

**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  $n$ :

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

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

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

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** – RbO<sub>2</sub>

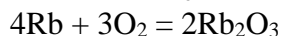
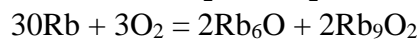
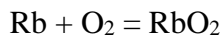
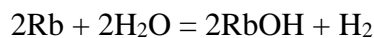
Состав **D**, **E**, **F** описывается как Rb<sub>x</sub>O<sub>y</sub>, на примере **E** рассмотрим расчет, он достаточно прост:

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

итоговую формулу **E** – Rb<sub>9</sub>O<sub>2</sub>.

Аналогично **D** – Rb<sub>6</sub>O, а **F** – Rb<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

2. Уравнения реакций:



3. В Rb<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 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  $n$ :

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

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

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** – CsO<sub>2</sub>

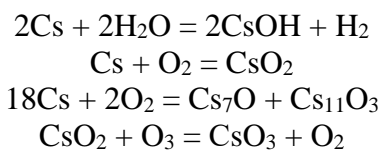
Состав **D**, **E**, **F** описывается как Cs<sub>x</sub>O<sub>y</sub>, на примере **E** рассмотрим расчет, он достаточно прост:

$$x:y = \frac{96.821}{132.911} : \frac{3.179}{16} = 0.7285 : 0.1987 = 3.666:1 \quad Cs_{3.666}O \quad \text{умножим на три и получим}$$

итоговую формулу **E** – Cs<sub>11</sub>O<sub>3</sub>.

Аналогично **D** – Cs<sub>7</sub>O, а **F** - CsO<sub>3</sub>.

2. Уравнения реакций:



3. В CsO<sub>3</sub> цезий имеет степень окисления +1.

**Рекомендации к оцениванию:**

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

## №2

### I вариант

- 1)  $\text{NaCl} + \text{H}_2\text{SO}_{4(\text{конц.})} \rightarrow \text{NaHSO}_4 + \text{HCl}$
- 2)  $2\text{NaHSO}_4 + \text{CuO} \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{CuSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$
- 3)  $2\text{CuSO}_4 + 4\text{KI} \rightarrow 2\text{CuI} + \text{I}_2 + 2\text{K}_2\text{SO}_4$
- 4)  $10\text{CuI} + 4\text{KMnO}_4 + 16\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 10\text{CuSO}_4 + 5\text{I}_2 + 4\text{MnSO}_4 + 2\text{K}_2\text{SO}_4 + 16\text{H}_2\text{O}$

### II вариант

- 1)  $\text{KF} + \text{H}_2\text{SO}_{4(\text{конц.})} \rightarrow \text{KHSO}_4 + \text{HF}$
- 2)  $2\text{KHSO}_4 + \text{CuO} \rightarrow \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{CuSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$
- 3)  $2\text{CuSO}_4 + 4\text{NaI} \rightarrow 2\text{CuI} + \text{I}_2 + 2\text{Na}_2\text{SO}_4$
- 4)  $6\text{CuI} + 2\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + 14\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 6\text{CuSO}_4 + 3\text{I}_2 + 2\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + 2\text{K}_2\text{SO}_4 + 14\text{H}_2\text{O}$

**Рекомендации к оцениванию:**

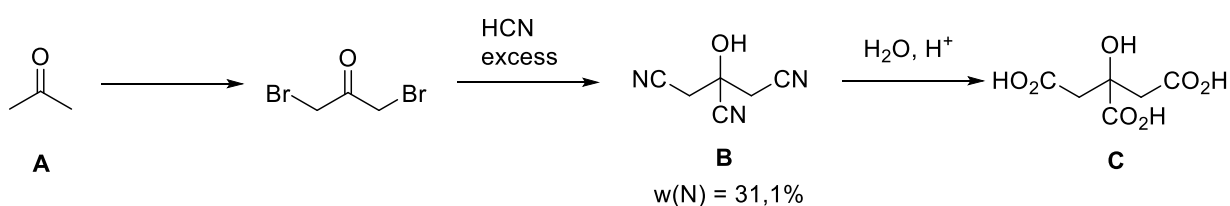
- |                                       |                 |
|---------------------------------------|-----------------|
| 1. Уравнения реакций 1-2 по 1 баллу   | 2 балла         |
| 2. Уравнения реакций 3-4 по 1.5 балла | 3 балла         |
| <b>ИТОГО:</b>                         | <b>5 баллов</b> |

## №3

### I вариант

[10.1002/14356007.a07\\_103.pub3](https://doi.org/10.1002/14356007.a07_103.pub3)

1. Расшифрованная цепочка:



2. Определение pH:

$n(\text{NaOH}) = C_m(\text{NaOH}) * V(\text{NaOH}) = 0,1 \text{ М} * 0,003 \text{ л} = 0,0003 \text{ моль}$  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 **H<sub>3</sub>Anion**, тогда в водном растворе C наблюдается следующее равновесие: **H<sub>3</sub>Anion = H<sub>2</sub>Anion<sup>-</sup> + H<sup>+</sup>**

Составим таблицу

	<b>H<sub>3</sub>Anion</b>	<b>H<sub>2</sub>Anion<sup>-</sup></b>	<b>H<sup>+</sup></b>
Начальная концентрация	0,0012	0	0
Равновесная концентрация	0,0012 - x	x	x

Запишем выражение для константы равновесия:

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

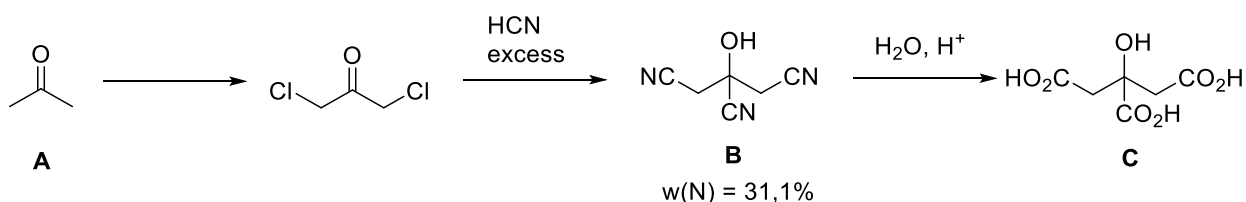
Решаем квадратное уравнение и находим равновесную концентрацию  $[\text{H}^+] = x = 2,78 * 10^{-3} \text{ М}$

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

3. Соединение C – это лимонная кислота

## II вариант

1. Расшифрованная цепочка:



2. Определение pH:

$n(\text{NaOH}) = C_m(\text{NaOH}) * V(\text{NaOH}) = 0,1 \text{ М} * 0,006 \text{ л} = 0,0006 \text{ моль}$  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 **H<sub>3</sub>Anion**, тогда в водном растворе C наблюдается следующее равновесие: **H<sub>3</sub>Anion = H<sub>2</sub>Anion<sup>-</sup> + H<sup>+</sup>**

Составим таблицу

	<b>H<sub>3</sub>Anion</b>	<b>H<sub>2</sub>Anion<sup>-</sup></b>	<b>H<sup>+</sup></b>
Начальная концентрация	0,024	0	0
Равновесная концентрация	0,024 - x	x	x

Запишем выражение для константы равновесия:

$$K_a = \frac{[\text{H}_2\text{Anion}^-][\text{H}^+]}{[\text{H}_3\text{Anion}]} = \frac{x^2}{0,024-x} = 8,4 * 10^{-4}$$

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

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

3. Соединение C – это лимонная кислота

**Рекомендации к оцениванию:**

- |  |           |
|--|-----------|
| 1. Структурные формулы <b>A</b> , <b>B</b> , <b>C</b> по 1 баллу | 3 балла   |
| 2. Определение pH раствора                                       | 1.5 балла |
| 3. Название соединения <b>C</b>                                  | 0.5 балла |

**ИТОГО: 5 баллов****№4****I вариант**

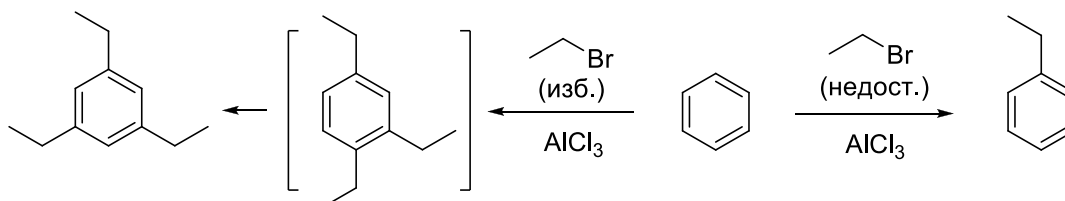
Предположим, что в молекуле вещества **A** содержится 1 атом брома. Тогда можно найти молярную массу **A**:

$M(A) = 80/0.733 = 109$  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 **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 этилбромидом первоначально образуется 1,2,4-триэтилбензол, который при длительном нахождении в условиях реакции изомеризуется в более термодинамически устойчивый изомер – 1,3,5-триэтилбензол:



<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>
			ИЛИ

**II вариант**

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

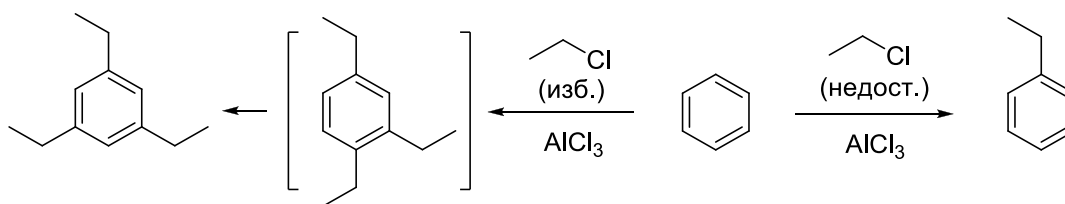
$M(A) = 35.5/0.55 = 64.5$  г/моль. На остаток, помимо хлора, приходится  $64.5 - 35.5 = 29$  г/моль, что соответствует этильному фрагменту ( $C_2H_5$ ) или формильному фрагменту ( $H-$

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  $(\text{CH})_n$ , что соответствует жидкому углеводороду бензолу  $\text{C}_6\text{H}_6$ .

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

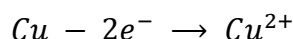
**ИТОГО:**

**5 баллов**

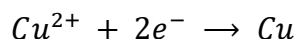
### №5

#### I вариант

Анодный процесс:



Катодный процесс:



Количество вещества сульфата меди в растворе составляло

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

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%.

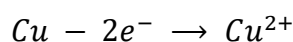
**Рекомендации к оцениванию:**

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

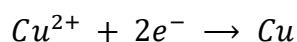
**ИТОГО: 5 баллов**

**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<br>Обоснования с расчётом – 1,5 балла | 3 балла |

**ИТОГО: 5 баллов**