

## Оглавление

<b>Задания экспериментального тура .....</b>	<b>2</b>
Девятый класс .....	2
Десятый класс .....	4
Одиннадцатый класс .....	6
<b>Решения экспериментального тура.....</b>	<b>7</b>
Девятый класс (Автор: О. Л. Саморукова).....	7
Десятый класс (Автор: В. В. Апяри) .....	11
Одиннадцатый класс (Автор: В. И. Теренин) .....	14

## *Задания экспериментального тура*

### *Девятый класс*



Задание: в природе йод содержится в подземных буровых водах (10–50 мг/л), встречается в виде  $KIO_3$  и  $KIO_4$ , сопутствующих залежам селитры в Чили и Бразилии, большое количество йода содержится в морских водорослях. Йод входит в состав многих органических соединений (гетероциклических, йодсодержащих производных аминокислот и других), лекарственных препаратов, применяемых при лечении грибковых заболеваний, в качестве антисептических средств, гормональных препаратов при болезнях щитовидной железы. Определение йода является одной из важных задач в фармакологии.

Для определения галогенид–ионов используют титриметрический метод анализа, основанный на реакциях осаждения этих ионов раствором нитрата серебра, который является титрантом. Такой метод анализа называется аргентометрией. Существует несколько вариантов этого метода. В данной работе Вам предлагается ознакомиться с двумя методами: Мора и Фаянса. В методе Мора (определяют хлорид–ионы) в качестве индикатора используют хромат калия, который с избытком ионов серебра образует осадок красного

цвета  $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$ , имеющий меньшую растворимость чем  $\text{AgCl}$ . В методе Фаянса (можно определить все галогениды) в качестве индикатора используют эозин или флуоресцеин, обладающие адсорбционными свойствами. Суть действия таких индикаторов (их называют адсорбционными) сводится к следующему: до точки эквивалентности на поверхности частиц осадка  $\text{AgI}$  концентрируются (адсорбируются) ионы  $\text{I}^-$ , что придает поверхности избыточный отрицательный заряд и препятствует адсорбции индикатора, который существует в растворе в виде анионов; после оттитровывания ионов  $\text{I}^-$  и появления избытка катионов  $\text{Ag}^+$  заряд поверхности меняется с «-» на «+», в результате чего происходит адсорбция индикатора и осадок приобретает окраску.

Используя находящиеся на столе реактивы и оборудование, определите содержание йодид-ионов в выданном растворе. Ответьте на теоретические вопросы:

1. Какие химические соединения называются селитрами? В какой области народного хозяйства они находят широкое применение? Приведите три примера химических формул селитр и назовите их.

2. Учитывая расположение хлора, брома и йода в периодической системе, укажите какой из галогенидов серебра будет наименее растворим в воде.

3. Почему нельзя титровать раствором  $\text{AgNO}_3$ , используя в качестве индикатора  $\text{K}_2\text{CrO}_4$ , в кислой и сильнощелочной средах? Ответ подтвердите уравнениями реакций.

4. Что называется холостым опытом в титровании и для чего он проводится?

**Реактивы:** 0,02М  $\text{NaCl}$ , ~0,02М  $\text{AgNO}_3$ ,  $\text{K}_2\text{CrO}_4$  (насыщенный раствор), флуоресцеин (индикатор).

**Оборудование:** мерная колба на 100 мл с выданной задачей, бюретка на 25 мл, пипетка Мора на 10 мл, воронка для заполнения бюретки, колбы для титрования (1–2 шт.), глазная пипетка, склянки для индикаторов, груша для отбора растворов.

## Десятый класс

Широко известными пищевыми добавками являются нитрит натрия и калия. Их используют, в частности, в роли антиокислителей и антибактериальных агентов для обработки мясных продуктов, что придает им характерный розоватый цвет. В то же время, злоупотребление этими веществами приводит к негативным последствиям для здоровья людей. Поэтому важно уметь контролировать содержание нитритов в различных объектах.



