

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

ХИМИЯ

10 класс

Второй этап

1 вариант

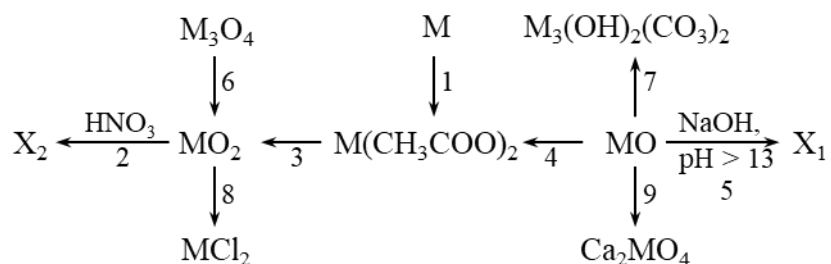
Задание 1

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

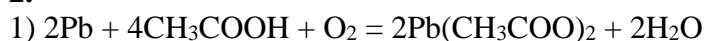
За каждое соединение по 0,5 баллов · 10

5 баллов

За каждое название по 0,5 баллов · 10

5 баллов

2.



- 2) $2\text{PbO}_2 + 4\text{HNO}_3 = 2\text{Pb}(\text{NO}_3)_2 + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$
 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.

$\text{PbO}_2 + 4\text{H}^+ + 2\bar{e} \rightarrow \text{Pb}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O}$ окислитель

$2\text{H}_2\text{O} - 4\bar{e} \rightarrow \text{O}_2 + 4\text{H}^+$ восстановитель

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).

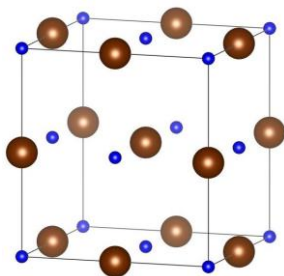
3 балла

ИТОГО

25 баллов

Задание 2

На лабораторном практикуме студентам предложено получить вещество X. Известно, что X – это соединение, содержащее в своем составе галоген, представляющее собой газ без цвета, имеющий неприятный и резкий запах, дымящийся на воздухе. При растворении газа X в воде образуется сильный электролит, который с раствором нитрата серебра образует осадок.



Параметры элементарной ячейки:

$$a = 5,555 \text{ \AA}, b = 5,640 \text{ \AA}, c = 6,063 \text{ \AA},$$

$$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$$

$$V_{\text{яч}} = 189,955 \text{ \AA}^3$$

$$\rho_{\text{ряч}} = 2,833 \text{ г/см}^3$$

- 1) Определите вещество X. Приведите необходимые расчеты.

Число формульных единиц:

$$\text{Большие: } z = 12 \cdot 1/4 + 1 = 4$$

$$\text{Маленькие: } z = 8 \cdot 1/8 + 6 \cdot 1/2 = 4$$

Следовательно, состав 1:1

$$M = \rho_{\text{ряч}} \cdot V_{\text{яч}} \cdot N_A / z = 81 \text{ г/моль}$$

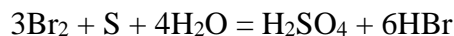
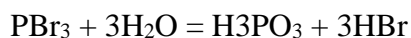
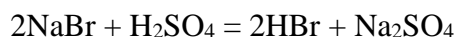
X – HBr

5 баллов

1 балл

- 2) Предложите три лабораторных способа получения вещества X, используя любые соединения галогена и вспомогательные вещества: серная кислота (конц.), серная кислота (разб.), сера, фосфор, нитрит калия, хлорид кальция, оксид фосфора (V),

фосфорная кислота, борная кислота, сероводород, сульфид бария, тетрагидронафталин. Напишите уравнения реакций.



За каждое уравнение по 2 балла (2·3=6)

6 баллов

3) С какими из предложенных веществ будет взаимодействовать водный раствор X:

- магний; $2\text{HBr} + \text{Mg} = \text{MgBr}_2 + \text{H}_2$

2 балла

- медь; не реагирует

1 балл

- оксид кальция; $2\text{HBr} + \text{CaO} = \text{CaBr}_2 + \text{H}_2\text{O}$

2 балла

- оксид фосфора(V); не реагирует

1 балл

- гидроксид кальция; $2\text{HBr} + \text{Ca}(\text{OH})_2 = \text{CaBr}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$

