

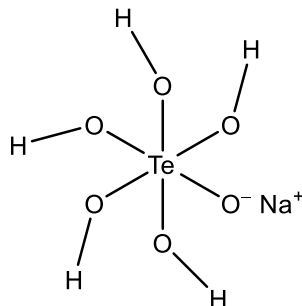
## 11 класс I вариант

1. Найдем соотношение количества атомов элементов в данном соединении:

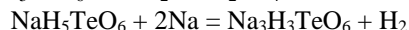
$$n(\text{Na}) : n(\text{H}) : n(\text{O}) = 9,14/22,99 : 2,00/1,01 : 38,15/16 = 0,398 : 1,98 : 2,38 = 1 : 5 : 6$$

Определим неизвестный элемент. Пусть 1 моль соединения X содержит 1 моль атомов натрия. Тогда масса неизвестного элемента, содержащегося в 1 моль соединения X, составит:  $m = 50,71 \cdot 22,99/9,14 = 127,55$  г, что соответствует 1 моль теллура (2 атома меди 127,1 г и 4 атома серы 128,3 г не дадут указанные в условии процентные содержания). Таким образом, формула вещества – **NaH<sub>5</sub>TeO<sub>6</sub>**.

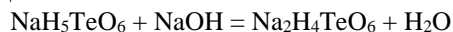
По-видимому, это соединение относится к классу кислых солей:



Наличие в составе атома теллура в высшей положительной степени окисления обуславливает сильные окислительные свойства данного вещества. Кроме того, вещество будет окислителем за счет кислого атома водорода. Возможные окислительно-восстановительные реакции:



Возможная кислотно-основная реакция:



**Рекомендации к оцениванию:**

- |  |             |
|--|-------------|
| 1) Определение формулы соединения 1,5 балла                                | = 1,5 балла |
| 2) Класс соединения 0,5 балла (без указания характера соли – 0,25 балла)   | = 0,5 балла |
| 3) Структурная формула 1 балл (без указания ионной связи – 0,5 балла)      | = 1 балл    |
| 4) Вывод об окислительных свойствах 0,5 балла (без обоснования 0,25 балла) | = 0,5 балла |
| 5) Уравнение ОВР 1 балл  | = 1 балл    |
| 6) Уравнение кислотно-основной реакции 0,5 балла                           | = 0,5 балла |

**ИТОГО**

**5 баллов**

2. Поскольку в результате прокаливании вещества **A** образуется газ, поглощающийся фосфорным ангидридом, но не реагирующий со щелочью, можно сделать вывод, что этот газ – аммиак, а вещество содержит соль аммония.

Образование с ионом бария белого осадка, нерастворимого в азотной кислоте, указывает на наличие сульфат-иона. Студенистый осадок, образующийся при действии аммиака на раствор вещества **A** – нерастворимый в воде гидроксид металла. При его прокаливании получается оксид.

Таким образом, по-видимому, вещество представляет собой двойной сульфат аммония и какого-то трёхвалентного металла, вероятно, кристаллогидрат. Такие двойные сульфаты могут иметь состав:  $(\text{NH}_4)\text{Me}(\text{SO}_4)_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ .

Определим металл. Количество металла в 2 раза, а количество оксида металла – в 4 раза меньше количества сульфат-ионов.

$$n(\text{BaSO}_4) = 10,287/233 = 0,04415 \text{ моль}$$

$$n(\text{Me}_2\text{O}_3) = 0,01104 \text{ моль}$$

$$M(\text{Me}_2\text{O}_3) = 1,125/0,01104 = 102 \text{ г/моль.}$$

$$M(\text{Me}) = (102 - 3 \cdot 16)/2 = 27 \text{ г/моль. Металл – алюминий.}$$

Молярная масса вещества **A** составит:  $M(\text{A}) = 10 \cdot 2/0,04415 = 453$  г/моль. Очевидно, это кристаллогидрат, так как молярная масса превышает молярную массу  $(\text{NH}_4)\text{Al}(\text{SO}_4)_2$  ( $M = 237$  г/моль). Количество молекул воды  $x$  составит:  $x = (453 - 237)/18 = 12$ . Формула соединения: **(NH<sub>4</sub>)Al(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>·12H<sub>2</sub>O** – алюмоаммонийные квасцы.

