

ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ  
ХИМИЯ. 2023–2024 уч. г.  
МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП. 11 КЛАСС

**Задания 1–2**

Газообразное при обычных условиях вещество А ( $\omega(\text{C}) = 25,0\%$ ) массой 1,20 г полностью сожгли в избытке кислорода. Продукты сгорания последовательно пропустили через колонки с оксидом фосфора (V) и гидроксидом натрия. Масса первой колонки увеличилась на 0,90 г, а второй – на 2,70 г. Исследуемое вещество обладает сильным и неприятным запахом и обесцвечивает бром, растворенный в четырёххлористом углероде.

1. Установите формулу вещества А.

Ответ: \_\_\_\_\_.

**За правильный ответ 6 баллов.**

2. Определите молярную массу (г/моль, с точностью до целых) продукта его взаимодействия с бромом.

Ответ: \_\_\_\_\_.

**За правильный ответ 2 балла.**

**Всего за задания (1–2) – 8 баллов**

**Задания 3–4**

3. При прокаливании 93,6 г соединения состава  $(\text{NH}_4)_2\text{X}_2\text{O}_7$  при температуре ниже  $400\text{ }^\circ\text{C}$  образовалось 85,8 г оксида элемента X(VI), а при прокаливании такой же навески  $(\text{NH}_4)_2\text{X}_2\text{O}_7$  при  $800\text{ }^\circ\text{C}$  образовалось 84,2 г другого оксида элемента X. Установите элемент X и неизвестный оксид.

Укажите порядковый номер элемента X.

Ответ: \_\_\_\_\_.

**За правильный ответ 4 балла.**

4. Запишите формулу оксида, образовавшегося при прокаливании второй навески.

Ответ: \_\_\_\_\_.

**За правильный ответ 4 балла.**

**Всего за задания (3–4) – 8 баллов**

### Задание 5

Некоторое вещество состоит из двух элементов *A* и *B*. Массовая доля элемента *B* в веществе  $AB_y$  равна 90,3 %. При взаимодействии данного вещества с разбавленной серной кислотой образуется слабая одноосновная кислота  $HB_z$ , в которой массовая доля водорода составляет 2,33 %. Установите формулы вещества  $AB_y$  и кислоты  $HB_z$ .

**Ответ:**

$AB_y$	
$HB_z$	

**За каждый правильный ответ по 2 балла.**

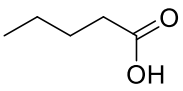
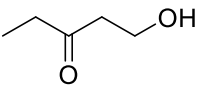
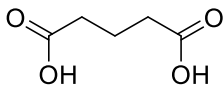
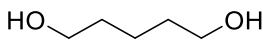
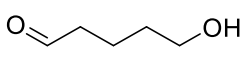
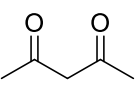
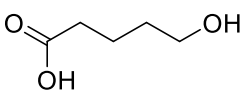
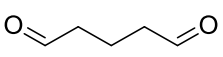
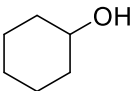
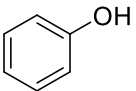
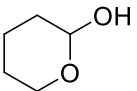
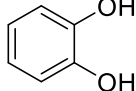
**Всего – 4 балла**

### Задание 6

Соединение *A* состава  $C_5H_{10}O_2$  при кипячении с подкисленным раствором перманганата калия превращается в соединение *B*, которое взаимодействует со щелочью в мольном соотношении 1 : 2. При взаимодействии *A* с гидроксидом меди(II) при нагревании образуется соединение *B* и выпадает жёлтый

осадок, который быстро становится красным. В кислой среде *A* превращается в соединение *Г*, содержащее шестичленный цикл.

Установите структурные формулы соединений *A–Г*. Укажите их номера в приведённой ниже таблице.

