуле  $X_6$ .

**Ответ:**

1) 28

**1 балл**

2) 6

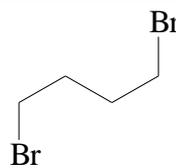
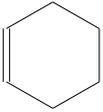
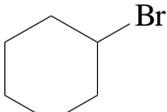
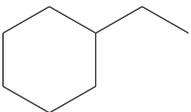
**3 балла**

**4 балла.**

**Решение:**

1) Молекулярная масса вещества  $X_1$  равна 56, следовательно, в молекуле вещества есть 4 атома углерода, на которые приходится 48 а. е. м., следовательно, в молекуле есть ещё 8 атомов водорода. Тогда молекулярная формула вещества  $C_4H_8$ . Единственное вещество такого состава, в котором все атомы углерода эквивалентны, – циклобутан. Если циклобутан разлагается с образованием только одного вещества, то разумно предположить, что этим веществом является этилен. Молярная масса этилена равна 28 г/моль.

2) Структуры упомянутых в задаче веществ приведены в таблице:

$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$
			
$X_5$	$X_6$		$Y$
			

В молекуле этилциклогексана есть 6 вторичных атомов углерода.

7. Смесь двух солей, образованных одним металлом, общей массой 2,91 г растворили в 20 мл воды и добавили 10 мл раствора хлорида бария, взятого в избытке, при этом выпало 4,66 г белого кристаллического осадка, нерастворимого в кислотах и щелочах и представляющего собой индивидуальную соль. Осадок отфильтровали, фильтрат перенесли в мерную колбу и довели до метки 100 мл дистиллированной водой. На титрование 10 мл фильтрата потребовалось 15 мл 0,1 М раствора гидроксида натрия. Определите формулы солей, входящих в исходную смесь, если молярная масса первой соли больше молярной массы второй соли. При записи формул используйте латинскую раскладку клавиатуры (например, NaNO<sub>3</sub>). Рассчитайте мольную долю второй соли (в %, с точностью до целых) в исходной смеси.

**Ответ:**

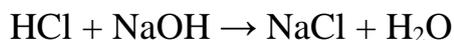
соль 1 – K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	1,5 балла
соль 2 – KHSO <sub>4</sub>	1,5 балла
Мольная доля второй соли – 75 %	1 балл

**4 балла**

**Решение.**

Выпавшая в осадок соль бария – BaSO<sub>4</sub>,  $\nu(\text{BaSO}_4) = 0,02$  моль.

Так как фильтрат имеет кислую среду, следовательно, одна из солей – гидросульфат, тогда в фильтрате будет присутствовать соляная кислота:



$$\nu(\text{NaOH}) = 0,1 \cdot 0,015 = 0,0015 \text{ моль} = \nu(\text{HCl})$$

$$\nu(\text{HCl в фильтрате}) = 0,015 \text{ моль}$$

$$\text{Тогда } \nu(\text{H}^+) = \nu(\text{SO}_4^{2-} / \text{гидросульфат/}) = 0,015 \text{ моль}$$

Данное значение не совпадает с количеством вещества сульфата бария, следовательно, вторая соль – сульфат.

$$\text{Тогда } \nu(\text{гидросульфата}) = 0,015 \text{ моль}, \nu(\text{сульфата}) = 0,005 \text{ моль.}$$

Предположим, что металл одновалентный тогда:

$$0,015(M + 97) + 0,005(2M + 96) = 2,91$$

$M = 39$ , что соответствует калию, следовательно, соль 1 – K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, соль 2 – KHSO<sub>4</sub>,  $\chi(\text{KHSO}_4) = 75 \%$ .

**8.** Смесь двух газов **A** и **B**, представляющих собой бинарные соединения, имеет относительную плотность по гелию 11. Эту смесь смешали с необходимым для полного сгорания количеством кислорода, подожгли, а образовавшуюся смесь привели к нормальным условиям. Получили газ с плотностью по гелию 11 и объёмом, который в 2 раза больше объёма исходной смеси газов **A** и **B** при н. у. Дополнительно известно, что исходная смесь не обесцвечивает бромную воду, а в молекуле газа **B** больше атомов, чем в молекуле газа **A**. Определите газы **A** и **B** и объёмную долю газа **A** (в %) в исходной смеси.

**Ответ:**

Формула **A** – CO<sub>2</sub>

Формула **B** – C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>

Объёмная доля **A** (%) – 50

**4 балла – по 1 баллу за формулу и 2 балла за объёмную долю.**

**Решение:**

$M(\text{смеси газов}) = 44 \text{ г/моль.}$

$M(\text{после сгорания}) = 44 \text{ г/моль.}$

Продуктом сгорания будет углекислый газ, так как исходная смесь представляет собой смесь двух газов, следовательно, углекислый газ также входил в исходную смесь. Вторым компонентом тогда будет пропан – C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>.