**Рекомендации к оцениванию:**

- |   |             |
|---|-------------|
| 1) Обоснованное присутствие иона аммония 0,5 балла                                  | = 0,5 балла |
| 2) Выход на двойную соль 0,5 балла  | = 0,5 балла |
| 3) Определение количества сульфат-ионов 0,5 балла                                   | = 0,5 балла |
| 4) Обоснование поиска металла, образующего нерастворимый в воде гидроксид 0,5 балла | = 0,5 балла |
| 5) Определение металла 1 балл   | = 1 балл    |

6) Определение количества молекул воды 0,5 балла

= 0,5 балла

7) Формула соединения 1 балл

= 1 балл

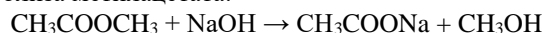
8) Тривиальное название 0,5 балла

= 0,5 балла

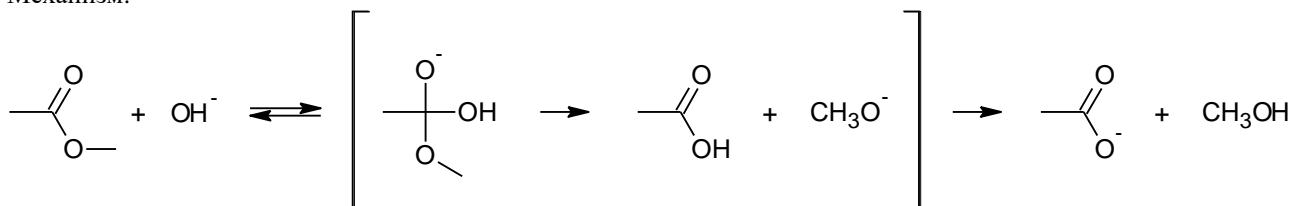
### ИТОГО

5 баллов

3. 1) Уравнение щелочного гидролиза метилацетата:



Механизм:



2) Кинетическое уравнение:

$$V = k[\text{CH}_3\text{COOCH}_3][\text{NaOH}]$$

В квадратных скобках указывается равновесная (или текущая) концентрация реагирующих частиц.

3) Скорость гидролиза в явном виде зависит от кислотности среды, т.к. в кинетическом уравнении есть текущая концентрация щелочи, равная концентрации гидроксид-ионов:



$$[\text{NaOH}] = [\text{OH}^-]$$

Таким образом, нужно связать концентрацию гидроксид-ионов и pH. Это нетрудно сделать из определения водородного показателя и ионного произведения воды:

$$\text{pH} = -\lg[\text{H}^+], \text{ откуда } [\text{H}^+] = 10^{-\text{pH}}$$

подставляя концентрацию протонов через pH в ионное произведение воды, получим:

$$10^{-\text{pH}} \cdot [\text{OH}^-] = 10^{-14}, \text{ откуда } [\text{OH}^-] = 10^{\text{pH}-14}$$

Зависимость скорости от pH щелочного гидролиза имеет следующий вид:

$$V = k[\text{CH}_3\text{COOCH}_3] \cdot 10^{\text{pH}-14}$$

Определим, как изменится скорость при изменении pH:

$$V_1 = k[\text{CH}_3\text{COOCH}_3] \cdot 10^{\text{pH}_1-14}$$

$$V_2 = k[\text{CH}_3\text{COOCH}_3] \cdot 10^{\text{pH}_2-14}$$

$V_2/V_1 = 10^{\text{pH}_2-14}/10^{\text{pH}_1-14} = 10^{\text{pH}_2-\text{pH}_1} = 10^{\Delta\text{pH}}$ , т.е.  $V_2 = V_1 \cdot 10^{\Delta\text{pH}}$ . Видно, что при увеличении pH на 1, скорость реакции щелочного гидролиза увеличится в 10 раз.

