

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

Задания 1–2

Газообразное при обычных условиях вещество A ($\omega(C) = 25,0\%$) 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 A .

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°C образовалось 85,8 г оксида элемента $X(\text{VI})$, а при прокаливании такой же навески $(\text{NH}_4)_2\text{X}_2\text{O}_7$ при 800°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.

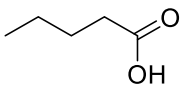
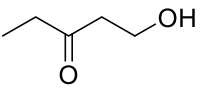
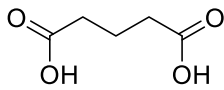
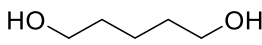
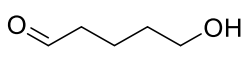
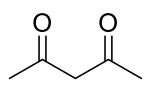
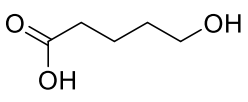
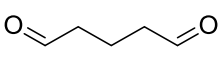
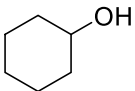
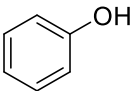
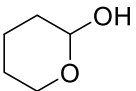
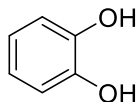
Всего – 4 балла

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:

A	
B	

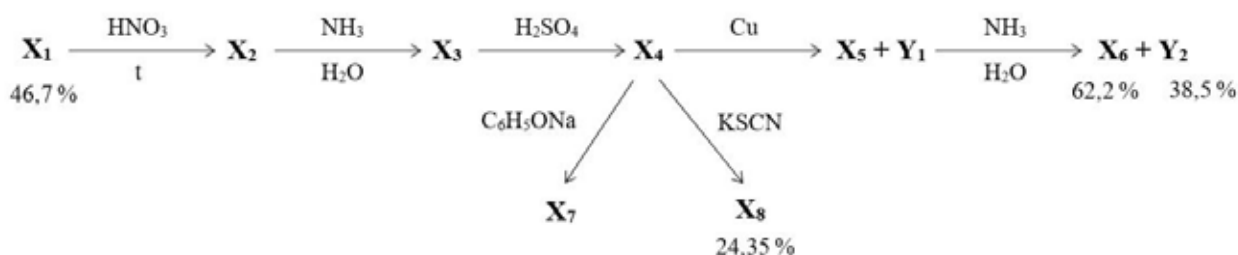
В	
Г	

За каждый правильный ответ по 2 балла.

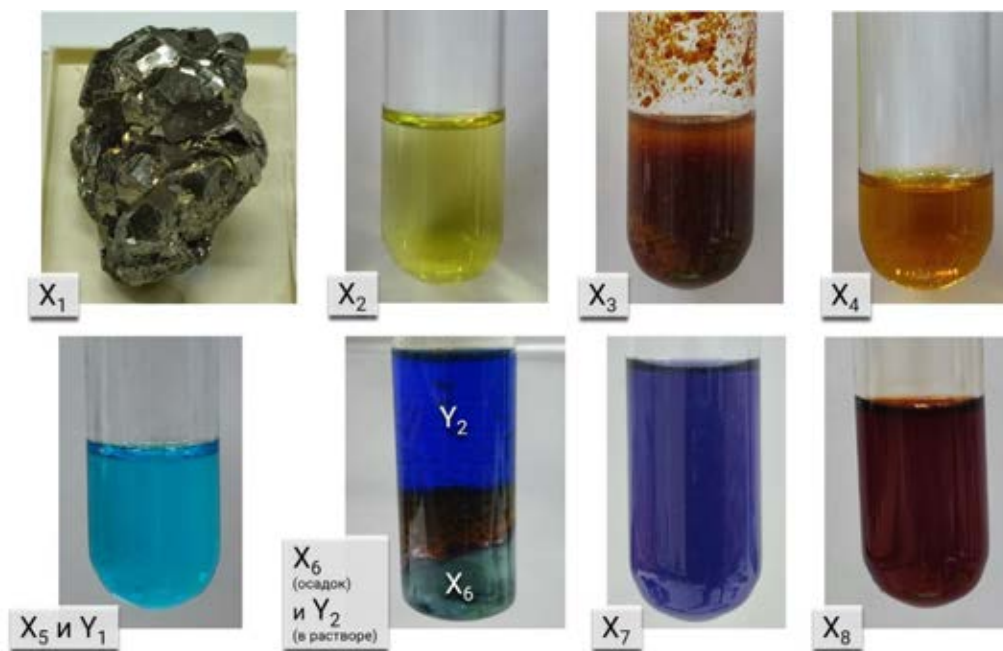
Всего – 8 баллов

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.

