

КРИТЕРИИ И МЕТОДИКА ОЦЕНИВАНИЯ ВЫПОЛНЕНИЯ  
ОЛИМПИАДНЫХ ЗАДАНИЙ РЕГИОНАЛЬНОГО ЭТАПА ПО ХИМИИ С  
УКАЗАНИЕМ МАКСИМАЛЬНО ВОЗМОЖНОГО КОЛИЧЕСТВА БАЛЛОВ  
ЗА КАЖДОЕ ЗАДАНИЕ И ОБЩЕГО КОЛИЧЕСТВА МАКСИМАЛЬНО  
ВОЗМОЖНЫХ БАЛЛОВ ПО ИТОГАМ ВЫПОЛНЕНИЯ ВСЕХ ЗАДАНИЙ  
(основной комплект)

для жюри

2 тур

2020–2021

## Решения задач экспериментального тура

### Девятый класс (авторы: Апяри В.В., Теренин В.И.)

1. Заполним таблицу:

|                                   | Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> | KCl | BaCl <sub>2</sub> | AlCl <sub>3</sub> | ZnSO <sub>4</sub> | Pb(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> |
|-----------------------------------|---------------------------------|-----|-------------------|-------------------|-------------------|-----------------------------------|
| HCl                               | ↑                               | —   | —                 | —                 | —                 | ↓                                 |
| H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>    | ↑                               | —   | ↓                 | —                 | —                 | ↓                                 |
| NH <sub>3</sub> ·H <sub>2</sub> O | —                               | —   | —                 | ↓                 | ↓ р. в изб.       | ↓                                 |

2. Уравнения реакций:

- 1)  $\text{Na}_2\text{CO}_3 + 2\text{HCl} = 2\text{NaCl} + \text{CO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$
- 2)  $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{CO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$
- 3)  $\text{BaCl}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{BaSO}_4\downarrow + 2\text{HCl}$
- 4)  $\text{AlCl}_3 + 3\text{NH}_3\cdot\text{H}_2\text{O} = \text{Al}(\text{OH})_3\downarrow + 3\text{NH}_4\text{Cl}$
- 5)  $\text{ZnSO}_4 + 2\text{NH}_3\cdot\text{H}_2\text{O} (\text{недост.}) = \text{Zn}(\text{OH})_2\downarrow + (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$
- 6)  $\text{Zn}(\text{OH})_2 + 4\text{NH}_3\cdot\text{H}_2\text{O} (\text{изб.}) = [\text{Zn}(\text{NH}_3)_4](\text{OH})_2 + 4\text{H}_2\text{O}$   
или  $\text{ZnSO}_4 + 4\text{NH}_3\cdot\text{H}_2\text{O} (\text{изб.}) = [\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4 + 4\text{H}_2\text{O}$
- 7)  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{HCl} = \text{PbCl}_2\downarrow + 2\text{HNO}_3$
- 8)  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{PbSO}_4\downarrow + 2\text{HNO}_3$
- 9)  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{NH}_3\cdot\text{H}_2\text{O} = \text{Pb}(\text{OH})_2\downarrow + 2\text{NH}_4\text{NO}_3$

3. Существует несколько вариантов решения этой задачи. Ниже приведен один из возможных.

1) Исходя из заполненной нами таблицы, заметим, что HCl позволяет сразу однозначно идентифицировать два вещества – Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> и Pb(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>. Поэтому начнем идентификацию с помощью именно этого реактива. Перенесем в 6 чистых пробирок по несколько капель идентифицируемых растворов и добавим по несколько капель HCl. В пробирке, где наблюдается выделение газа (*реакция 1*), был Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>. А в пробирке, где выпал белый

осадок (*реакция 7*) – **Pb(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>**. В других 4 пробирках изменений не наблюдаем.

2) К растворам в этих 4 пробирках добавим H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. В одной пробирке наблюдаем выпадение белого осадка (*реакция 3*). Это может быть только BaSO<sub>4</sub>. Значит, в данной пробирке присутствовал **BaCl<sub>2</sub>**.