### Рекомендации к оцениванию:

1) Уравнение химической реакции и механизм по 1 баллу

1·2 = 2 балла

2) Кинетическое уравнение 1 балл

= 1 балл

3) Вывод уравнения связи скорости и pH 1,5 балла

= 1,5 балла

4) Вывод об изменении скорости 0,5 балла

= 0,5 балла

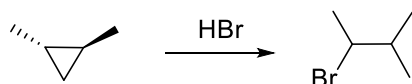
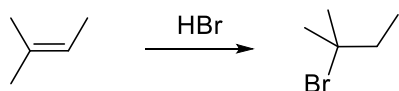
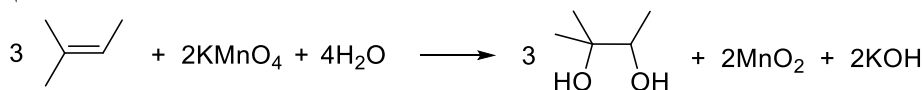
### ИТОГО

5 баллов

4. Циклоалканы, в том числе циклопропаны, устойчивы к действию перманганата калия даже при нагревании. В то же время циклопропаны, в отличие от циклоалканов с большим размером цикла, способны реагировать с кислотами, при этом происходит раскрытие цикла.

сосуд № 1	сосуд № 2	сосуд № 3
циклопентан 	2-метилбут-2-ен 	<i>транс</i> -1,2-диметилциклопропан 

Уравнения реакций:



**Рекомендации к оцениванию:**

- 1) Структурные формулы соединений по 0,5 балла
- 2) Определение содержимого каждого сосуда по 0,5 балла
- 3) Уравнение реакции с  $\text{KMnO}_4$  1 балл
- 4) Уравнения реакций с  $\text{HBr}$  по 0,5 балла

$0,5 \cdot 3 = 1,5 \text{ балла}$

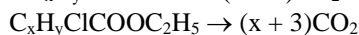
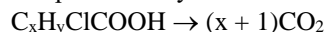
$0,5 \cdot 3 = 1,5 \text{ балла}$

$= 1 \text{ балл}$

$0,5 \cdot 2 = 1 \text{ балл}$

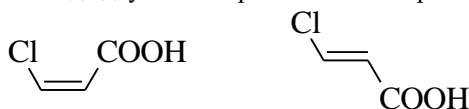
**ИТОГО****5 баллов**

5. Пусть молекулярная формула карбоновой кислоты –  $\text{C}_x\text{H}_y\text{ClCOOH}$ , тогда молекулярная формула ее этилового эфира –  $\text{C}_x\text{H}_y\text{ClCOOC}_2\text{H}_5$ . Схемы образования углекислого газа выглядят следующим образом:



Исходя из условия, составим уравнение:  $(x + 3)/(x + 1) = 1,67$ , решая которое, получим  $x = 2$ . Условию задачи удовлетворяют следующие пять кислот:

- 1)  $\text{ClCH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$
- 2)  $\text{CH}_3\text{CHClCOOH}$
- 3)  $\text{CH}_2=\text{CClCOOH}$
- 4)  $\text{CHCl}=\text{CHCOOH}$  существует в виде двух геометрических изомеров:



Z- (цис-)

E- (транс-)

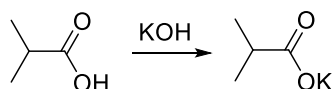
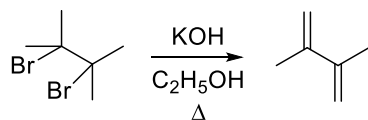
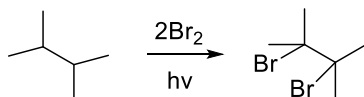
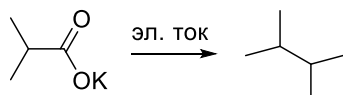
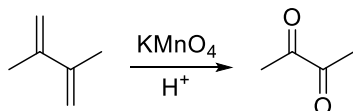
- 5)  $\text{ClC}\equiv\text{CCOOH}$