Один из способов определения относительно высоких количеств нитритов основан на их способности окисляться перманганатом калия, что позволяет применять для установления их содержания метод окислительно-восстановительного титрования.

Внимательно ознакомьтесь с приведенными ниже методиками и определите содержание (моль/л) нитрита в выданном Вам растворе.

Выполните следующие задания:

1. Напишите уравнения реакций взаимодействия  $\text{KMnO}_4$  с  $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$  и  $\text{KMnO}_4$  с  $\text{NaNO}_2$  в растворе  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .

2. а) Обозначив за  $V(\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4)$  – объем стандартного раствора оксалата натрия, взятый для титрования, мл;  $c(\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4)$  – его концентрацию, моль/л; и за  $V_1(\text{KMnO}_4)$  – объем раствора перманганата калия, пошедший на титрование оксалата, мл, выведите формулу для расчета через эти 3 величины точной концентрации перманганата калия  $c(\text{KMnO}_4)$ , моль/л.

б) Обозначив за  $V_2(\text{KMnO}_4)$  – объем раствора перманганата калия, взятый для титрования нитритом, мл;  $c(\text{KMnO}_4)$  – его точную концентрацию; и за  $V(\text{NaNO}_2)$  – объем анализируемого раствора нитрита, пошедший на титрование, мл, выведите формулу для расчета через эти 3 величины концентрации нитрита натрия в пробе  $c(\text{NaNO}_2)$ , моль/л.

3. Реакция  $\text{KMnO}_4$  с  $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$  является автокаталитической, когда один из продуктов реакции является ее катализатором (именно поэтому вначале титрование проводят медленно, а затем скорость может быть увеличена). Как Вы думаете, какой из продуктов реакции  $\text{KMnO}_4$  с  $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$  катализирует ее протекание? Напишите формулу. Приведите уравнения реакций этого продукта в нейтральной среде: с  $\text{KMnO}_4$ ; с  $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ , взятом в недостатке и в избытке.

4. Почему по методике перманганат титруют нитритом, а не наоборот? Ответ обоснуйте соответствующим уравнением реакции.

#### Стандартизация раствора перманганата калия

С помощью воронки в бюретку заливают раствор  $\text{KMnO}_4$ . В колбу для титрования вносят мерным цилиндром – 20 мл  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , аликвотную часть 10,00 мл стандартного раствора  $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ , переносят на электроплитку или песчаную баню и нагревают до 80 – 90 °С. Раствор снимают с помощью напальчников (*будьте аккуратны!*) и титруют раствором  $\text{KMnO}_4$ , вначале медленно, дожидаясь исчезновения окраски, затем увеличивают скорость и титруют до появления бледно-розовой окраски, устойчивой не менее 30 секунд. Титрование повторяют до получения трех результатов, отличающихся не более чем на 0,1 мл. Эти результаты усредняют.

Бюретку, воронку и колбу для титрования тщательно моют водопроводной и ополаскивают дистиллированной водой.

#### Методика титрования

Воронку и бюретку ополаскивают небольшим (не более 25 – 30 мл) количеством выданного раствора нитрита. С помощью воронки в бюретку заливают анализируемый раствор нитрита. В колбу для титрования вносят аликвотную часть 10,00 мл  $\text{KMnO}_4$ , мерным цилиндром 20 мл  $\text{H}_2\text{SO}_4$  и 20 мл дистиллированной воды, переносят на электроплитку или песчаную баню и слегка нагревают до ~40 °С. Смесь титруют раствором нитрита до обесцвечивания от одной капли. Титрование повторяют до получения трех результатов, отличающихся не более чем на 0,1 мл, результаты усредняют.

## **Одиннадцатый класс**

В одиннадцати пронумерованных склянках находятся следующие твердые вещества: ацетамид, ацетат натрия, янтарная кислота (бутандиовая кислота), винная кислота (2,3-дигидроксипутандиовая кислота), фумаровая кислота (транс-2-бутендиовая кислота), салициловая кислота (2-гидроксипбензойная кислота), хлоральгидрат (гидрат трихлоруксусного альдегида), глюкоза, ксилит, формиат аммония и формиат натрия.