3) Осталось нераспознанными три вещества – KCl, AlCl<sub>3</sub> и ZnSO<sub>4</sub>. Для их идентификации перенесем по несколько капель соответствующих исходных растворов в чистые пробирки и будем прибавлять по каплям NH<sub>3</sub>·H<sub>2</sub>O, каждый раз перемешивая содержимое и следя за происходящим. В пробирке, где наблюдается выпадение осадка (*реакция 5*) и дальнейшее его растворение при добавлении избытка NH<sub>3</sub>·H<sub>2</sub>O (*реакция 6*), был **ZnSO<sub>4</sub>**. В пробирке, где осадок выпадает (*реакция 4*), но не растворяется в избытке реактива, присутствовал **AlCl<sub>3</sub>**. В пробирке, где изменений не наблюдается, находится **KCl**.

4. Прежде всего заметим, что не все соли предложенного набора способны сосуществовать в растворе. Например, Pb(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> не может сосуществовать в растворе ни с одной другой солью. Значит, его можно сразу исключить из рассмотрения.

При идентификации смесей будем руководствоваться планом, аналогичным вышеописанному, начиная с п. 2 (п. 1 теряет смысл, так как Pb(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> в смесях отсутствует, а Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> может быть идентифицирован с помощью H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> с тем же успехом, что и с помощью HCl):

Перенесем в 2 чистые пробирки по несколько капель идентифицируемых смесей и добавим по несколько капель H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. В одной пробирке наблюдается выделение газа (*реакция 2*). Значит, одним из компонентов является **Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>**. Заметим, что Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> не может сосуществовать в растворе ни с одной другой солью, кроме **KCl** – значит, это и есть второй компонент данной бинарной смеси.

В другой пробирке наблюдаем выпадение осадка (*реакция 3*). Значит, одним из компонентов этой смеси является **BaCl<sub>2</sub>**. Для обнаружения второго компонента (которым может быть только KCl и AlCl<sub>3</sub>) перенесем в чистую пробирку несколько капель данной смеси и добавим NH<sub>3</sub>·H<sub>2</sub>O. Наблюдаем выпадение осадка (*реакция 4*). Значит, вторым компонентом является **AlCl<sub>3</sub>**.

### Система оценивания

|                                                                                 |                  |
|---------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| 1. Заполнение таблицы – 18 ячеек по 0,5 б                                       | 9 баллов         |
| 2. Уравнения реакций – 9 уравнений по 1 б<br>(если неверно уравнены – по 0,5 б) | 9 баллов         |
| 3. Идентификация веществ – 6 веществ по 2,5 б                                   | 15 баллов        |
| 4. Идентификация бинарных смесей – 2 смеси по 3,5 б                             | 7 баллов         |
| <b>ИТОГО</b>                                                                    | <b>40 баллов</b> |

В случае, если участнику понадобится дополнительное количество реактива, долив реактива производится 1 раз (в 1 соответствующую склянку) без штрафа, в последующих случаях – со штрафом 2 балла. Таким образом, если необходим долив *n* склянок, штраф составляет 2(*n*-1) баллов, но не более 8 баллов.

КРИТЕРИИ И МЕТОДИКА ОЦЕНИВАНИЯ ВЫПОЛНЕНИЯ  
ОЛИМПИАДНЫХ ЗАДАНИЙ РЕГИОНАЛЬНОГО ЭТАПА ПО ХИМИИ С  
УКАЗАНИЕМ МАКСИМАЛЬНО ВОЗМОЖНОГО КОЛИЧЕСТВА БАЛЛОВ  
ЗА КАЖДОЕ ЗАДАНИЕ И ОБЩЕГО КОЛИЧЕСТВА МАКСИМАЛЬНО  
ВОЗМОЖНЫХ БАЛЛОВ ПО ИТОГАМ ВЫПОЛНЕНИЯ ВСЕХ ЗАДАНИЙ  
(основной комплект)

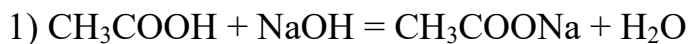
для жюри

2 тур

2020–2021

**Десятый класс (авторы: Апяри В.В., Теренин В.И.)**

1. Обе кислоты являются достаточно сильными, чтобы в присутствии индикатора фенолфталеин титроваться, полностью переходя в соответствующие средние соли:



2. Для метилового оранжевого переход окраски наблюдается в кислой среде, которая соответствует значительному количеству неоттитрованных слабых кислот. Поэтому погрешность определения содержания кислот с этим индикатором будет очень большой. Альтернативное объяснение может состоять в том, что продукты титрования – средние соли слабых кислот – дают слабощелочную среду. Из этих соображений для титрования нужно выбирать такой индикатор, который меняет окраску в слабощелочной среде, обеспечивая таким образом прекращение титрования вблизи точки эквивалентности (рН, при котором титруемое вещество и добавленный титрант находятся в стехиометрическом соотношении).

3. Выведем требуемую формулу для щавелевой кислоты. По уравнению реакции  $\frac{\nu_{\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4}}{1} = \frac{\nu_{\text{NaOH}}}{2}$ , где  $\nu$  – количества соответствующих веществ, *моль*, в колбе для титрования. Тогда концентрация кислоты в растворе, *моль/л*, будет равна  $c_{\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4} = \frac{\nu_{\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4}}{V_a} = \frac{\nu_{\text{NaOH}}}{2V_a} = \frac{c_{\text{NaOH}}V_{\text{NaOH}}}{2V_a}$ . Масса кислоты в колбе может быть рассчитана как  $m_{\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4} = M_{\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4} \cdot c_{\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4} \cdot V_k = \frac{M_{\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4} c_{\text{NaOH}} V_{\text{NaOH}} V_k}{2V_a}$ . Для уксусной кислоты формула не будет содержать коэффициент «2» в знаменателе, так как соответствующая реакция протекает в стехиометрии (1:1):  $m_{\text{CH}_3\text{COOH}} = \frac{M_{\text{CH}_3\text{COOH}} c_{\text{NaOH}} V_{\text{NaOH}} V_k}{V_a}$ .

### Система оценивания

1. Уравнения реакций – 2 уравнения по 1 б 2 балла
2. Обоснование невозможности использования метилового оранжевого 2 балла
3. Вывод формул – 2 формулы по 2 б 4 балла
4. а) *Точность титрования* оценивается, исходя из абсолютной погрешности среднего объема титранта, записанного участником ( $\Delta V$ , мл), то есть разницы между величиной среднего объема титранта, полученной участником, и ожидаемым значением, в соответствии со следующей таблицей:

| Определение $\text{CH}_3\text{COOH}$ |       | Определение $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ |       |
|--------------------------------------|-------|----------------------------------------------|-------|
| $\Delta V$ , мл                      | Баллы | $\Delta V$ , мл                              | Баллы |
| $\leq 0,1$                           | 15    | $\leq 0,1$                                   | 15    |
| 0,1 – 0,2                            | 14    | 0,1 – 0,2                                    | 14    |
| 0,2 – 0,3                            | 12    | 0,2 – 0,3                                    | 12    |
| 0,3 – 0,4                            | 10    | 0,3 – 0,4                                    | 10    |
| 0,4 – 0,5                            | 8     | 0,4 – 0,5                                    | 8     |
| 0,5 – 1,0                            | 6     | 0,5 – 1,0                                    | 6     |
| $> 1,0$                              | 4     | $> 1,0$                                      | 4     |

- б) *Правильность расчета* массы кислоты (оценивается, исходя из среднего объема титранта, полученного участником, безотносительно точности титрования – 2 значения по 1 б 2 балла

**ИТОГО**

**40 баллов**

В случае, если участнику понадобится дополнительное количество реактива, долив реактива (того же варианта!) производится 1 раз без штрафа, в последующих случаях – со штрафом 2 балла.