**Рекомендации к оцениванию:**

- 1) Число атомов углерода в кислоте или общая формула кислоты 2 балл
- 2) Структурные формулы кислот по 0,5 балла

$= 2 \text{ балла}$

$0,5 \cdot 6 = 3 \text{ балла}$

**ИТОГО****5 баллов****6.**вариант условий:  
КНвариант условий:  
 $\text{C}_2\text{H}_5\text{ONa}/\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$   
 $(\text{CH}_3)_3\text{COK}/(\text{CH}_3)_3\text{CONH}$  и др.вариант условий:  
 $\text{O}_3$ **Рекомендации к оцениванию:**

- 1) Каждая реакция с условиями, позволяющими осуществить превращение по 1 баллу

$1 \cdot 5 = 5 \text{ баллов}$

**ИТОГО****5 баллов****II вариант**

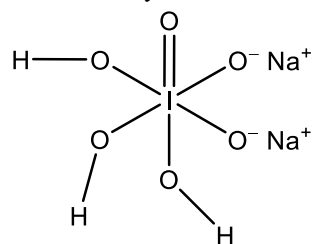
1. Найдем соотношение количества атомов элементов в данном соединении:

$$n(\text{Na}) : n(\text{H}) : n(\text{O}) = 16,91/22,99 : 1,11/1,01 : 35,31/16 = 0,736 : 1,1 : 2,21 = 2 : 3 : 6.$$

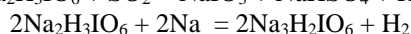
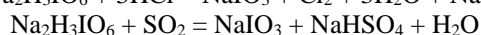
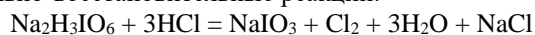
Определим неизвестный элемент. Пусть 1 моль соединения X содержит 2 моль атомов натрия. Тогда масса неизвестного элемента, содержащегося в 1 моль соединения X, составит:

$m = 46,67 \cdot 22,99 \cdot 2 / 16,91 = 126,9\text{г}$ , что соответствует 1 моль иода (2 атома меди 127,1 г и 4 атома серы 128,3 г не дадут указанные в условии процентные содержания). Таким образом, формула вещества –  **$\text{Na}_2\text{H}_3\text{IO}_6$** .

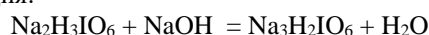
По-видимому, это соединение относится к классу кислых солей:



Наличие в составе атома галогена в высшей положительной степени окисления обуславливает сильные окислительные свойства данного вещества. Кроме того, вещество будет окислителем за счет кислого атома водорода. Возможные окислительно-восстановительные реакции:



Возможная кислотно-основная реакция:



2. Поскольку в результате прокаливании вещества **A** образуется газ, поглощающийся фосфорным ангидридом, но не реагирующий со щелочью, можно сделать вывод, что этот газ – аммиак, а вещество содержит соль аммония.

Образование с ионом бария белого осадка, нерастворимого в азотной кислоте, указывает на наличие сульфат-иона. Студенистый осадок, образующийся при действии аммиака на раствор вещества **A** – нерастворимый в воде гидроксид металла. При его прокаливании получается оксид.

Таким образом, по-видимому, вещество представляет собой двойной сульфат аммония и какого-то трёхвалентного металла, вероятно, кристаллогидрат. Такие двойные сульфаты могут иметь состав:  $(\text{NH}_4)\text{Me}(\text{SO}_4)_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ .

Определим металл. Количество металла в 2 раза, а количество оксида металла – в 4 раза меньше количества сульфат-ионов.

