

**Решения и критерии оценивания районного этапа всероссийской олимпиады
школьников по химии в 2025/26 учебном году
Теоретическая часть**

11 Класс

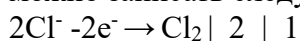
№1

I вариант

1. Начнем определение веществ с газа **В**. Из известных школьникам жёлто-зелёных газов можно указать только на хлор, при этом получающиеся из соляной кислоты. Тогда **В – Cl₂**. Найдем количество выделившегося хлора:

$$v(\text{Cl}_2) = \frac{0.515}{22.4} = 0.023 \text{ моль}$$

Отметим, что хлор в данном процессе переходит из 2Cl⁻ в Cl₂. То есть, отдал 2 электрона. Вещество **А** приняло 2 электрона, следовательно окислительно-восстановительный процесс можно записать следующим образом:



Из чего можно сделать вывод о том, что вещество **А** и Cl₂ в реакции имеют одинаковые стехиометрические коэффициенты. $v(\text{Cl}_2) = v(\text{А})$

Выйдем на молярную массу **А**:

$$M(\text{А}) = \frac{2.000}{0.023} = 86.96 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$$

Перебирая разные варианты оксидов X₂O_n, получаем:

X ₂ O _n	X ₂ O	ХО	X ₂ O ₃	ХО ₂	X ₂ O ₅	ХО ₃	X ₂ O ₇	ХО ₄
M(X)	35.48	70.96	19.48	54.96	3.48	38.96	-12.52	22.96

Из всех разумных вариантов для **Х** получаем только Cl (Cl₂O) и Mn (MnO₂). Однако оксид хлора(I) является газом, а не черным порошком, следовательно, остается только MnO₂. Значит, **Х – Mn**, **А – MnO₂**.

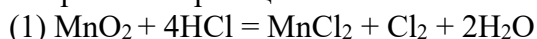
Газ, в атмосфере которого вспыхивает тлеющая лучина – кислород, **Д – O₂**. Антисептическими свойствами обладают соединения марганца в высшей степени окисления. Наиболее вероятно, что **С** это перманганат, что подтверждается тем, что его разложение даёт кислород. Также его разложение даёт манганат (вещество **Е**).

Найдем **Е**:

$$M(\text{Е}) = \frac{55}{0.2792} = 197 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$$

Вычтем молярную массу манганат иона: $197 - 55 - 16 \cdot 4 = 78 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$ что соответствует двум атомам калия. Следовательно, **Е – K₂MnO₄**, **С – KMnO₄**.

2. Уравнения реакций:



3. KMnO₄ фиолетового цвета, K₂MnO₄ тёмно-зелёного.

II вариант

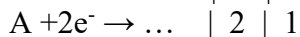
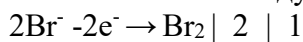
1. Начнем определение веществ с жидкости **В**. Из известных школьникам красных жидкостей, при этом получающиеся из бромоводородной кислоты, можно указать только на бром. Тогда **В – Br₂**.

Найдем количество выделившегося брома:

$$m(\text{Br}_2) = 3.10 \cdot 3.562 = 11.042 \text{ г}$$

$$v(\text{Br}_2) = \frac{11.042}{180} = 0.069 \text{ моль}$$

Отметим, что бром в данном процессе переходит из 2Br^- в Br_2 . То есть, отдал 2 электрона. Вещество **A** приняло 2 электрона, следовательно окислительно-восстановительный процесс можно записать следующим образом:



Из чего можно сделать вывод о том, что вещество **A** и Br_2 в реакции имеют одинаковые стехиометрические коэффициенты. $v(\text{Br}_2) = v(\text{A})$

Выйдем на молярную массу **A**:

$$M(\text{A}) = \frac{6.000}{0.069} = 86.96 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$$

Перебирая разные варианты оксидов X_2O_n , получаем:

X_2O_n	X_2O	XO	X_2O_3	XO_2	X_2O_5	XO_3	X_2O_7	XO_4
$M(\text{X})$	35.48	70.96	19.48	54.96	3.48	38.96	-12.52	22.96

Из всех разумных вариантов для **X** получаем только Cl (Cl_2O) и Mn (MnO_2). Однако оксид хлора(I) является газом, а не черным порошком, следовательно, остается только MnO_2 .

