

Министерство науки и высшего образования РФ
Совет ректоров вузов Томской области
Открытая региональная межвузовская олимпиада 2023-2024 гг.

ХИМИЯ
11 класс
Второй этап
1 вариант

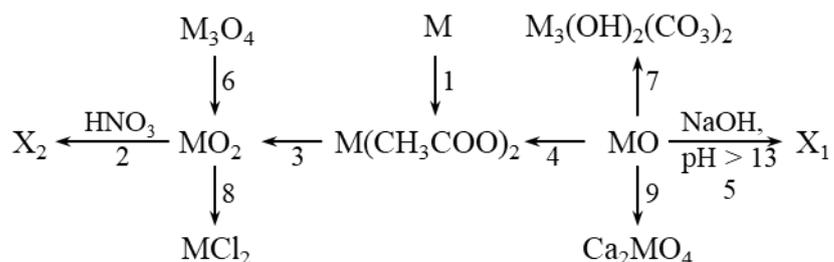
Задание 1

М – один из самых тяжелых металлов, известных с глубокой древности, соответствовал Сатурну. Древние греки называли его «молибдос». М – синевато-серого цвета, мягкий, легко царапается ногтем и прокатывается в очень тонкие листы, сплавляется со многими металлами.

В соединениях проявляет степени окисления +2 (более устойчивая) и +4. Оксиды и карбонаты М – основа красной и белой красок, стекло с добавкой М обладает блеском алмаза и других драгоценных камней. Соединения М ядовиты.

1. Запишите формулы веществ, содержащих М. Назовите вещества по международной номенклатуре.

2. Запишите уравнения реакций, согласно схеме (X₁ и X₂ содержат М):



3. Реакцию (2) уравняйте методом электронно-ионного баланса (полуреакций), укажите окислитель и восстановитель.

4. Рассчитайте молярную концентрацию раствора ацетата металла (II), который образуется при полном растворении 51,75 г металла в 1 л 1 моль/л раствора уксусной кислоты. Изменением объема пренебречь.

Решение

1.

М – Pb, свинец

M(CH₃COO)₂ – Pb(CH₃COO)₂, ацетат свинца (II)

MO₂ – PbO₂, оксид свинца (IV)

MO – PbO, оксид свинца (II)

M₃O₄ – Pb₃O₄, оксид свинца (II, IV)

MCl₂ – PbCl₂, хлорид свинца (II)

M₃(OH)₂(CO₃)₂ – Pb₃(OH)₂(CO₃)₂, основной карбонат свинца (II)

Ca₂MO₄ – Ca₂PbO₄, плюмбат (IV) кальция

X₁ – Pb(NO₃)₂, нитрат свинца (II)

X₂ – Na₄[Pb(OH)₆], гексагидроксоплюмбат (II) натрия

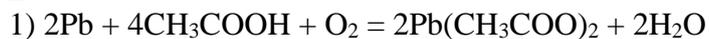
За каждое соединение по 0,5 баллов · 10

5 баллов

За каждое название по 0,5 баллов · 10

5 баллов

2.

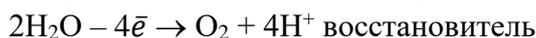


- 3) $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2 + \text{Cl}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = \text{PbO}_2 + 2\text{CH}_3\text{COOH} + 2\text{HCl}$
или $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2 + \text{Cl}_2 + 4\text{KOH} = \text{PbO}_2 + 2\text{CH}_3\text{COOK} + 2\text{KCl} + 2\text{H}_2\text{O}$
или $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2 + \text{CaOCl}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{PbO}_2 + 2\text{CH}_3\text{COOH} + \text{CaCl}_2$
4) $\text{PbO} + 2\text{CH}_3\text{COOH} = \text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2 + \text{H}_2\text{O}$
5) $\text{PbO} + 4\text{NaOH} + \text{H}_2\text{O} = \text{Na}_4[\text{Pb}(\text{OH})_6]$
6) $\text{Pb}_3\text{O}_4 + 4\text{HNO}_3 = \text{PbO}_2 + 2\text{Pb}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{H}_2\text{O}$
7) $2\text{PbO} + \text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2 + 2\text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = \text{Pb}_3(\text{OH})_2(\text{CO}_3)_2 + 2\text{CH}_3\text{COOH}$
8) $\text{PbO}_2 + 4\text{HCl} = \text{PbCl}_2 + \text{Cl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$
9) $2\text{PbO} + 4\text{CaCO}_3 + \text{O}_2 = 2\text{Ca}_2\text{PbO}_4 + 4\text{CO}_2$

За каждое уравнение по 1 баллу

9 баллов

3.