$$n(\text{BaSO}_4) = 9,668 / 233 = 0,04149 \text{ моль}$$

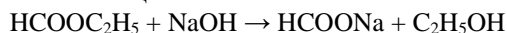
$$n(\text{Me}_2\text{O}_3) = 0,01037 \text{ моль}$$

$$M(\text{Me}_2\text{O}_3) = 1,659 / 0,01037 = 160 \text{ г/моль.}$$

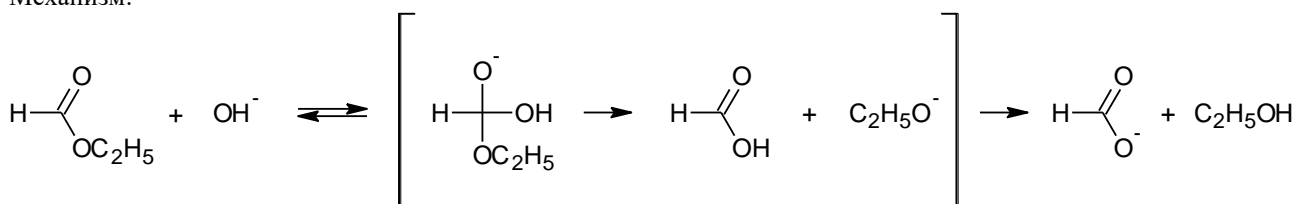
$$M(\text{Me}) = (160 - 3 \cdot 16) / 2 = 56 \text{ г/моль. Металл – железо.}$$

Молярная масса вещества **A** составит:  $M(\text{A}) = 10 \cdot 2 / 0,04149 = 482 \text{ г/моль}$ . Очевидно, это кристаллогидрат, так как молярная масса превышает молярную массу  $(\text{NH}_4)\text{Fe}(\text{SO}_4)_2$  ( $M = 266 \text{ г/моль}$ ). Количество молекул воды  $x$  составит:  $x = (482 - 266) / 18 = 12$ . Формула соединения:  **$(\text{NH}_4)\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$**  – железоаммонийные квасцы

3. 1) Уравнение щелочного гидролиза метилацетата:



Механизм:

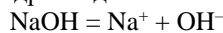


2) Кинетическое уравнение:

$$V = k[\text{HCOOC}_2\text{H}_5][\text{NaOH}]$$

В квадратных скобках указывается равновесная (или текущая) концентрация реагирующих частиц.

3) Скорость гидролиза в явном виде зависит от кислотности среды, т.к. в кинетическом уравнении есть текущая концентрация щелочи, равная концентрации гидроксид-ионов:



$$[\text{NaOH}] = [\text{OH}^-]$$

Таким образом, нужно связать концентрацию гидроксид-ионов и pH. Это нетрудно сделать из определения водородного показателя и ионного произведения воды:

$$\text{pH} = -\lg[\text{H}^+], \text{ откуда } [\text{H}^+] = 10^{-\text{pH}}$$

подставляя концентрацию протонов через pH в ионное произведение воды, получим:

$$10^{-\text{pH}} \cdot [\text{OH}^-] = 10^{-14}, \text{ откуда } [\text{OH}^-] = 10^{\text{pH}-14}$$

Зависимость скорости от pH щелочного гидролиза имеет следующий вид:

$$V = k[\text{HCOOC}_2\text{H}_5] \cdot 10^{\text{pH}-14}$$

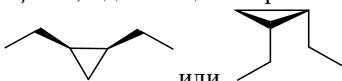
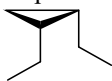

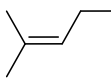
Определим, как изменится скорость при изменении pH:

$$V_1 = k[\text{HCOOC}_2\text{H}_5] \cdot 10^{\text{pH}_1-14}$$

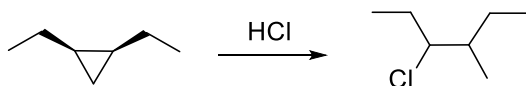
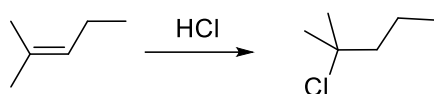
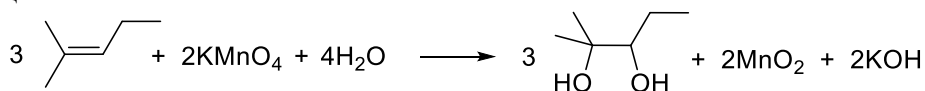
$$V_2 = k[\text{HCOOC}_2\text{H}_5] \cdot 10^{\text{pH}2-14}$$

$V_2/V_1 = 10^{\text{pH}2-14}/10^{\text{pH}1-14} = 10^{\text{pH}2-\text{pH}1} = 10^{\Delta\text{pH}}$ , т.е.  $V_2 = V_1 \cdot 10^{\Delta\text{pH}}$ . Видно, что при уменьшении pH на 1, скорость реакции щелочного гидролиза уменьшится в 10 раз.