Значит, **X – Mn**, **A – MnO_2** .

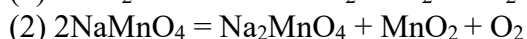
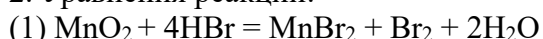
Газ, в атмосфере которого вспыхивает тлеющая лучина – кислород, **D – O_2** . Антисептическими свойствами обладают соединения марганца в высшей степени окисления. Наиболее вероятно, что **C** это перманганат, что подтверждается тем, что его разложение даёт кислород. Также его разложение даёт манганат (вещество **E**).

Найдем **E**:

$$M(\text{E}) = \frac{55}{0.3333} = 165 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$$

Вычтем молярную массу манганат иона: $165 - 55 - 16 \cdot 4 = 46 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$ что соответствует двум атомам натрия. Следовательно, **E – Na_2MnO_4** , **C – NaMnO_4** .

2. Уравнения реакций:



3. NaMnO_4 фиолетового цвета, Na_2MnO_4 тёмно-зелёного.

Рекомендации к оцениванию:

- | | |
|--|-----------|
| 1. Вещества A-E по 0.5 балла | 2.5 балла |
| 2. Уравнения реакций 1, 2 по 1 баллу | 2 балла |
| 3. Цвет каждого из веществ по 0.25 балла | 0.5 балла |

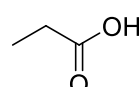
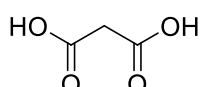
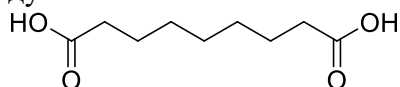
ИТОГО: 5 баллов

№2

I вариант

Решение:

Структуры продуктов окисления:



Судя по продуктам окисления, в структуре кислоты имеется одна карбоксильная группа и как минимум две кратные связи. Обозначим неизвестную кислоту как R-COOH.

Количество вещества брома:

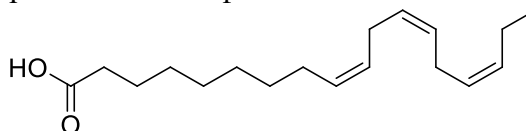
$$n(\text{Br}_2) = 172.5/160 = 1.078 \text{ моль}$$

Если в кислоте содержится 2 двойных связи, то количество вещества кислоты будет 0.539 моль и её молярная масса составит: $100/0.539 = 185,5$ г/моль. На R приходится 140.5 г/моль. Возможные формулы радикала: $\text{C}_{10}\text{H}_{21}$ или C_{11}H_9 , что не соответствует присутствию в них двух двойных связей.

Рассмотрим вариант присутствия трех двойных связей (или одной двойной и одной тройной). Количество вещества кислоты будет 0.3593 моль и её молярная масса составит: $100/0.3593 = 278$ г/моль. На R приходится 233 г/моль. Возможная формула радикала: $\text{C}_{17}\text{H}_{29}$, что соответствует присутствию в нем трех двойных связей (или одной двойной и одной тройной). Последний вариант не подходит, так как в таком случае кислота будет содержать всего 15 атомов углерода.

