

**Решения и критерии оценивания
районного этапа всероссийской олимпиады школьников по химии
в 2023/24 учебном году**

Теоретическая часть

11 класс

№1

I вариант

1. Определение элемента **X**:

С водой активные металлы дают гидроксиды, тогда запишем общую формулу для **B**:
 $X(OH)_n$ (n – валентность элемента **X** в **B**).

Выразим массовую долю **X**:

$$\omega(X) = \frac{Ar(X)}{Ar(X) + 17n} = 0.83409$$

Далее выразим атомную массу **X** из данного уравнения, заведомо упростив его:

$$Ar(X) = 85.465n$$

Начнем перебор значений n :

$$n = 1 \quad Ar(X) = 85.465 \quad (\mathbf{Rb} - \text{рубидий})$$

$$n = 2 \quad Ar(X) = 170.930 \quad (-)$$

$$n = 3 \quad Ar(X) = 256.395 \quad (-)$$

Далее перебирать нецелесообразно, атомная масса будет слишком велика.

Итого **X** – Rb, **A** – Rb, **B** – RbOH.

При сгорании в кислороде калий, рубидий и цезий дадут надпероксиды, тогда **C** – RbO₂

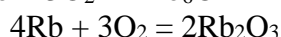
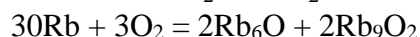
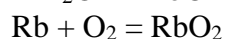
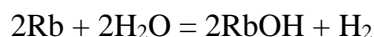
Состав **D**, **E**, **F** описывается как Rb_xO_y, на примере **E** рассмотрим расчет, он достаточно прост:

$$x:y = \frac{96.007}{85.468} : \frac{3.993}{16} = 1.122889 : 0.2495625 = 4.5:1 \quad Rb_{4.5}O \quad \text{умножим на два и получим}$$

итоговую формулу **E** – Rb₉O₂.

Аналогично **D** - Rb₆O, а **F** - Rb₂O₃.

2. Уравнения реакций:



3. В Rb₂O₃ рубидий имеет степень окисления +1.

II вариант

1. Определение элемента **X**:

С водой активные металлы дают гидроксиды, тогда запишем общую формулу для **B**:
 $X(OH)_n$ (n – валентность элемента **X** в **B**).

Выразим массовую долю **X**:

$$\omega(X) = \frac{Ar(X)}{Ar(X) + 17n} = 0.8866$$

Далее выразим атомную массу **X** из данного уравнения, заведомо упростив его:

$$Ar(X) = 132.911n$$

Начнем перебор значений n :

$$n = 1 \quad Ar(X) = 132.911 \quad (\mathbf{Cs} - \text{цезий})$$

$$n = 2 \quad Ar(X) = 265.82 \quad (-)$$

Далее перебирать нецелесообразно, атомная масса будет слишком велика.

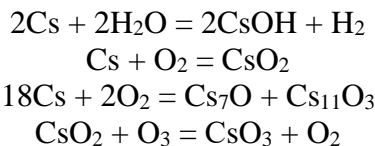
Итого **X** – Cs, **A** – Cs, **B** – CsOH.

При сгорании в кислороде калий, рубидий и цезий дадут надпероксиды, тогда **C** – CsO₂
 Состав **D**, **E**, **F** описывается как Cs_xO_y, на примере **E** рассмотрим расчет, он достаточно прост:

$x:y = \frac{96.821}{132.911} : \frac{3.179}{16} = 0.7285:0.1987 = 3.666:1$ Cs_{3.666}O домножим на три и получим
 итоговую формулу **E** – Cs₁₁O₃.

Аналогично **D** – Cs₇O, а **F** - CsO₃.

2. Уравнения реакций:



3. В CsO₃ цезий имеет степень окисления +1.