КРИТЕРИИ И МЕТОДИКА ОЦЕНИВАНИЯ ВЫПОЛНЕНИЯ  
ОЛИМПИАДНЫХ ЗАДАНИЙ РЕГИОНАЛЬНОГО ЭТАПА ПО ХИМИИ С  
УКАЗАНИЕМ МАКСИМАЛЬНО ВОЗМОЖНОГО КОЛИЧЕСТВА БАЛЛОВ  
ЗА КАЖДОЕ ЗАДАНИЕ И ОБЩЕГО КОЛИЧЕСТВА МАКСИМАЛЬНО  
ВОЗМОЖНЫХ БАЛЛОВ ПО ИТОГАМ ВЫПОЛНЕНИЯ ВСЕХ ЗАДАНИЙ  
(основной комплект)

для жюри

2 тур

2020–2021



## Одиннадцатый класс (авторы: Апяри В.В., Теренин В.И.)

### Решение теоретического задания

1.

|                                   |                                      |                                                                                                                                                |                                                                                                                                 |                                                                                             |
|-----------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| $\text{H}_3\text{C}-\text{COOH}$  | $\text{HOOC}-\text{COOH}$            | $\begin{array}{c} \text{H}_2\text{C}-\text{COOH} \\   \\ \text{HO}-\text{C}-\text{COOH} \\   \\ \text{H}_2\text{C}-\text{COOH} \end{array}$    | $\begin{array}{c} \text{H}_2\text{C}-\text{OH} \\   \\ \text{HC}-\text{OH} \\   \\ \text{H}_2\text{C}-\text{OH} \end{array}$    | $\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\   \\ \text{HC}-\text{OH} \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$  |
| Уксусная<br>(этановая)<br>кислота | Щавелевая<br>(этандиовая)<br>кислота | Лимонная (2-гидрокси-<br>пропан-1,2,3-трикарбо-<br>новая, 3-гидрокси-3-<br>карбоксипентандиовая)<br>кислота                                    | Глицерин<br>(пропантриол-<br>1,2,3, глицерол)                                                                                   | Изопропанол<br>(пропанол-2,<br>изопропиловый<br>спирт)                                      |
| $\text{H}_3\text{C}-\text{COONa}$ | $\text{NaOOC}-\text{COONa}$          | $\begin{array}{c} \text{H}_2\text{C}-\text{COONa} \\   \\ \text{HO}-\text{C}-\text{COONa} \\   \\ \text{H}_2\text{C}-\text{COONa} \end{array}$ | $\begin{array}{c} \text{H}_2\text{C}-\text{ONa} \\   \\ \text{HC}-\text{ONa} \\   \\ \text{H}_2\text{C}-\text{ONa} \end{array}$ | $\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\   \\ \text{HC}-\text{ONa} \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$ |
| Ацетат<br>натрия                  | Оксалат натрия                       | Цитрат натрия                                                                                                                                  | Глицерат (гли-<br>церолят) натрия<br>трехзамещенный<br>(пропантри-<br>1,2,3-олят<br>тринатрия)                                  | Изопропилат<br>(изопропанолят,<br>пропан-2-олят,<br>изопропоксид)<br>натрия                 |

2. Среди указанных в первой строчке индивидуальных веществ – два спирта, проявляющие очень слабые кислотные свойства и, соответственно, характеризующиеся двумя наименьшими константами кислотности из предложенного ряда ( $4,9 \cdot 10^{-16}$  и  $2,1 \cdot 10^{-14}$ ), и три карбоновые кислоты, проявляющие выраженные кислотные свойства и, значит, обладающие достаточно большими  $K_a$  ( $1,7 \cdot 10^{-5}$ ;  $7,4 \cdot 10^{-4}$ ;  $5,6 \cdot 10^{-2}$ ).

Проведем сопоставление на основании анализа электронных эффектов заместителей в молекулах. Так как гидроксильная и карбоксильная группы оказывают –I-эффект (электроноакцепторные свойства), то, при прочих равных условиях, чем больше таких групп содержится в молекуле по соседству с рассматриваемой кислотной функцией, тем более выраженными кислотными свойствами она обладает. Кроме того, увеличение общего числа кислотных групп в молекуле также повышает величину  $K_a$ , что связано с

увеличением вероятности отрыва  $H^+$ . Так, например, глицерин обладает более выраженными кислотными свойствами, чем изопропанол, а лимонная кислота сильнее уксусной. Особое место в этом ряду занимает щавелевая кислота: две карбоксильные группы в ее составе оказывают –I-эффекты непосредственно друг на друга (в случае лимонной кислоты они были разделены 2 – 3 атомами углерода алкильной цепочки), кроме того, между карбоксильными группами существует непосредственное  $\pi, \pi$ -сопряжение. Все это приводит к максимальной реализации кислотных свойств карбоксильных групп.