 1	 2	 3	 4
 5	 6	 7	 8
 9	 10	 11	 12

**Ответ:**

<i>A</i>	
<i>B</i>	

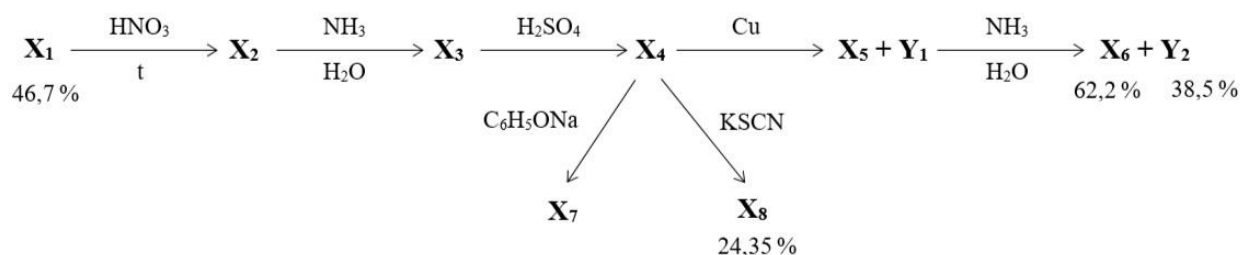
В	
Г	

За каждый правильный ответ по 2 балла.

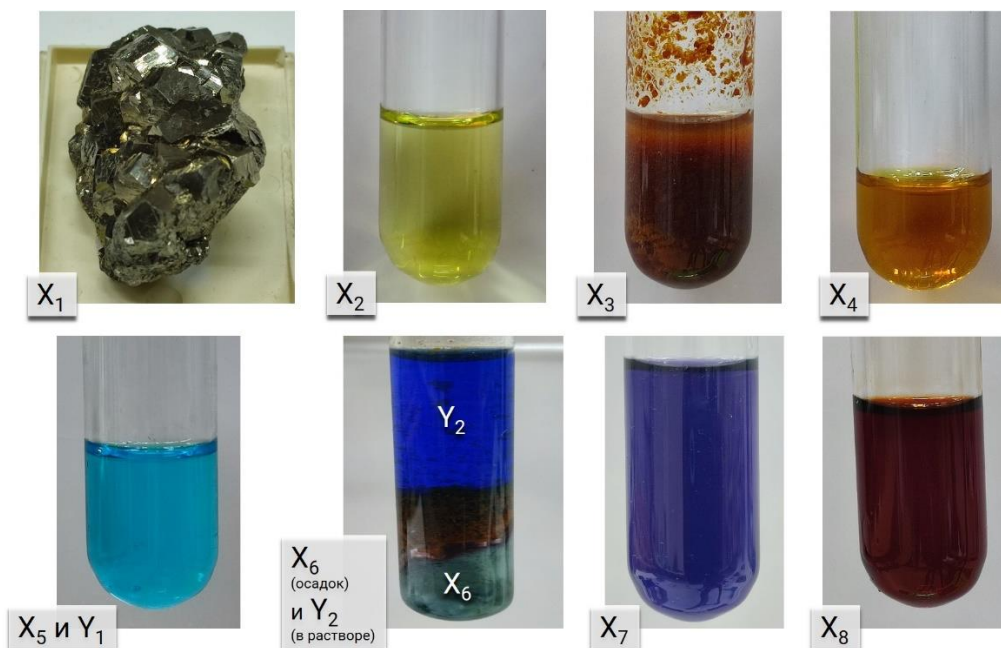
Всего – 8 баллов

### Задание 7

Ниже представлена цепочка превращений. Вещества  $X_1 - X_8$  содержат атомы одного элемента-металла, вещества  $Y_1$  и  $Y_2$  содержат атомы другого элемента-металла. Для некоторых из зашифрованных веществ указаны массовые доли элементов-металлов. Раствор аммиака в последней реакции в горизонтальном ряду приливают к раствору, содержащему  $X_5$  и  $Y_1$ . Минерал  $X_1$  является бинарным веществом, из которого в несколько стадий можно получить широко используемую нелетучую минеральную кислоту.



Ниже приведены фотографии веществ или пробирок с растворами этих веществ.



Определите вещества  $X_1 - X_8$ ,  $Y_1$  и  $Y_2$ . В ответе укажите их молярные массы (г/моль). При расчётах атомные массы элементов необходимо округлять до целых.