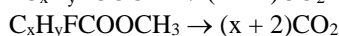
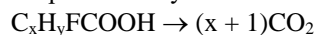
4. Циклоалканы, в том числе циклопропаны, устойчивы к действию перманганата калия даже при нагревании. В то же время циклопропаны, в отличие от циклоалканов с большим размером цикла, способны реагировать с кислотами, при этом происходит раскрытие цикла.

сосуд № 1	сосуд № 2	сосуд № 3
<p><i>цис</i>-1,2-диэтилциклопропан</p>  <p>или</p> 	<p>циклогексан</p> 	<p>2-метилпент-2-ен</p> 

Уравнения реакций:

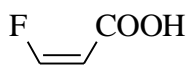


5. Пусть молекулярная формула карбоновой кислоты –  $\text{C}_x\text{H}_y\text{FCOOH}$ , тогда молекулярная формула ее метилового эфира –  $\text{C}_x\text{H}_y\text{FCOOCH}_3$ . Схемы образования углекислого газа выглядят следующим образом:

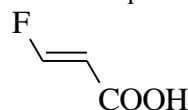


Исходя из условия, составим уравнение:  $(x+2)/(x+1) = 1,33$ , решая которое, получим  $x = 2$ . Условию задачи удовлетворяют следующие пять кислот:

- 1)  $\text{FCH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$
- 2)  $\text{CH}_3\text{CHFCH}_2\text{COOH}$
- 3)  $\text{CH}_2=\text{CFCH}_2\text{COOH}$
- 4)  $\text{CHF}=\text{CHCOOH}$  существует в виде двух геометрических изомеров:



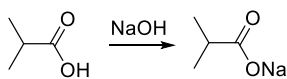
Z- (цис-)



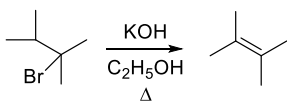
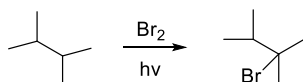
E- (транс-)

- 5)  $\text{FC}\equiv\text{CCOOH}$

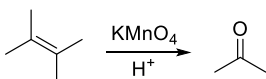
6.



вариант условий:  
NaH



вариант условий:  
 $\text{C}_2\text{H}_5\text{ONa}/\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$   
 $(\text{CH}_3)_3\text{COK}/(\text{CH}_3)_3\text{CON}$  и др.



вариант условий:  
 $\text{O}_3$

## 11 класс I вариант

В первом эксперименте протекают реакции кислот с гидрокарбонатом натрия:

№1, №4, №5  $\text{RCOOH} + \text{NaHCO}_3 = \text{RCOONa} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$  выделение газа