Таким образом, получаем следующее сопоставление:

| Вещество: | Изопропанол          | Глицерин             | Уксусная кислота    | Лимонная кислота    | Щавелевая кислота   |
|-----------|----------------------|----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| $K_a$ :   | $4,9 \cdot 10^{-16}$ | $2,1 \cdot 10^{-14}$ | $1,7 \cdot 10^{-5}$ | $7,4 \cdot 10^{-4}$ | $5,6 \cdot 10^{-2}$ |

3. а) Анализируя брутто-формулы комплексов, видим, что соотношение С:Н:О в составе лиганда не должно превышать 6:6:7 (в противном случае наличие двух таких лигандов в комплексе будет приводить к превышению брутто-формулы). Из перечня анионов, таким требованиям отвечает только оксалат (6:0:6) и цитрат (6:5:7). Наиболее близко искомому составу лиганда отвечает цитрат. Кроме того, понятно, что для оксалата образование комплексов, содержащих 12 атомов углерода и при этом 12 атомов водорода, невозможно. Значит, речь в задании идет о лимонной кислоте (цитрате натрия).

б) Выделим в явном виде цитрат ионы ( $C_6H_5O_7^{3-}$ ) в составе комплексов меди(II):  $[CuH_3(C_6H_5O_7)_2]^{x-}$ ,  $[Cu(OH)(C_6H_5O_7)]^{y-}$ ,  $[Cu(OH)_2(C_6H_5O_7)_2]^{z-}$ . Теперь становится понятным, что в первом случае речь идет о комплексе меди с гидро- и дигидроцитратом, а двух других – о гидроксокомплексах меди с цитрат-ионами. Таким образом, зарядовые числа комплексов равны:  $x = 1$ ,  $y = 2$  и  $z = 6$ .

Решение практического задания

Существует несколько вариантов решения этой задачи. Ниже приведен один из возможных. Идентификация веществ основана на следующих признаках:

|                                                                                                                                                | Реакция среды  | Добавление $\text{CuSO}_4$  | Последующее добавление $\text{NaOH}$                                                |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|-----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| $\text{H}_3\text{C}-\text{COOH}$                                                                                                               | Кислая         | —                           | ↓темно-голубой                                                                      |
| $\text{HOOC}-\text{COOH}$                                                                                                                      | Кислая         | ↓светло-голубой             | ↓темно-голубой                                                                      |
| $\begin{array}{c} \text{H}_2\text{C}-\text{COOH} \\   \\ \text{HO}-\text{C}-\text{COOH} \\   \\ \text{H}_2\text{C}-\text{COOH} \end{array}$    | Кислая         | —                           | Интенсивная голубая окраска                                                         |
| $\begin{array}{c} \text{H}_2\text{C}-\text{OH} \\   \\ \text{HC}-\text{OH} \\   \\ \text{H}_2\text{C}-\text{OH} \end{array}$                   | Нейтральная    | —                           | ↓темно-голубой, растворяется в избытке $\text{NaOH}$ с образованием синего раствора |
| $\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\   \\ \text{HC}-\text{OH} \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$                                                     | Нейтральная    | —                           | ↓темно-голубой                                                                      |
| $\text{H}_3\text{C}-\text{COONa}$                                                                                                              | Слабощелочная  | —                           | ↓темно-голубой                                                                      |
| $\text{NaOOC}-\text{COONa}$                                                                                                                    | Слабощелочная  | ↓светло-голубой             | ↓темно-голубой                                                                      |
| $\begin{array}{c} \text{H}_2\text{C}-\text{COONa} \\   \\ \text{HO}-\text{C}-\text{COONa} \\   \\ \text{H}_2\text{C}-\text{COONa} \end{array}$ | Слабощелочная  | Интенсивная голубая окраска | Интенсивная голубая окраска                                                         |
| $\begin{array}{c} \text{H}_2\text{C}-\text{ONa} \\   \\ \text{HC}-\text{ONa} \\   \\ \text{H}_2\text{C}-\text{ONa} \end{array}$                | Сильнощелочная | Синее окрашивание           | Синее окрашивание                                                                   |
| $\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\   \\ \text{HC}-\text{ONa} \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$                                                    | Сильнощелочная | ↓темно-голубой              | ↓темно-голубой                                                                      |

1.