2 балла

4.

По уравнению реакции (1) $n(\text{Pb}) = 2n(\text{CH}_3\text{COOH}) = n(\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2)$

По условию $n(\text{Pb}) = 51,75/207 = 0,25$ (моль)

1 балл

$n(\text{CH}_3\text{COOH}) = 1 \times 1 = 1$ (моль), кислота взята в избытке,

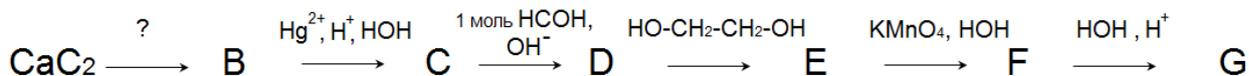
$n(\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2) = n(\text{Pb}) = 0,25$ (моль). $C_M = 0,25/1 = 0,25$ (моль/л).

3 балла

ИТОГО

25 баллов

Задание 2

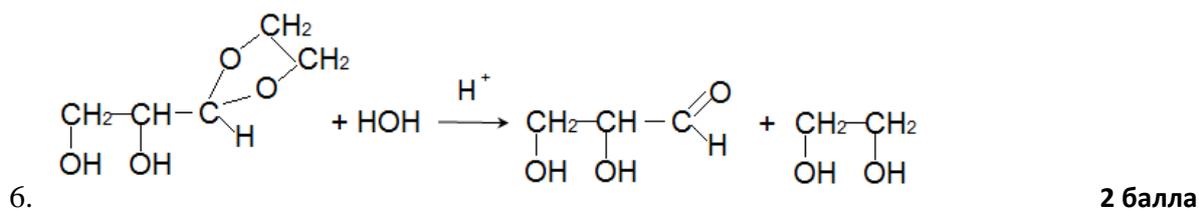
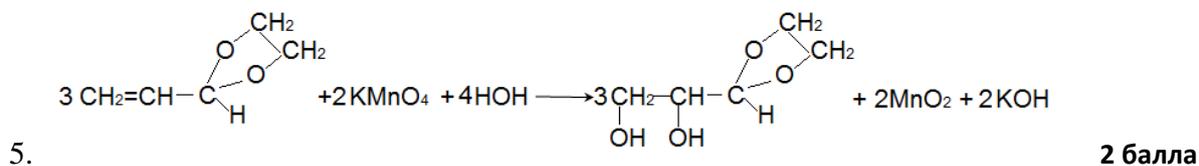
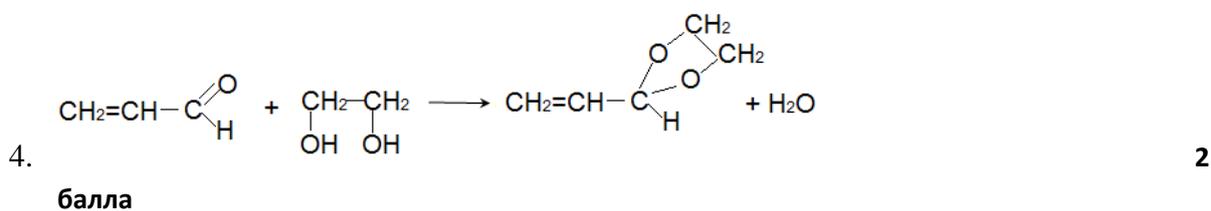
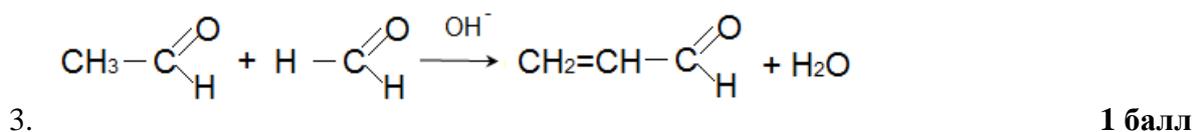