Рекомендации к оцениванию:

- | | |
|---|---------|
| 1. Формулы веществ A - F по 0.5 балла | 3 балла |
| 2. Уравнения реакций по 0.25 балла | 1 балла |
| 3. Степень окисления X в F 1 балл | 1 балл |
| ИТОГО: 5 баллов | |

№2

I вариант

- 1) NaCl + H₂SO_{4(конц.)} → NaHSO₄ + HCl
- 2) 2NaHSO₄ + CuO → Na₂SO₄ + CuSO₄ + H₂O
- 3) 2CuSO₄ + 4KI → 2CuI + I₂ + 2K₂SO₄
- 4) 10CuI + 4KMnO₄ + 16H₂SO₄ → 10CuSO₄ + 5I₂ + 4MnSO₄ + 2K₂SO₄ + 16H₂O

II вариант

- 1) KF + H₂SO_{4(конц.)} → KHSO₄ + HF
- 2) 2KHSO₄ + CuO → K₂SO₄ + CuSO₄ + H₂O
- 3) 2CuSO₄ + 4NaI → 2CuI + I₂ + 2Na₂SO₄
- 4) 6CuI + 2K₂Cr₂O₇ + 14H₂SO₄ → 6CuSO₄ + 3I₂ + 2Cr₂(SO₄)₃ + 2K₂SO₄ + 14H₂O

Рекомендации к оцениванию:

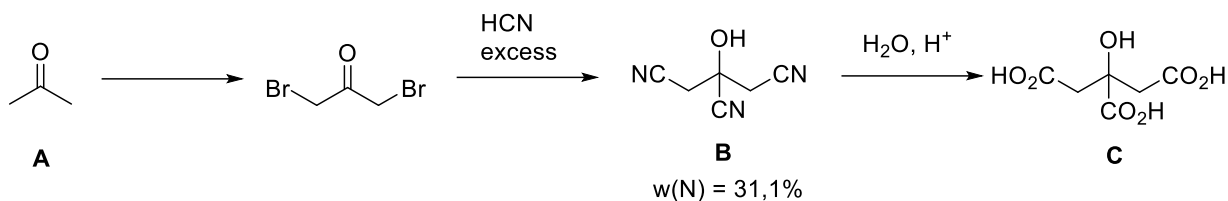
- | | |
|---------------------------------------|---------|
| 1. Уравнения реакций 1-2 по 1 баллу | 2 балла |
| 2. Уравнения реакций 3-4 по 1.5 балла | 3 балла |
| ИТОГО: 5 баллов | |

№3

I вариант

[10.1002/14356007.a07_103.pub3](https://doi.org/10.1002/14356007.a07_103.pub3)

1. Расшифрованная цепочка:



2. Определение pH:

$n(\text{NaOH}) = C_m(\text{NaOH}) \cdot V(\text{NaOH}) = 0,1 \text{ М} \cdot 0,003 \text{ л} = 0,0003 \text{ моль}$ NaOH потребовалось на титрование. Эквивалентное количество кислоты: $n(\text{C}) = n(\text{NaOH}) = 0,0003 \text{ моль}$

Начальная концентрация кислоты: $C_m(\text{C}) = n(\text{C}) / V(\text{C}) = 0,0003 \text{ моль} / 0,025 \text{ л} = 0,012 \text{ М}$

C – трёхосновная кислота. Пусть **C** – это **H₃Anion**, тогда в водном растворе **C** наблюдается следующее равновесие: **H₃Anion = H₂Anion⁻ + H⁺**

Составим таблицу

	H₃Anion	H₂Anion⁻	H⁺
Начальная концентрация	0,0012	0	0
Равновесная концентрация	0,0012 - x	x	x

Запишем выражение для константы равновесия:

$$K_a = \frac{[\text{H}_2\text{Anion}^-][\text{H}^+]}{[\text{H}_3\text{Anion}]} = \frac{x^2}{0,012-x} = 8,4 \cdot 10^{-4}$$

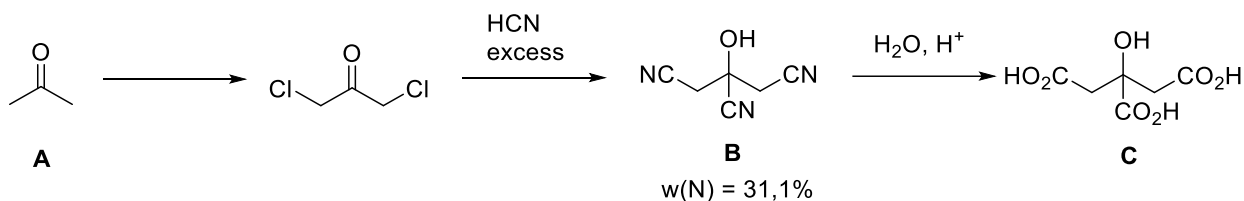
Решаем квадратное уравнение и находим равновесную концентрацию $[\text{H}^+] = x = 2,78 \cdot 10^{-3} \text{ М}$