Брутто-формула кислоты: $\text{C}_{17}\text{H}_{29}\text{COOH}$ или $\text{C}_{18}\text{H}_{30}\text{O}_2$

Исходя из продуктов окисления, можно составить три возможных структуры кислоты, отличающихся положением двойных связей. Учитывая информацию о сумме локантов, можно сделать вывод, что речь идет о альфа-линоленовой кислоте:

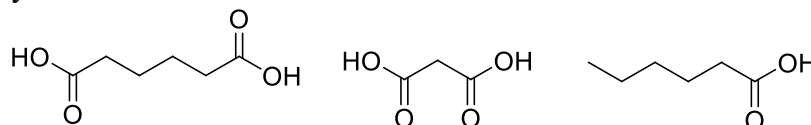


Допустимые варианты названий: 9,12,15-октадекатриеновая кислота, октадека-9,12,15-триеновая кислота.

II вариант

Решение:

Структуры продуктов окисления:



Судя по продуктам окисления, в структуре кислоты имеется одна карбоксильная группа и как минимум две кратные связи. Обозначим неизвестную кислоту как R-COOH.

Количество вещества брома:

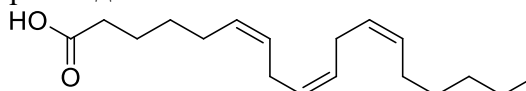
$$n(\text{Br}_2) = 345/160 = 2.156 \text{ моль}$$

Если в кислоте содержится 2 двойных связи, то количество вещества кислоты будет 1.078 моль и её молярная масса составит: $200/1.078 = 185,5$ г/моль. На R приходится 140.5 г/моль. Возможные формулы радикала: $\text{C}_{10}\text{H}_{21}$ или C_{11}H_9 , что не соответствует присутствию в них двух двойных связей.

Рассмотрим вариант присутствия трех двойных связей (или одной двойной и одной тройной). Количество вещества кислоты будет 0.7187 моль и её молярная масса составит: $200/0.7187 = 278$ г/моль. На R приходится 233 г/моль. Возможная формула радикала: $\text{C}_{17}\text{H}_{29}$, что соответствует присутствию в нем трех двойных связей (или одной двойной и одной тройной). Последний вариант не подходит, так как в таком случае кислота будет содержать всего 15 атомов углерода.

Брутто-формула кислоты: $\text{C}_{17}\text{H}_{29}\text{COOH}$ или $\text{C}_{18}\text{H}_{30}\text{O}_2$

Исходя из продуктов окисления, можно составить три возможных структуры кислоты, отличающихся положением двойных связей. Учитывая информацию о сумме локантов, можно сделать вывод, что речь идет о гамма-линоленовой кислоте:



Допустимые варианты названий: 6,9,12-октадекатриеновая кислота, октадека-6,9,12-триеновая кислота.

Рекомендации к оцениванию:

- | | |
|--|-----------|
| 1. Расчет количества вещества брома | 0.5 балла |
| 2. Верная молярная масса кислоты | 1 балл |
| 3. Верная брутто-формула кислоты | 0.5 балла |
| 4. Структурная формула кислоты (принимается любая стереохимия) | 1 балл |
| 5. Структурные формулы продуктов окисления – по 0.5 балла | 1.5 балла |
| 6. Название кислоты | 0.5 балла |

№3

I вариант

Решение:

1. Рассчитаем массовую долю элемента **X** в **A** и **B**:

$$\omega(\text{X})_{\text{A}} = 100 - 46.62 = 53.38\%$$

$$\omega(\text{X})_{\text{B}} = 53.38 + 44.21 = 97.59\%$$

Судя по массовой доле **X** в **B** и методу его получения, это бинарное соединение **X** с водородом. Рассчитаем массовую долю водорода в **B**:

$$\omega(\text{H})_{\text{B}} = 100 - 97.59 = 2.41\%$$

Попробуем найти элемент **X** перебором, зная массовую долю водорода:

$$M(\text{B}) = M(\text{X}) + n \times M(\text{H})$$

$$\omega(\text{H})_{\text{B}} = n \times M(\text{H}) / M(\text{B}) = n \times M(\text{H}) / (M(\text{X}) + n \times M(\text{H}))$$