№2, №3 → реакция не протекает, нет видимых изменений

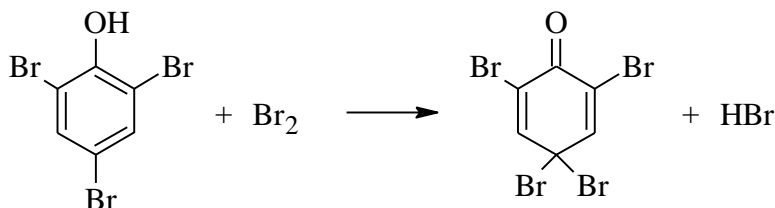
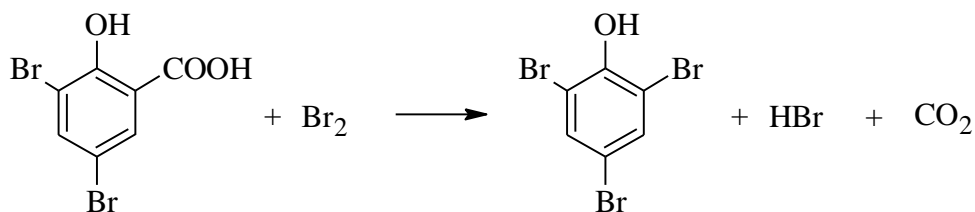
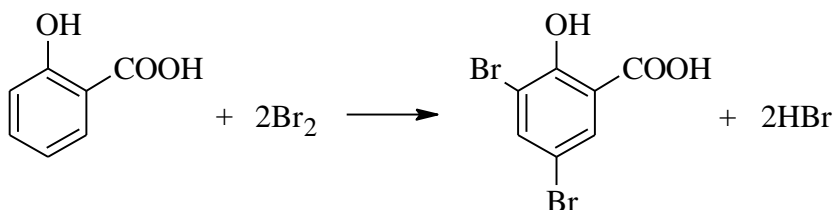
Реакция с аммиачным раствором оксида серебра — это качественная реакция на альдегидную группу (“серебряное зеркало”), которая присутствует в открытой форме глюкозы:

№3  $\text{RCHO} + 2[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH} = \text{RCOONH}_4 + 2\text{Ag} + 3\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O}$  серый осадок или серебряная плёнка

Таким образом, в пробирке №2 – *пара*-метилфенол, в пробирке №3 – глюкоза.

К пробиркам №1, №4, №5 сначала добавили бромную воду (это реакция на кратные связи и фенолы):

№4

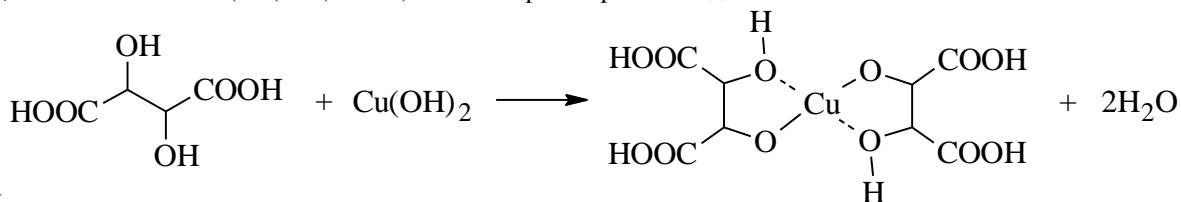


обесцвечивание бромной воды, выпадение белого осадка, желтеющего в избытке брома

Таким образом, в пробирке №4 – **2-гидроксibenзойная кислота**.

Затем проводят реакцию со свежеосаждённым  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  (качественная реакция на многоатомные спирты):

№1, №5  $2\text{RCOOH} + \text{Cu}(\text{OH})_2 = (\text{RCOO})_2\text{Cu} + \text{H}_2\text{O}$  растворение осадка



№5

раствор становится фиолетовым

Таким образом, в пробирке №1 – **пропионовая кислота**, в пробирке №5 – **2,3-дигидроксibутандиовая кислота**.

Различить глюкозу и *пара*-метилфенол можно ещё по образованию комплекса фенола с  $\text{Fe}^{3+}$  фиолетового цвета, реакцией глюкозы со свежеосаждённым  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  с образованием фиолетового раствора и другими.

## II вариант

В первом эксперименте протекают реакции кислот с гидрокарбонатом натрия:

№1, №2, №3  $\text{RCOOH} + \text{NaHCO}_3 = \text{RCOONa} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$  выделение газа