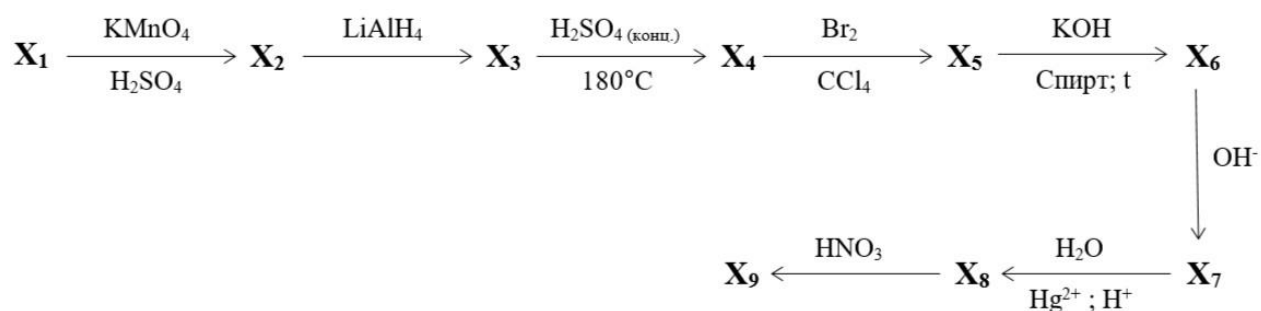
Ответ:

$X_1 =$		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 Γ кислородом на серебряном катализаторе. Сополимеризацией соединения Γ с кислотой D получают полимер, основная часть которого идёт на производство искусственных волокон и упаковки для напитков.

Известно, что молекулы веществ A, B, B, Γ 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 B – D (г/моль, с точностью до целых).

Ответ:

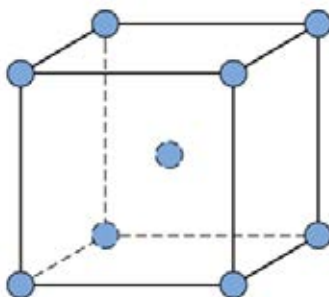
$B =$		г/моль
$B =$		г/моль
$\Gamma =$		г/моль
$D =$		г/моль

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 $2,885 \text{ \AA}$ ($1 \text{ \AA} = 10^{-10} \text{ м}$).

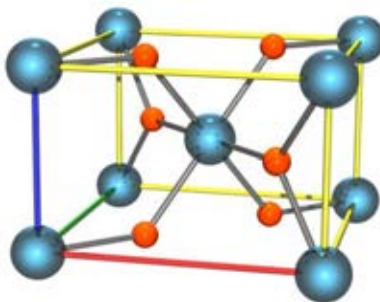


Плотность идеального кристалла X составляет 7194 кг/м^3 .

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:

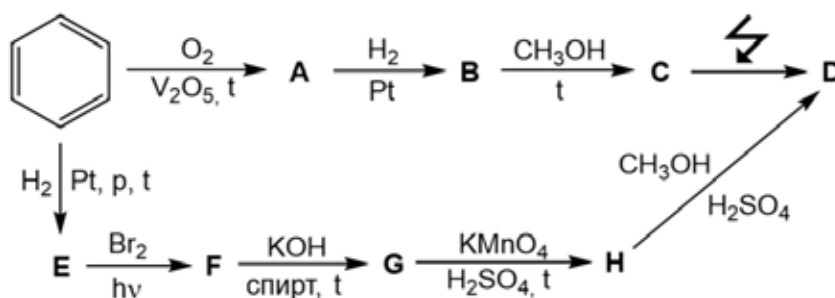
Y	
Z	

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 *Д*

Ответ: _____.

За правильный ответ 1 балл.

19. Формула вещества *Е*

Ответ: _____.

За правильный ответ 1 балл.

20. Формула вещества *Ж*

Ответ: _____.

За правильный ответ 2 балла.

21. Формула вещества *З*

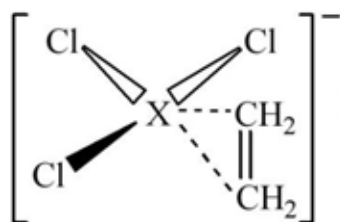
Ответ: _____.

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 *Д*. Анион этой соли имеет плоское строение, лиганды расположены в вершинах квадрата. Плоскость σ -связей в молекуле этилена перпендикулярна плоскости квадрата:



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

Некоторые сведения о составе веществ *А* – *Д* 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
A	+4	47,6	9
B	+2	57,5	7
C	+2	47,0	7
D	+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.

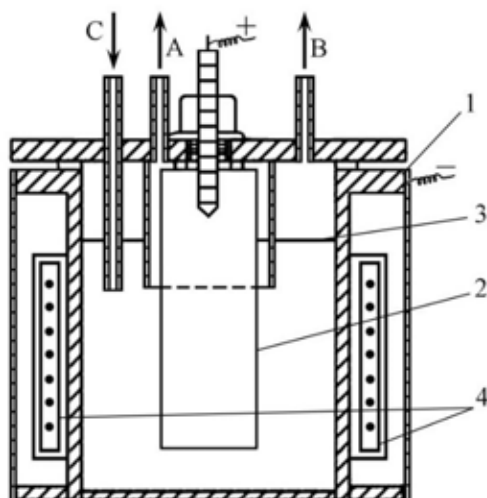
Ответ: _____.

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 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.