

**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**

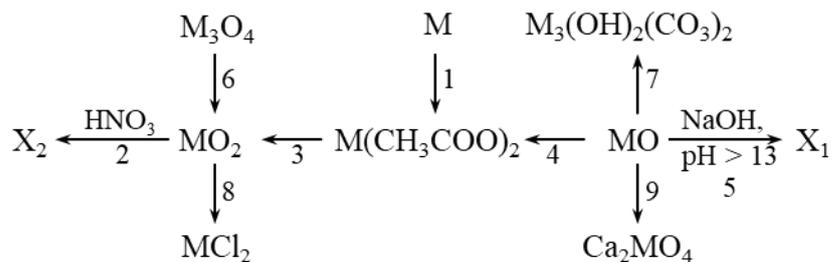
**Задание 1**

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 (X<sub>1</sub> и X<sub>2</sub> 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(CH<sub>3</sub>COO)<sub>2</sub> – Pb(CH<sub>3</sub>COO)<sub>2</sub>, ацетат свинца (II)

MO<sub>2</sub> – PbO<sub>2</sub>, оксид свинца (IV)

MO – PbO, оксид свинца (II)

M<sub>3</sub>O<sub>4</sub> – Pb<sub>3</sub>O<sub>4</sub>, оксид свинца (II, IV)

MCl<sub>2</sub> – PbCl<sub>2</sub>, хлорид свинца (II)

M<sub>3</sub>(OH)<sub>2</sub>(CO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> – Pb<sub>3</sub>(OH)<sub>2</sub>(CO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, основной карбонат свинца (II)

Ca<sub>2</sub>MO<sub>4</sub> – Ca<sub>2</sub>PbO<sub>4</sub>, плюмбат (IV) кальция

X<sub>1</sub> – Pb(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, нитрат свинца (II)

X<sub>2</sub> – Na<sub>4</sub>[Pb(OH)<sub>6</sub>], гексагидроксоплюмбат (II) натрия

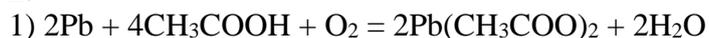
За каждое соединение по 0,5 баллов · 10

**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).

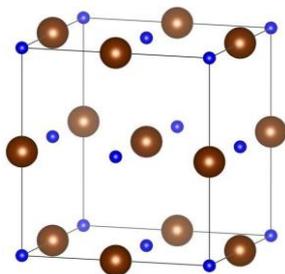
**3 балла**

**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:

Большие:  $z = 12 \cdot 1/4 + 1 = 4$

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

Следовательно, состав 1:1

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

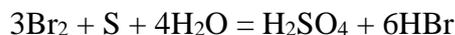
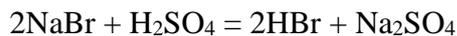
X – HBr

**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**

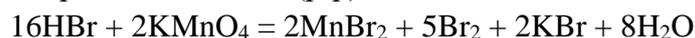
- карбонат кальция;  $2\text{HBr} + \text{CaCO}_3 = \text{CaBr}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$

**2 балла**

- серная кислота (разб.); не реагирует

**1 балл**

- перманганат калия (p-p)



**2 балла**

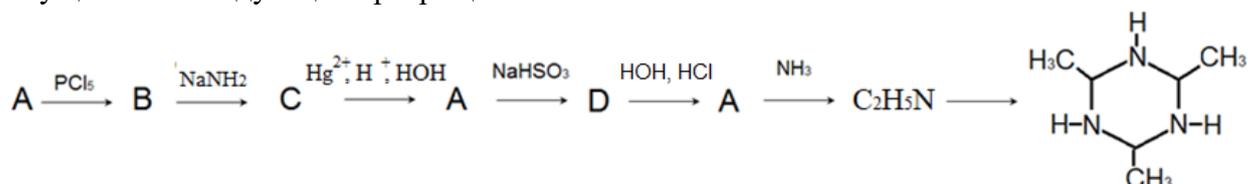
Напишите возможные реакции.