№4, №5 → реакция не протекает, нет видимых изменений

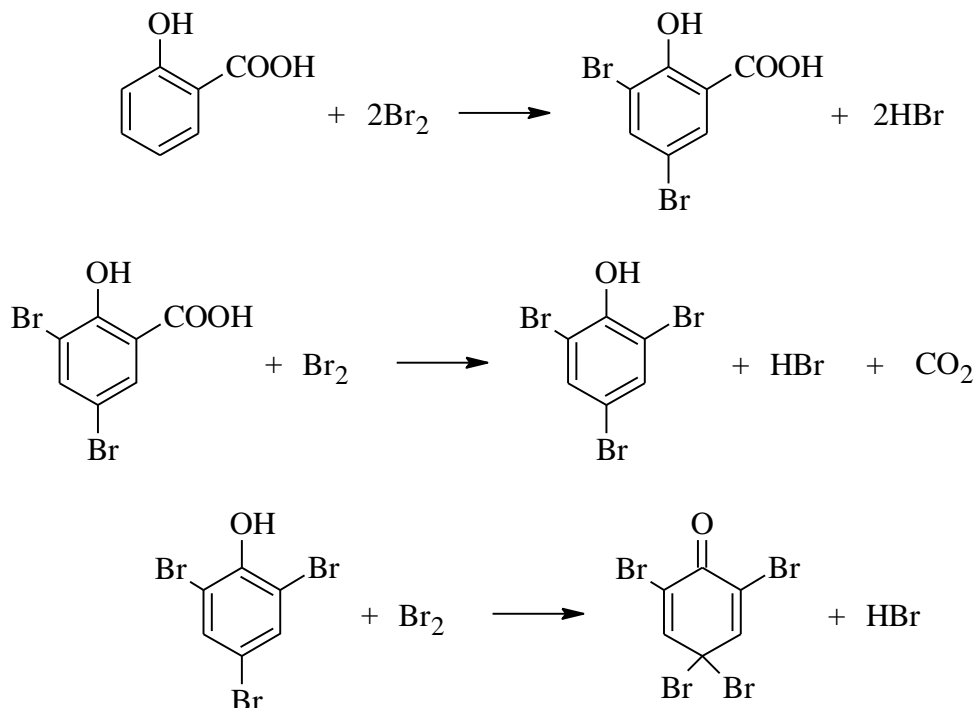
Реакция с аммиачным раствором оксида серебра — это качественная реакция на альдегидную группу (“серебряное зеркало”), которая присутствует в открытой форме рибозы:

№4  $\text{RCHO} + 2[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH} = \text{RCOONH}_4 + 2\text{Ag} + 3\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O}$  серый осадок или серебряная плёнка

Таким образом, в пробирке №4 – **рибоза**, в пробирке №5 – **мета-метилфенол**.

К пробиркам №1, №2, №3 сначала добавили бромную воду (это реакция на кратные связи и фенолы):

№2

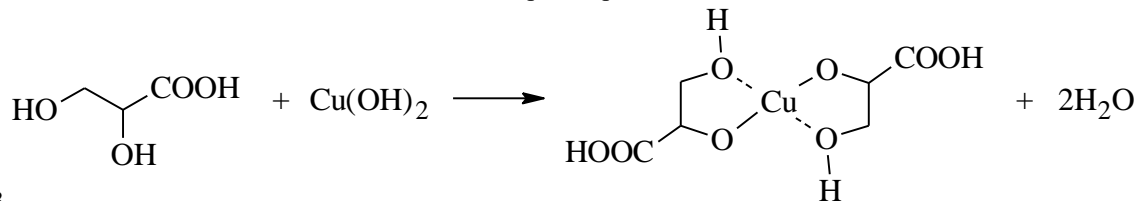


обесцвечивание бромной воды, выпадение белого осадка, желтеющего в избытке брома

Таким образом, в пробирке №2 – **2-гидроксibenзойная кислота**.

Затем проводят реакцию со свежеосаждённым  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  (качественная реакция на многоатомные спирты):

№1, №3  $2\text{RCOOH} + \text{Cu}(\text{OH})_2 = (\text{RCOO})_2\text{Cu} + \text{H}_2\text{O}$  растворение осадка



№3

раствор становится фиолетовым

Таким образом, в пробирке №1 – **уксусная кислота**, в пробирке №3 – **2,3-дигидроксипропановая кислота**.

Различить рибозу и *мета*-метилфенол можно ещё по образованию комплекса фенола с  $\text{Fe}^{3+}$  фиолетового цвета, реакцией рибозы со свежеосаждённым  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  с образованием фиолетового раствора и другими.