2 балла

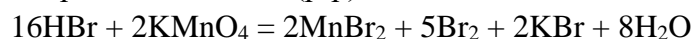
- карбонат кальция; $2\text{HBr} + \text{CaCO}_3 = \text{CaBr}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$

2 балла

- серная кислота (разб.); не реагирует

1 балл

- перманганат калия (p-p)



2 балла

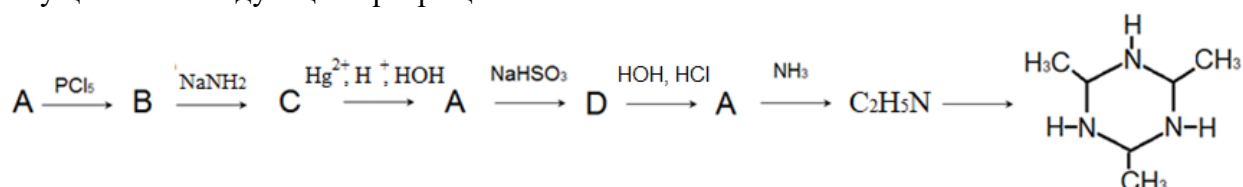
Напишите возможные реакции.

ИТОГО

25 баллов

Задание 3

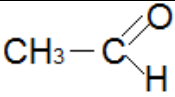
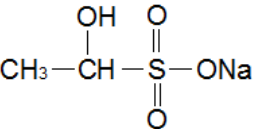
Осуществите следующие превращения:



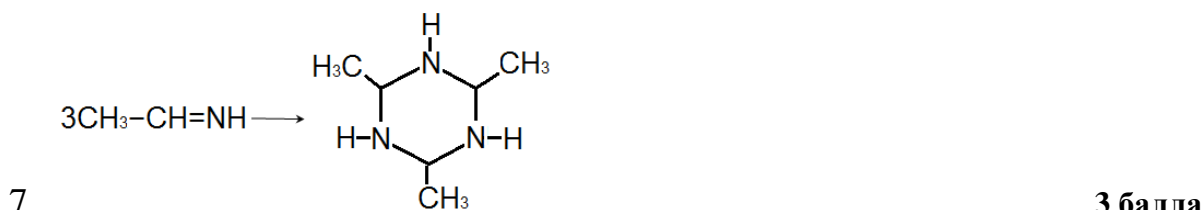
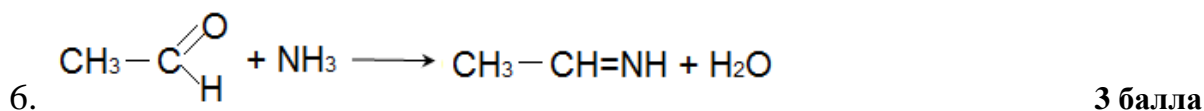
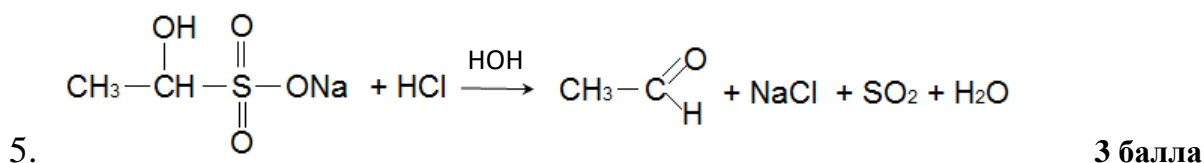
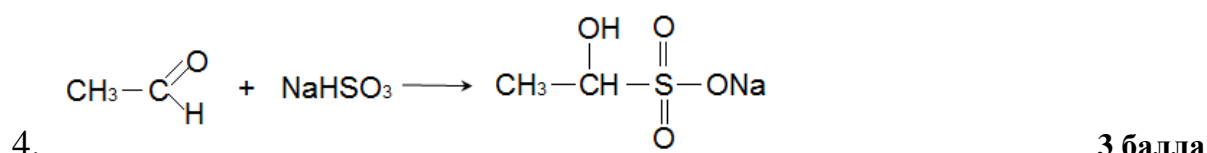
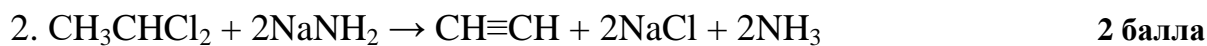
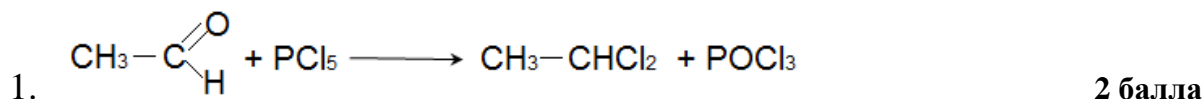
Известно, что А – при 0°С представляет собой ядовитую бесцветную жидкость, при температуре 25°С – бесцветный газ с резким запахом. Широко распространено в природе. Синтезируется многими растениями в процессе метаболизма.