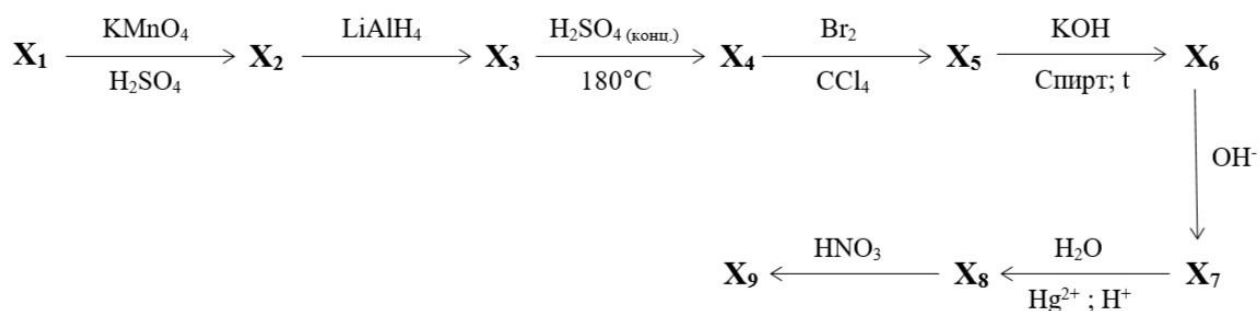
**Ответ:**

$X_1 =$		г/моль
$X_2 =$		г/моль
$X_3 =$		г/моль
$X_4 =$		г/моль
$X_5 =$		г/моль
$X_6 =$		г/моль
$X_7 =$		г/моль
$X_8 =$		г/моль
$Y_1 =$		г/моль
$Y_2 =$		г/моль

**За каждый правильный ответ по 1 баллу.  
Всего – 10 баллов**

### Задания 8–9

Ниже приведена цепочка превращений. Вещество  $X_1$  – неразветвленный алкин симметричного строения ( $\omega(C) = 87,3\%$ ).



Учтите следующее:

- 1) Попарно гомологами являются  $X_1$  и  $X_7$ , а также  $X_2$  и  $X_9$ .
- 2) В последней реакции образуется только один органический продукт.
- 3) Вещество  $X_6$  взаимодействует с аммиачным раствором оксида серебра(I) с образованием осадка. Вещество  $X_7$  с аммиачным раствором оксида серебра(I) не взаимодействует.

8. В ответе приведите молекулярные формулы веществ  $X_1 - X_9$ .

Ответ:

$X_1 -$	
$X_2 -$	
$X_3 -$	
$X_4 -$	
$X_5 -$	
$X_6 -$	
$X_7 -$	
$X_8 -$	

За каждый правильный ответ по 1 баллу.

Всего – 8 баллов

9. Молекулярная формула вещества  $X_9$ .

Ответ: \_\_\_\_\_.

За правильный ответ 2 балла.

Всего за задания (8–9) – 10 баллов

### Задания 10–11

Кислота  $A$  ( $\omega(C) = 31,6\%$ ) применяется в косметологии как кератолитик, а также как сырье для получения биоразлагаемых полимеров. Соединение  $B$  в лаборатории можно получить окислением соединения  $B$  селенистой кислотой. В промышленности соединение  $B$  получают, окисляя соединение  $\Gamma$  кислородом на серебряном катализаторе. Сополимеризацией соединения  $\Gamma$  с кислотой  $D$  получают полимер, основная часть которого идёт на производство искусственных волокон и упаковки для напитков.

Известно, что молекулы веществ  $A, B, B, \Gamma$  содержат одинаковое количество атомов углерода, а вещества  $A-D$  имеют одинаковый качественный состав. Определите вещества  $A-D$ .

10. Приведите молекулярную формулу  $A$ .

Ответ: \_\_\_\_\_.

За правильный ответ 4 балла.

11. Укажите молярные массы веществ *Б–Д* (г/моль, с точностью до целых).

Ответ:

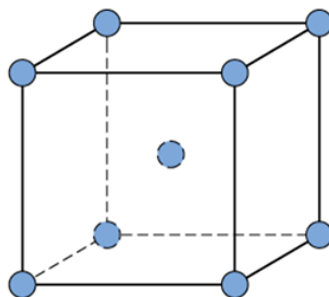
<i>Б</i> =		г/моль
<i>В</i> =		г/моль
<i>Г</i> =		г/моль
<i>Д</i> =		г/моль

За каждый правильный ответ по 1 баллу.

Всего за задания (10–11) – 8 баллов

### Задание 12

Металл *X* образует кристаллы с кубической объёмноцентрированной элементарной ячейкой, длина ребра которой 2,885 Å (1 Å = 10<sup>-10</sup> м).

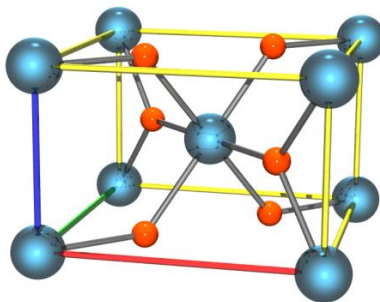


Плотность идеального кристалла *X* составляет 7194 кг/м<sup>3</sup>.