$\text{pH} = -\lg[\text{H}^+] = -\lg(2,78 \cdot 10^{-3}) = 2,55$

3. Соединение **C** – это лимонная кислота

II вариант

1. Расшифрованная цепочка:



2. Определение pH:

$n(\text{NaOH}) = C_m(\text{NaOH}) \cdot V(\text{NaOH}) = 0,1 \text{ М} \cdot 0,006 \text{ л} = 0,0006 \text{ моль}$ NaOH потребовалось на титрование. Эквивалентное количество кислоты: $n(\text{C}) = n(\text{NaOH}) = 0,0006 \text{ моль}$

Начальная концентрация кислоты: $C_m(\text{C}) = n(\text{C}) / V(\text{C}) = 0,0006 \text{ моль} / 0,025 \text{ л} = 0,024 \text{ М}$

C – трёхосновная кислота. Пусть **C** – это **H₃Anion**, тогда в водном растворе **C** наблюдается следующее равновесие: **H₃Anion = H₂Anion⁻ + H⁺**

Составим таблицу

	H₃Anion	H₂Anion⁻	H⁺
Начальная концентрация	0,024	0	0
Равновесная концентрация	0,024 - x	x	x

Запишем выражение для константы равновесия:

$$K_a = \frac{[H_2Anion][H^+]}{[H_3Anion]} = \frac{x^2}{0,024-x} = 8,4 \cdot 10^{-4}$$

Решаем квадратное уравнение и находим равновесную концентрацию $[H^+] = x = 4,09 \cdot 10^{-3}$ М

$$pH = -\lg[H^+] = -\lg(4,09 \cdot 10^{-3}) = 2,39$$

3. Соединение **С** – это лимонная кислота

Рекомендации к оцениванию:

- | | |
|--|-----------|
| 1. Структурные формулы А , В , С по 1 баллу | 3 балла |
| 2. Определение pH раствора | 1.5 балла |
| 3. Название соединения С | 0.5 балла |

ИТОГО: 5 баллов

№4

I вариант

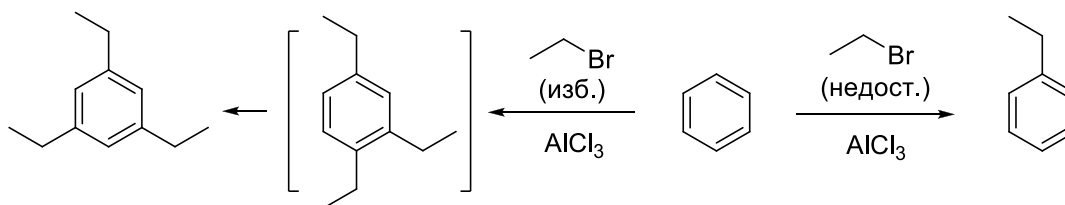
Предположим, что в молекуле вещества **А** содержится 1 атом брома. Тогда можно найти молярную массу **А**:

$M(A) = 80/0.733 = 109$ г/моль. На остаток, помимо брома, приходится $109 - 80 = 29$ г/моль, что соответствует этильному фрагменту (C_2H_5) или формильному фрагменту ($H-C=O$). Так как продуктом реакции вещества **А** в присутствии хлорида алюминия является углеводород **С**, то подходящий вариант – это этильный заместитель.

Довольно очевидно, что в условии описана реакция алкилирования ароматического углеводорода **В**. Из процентного содержания углерода можно вычислить, что общая формула углеводорода **В** – это $(CH)_n$, что соответствует жидкому углеводороду бензолу C_6H_6 .

Определим продукты **С** и **Д**. Предположим, что углеводород **С** является продуктом моноалкилирования бензола, то есть этилбензолом. Его молярная масса равна 106 г/моль. Тогда молярная масса продукта **Д** будет равна: $106 \cdot 1.53 = 162$ г/моль, что соответствует триэтилбензолу.