Если взять по одному объёму CO<sub>2</sub> и C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>, то после сгорания всего пропана и конденсации воды останется 4 объёма CO<sub>2</sub> (1 объём был, а 3 образовалось при сгорании), что точно соответствует условию. Итак, в исходной смеси – по 50 об. % CO<sub>2</sub> и C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>.

**9.** Одним из реагентов, необходимых для получения фарфора, является полевой шпат. Однако разновидностей полевого шпата достаточно много, и в зависимости от требуемых свойств фарфора используют тот или иной вид. Согласно данным химического анализа, одна из таких разновидностей содержит 20,14 % кремния, 46,04 % кислорода по массе, остальное – алюминий и кальций, а сумма индексов в формуле минерала меньше 18. Определите общую формулу данной разновидности полевого шпата и запишите её в ответ, используя латинские буквы. Элементы записывайте в следующем порядке: кальций, алюминий, кремний, кислород (например, Ca<sub>3</sub>Al<sub>2</sub>Si<sub>4</sub>O<sub>14</sub>).

**Ответ:** CaAl<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>O<sub>8</sub>

**4 балла**

**Решение.**

Представим формулу  $\text{Ca}_a\text{Al}_b\text{Si}_c\text{O}_d$

$$c : d = 20,14/28 : 46,04/16 = 1 : 4$$

Тогда, получаем общую формулу –  $\text{Ca}_a\text{Al}_b(\text{SiO}_4)_n$

Воспользуемся условием электронейтральности:

$$2a + 3b + 4n - 8n = 0$$

$2a + 3b = 4n$ , при условии, что  $a, b, n$  – целые положительные числа и  $(a + b + 5n) < 18$ , можно найти перебором решение этого уравнения:

$n = 2, a = 1, b = 2$ , тогда получаем общую формулу:



**10.** В органической химии реакции по созданию новых связей С–С обладают высокой практической ценностью. Одной из таких реакций является кросс-сочетание ацетиленидов меди с арилгалогенидами, например:



Метод был распространён и на винилгалогениды. Ниже представлена схема получения двух интересных продуктов **A** и **B**, не содержащих галогенов в своём составе. Установите строение и формулы этих веществ, в ответ запишите молярные массы **A** и **B** в г/моль (молярные массы углерода и водорода примите равными 12 г/моль и 1 г/моль соответственно).

Схема получения **A**:

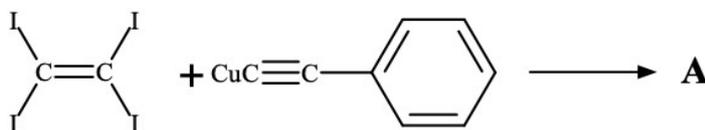
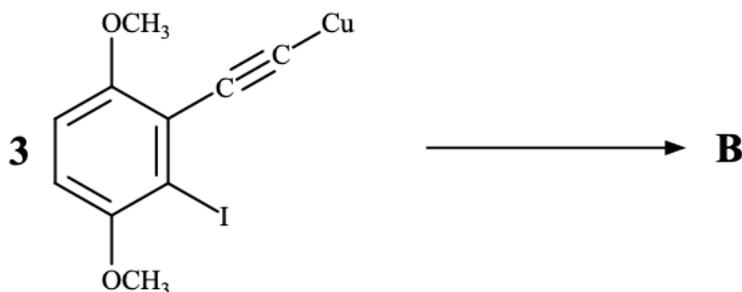


Схема получения **B**:



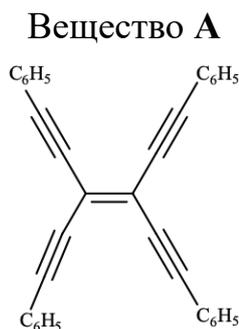
**Ответ:**

$$M(\text{A}) = 428 \text{ г/моль}$$

$$M(\text{B}) = 480 \text{ г/моль}$$

**6 баллов – за каждое значение по 3 балла.**

**Решение.**

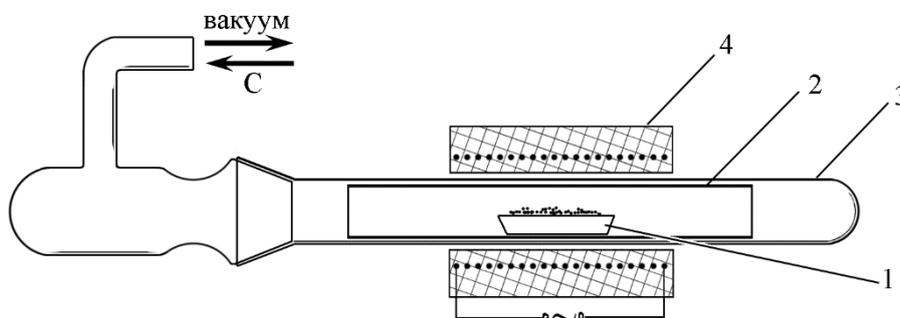


$$M(C_{34}H_{20}) = 428 \text{ г/моль}$$



$$M(C_{30}H_{24}O_6) = 480 \text{ г/моль}$$

**11.** Тщательно высушенный карбонат металла А смешали с избытком металла В и поместили в стальную лодочку (на рисунке показана цифрой 1).



Лодочку (1) вставили в стальную трубку (2), которую поместили в кварцевую трубку (3). Из прибора откачали воздух и сильно нагрели в трубчатой печи (4). Металл А испарился из реакционной смеси и сконденсировался на внутренних стенках трубки (2). После остывания прибор заполнили бесцветным газом С, а затем снова нагрели. В результате реакции соединения металла А с газом С образовалось соединение D – бесцветные, очень чувствительные к влаге и воздуху кристаллы.

Сведения о составе исходной смеси и выходах продуктов реакций приведены в *таблицах 1 и 2* ниже.

*Таблица 1.* Состав смеси, загружаемой в лодочку (1), для получения металла А

Компоненты смеси	Карбонат металла А	Металл В
Массы компонентов, г	23,1	7,3
Мольные доли компонентов, %	25	75

*Таблица 2.* Выходы реакций получения металла А и соединения D

Продукт реакции	Металл А	Соединение D
Масса продукта, г	16,4	14,6
Выход продукта, %	96*	88**

\* Выход в расчёте на исходный карбонат.

\*\* Выход в расчёте на восстановленный металл А.

Определите вещества А–D. В поля для ответов введите их молекулярные формулы. Химические знаки необходимо вводить, используя английскую раскладку клавиатуры. Пример: Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

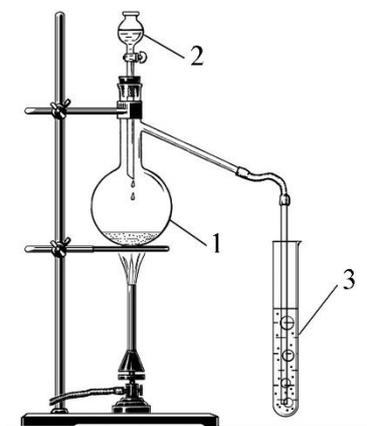
**Ответ:**

A	B	C	D
Rb	Mg	H <sub>2</sub>	RbH

**4 балла – по 1 баллу за каждое верно определённое вещество**

**12.** Элементы X и Y находятся в одной подгруппе, в соседних периодах Периодической системы Д.И. Менделеева. С веществами, в состав которых выходят элементы X и Y, можно провести много интересных опытов, один из которых описан ниже.

Кристаллическую соль А поместили в колбу Вюрца (на рисунке обозначена цифрой 1).



Из капельной воронки (2) добавили концентрированную серную кислоту. При этом из колбы (1) начал выделяться бесцветный газ В с резким запахом. Газ В пропускали в пробирку (3) с бесцветным раствором кислоты С. В результате реакции раствор в пробирке (3) постепенно принимал красную окраску за счёт образования коллоидных частиц простого вещества D.

Если к коллоидному раствору D добавить тёплый крепкий раствор вещества А, то красная окраска исчезнет, образуется соединение E. Если к бесцветному раствору E добавить разбавленную кислоту, например серную или соляную, то снова образуются вещества В и D, раствор снова принимает красную окраску.

В таблице ниже указаны массовые доли элементов X и Y в веществах А–E.

Вещество	A	B	C	D	E
Массовая доля элемента X, %	25,4	50,0	0	0	15,6
Массовая доля элемента Y, %	0	0	61,2	100	38,5

Определите вещества А–E. В поля для ответов введите их молекулярные формулы. Химические знаки необходимо вводить, используя английскую раскладку клавиатуры. Пример: Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

**Ответ:**

<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>
$\text{Na}_2\text{SO}_3$	$\text{SO}_2$	$\text{H}_2\text{SeO}_3$	Se или $\text{Se}_8$	$\text{Na}_2\text{SO}_3\text{Se}$ или $\text{Na}_2\text{SSeO}_3$ или $\text{Na}_2\text{SeSO}_3$

**5 баллов – по 1 баллу за каждое верно определённое вещество.**

**Всего – 50 баллов.**