

Решения задач

Отборочный (районный) этап. Теоретический тур

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 :

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

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

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

Далее перебирать нецелесообразно, атомная масса будет слишком велика.

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

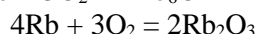
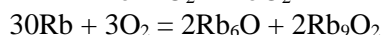
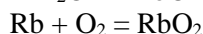
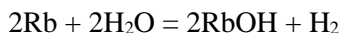
При сгорании в кислороде калий, рубидий и цезий дадут надпероксиды, тогда **C** – RbO₂

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

$$x:y = \frac{96.007}{85.468} : \frac{3.993}{16} = 1.122889 : 0.2495625 = 4.5:1 = 9:2$$

Таким образом, **E** – Rb₉O₂, аналогично устанавливается состав **D** – Rb₆O и **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 :

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

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

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

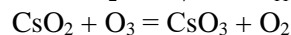
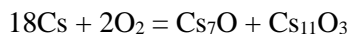
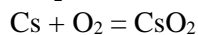
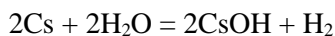
Состав **D**, **E**, **F** описывается как Cs_xO_y, на примере **E** рассмотрим расчет, он достаточно прост:

$$x:y = \frac{96.821}{132.911} : \frac{3.179}{16} = 0.7285 : 0.1987 = 3.666:1 \quad Cs_{3.666}O$$

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 А - 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**

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

II вариант

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

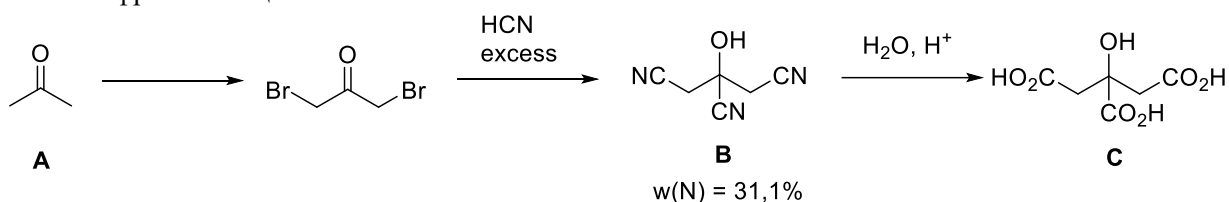
Рекомендации к оцениванию:

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

№ 3**I вариант**

[10.1002/14356007.a07103.pub3](https://pub3.10.1002/14356007.a07103.pub3)

1. Расшифрованная цепочка:



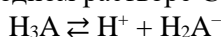
2. Определение pH:

$n(\text{NaOH}) = C_m(\text{NaOH}) \cdot V(\text{NaOH}) = 0,1 \cdot 0,003 = 0,0003$ моль потребовалось на титрование.

Эквивалентное количество кислоты: $n(\text{C}) = n(\text{NaOH}) = 0,0003$ моль

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

C – трёхосновная кислота (H_3A), тогда в водном растворе C наблюдается следующее равновесие:



	H_3A	H^+	H_2A^-
Исходная концентрация	0,0012	0	0
Прореагировало	x		
Равновесная концентрация	$0,0012 - x$	x	x

Константа равновесия:

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

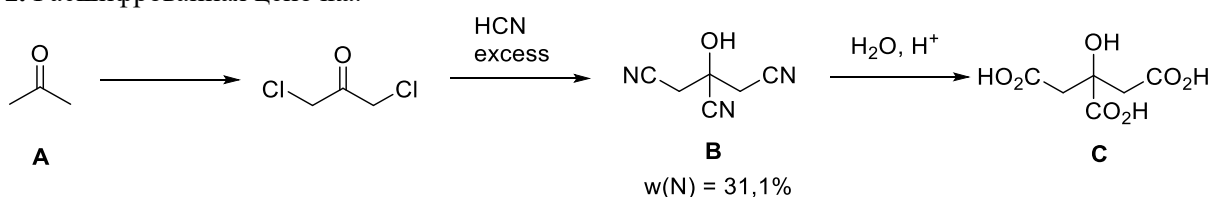
Откуда $x = [\text{H}^+] = 2,78 \cdot 10^{-3} \text{ M}$

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

3. Соединение C – это лимонная кислота.

II вариант

1. Расшифрованная цепочка:



2. Определение pH:

$n(\text{NaOH}) = C_m(\text{NaOH}) \cdot V(\text{NaOH}) = 0.1 \cdot 0.006 = 0.0006$ моль потребовалось на титрование.