Напишите уравнения реакций, изобразите структурные формулы соединений, образующихся на каждой стадии превращений.

Решение

A		Этаналь, уксусный альдегид	1 балл
B	CH_3CHCl_2	1,1-дихлорэтан	1 балл
C	$\text{CH}\equiv\text{CH}$	Ацетилен, этин	1 балл
D		Натриевая соль α-гидроксиэтансульфоновой кислоты	2 балла

		2-гидроксиэтилсульфонат натрия	
C ₂ H ₅ N	CH ₃ -CH=NH	Этанамин	2 балла



ИТОГО

25 баллов

Задание 4

Для гидрирования олеиновой кислоты в присутствии Pt-черни было затрачено половина количества водорода, полученного электролизом разбавленного раствора сульфата натрия. Электролиз проводили, пропуская постоянный ток силой 5 А в течение 40 минут (0 оС, 101,3 к Па).

Запишите реакции, протекающие на электродах электролизера. Определите объемы полученной гремучей смеси, водорода и кислорода. Определите массу гидрированной олеиновой кислоты.

1. Реакция на катоде: $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e} = 2\text{OH}^- + \text{H}_2$ 1 балл
 Реакция на аноде: $3\text{H}_2\text{O} - 2\text{e} = 2\text{H}_3\text{O}^+ + 0,5\text{O}_2$ 1 балл
 $5\text{H}_2\text{O} = \text{H}_2 + 0,5\text{O}_2 + 2\text{OH}^- + 2\text{H}_3\text{O}^+$ 1 балл
2. $Q = It = 5 \cdot 2400 = 12\,000$ Кл 2 балла
3. Количество газообразных продуктов выразим через общий объем гремучей смеси, используя уравнение Клапейрона-Менделеева:
 $n(\text{H}_2, \text{O}_2) = \frac{PV}{RT}$ 4 балла
 Согласно стехиометрии процесса, гремучая смесь содержит 2 части водорода и 1 часть кислорода:
 $n(\text{H}_2) = \frac{2PV}{3RT}$ 4 балла
4. Подставим в закон Фарадея количество H_2 , выраженное через общий объем газовой смеси (z – число электронов, участвующих в электрохимической реакции):
 $It = \frac{mzF}{M} = \frac{2PVzF}{3RT} = \frac{4PVF}{3RT}$
 Выражаем объем гремучей смеси V :
 $V = \frac{3QRT}{4PF} = \frac{3 \cdot 12000 \cdot 8,314 \cdot 273}{4 \cdot 101300 \cdot 96485} = 0,00209 \text{ м}^3 = 2,09 \text{ л}$ 2 балла
 $V(\text{H}_2) = \frac{2V}{3} = 0,00139 \text{ м}^3 = 1,39 \text{ л}$ 2 балла
 $V(\text{O}_2) = \frac{1V}{3} = 0,00070 = 0,70 \text{ л}$ 2 балла
 Либо $V(\text{O}_2) = V - V(\text{H}_2) = 0,70 \text{ л}$
5. Количество H_2 , пошедшего на гидрирование:
 $n(\text{H}_2) = \frac{1}{2} \frac{V(\text{H}_2)}{V_m} = \frac{1,39}{2 \cdot 22,4} = 0,031$ моль 2 балла
6. $\text{C}_{17}\text{H}_{33}\text{COOH} + \text{H}_2 \xrightarrow{\text{Pt}} \text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COOH}$ 2 балла
 $n(\text{C}_{17}\text{H}_{33}\text{COOH}) = n(\text{H}_2)$
 $M(\text{C}_{17}\text{H}_{33}\text{COOH}) = 282,46 \text{ г/моль}$
 $m(\text{C}_{17}\text{H}_{33}\text{COOH}) = nM = 8,756 \text{ г}$ 2 балла

Любое верное решение оценивается максимальным баллом

ИТОГО

25 баллов