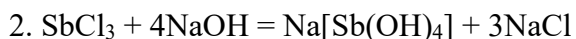
$$M(\text{X}) + n \times M(\text{H}) = n \times M(\text{H}) / \omega(\text{H})_{\text{B}}$$

$$M(\text{X}) = n \times M(\text{H}) / \omega(\text{H})_{\text{B}} - n \times M(\text{H}), \text{ где } n - \text{ количество атомов водорода в B.}$$

Составим таблицу, в которой переберем количества атомов водорода n в **B** и вычислим соответствующие массы элемента **X** (учтем возможные соединения **B** = XH_n и **A** = XHal_m):

n	1	2	3	4	5	6	7	8
$M(\text{X})$	40.5	81	121.5	162	202.5	243	283.5	324
X	-	-	Sb	Dy	-	-	-	-
B	-	-	SbH_3	DyH_4	-	-	-	-
A	-	-	SbCl_3	DyCl_4	-	-	-	-

Хлорид диспрозия(IV) – это несуществующее соединение, а так же по условию “**X** не относится к d- и f-элементам”. Значит **X** – сурьма, **A** – SbCl_3 , **B** – SbH_3 , $\text{Hal} = \text{Cl}$.



II вариант

Решение:

1. Рассчитаем массовую долю элемента **X** в **A** и **B**:

$$\omega(\text{X})_{\text{A}} = 100 - 54.43 = 45.57\%$$

$$\omega(\text{X})_{\text{B}} = 45.57 + 51.17 = 96.74\%$$

Судя по массовой доле **X** в **B** и методу его получения, это бинарное соединение **X** с водородом. Рассчитаем массовую долю водорода в **B**:

$$\omega(\text{H})_{\text{B}} = 100 - 96.74 = 3.26\%$$

Попробуем найти элемент **X** перебором, зная массовую долю водорода:

$$M(\text{B}) = M(\text{X}) + n \times M(\text{H})$$

$$\omega(\text{H})_{\text{B}} = n \times M(\text{H}) / M(\text{B}) = n \times M(\text{H}) / (M(\text{X}) + n \times M(\text{H}))$$

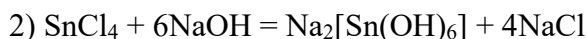
$$M(\text{X}) + n \times M(\text{H}) = n \times M(\text{H}) / \omega(\text{H})_{\text{B}}$$

$M(\text{X}) = n \times M(\text{H}) / \omega(\text{H})_{\text{B}} - n \times M(\text{H})$, где n – количество атомов водорода в **B**.

Составим таблицу, в которой переберем количества атомов водорода в **B** и соответствующей массе элемента **X** (учтем возможные соединения $\text{B} = \text{XH}_n$ и $\text{A} = \text{XHal}_m$):

n	1	2	3	4	5	6	7	8
M(X)	29.7	59.4	89	118.7	148.4	178.1	207.7	237.4
X	-	Ni	Y	Sn	-	Hf	Pb	-
B	-	NiH ₂	YH ₃	SnH ₄	-	-	-	-
A	-	NiCl ₂	YCl ₃	SnCl ₄	-	-	-	-

По условию “**X** не относится к d- и f-элементам”. Значит **X** – олово, **A** – SnCl₄, **B** – SnH₄, Hal = Cl.



Рекомендации к оцениванию:

- | | |
|---|-----------|
| 1. Определение второго элемента в B (водород) и подтверждение расчетом | 0.5 балла |
| 2. Определение правильного элемента X и подтверждение расчетом | 1 балл |
| 3. Определение галогена (хлор) и подтверждение расчетом | 0.5 балла |
| 4. Определение соединений A и B по 1 баллу | 2 балла |
| 5. Правильная реакция с концентрированной щелочью | 1 балл |

ИТОГО: 5 баллов

№4

I вариант

Решение:

1. Так как выпал желтый осадок при реакции с галогеналканом, то **E** – это AgBr или AgI.