**ИТОГО**

**25 баллов**

### Задание 3

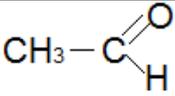
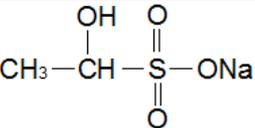
Осуществите следующие превращения:



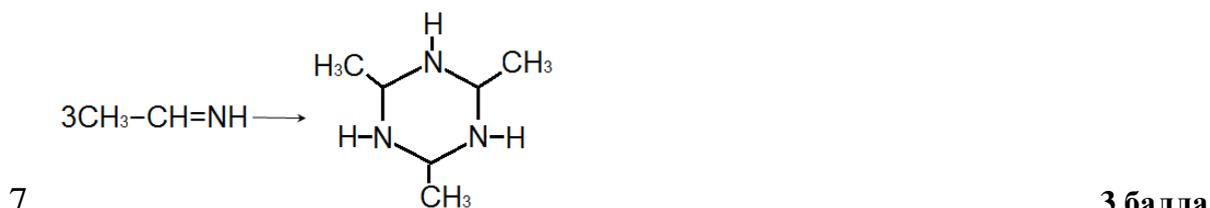
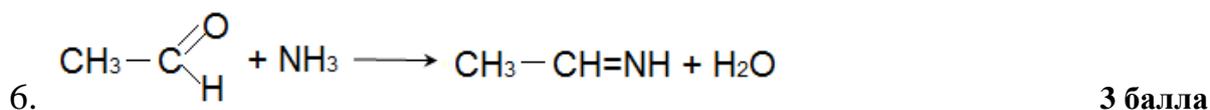
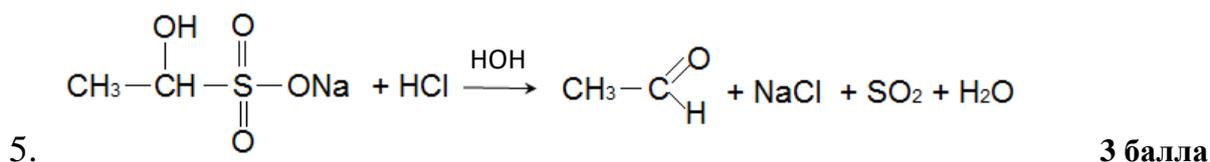
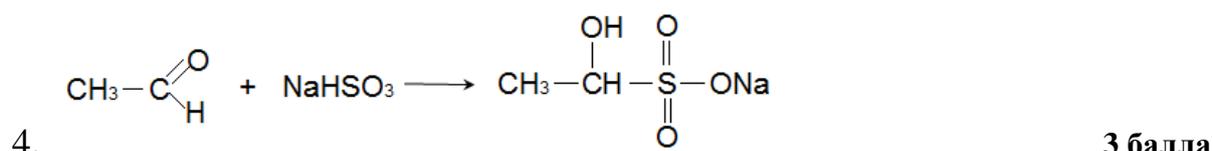
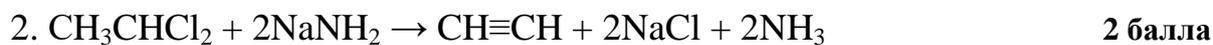
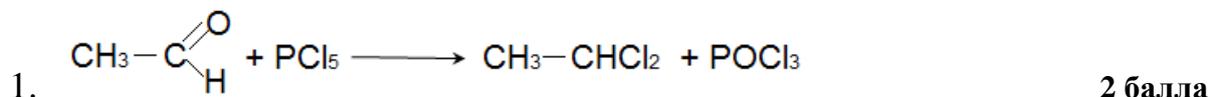
Известно, что А – при 0°С представляет собой ядовитую бесцветную жидкость, при температуре 25°С – бесцветный газ с резким запахом. Широко распространено в природе. Синтезируется многими растениями в процессе метаболизма.

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

### Решение

A		Этаналь, уксусный альдегид	<b>1 балл</b>
B	$\text{CH}_3\text{CHCl}_2$	1,1-дихлорэтан	<b>1 балл</b>
C	$\text{CH}\equiv\text{CH}$	Ацетилен, этин	<b>1 балл</b>
D		Натриевая соль α-гидроксиэтансульфоновой кислоты	<b>2 балла</b>

		2-гидроксиэтилсульфонат натрия	
C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> N	CH <sub>3</sub> -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  $\text{H}_2$ , 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  $\text{H}_2$ , 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**  
 $n(\text{C}_{17}\text{H}_{33}\text{COOH}) = n(\text{H}_2)$   
 $M(\text{C}_{17}\text{H}_{33}\text{COOH}) = 282,46$  г/моль  
 $m(\text{C}_{17}\text{H}_{33}\text{COOH}) = nM = 8,756$  г **2 балла**

*Любое верное решение оценивается максимальным баллом*

**ИТОГО**

**25 баллов**