При алкилировании бензола избытком этилбромидом первоначально образуется 1,2,4-триэтилбензол, который при длительном нахождении в условиях реакции изомеризуется в более термодинамически устойчивый изомер – 1,3,5-триэтилбензол:



А	В	С	Д

II вариант

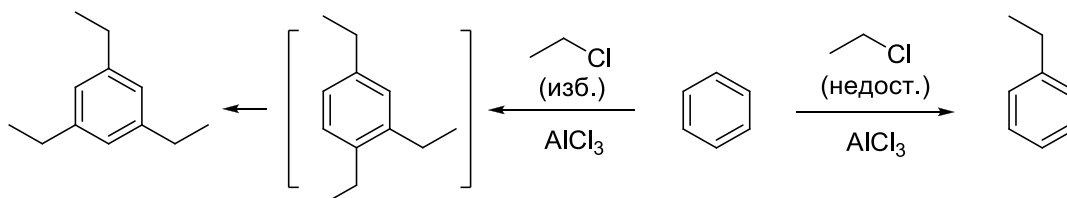
Предположим, что в молекуле вещества **A** содержится 1 атом хлор а. Тогда можно найти молярную массу **A**:

$M(A) = 35.5/0.55 = 64.5$ г/моль. На остаток, помимо хлора, приходится $64.5 - 35.5 = 29$ г/моль, что соответствует этильному фрагменту (C_2H_5) или формильному фрагменту ($H-C=O$). Так как продуктом реакции вещества **A** в присутствии хлорида алюминия является углеводород **C**, то подходящий вариант – это этильный заместитель.

Довольно очевидно, что в условии описана реакция алкилирования ароматического углеводорода **B**. Из процентного содержания углерода можно вычислить, что общая формула углеводорода **B** – это $(CH)_n$, что соответствует жидкому углеводороду бензолу C_6H_6 .

Определим продукты **C** и **D**. Предположим, что углеводород **C** является продуктом моноалкилирования бензола, то есть этилбензолом. Его молярная масса равна 106 г/моль. Тогда молярная масса продукта **D** будет равна: $106 \cdot 1.53 = 162$ г/моль, что соответствует триэтилбензолу.

При алкилировании бензола избытком этилхлорида первоначально образуется 1,2,4-триэтилбензол, который при длительном нахождении в условиях реакции изомеризуется в более термодинамически устойчивый изомер - 1,3,5-триэтилбензол:



A	B	C	D

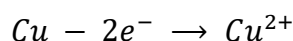
Рекомендации к оцениванию:

1. Структурная форму соединения **A** (без подтверждения расчетом – 0.5 балла) 1 балл
 2. Структурная форму соединения **B** (без подтверждения расчетом – 0.5 балла) 1 балл
 3. Структурная форму соединения **C** (без подтверждения расчетом – 0.5 балла) 1 балл
 4. Структурная форму соединения **D** (без подтверждения расчетом – 1 балл) 2 балла
- ИТОГО: 5 баллов**

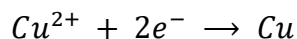
№5

I вариант

Анодный процесс:



Катодный процесс:



Количество вещества сульфата меди в растворе составляло

$$n = 200 * \frac{0,15}{160} = 0,1875 \text{ моль}$$

Количество металла, перешедшего в раствор на аноде, составляло

$$n = 5 * 30 * \frac{60}{2 * 96500} = 0,0466 \text{ моль}$$

Таким образом, анод растворится не полностью, а перешедший с анода в раствор металл компенсирует выделение металла на катоде. Массовая доля сульфата меди останется равной 15%.

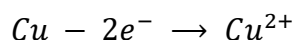
Рекомендации к оцениванию:

- | | |
|--|---------|
| 1. Уравнение катодного процесса | 1 балл |
| 2. Уравнение анодного процесса | 1 балл |
| 3. Массовая доля соли по окончании электролиза – 1,5 балла
Обоснования с расчётом – 1,5 балла | 3 балла |

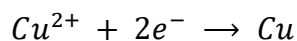
ИТОГО: 5 баллов

II вариант

Анодный процесс:



Катодный процесс:



Количество вещества сульфата меди в растворе составляло

$$n = 300 * \frac{0,1}{160} = 0,1875 \text{ моль}$$

Количество металла, перешедшего в раствор на аноде, составляло

$$n = 7 * 20 * \frac{60}{2 * 96500} = 0,0435 \text{ моль}$$

Таким образом, анод растворится не полностью, а перешедший с анода в раствор металл компенсирует выделение металла на катоде. Массовая доля сульфата меди останется равной 10%.

Рекомендации к оцениванию:

- | | |
|--|---------|
| 1. Уравнение катодного процесса | 1 балл |
| 2. Уравнение анодного процесса | 1 балл |
| 3. Массовая доля соли по окончании электролиза – 1,5 балла
Обоснования с расчётом – 1,5 балла | 3 балла |

ИТОГО: 5 баллов