Определите металл *X*, укажите его химический символ.

Ответ: \_\_\_\_\_.

В конце XIX века Фридрих Вёлер получил соединение металла *X* с кислородом. Структура данного оксида приведена ниже (красным отмечены атомы кислорода):



Приведите простейшую формулу оксида:

Ответ: \_\_\_\_\_.

Получить данный оксид можно при реакции более устойчивых оксидов  $Y$  и  $Z$ , содержащих элемент  $X$ , при давлении 200 МПа и температуре 530°C. Известно, что оксид  $Y$  растворяется в воде, а оксид  $Z$  – нет. Приведите формулы оксидов  $Y$  и  $Z$ .

Ответ:

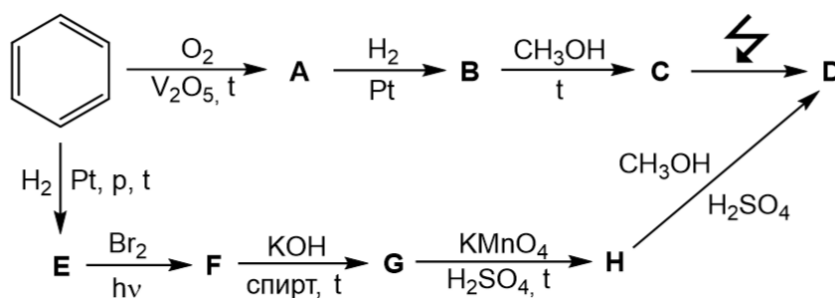
$Y$	
$Z$	

За каждый правильный ответ по 2 балла.

Всего – 8 баллов

### Задание 13

Вещество  $D$  можно получить из бензола двумя способами. Определите неизвестные вещества  $A$ – $H$  в цепочках превращений. Для каждого вещества введите его молярную массу с точностью до целых.



Ответ:

$A =$		г/моль
$B =$		г/моль
$C =$		г/моль
$D =$		г/моль
$E =$		г/моль
$F =$		г/моль
$G =$		г/моль
$H =$		г/моль

За каждый правильный ответ по 1 баллу.

Всего – 8 баллов

### Задания 14–21

Белое кристаллическое вещество *A* является продуктом крупнотоннажного производства и применяется как инициатор полимеризации, как пестицид, как компонент некоторых взрывчатых смесей и во многих других отраслях. Вещество *A* окрашивает пламя газовой горелки в фиолетовый цвет и содержит 47,41 % кислорода (по массе). При нагревании вещество *A* разлагается с образованием вещества *B* и бесцветного газа *B* (простое вещество), причём масса твёрдого остатка на 5,93 % меньше массы исходного вещества *A*. Получить вещество *A* можно либо электролизом концентрированного раствора соли *Г*, содержащей примерно такое же количество кислорода, что и *A*, либо путём взаимодействия соли *Г* с раствором соли *Д*. При взаимодействии соли *Д* со щелочью выделяется бесцветный газ *Е* с резким запахом, который окрашивает влажную лакмусовую бумажку в синий цвет. При взаимодействии вещества *A* с избытком оксида серы (VI) образуется вещество *Ж*, состоящее из трёх элементов в соотношении 1 : 2 : 7. При взаимодействии *A* с раствором щелочи в присутствии каталитических количеств оксида марганца (IV) образуется соль *З*, применяемая в качестве удобрения, и газ *В*. Определите неизвестные вещества, приведите их химические формулы. При вводе формул веществ используйте английскую раскладку клавиатуры.

#### Пример

формулу нитрата меди (II) следует вводить так:  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$

14. Формула вещества *A*

Ответ: \_\_\_\_\_.

За правильный ответ 2 балла.

15. Формула вещества *B*

Ответ: \_\_\_\_\_.

За правильный ответ 1 балл.

16. Формула вещества *B*

Ответ: \_\_\_\_\_.

За правильный ответ 1 балл.

17. Формула вещества *Г*

Ответ: \_\_\_\_\_.

За правильный ответ 1 балл.



18. Формула вещества *D*

Ответ: \_\_\_\_\_.

За правильный ответ 1 балл.

19. Формула вещества *E*

Ответ: \_\_\_\_\_.

За правильный ответ 1 балл.

20. Формула вещества *Ж*

Ответ: \_\_\_\_\_.

За правильный ответ 2 балла.