1) Проведем оценку pH выданных растворов при помощи универсальной (или лакмусовой) индикаторной бумаги. Растворы кислот – уксусной, щавелевой и лимонной – имеют кислую реакцию среды; в них

индикаторная бумага приобретает красный цвет. Растворы алкоголятов изопропанола и глицерина, вследствие полного гидролиза до NaOH и спирта, дают сильнощелочную реакцию среды; в них индикаторная бумага приобретает фиолетовый цвет. Растворы оксалата, ацетата и цитрата натрия, вследствие частичного гидролиза по аниону, характеризуются pH 8 – 9 (зеленое окрашивание универсальной индикаторной бумаги или фиолетовое – лакмусовой). Наконец, растворы изопропанола и глицерина должны иметь нейтральную реакцию среды. Однако вследствие растворения в них углекислого газа воздуха индикаторная бумага покажет в этих растворах pH 5 – 6 (оранжевое или желтое окрашивание универсальной индикаторной бумаги или красно-фиолетовое – лакмусовой).

Таким образом, с помощью индикаторной бумаги мы разбили все выданные растворы на 4 группы по 2 – 3 вещества в каждой. Дальнейшую идентификацию в пределах каждой группы проведем с помощью раствора  $\text{CuSO}_4$ .

2) Перенесем по несколько капель исследуемых растворов в чистые пробирки и добавим в каждую по несколько капель раствора  $\text{CuSO}_4$ . В двух пробирках наблюдаем образование светло-голубого, практически белого осадка – это оксалат меди (*реакции 1,2*, см. ниже). Значит, в соответствующей пробирке из группы растворов с кислой реакцией среды находилась **щавелевая кислота**, а из группы растворов со слабощелочной реакцией среды – **оксалат натрия**. В группе растворов с сильнощелочной реакцией среды также наблюдаются изменения. В одной из этих пробирок выпадает темно-голубой осадок гидроксида меди (*реакция 3*). Значит, в ней находился раствор **изопропилата натрия**. В другой пробирке наблюдается образование синего раствора (*реакция 4*). Это свидетельствует о присутствии в ней раствора **глицерата натрия**. В одной пробирке из группы веществ со слабощелочной реакцией среды наблюдается существенное усиление голубой окраски  $\text{Cu(II)}$ , при последующем подщелачивании выпадения осадка гидроксида меди не наблюдается. Это говорит об образовании

цитратных комплексов меди (*реакция 5*). Значит, в данной пробирке был **цитрат натрия**.

Осталось еще 5 пробирок, где добавление  $\text{CuSO}_4$  не привело к существенным изменениям. Среди них только одна относится к группе веществ, давших слабощелочную реакцию – это **ацетат натрия**.

3) К оставшимся 4 пробиркам, содержащим  $\text{CuSO}_4$ , добавим по каплям  $\text{NaOH}$ . В двух пробирках (одна из группы веществ с кислой реакцией среды и одна из группы с нейтральной реакцией среды) наблюдаем выпадение темно-голубого осадка гидроксида меди(II) (*реакция 3*). Значит, в них была **уксусная кислота** и **изопропанол**, соответственно. В третьей пробирке гидроксид меди также образуется, но в избытке щелочи наблюдается образование синего раствора (*реакция 4*). Значит, в пробирке был **глицерин**. В последней пробирке наблюдаем усиление голубой окраски раствора (*реакция 5*). Выпадения осадка гидроксида меди(II) не происходит. В этой пробирке – **лимонная кислота**.

2.

При идентификации смесей будем руководствоваться планом, использованным нами в предыдущем пункте.