Эквиволярное количество кислоты: $n(\text{C}) = n(\text{NaOH}) = 0.0006$ моль

Начальная концентрация кислоты: $C_m(\text{C}) = n(\text{C})/V(\text{C}) = 0.0006/0.025 = 0.024 \text{ M}$

C – трёхосновная кислота (H_3A), тогда в водном растворе **C** наблюдается следующее равновесие:



	H_3A	H^+	H_2A^-
Исходная концентрация	0,024	0	0
Прореагировало	x		
Равновесная концентрация	0,024 – x	x	x

Константа равновесия:

$$K_a = \frac{[\text{H}^+][\text{H}_2\text{A}^-]}{[\text{H}_3\text{A}]} = \frac{x^2}{0,024-x} = 8.4 \cdot 10^{-4}$$

Откуда $x = [\text{H}^+] = 4.09 \cdot 10^{-3} \text{ M}$

$\text{pH} = -\lg[\text{H}^+] = -\lg(4.09 \cdot 10^{-3}) = 2.39$

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

Рекомендации к оцениванию:

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

ИТОГО: 5 баллов

№ 4

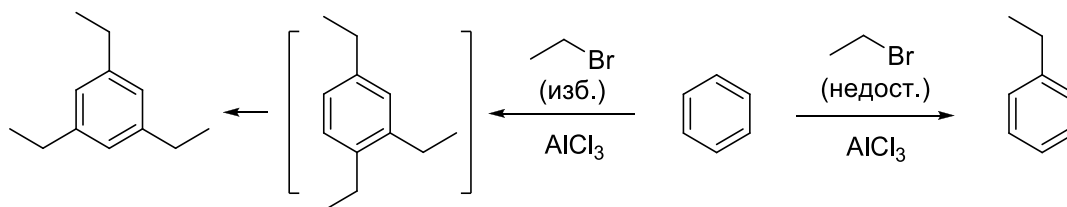
I вариант

Предположим, что в молекуле вещества **A** содержится 1 атом брома, тогда молярная масса $A:M(A) = 80/0.733 = 109$ г/моль. На остаток, помимо брома, приходится $109 - 80 = 29$ г/моль, что соответствует этильному фрагменту (C_2H_5) или формильному фрагменту ($\text{H}-\text{C}=\text{O}$). 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 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:



A	B	C	D
			или

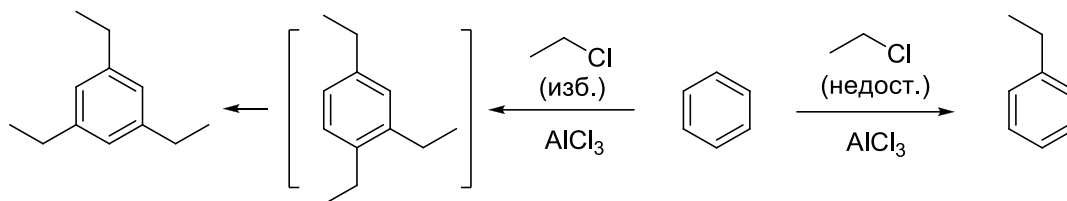
II вариант

Предположим, что в молекуле вещества **A** содержится 1 атом хлора. Тогда молярная масса $M(A) = 35.5/0.55 = 64.5$ 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
			или

Рекомендации к оцениванию:

1. Структурные формулы **A** – Спо 1 баллу 3 балла
без подтверждения расчетом по 0.5 балла
2. Структурная формула **D** – 2 балла 2 балла
без подтверждения расчетом – 1 балл

ИТОГО: 5 баллов

№ 5

I вариант

Анодный процесс: $Cu - 2e \rightarrow Cu^{2+}$

Катодный процесс: $Cu^{2+} + 2e \rightarrow Cu$

Количество вещества сульфата меди в растворе составляло:

$$n = 200 \cdot 0.15 / 160 = 0.1875 \text{ моль}$$

$$n = 300 \cdot 0.1 / 188 = 0.1596 \text{ моль}$$

Количество металла, перешедшего в раствор на аноде, составляло:

$$n = 5 \cdot 30 \cdot 60 / (2 \cdot 96500) = 0.0466 \text{ моль}$$

$$n = 7 \cdot 20 \cdot 60 / (2 \cdot 96500) = 0.0435 \text{ моль}$$

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

15%

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 3 балла
Обоснования с расчётом – 1.5 балла

ИТОГО: 5 баллов