

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

**11 Класс**

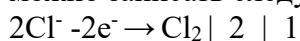
**№1**

**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 – Cl<sub>2</sub>**. Найдём 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<sup>-</sup> в Cl<sub>2</sub>. 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 Cl<sub>2</sub> 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 X<sub>2</sub>O<sub>n</sub>, получаем:

| X <sub>2</sub> O <sub>n</sub> | X <sub>2</sub> O | XO    | X <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | XO <sub>2</sub> | X <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | XO <sub>3</sub> | X <sub>2</sub> O <sub>7</sub> | XO <sub>4</sub> |
|-------------------------------|------------------|-------|-------------------------------|-----------------|-------------------------------|-----------------|-------------------------------|-----------------|
| M(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<sub>2</sub>O) и Mn (MnO<sub>2</sub>). Однако оксид хлора(I) является газом, а не черным порошком, следовательно, остается только MnO<sub>2</sub>. Значит, **X – Mn**, **А – MnO<sub>2</sub>**.

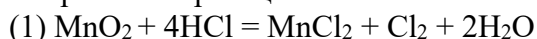
Газ, в атмосфере которого вспыхивает тлеющая лучина – кислород, **D – O<sub>2</sub>**. Антисептическими свойствами обладают соединения марганца в высшей степени окисления. Наиболее вероятно, что **С** это перманганат, что подтверждается тем, что его разложение даёт кислород. Также его разложение даёт манганат (вещество **Е**).

Найдём **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 – K<sub>2</sub>MnO<sub>4</sub>**, **С – KMnO<sub>4</sub>**.

2. Уравнения реакций:



3. KMnO<sub>4</sub> фиолетового цвета, K<sub>2</sub>MnO<sub>4</sub> тёмно-зелёного.

**II вариант**

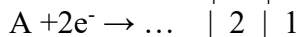
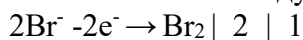
1. Начнем определение веществ с жидкости **В**. Из известных школьникам красных жидкостей, при этом получающиеся из бромоводородной кислоты, можно указать только на бром. Тогда **В – Br<sub>2</sub>**.

Найдём 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  $2\text{Br}^-$  в  $\text{Br}_2$ . 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  $\text{Br}_2$  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  $\text{X}_2\text{O}_n$ , получаем:

| $\text{X}_2\text{O}_n$ | $\text{X}_2\text{O}$ | $\text{XO}$ | $\text{X}_2\text{O}_3$ | $\text{XO}_2$ | $\text{X}_2\text{O}_5$ | $\text{XO}_3$ | $\text{X}_2\text{O}_7$ | $\text{XO}_4$ |
|------------------------|----------------------|-------------|------------------------|---------------|------------------------|---------------|------------------------|---------------|
| $M(\text{X})$          | 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 ( $\text{Cl}_2\text{O}$ ) и Mn ( $\text{MnO}_2$ ). Однако оксид хлора(I) является газом, а не черным порошком, следовательно, остается только  $\text{MnO}_2$ . Значит, **X – Mn**, **A –  $\text{MnO}_2$** .

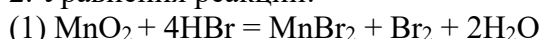
Газ, в атмосфере которого вспыхивает тлеющая лучина – кислород, **D –  $\text{O}_2$** . Антисептическими свойствами обладают соединения марганца в высшей степени окисления. Наиболее вероятно, что **C** это перманганат, что подтверждается тем, что его разложение даёт кислород. Также его разложение даёт 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 –  $\text{Na}_2\text{MnO}_4$** , **C –  $\text{NaMnO}_4$** .

2. Уравнения реакций:



3.  $\text{NaMnO}_4$  фиолетового цвета,  $\text{Na}_2\text{MnO}_4$  тёмно-зелёного.

#### Рекомендации к оцениванию:

- |                                          |           |
|------------------------------------------|-----------|
| 1. Вещества <b>A-E</b> 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 |

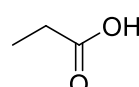
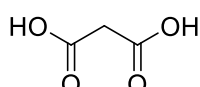
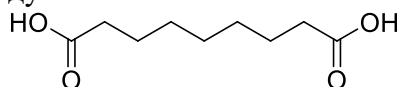
**ИТОГО: 5 баллов**

## №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:

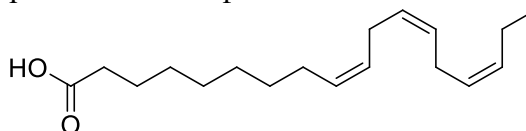
$$n(\text{Br}_2) = 172.5/160 = 1.078 \text{ моль}$$

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  $\text{C}_{11}\text{H}_9$ , 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:

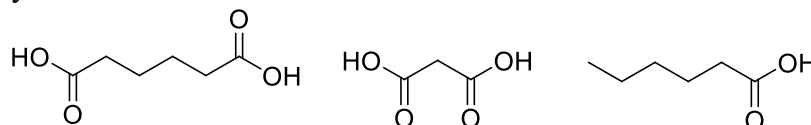


Допустимые варианты названий: 9,12,15-октадекатриеновая кислота, октадека-9,12,15-триеновая кислота.