- Расшифруйте схему превращений, если известно, что вещество D – легколетучая жидкость с резким запахом. Обесцвечивает бромную воду и вступает в реакцию «серебряного зеркала». Вещество G обладает оптической активностью, вступает в реакцию «серебряного зеркала», взаимодействует со щелочами и щелочными металлами. Напишите уравнения описанных реакций, изобразите структурные формулы соединений, образующихся на каждой стадии превращений.
- Напишите структурные формулы энантиомеров для вещества G и отнесите их к D- или L-ряду.

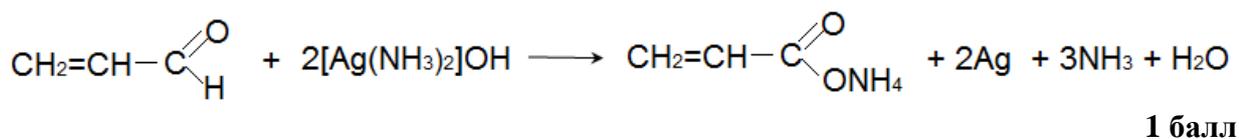
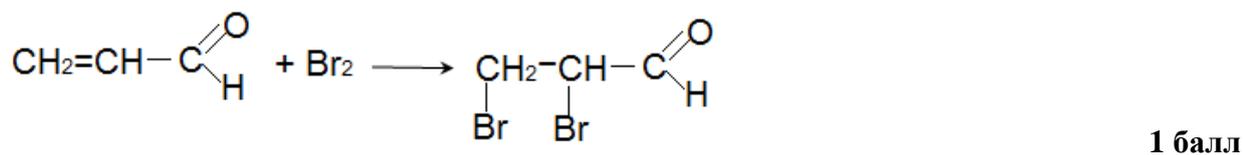
Решение

B	$\text{CH}\equiv\text{CH}$	1 балл
C		1 балл
D		1 балл
E		2 балла
F		2 балла

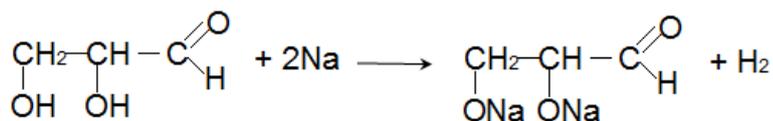
G	$\begin{array}{c} \text{CH}_2-\text{CH}-\text{C} \\ \quad \quad // \\ \text{OH} \quad \text{OH} \quad \text{O} \\ \quad \quad \quad \backslash \\ \quad \quad \quad \text{H} \end{array}$	2 балла
---	---	---------



Характерные реакции для вещества D:

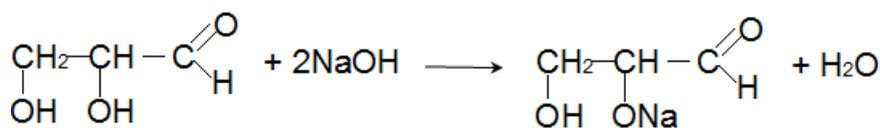


Характерные реакции для вещества G:

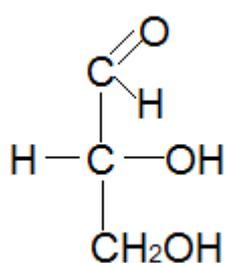


1 балл

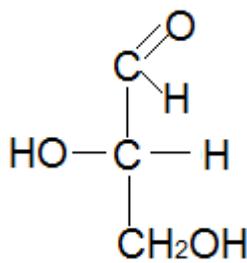
Многоатомные спирты являются слабыми кислотами, поэтому они могут давать алкоголяты не только с активными металлами, но и щелочами. Однако реакция со щелочью обратима и идет не до конца:



1 балл



D – глицеральдегид



L – глицеральдегид

За структурные формулы по 1 баллу

2 балла

За отнесение к D- или L-ряду по 0,5 балла

1 балл

ИТОГО

25 баллов

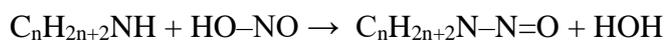
Задание 3

Некоторое органическое вещество А массой $m=11,8$ г обработали смесью соляной кислоты и нитрита калия. В результате реакции образовалось 17,6 г. маслянистой жидкости желтого цвета, которая хорошо растворяется как в органических растворителях, так и в воде. Известно, что в составе образованной жидкости содержится $w(\text{C})=40,91\%$, $w(\text{N})=31,82\%$, $w(\text{O})=18,18\%$.

Также известно, что вещество А вступает в реакцию с ацетилхлоридом, с хлоридом меди (II) образует комплексное соединение. В ИК-спектре наряду с другими полосами поглощения имеется одна полоса в области $3500\text{--}3300\text{ см}^{-1}$ и полосы при $2970\text{--}2820\text{ см}^{-1}$, и 1600 см^{-1} .

Определите молекулярную и структурную формулу вещества А. Запишите уравнения реакций взаимодействия вещества А с ацетилхлоридом, хлоридом меди (II), а также уравнение реакции образования жидкости желтого цвета. (При написании уравнений, используйте структурные формулы, которые однозначно отражают порядок атомов в молекулах).

Из условий задачи следует, что вещество А – вторичный амин.



Находим молекулярную формулу образовавшейся жидкости.

Пусть $m=100$ г, тогда

$$v(\text{C}) = \frac{m(\text{C}) \text{ г}}{M(\text{C}) \text{ г/моль}} = \frac{40,91}{12} = 3,41 \text{ моль}$$

$$v(\text{O}) = \frac{m(\text{O}) \text{ г}}{M(\text{O}) \text{ г/моль}} = \frac{18,18}{16} = 1,14 \text{ моль}$$

$$v(\text{N}) = \frac{m(\text{N}) \text{ г}}{M(\text{N}) \text{ г/моль}} = \frac{31,82}{14} = 2,27 \text{ моль}$$

$$w(\text{H}) = 100\% - 31,82\% - 40,91\% - 18,18\% = 9,09\%$$

$$v(\text{H}) = \frac{m(\text{H}) \text{ г}}{M(\text{H}) \text{ г/моль}} = \frac{9,09}{1} = 9,09 \text{ моль}$$

$$v(\text{C}) : v(\text{O}) : v(\text{N}) : v(\text{H}) = 3,41 : 1,14 : 2,27 : 9,09 = 3 : 1 : 2 : 8$$

4 балла

$$M(\text{C}_3\text{ON}_2\text{H}_8) = 12 \cdot 3 + 16 + 14 \cdot 2 + 8 = 88 \text{ г/моль}$$

$$n = \frac{17,6 \text{ г}}{88 \text{ г/моль}} = 0,2 \text{ моль}$$

$$M(\text{A}) = \frac{m \text{ г}}{n \text{ моль}} = \frac{11,8 \text{ г}}{0,2 \text{ моль}} = 59 \text{ г/моль}$$

$$M(\text{C}_n\text{H}_{2n+2}\text{NH}) = 59 \text{ г/моль}$$

$$12n + 2n + 2 + 14 + 1 = 59$$

$$14n = 42$$

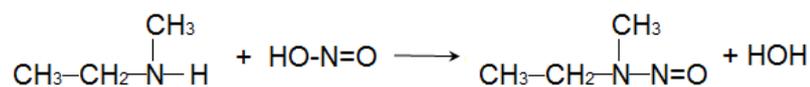
$$n = 3$$

Молекулярная формула $\text{C}_3\text{H}_8\text{NH}$

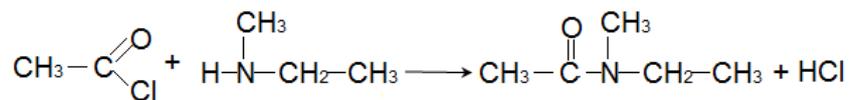
4 балла

Структурная формула $\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ | \\ \text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{N}-\text{H} \end{array}$ метилэтиламин.