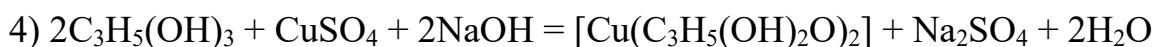
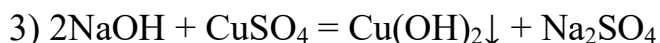
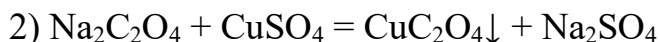
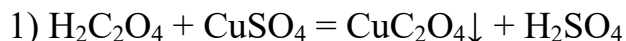
1) Оценка pH обеих смесей показывает кислую реакцию среды. Значит, в них содержится одна из кислот.

2) Добавление  $\text{CuSO}_4$  в обе смеси приводит к выпадению светло-голубого осадка. Это оксалат меди (*реакция 1*). Вывод: обе смеси содержат **щавелевую кислоту**.

3) Добавим к смесям, содержащим  $\text{CuSO}_4$ , по каплям  $\text{NaOH}$ . Для одной из смесей наблюдаем постепенное растворение осадка и появление синего окрашивания раствора (*реакция 4*). Вывод: в качестве второго компонента в ее состав входит **глицерин**.

Для другой смеси наблюдаем постепенное растворение осадка и появление интенсивного голубого окрашивания раствора (*реакция 5*). Вывод: в качестве второго компонента в ее состав входит **лимонная кислота**.

3.



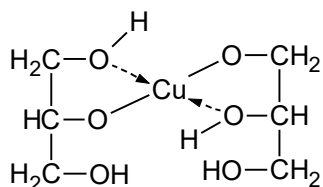
(допускается написание реакции с  $\text{Cu}(\text{OH})_2$ , а также указание в качестве продукта  $\text{Na}_2[\text{Cu}(\text{C}_3\text{H}_5(\text{OH})_2\text{O})_2]$ )



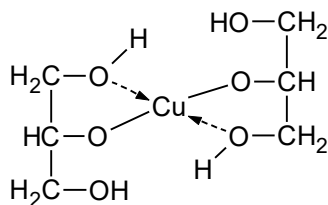
или



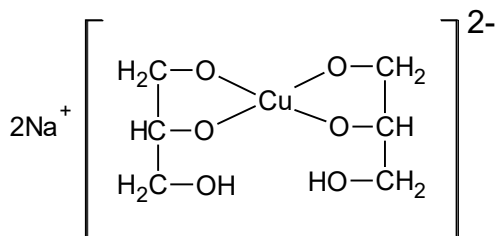
4. Многоатомным спиртом, входящим в выданный набор, является глицерин. Он образует с медью(II) комплекс следующей структуры:



Допускаются также иные разумные варианты, например:



или



**Система оценивания**

***Теоретические задания (всего 10 баллов):***

- |                                                                   |           |
|-------------------------------------------------------------------|-----------|
| 1. Названия веществ – 10 веществ по 0,3 б                         | 3 балла   |
| 2. Сопоставление констант кислотности – 5 констант по 1 б         | 5 баллов  |
| 3. а) Указание вещества, образующего комплексы с $\text{Cu}^{2+}$ | 0,5 балла |
| б) Расчет зарядовых чисел комплексов – 3 по 0,5 б                 | 1,5 балла |

***Практическое задание (всего 30 баллов):***

- |                                                               |           |
|---------------------------------------------------------------|-----------|
| 1. Идентификация веществ – 10 веществ по 2 балла              | 20 баллов |
| 2. Идентификация смесей – 2 смеси по 2 балла                  | 4 балла   |
| 3. Уравнения реакций – 5 уравнений по 1 баллу                 | 5 баллов  |
| 4. Изображение формулы комплекса глицерина с $\text{Cu}^{2+}$ | 1 балл    |

**ИТОГО** **40 баллов**

В случае, если участнику понадобится дополнительное количество реактива, долив реактива производится 1 раз (в 1 соответствующую склянку) без штрафа, в последующих случаях – со штрафом 2 балла. Таким образом, если необходим долив  $n$  склянок, штраф составляет  $2(n-1)$  баллов, но не более 8 баллов.