## 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:

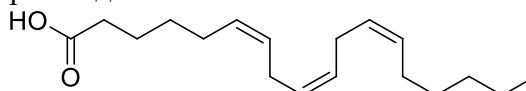
$$n(\text{Br}_2) = 345/160 = 2.156 \text{ моль}$$

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  $\text{C}_{11}\text{H}_9$ , 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:

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

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

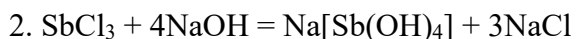
$$M(\text{X}) + n \times M(\text{H}) = n \times M(\text{H}) / \omega(\text{H})_{\text{B}}$$

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

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

| $n$           | 1    | 2  | 3               | 4               | 5     | 6   | 7     | 8   |
|---------------|------|----|-----------------|-----------------|-------|-----|-------|-----|
| $M(\text{X})$ | 40.5 | 81 | 121.5           | 162             | 202.5 | 243 | 283.5 | 324 |
| <b>X</b>      | -    | -  | Sb              | Dy              | -     | -   | -     | -   |
| <b>B</b>      | -    | -  | $\text{SbH}_3$  | $\text{DyH}_4$  | -     | -   | -     | -   |
| <b>A</b>      | -    | -  | $\text{SbCl}_3$ | $\text{DyCl}_4$ | -     | -   | -     | -   |

Хлорид диспрозия(IV) – это несуществующее соединение, а так же по условию “**X** не относится к d- и f-элементам”. Значит **X** – сурьма, **A** –  $\text{SbCl}_3$ , **B** –  $\text{SbH}_3$ ,  $\text{Hal} = \text{Cl}$ .



**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:

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

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

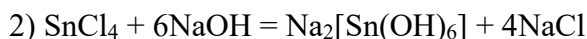
$$M(\text{X}) + n \times M(\text{H}) = n \times M(\text{H}) / \omega(\text{H})_{\text{B}}$$

$M(\text{X}) = n \times M(\text{H}) / \omega(\text{H})_{\text{B}} - n \times M(\text{H})$ , 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 <sub>2</sub>  | YH <sub>3</sub>  | SnH <sub>4</sub>  | -     | -     | -     | -     |
| A    | -    | NiCl <sub>2</sub> | YCl <sub>3</sub> | SnCl <sub>4</sub> | -     | -     | -     | -     |

По условию “**X** не относится к d- и f-элементам”. Значит **X** – олово, **A** – SnCl<sub>4</sub>, **B** – SnH<sub>4</sub>, Hal = Cl.



#### Рекомендации к оцениванию:

- |                                                                               |           |
|-------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 1. Определение второго элемента в <b>B</b> (водород) и подтверждение расчетом | 0.5 балла |
| 2. Определение правильного элемента <b>X</b> и подтверждение расчетом         | 1 балл    |
| 3. Определение галогена (хлор) и подтверждение расчетом                       | 0.5 балла |
| 4. Определение соединений <b>A</b> и <b>B</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** = C<sub>4</sub>H<sub>9</sub>I (*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 (C<sub>4</sub>H<sub>9</sub>) вместе в изомерах **C** и **D**:

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

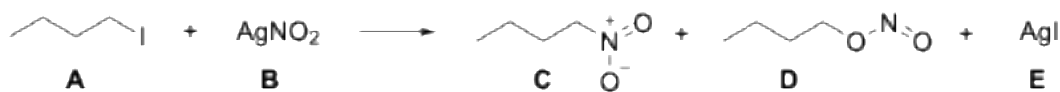
Откуда можно вычислить молярную массу изомеров **C** и **D**, а также массу атомов **X** и **Y** в этих изомерах:

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

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

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

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**:

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

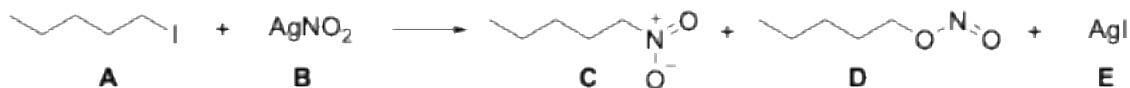
Откуда можно вычислить молярную массу изомеров **C** и **D**, а также массу атомов **X** и **Y** в этих изомерах:

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

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

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

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:

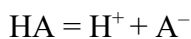


**Рекомендации к оцениванию:**

- |                                                         |           |
|---------------------------------------------------------|-----------|
| 1. Брутто-формулы <b>A-E</b> по 0.5 балла               | 2.5 балла |
| 2. Структурные формулы <b>C</b> и <b>D</b> 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 <b>X</b> и <b>Y</b> 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 <sup>+</sup>   | A <sup>-</sup>         |
|--------------------------|------------------------|------------------|------------------------|
| Исходные концентрации    | 0.1                    | 0                | 0.1                    |
| Продиссоциировало        | 10 <sup>-4</sup>       |                  |                        |
| Равновесные концентрации | 0.1 – 10 <sup>-4</sup> | 10 <sup>-4</sup> | 0.1 + 10 <sup>-4</sup> |

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 <sup>+</sup> | A <sup>-</sup> |
|--|----|----------------|----------------|
|--|----|----------------|----------------|

|                          |         |   |         |
|--------------------------|---------|---|---------|
| 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 <sup>+</sup>   | A <sup>-</sup>         |
| Исходные концентрации    | 0.1                    | 0                | 0.1                    |
| Продиссоциировало        | 10 <sup>-6</sup>       |                  |                        |
| Равновесные концентрации | 0.1 – 10 <sup>-6</sup> | 10 <sup>-6</sup> | 0.1 + 10 <sup>-6</sup> |

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 <sup>+</sup> | A <sup>-</sup> |
|--------------------------|---------|----------------|----------------|
| 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**