21. Формула вещества *З*

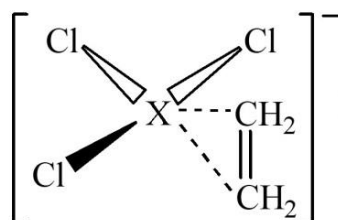
Ответ: \_\_\_\_\_.

За правильный ответ 1 балл.

Всего за задания (14–21) – 10 баллов

### Задания 22–23

Простое вещество *X* – благородный металл серебристо-белого цвета. В 1827 г. датский химик-органик Уильям Кристофер Цейзе получил необычное соединение металла *X* – комплексную соль *D*. Анион этой соли имеет плоское строение, лиганды расположены в вершинах квадрата. Плоскость  $\sigma$ -связей в молекуле этилена перпендикулярна плоскости квадрата:



Для одной из своих работ У. Цейзе планировал получить соль *C*. Для этого он растворил металл *X* в горячей царской водке и получил кислоту *A*. Затем добавил насыщенный раствор щавелевой кислоты, в результате реакции кислота *A* превратилась в кислоту *B*. Для полноты осаждения соли *C*, малорастворимой в этиловом спирте, он вместо водного раствора *B* использовал раствор этой кислоты в этаноле. Когда к спиртовому раствору кислоты *B* исследователь прилил водный раствор хлорида калия, то неожиданно вместо осадка красно-коричневого цвета, характерного для *C*, выпал осадок комплексной соли *D*, имеющей жёлтую окраску.

Некоторые сведения о составе веществ *A* – *D* приведены в табл. ниже.

Сведения о составе веществ А, В, С и D

Обозначение вещества	Степень окисления атомов металла X	Массовая доля металла X, %	Общее число атомов в формульной единице
<b>A</b>	+4	47,6	9
<b>B</b>	+2	57,5	7
<b>C</b>	+2	47,0	7
<b>D</b>	+2	50,5	14

22. Установите состав веществ X, A, B и C. В поля для ответов введите химические формулы этих веществ.

Ответ:

X	A	B	C

За каждый правильный ответ по 2 балла.

Всего – 8 баллов

23. Установите количество атомов водорода в одной формульной единице соли D.

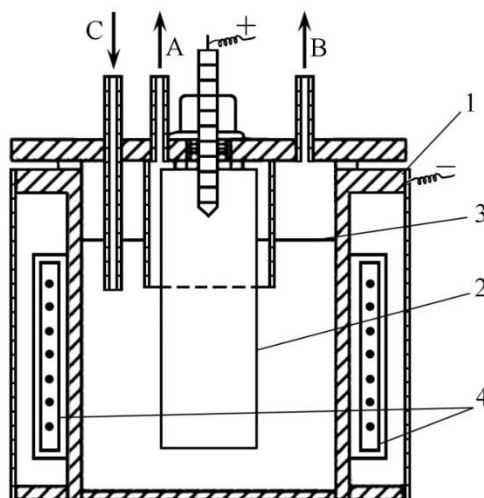
Ответ: \_\_\_\_\_.

За правильный ответ 2 балла.

Всего за задания (22–23) – 10 баллов

Задание 24

В лаборатории простое газообразное вещество A можно получить электролизом при 70–100 °С в приборе, изображённом на рисунке.



Прибор для получения газа A:

- 1 – стальной корпус, является катодом; 2 – никелевый анод;  
3 – уровень электролита; 4 – нагревательные элементы.

Электролит готовят следующим образом. Среднюю калиевую соль  $D$  насыщают сухим веществом  $C$ . Сначала соль  $D$  превращается в кислую соль. Затем, когда мольное отношение  $D : C$  становится равным  $1 : 3$ , смесь становится жидкой, что позволяет её использовать в качестве электролита. По мере его убывания в прибор пропускают вещество  $C$ . В процессе электролиза помимо газа  $A$  также выделяется газ  $B$ .

Через прибор пропускали электрический ток силой  $10\text{ А}$  в течение  $10$  часов. В результате получили  $49,7\text{ г}$  газа  $A$ , что составляет  $70\%$  от теоретически возможного выхода по току.

Установите состав веществ  $A$ – $D$ . В поля для ответов введите химические формулы этих веществ.

Постоянная Фарадея  $F = 96500\text{ Кл/моль}$ .

**Ответ:**

$A$	
$B$	
$C$	
$D$	

**За каждый правильный ответ по 2 балла.**

**Всего – 8 баллов**

**Максимальный балл за работу – 100.**