При Hal = Br не сходится количество атомов углерода и водорода в молекуле по расчету. При Hal = I имеем:

$$M(\text{A}) = 126.9 / 0.6896 = 184 \text{ г/моль}$$

$$n(\text{H})_{\text{A}} = 184 \times 0.0491 = 9$$

$$n(\text{C})_{\text{A}} = 184 \times (1 - 0.6896 - 0.0491) / 12 = 4$$

Тогда **A** = C₄H₉I (*n*-бутил иодид), **E** – это AgI.

Так как функциональная группа, на которую заменили иодид, состоит только из атомов **X** и **Y**, то можно вычислить массовую долю углерода и водорода (C₄H₉) вместе в изомерах **C** и **D**:

$$\omega(\text{C}_4\text{H}_9) = 100 - 13.59 - 31.05 = 55.36$$

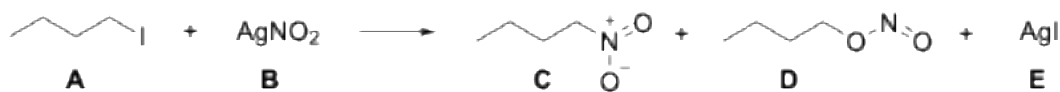
Откуда можно вычислить молярную массу изомеров **C** и **D**, а также массу атомов **X** и **Y** в этих изомерах:

$$M(\text{C/D}) = M(\text{C}_4\text{H}_9) / \omega(\text{C}_4\text{H}_9) = 103 \text{ г/моль}$$

$$M(\text{X})_{\text{C/D}} = 103 \times 0.1359 = 14 \text{ г/моль}$$

$$M(2Y)_{C/D} = 103 \times 0.3105 = 32 \text{ г/моль}$$

В молекулах **C** и **D** по условию есть как минимум один атом **X** и два атома **Y**, значит **X** – азот, а **Y** – кислород. Тогда **C** и **D** имеют состав $C_4H_9NO_2$; тогда по данным в условии определим оставшиеся неизвестные соединения:



№4

II вариант

Решение:

1. Так как выпал желтый осадок при реакции с галогеналканом, то **E** – это AgBr или AgI.

При Hal = Br не сходится количество атомов углерода и водорода в молекуле по расчету. При Hal = I имеем:

$$M(A) = 126.9 / 0.6408 = 198 \text{ г/моль}$$

$$n(H)_A = 198 \times 0.0556 = 11$$

$$n(C)_A = 198 \times (1 - 0.6408 - 0.0556) / 12 = 5$$

Тогда **A** = $C_5H_{11}I$ (*n*-пентил иодид), **E** – это AgI.

Так как функциональная группа, на которую заменили иодид, состоит только из атомов **X** и **Y**, то можно вычислить массовую долю углерода и водорода (C_5H_{11}) вместе в изомерах **C** и **D**:

$$\omega(C_5H_{11}) = 100 - 11.97 - 27.33 = 60.70\%$$

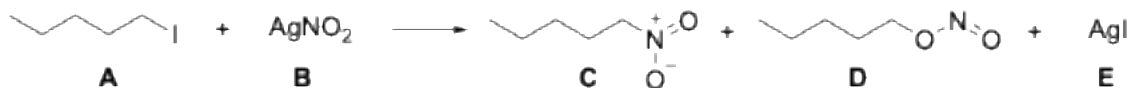
Откуда можно вычислить молярную массу изомеров **C** и **D**, а также массу атомов **X** и **Y** в этих изомерах:

$$M(C/D) = M(C_5H_{11}) / \omega(C_5H_{11}) = 117 \text{ г/моль}$$

$$M(2X)_{C/D} = 117 \times 0.2733 = 32 \text{ г/моль}$$

$$M(Y)_{C/D} = 117 \times 0.1197 = 14 \text{ г/моль}$$

В молекулах **C** и **D** по условию есть как минимум два атома **X** и один атом **Y**, значит **X** – кислород, а **Y** – азот. Тогда **C** и **D** имеют состав $C_4H_9NO_2$; тогда по данным в условии определим оставшиеся неизвестные соединения:

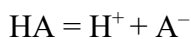


Рекомендации к оцениванию:

- | | |
|---|-----------|
| 1. Брутто-формулы A-E по 0.5 балла | 2.5 балла |
| 2. Структурные формулы C и D по 0.5 балла | 1 балл |
| 3. Расчет правильного галогена 0.5 балла | 0.5 балла |
| 4. Расчет брутто-формулы алкил иодида 0.5 балла | 0.5 балла |
| 5. Расчет элементов X и Y 0.5 балла | 0.5 балла |

ИТОГО: 5 баллов**№5****I вариант**

5-1. В растворе устанавливается равновесие:



Константа равновесия K может быть выражена через концентрации ионов и непродиссоциировавшей кислоты следующим образом:

$K = [H^+][A^-]/[HA]$, где квадратными скобками обозначены равновесные концентрации частиц

	HA	H ⁺	A ⁻
Исходные концентрации	0.1	0	0.1
Продиссоциировало	10 ⁻⁴		
Равновесные концентрации	0.1 – 10 ⁻⁴	10 ⁻⁴	0.1 + 10 ⁻⁴

Тогда $K = 1.002 \cdot 10^{-4}$

В отсутствие соли получаем: $y^2/(0.1 - y) = 1.002 \cdot 10^{-4}$, где y – равновесная концентрация ионов водорода в отсутствие соли

$$y = 3.12 \cdot 10^{-3}$$

При изменении концентрации константа равновесия процесса диссоциации не изменится

Если взять соли в 2 раза больше, справедливы будут следующие соотношения

	HA	H ⁺	A ⁻
--	----	----------------	----------------

Исходные концентрации	0.1	0	0.2
Продиссоциировало	x		
Равновесные концентрации	0.1 – x	x	0.2 + x

$$x \cdot (0.2 + x) / (0.1 - x) = 1.002 \cdot 10^{-4}$$

$$x = 5 \cdot 10^{-5} \text{ моль/л}$$

№5

II вариант

В растворе устанавливается равновесие:



Константа равновесия K может быть выражена через концентрации ионов и непродиссоциировавшей кислоты следующим образом:

$K = [\text{H}^+] \cdot [\text{A}^-] / [\text{HA}]$, где квадратными скобками обозначены равновесные концентрации частиц

	HA	H ⁺	A ⁻
Исходные концентрации	0.1	0	0.1
Продиссоциировало	10 ⁻⁶		
Равновесные концентрации	0.1 – 10 ⁻⁶	10 ⁻⁶	0.1 + 10 ⁻⁶

Тогда $K = 1.0 \cdot 10^{-6}$

В отсутствие соли получаем: $y^2 / (0.1 - y) = 1.0 \cdot 10^{-6}$, где y – равновесная концентрация ионов водорода в отсутствие соли

$$y = 3.16 \cdot 10^{-4}$$

При изменении концентрации константа равновесия процесса диссоциации не изменится

Если взять кислоты в 2 раза больше, справедливы будут следующие соотношения

	HA	H ⁺	A ⁻
Исходные концентрации	0.2	0	0.1
Продиссоциировало	x		
Равновесные концентрации	0.2 – x	x	0.1 + x

$$x \cdot (0.1 + x) / (0.2 - x) = 1.0 \cdot 10^{-6}$$

$$x = 2 \cdot 10^{-5} \text{ моль/л}$$

Рекомендации к оцениванию:

- | | | |
|----|--|-----------|
| 1. | Расчет константы диссоциации кислоты | 1.5 балла |
| 2. | Расчет концентрации ионов водорода в отсутствие соли | 1.5 балл |
| 3. | Изменение константы при изменении концентрации | 0.5 балла |
| 4. | Расчет концентрации ионов водорода | 1.5 балла |

ИТОГО: 5 баллов