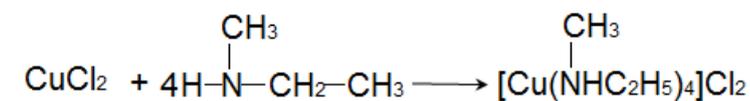
5 баллов



4 балла



4 балла



4 балла

ИТОГО

25 баллов

Задание 4

Модельная газовая установка состоит из термоса с барометром объемом 15 л. Внутри установки газовая смесь углеводородного газа и его амина плотностью 1,183 г/л при условиях $T=0^\circ\text{C}$ и $P=1$ атм. Поддерживая данную температуру начали непрерывно вводить HCl (г). В ходе эксперимента на дне термоса образовывался твердый осадок, и давление постепенно подало. Когда давление достигло минимума, плотность смеси составила 0,213 г/л. Образование твердого

осадка прекратилось, а давление начало расти. В момент, когда давление восстановилось до 1 атм., плотность смеси была равна 1,353 г/л.

Какие 2 газа вошли в смесь и в каких количествах? Запишите химическую реакцию.

Решение:

1. Определим массы смесей:

m_1 - масса исходной смеси

m_2 - масса смеси при минимальном давлении

m_3 - масса конечной смеси

$$m_1 = \rho V = 1.183 \text{ г/л} \cdot 15 \text{ л} = 17.74 \text{ г}$$

2 балла

$$n_1 = PV / RT = (1 \cdot 15) / (0.082 \cdot 273.15) = 0.670 \text{ моль}$$

2 балла

$$m_2 = \rho V = 0.213 \text{ г/л} \cdot 15 \text{ л} = 3.2 \text{ г}$$

2 балла

$$m_3 = \rho V = 1.353 \text{ г/л} \cdot 15 \text{ л} = 20.3 \text{ г}$$

2 балла

2. Из описания процесса можно сделать вывод, что 1 газ участвовал в реакции с HCl и в это время падало давление. Следовательно, когда давление достигло минимума 1 газ был исчерпан. Тогда последующий рост давления связан с продолжающейся подачей HCl.

Определим массу и количество моль накопленного HCl:

$$m(\text{HCl}) = m_3 - m_2 = 20.3 \text{ г} - 3.2 \text{ г} = 17.1 \text{ г}$$

$$n(\text{HCl}) = (17.1 \text{ г}) / (36.5 \text{ г/моль}) = 0.4685 \text{ моль}$$

3 балла

3. Теперь можем определить состав второго газа который не прореагировал с HCl:

$$n(\text{газ 2}) = n_1 - n(\text{HCl}) = 0.670 \text{ моль} - 0.4685 \text{ моль} = 0.2015 \text{ моль}$$

3 балла

$$M_w(\text{газ 2}) = 3.2 \text{ г} / 0.2015 \text{ моль} = 16 \text{ г/моль}$$

2 балла

Газ 2 – метан (CH₄).

2 балла

$$n(\text{CH}_4) = 0.2015 \text{ моль}$$

$$4. \text{ Тогда: } m(\text{газ 1}) = 17.74 \text{ г} - 3.2 \text{ г} = 14.54 \text{ г}$$

2 балла

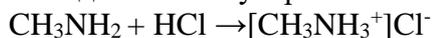
$$n(\text{газ 1}) = n(\text{HCl})$$

$$M_w(\text{газ 1}) = 14.54 \text{ г} / 0.4685 \text{ моль} = 31 \text{ г/моль}$$

2 балла

Исходя из молекулярной массы и реакции с HCl газ 1 – метиламин (CH₃NH₂).

2 балла



1 балл

$$n(\text{CH}_3\text{NH}_2) = 0.4685 \text{ моль}$$

ИТОГО

25 баллов

Желаем Успеха!