### **Задание:**

1. Ответьте на следующие вопросы:

- а) Изобразите структурные формулы всех определяемых веществ.
- б) Выберите из определяемых веществ те, которые содержат хиральные центры (асимметрические атомы углерода). Укажите эти атомы.
- в) Какие из веществ, содержащих хиральные центры, являются оптически активными, какие оптически не активны? Ответ поясните.

2. Предложите план определения указанных веществ с использованием только тех реактивов, которые имеются на рабочем столе.

3. Используя находящиеся на столе реактивы и оборудование, определите вещества в пробирках. Опишите ход определения. Напишите уравнения реакций, на основании которых произведено определение каждого вещества.

**Реактивы:** дистиллированная вода, 10% водные растворы NaOH, NaHCO<sub>3</sub>, CuSO<sub>4</sub>, 2% раствор брома в воде.

**Оборудование:** штатив с пробирками (15 шт.), капельницы с растворами реактивов (4 шт.), шпатель, водяная баня.

## *Решения экспериментального тура*

### *Девятый класс*

*(Автор: О. Л. Саморукова)*

#### **Методика определения концентрации раствора $\text{AgNO}_3$ по методу Мора**

10 мл 0,05 М раствора  $\text{NaCl}$  переносят в колбу для титрования, добавляют 4 капли насыщенного раствора  $\text{K}_2\text{CrO}_4$  и осторожно по каплям титруют раствором  $\text{AgNO}_3$  при постоянном перемешивании раствора. Переход от чисто желтой окраски раствора в красноватую должен произойти от одной избыточной капли раствора. Титрование повторяют не менее трех раз.

Расчет концентрации  $\text{AgNO}_3$  проводят по формуле:

$$c(\text{AgNO}_3) = \frac{V(\text{NaCl}) \cdot c(\text{NaCl})}{V(\text{AgNO}_3)} \quad (\text{моль/л})$$

Для повышения точности титрования проводят холостой опыт. Для этого в колбу для титрования переносят 10 мл дистиллированной воды, добавляют 4 капли насыщенного раствора  $\text{K}_2\text{CrO}_4$  и осторожно по каплям титруют раствором  $\text{AgNO}_3$  при постоянном перемешивании раствора до тех пор, пока не появится такая же окраска, как и при титровании раствора  $\text{NaCl}$ . Найденную поправку на раствор хромата калия ( $V^*(\text{AgNO}_3)$ ) вычитают из объема стандартного раствора  $\text{AgNO}_3$ , израсходованного на титрование хлорид-ионов  $V(\text{AgNO}_3)$ .

Расчет концентрации  $\text{AgNO}_3$  проводят по формуле:

$$c(\text{AgNO}_3) = \frac{V(\text{NaCl}) \cdot c(\text{NaCl})}{V(\text{AgNO}_3) - V^*(\text{AgNO}_3)} \quad (\text{моль/л}),$$

где:

$c(\text{AgNO}_3)$  – концентрация  $\text{AgNO}_3$ , моль/л

$V(\text{NaCl})$  – объем  $\text{NaCl}$ , взятый для титрования, 10 мл

$c(\text{NaCl})$  – концентрация  $\text{NaCl}$ , моль/л

$V(\text{AgNO}_3)$  – объем  $\text{AgNO}_3$ , израсходованный на титрование хлорид-ионов, мл

$V^*(AgNO_3)$  – объем  $AgNO_3$ , израсходованный на титрование воды в холостом опыте, мл

### **Методика определения содержания йодид–ионов по методу Фаянса.**

Раствор задачи в мерной колбе доводят до метки дистиллированной водой и тщательно перемешивают. В колбу для титрования переносят 10 мл раствора, добавляют 4–5 капель индикатора флуоресцеина и титруют раствором  $AgNO_3$ , постоянно перемешивая раствор в колбе. По мере прибавления титранта смесь в колбе мутнеет. Вблизи точки эквивалентности наблюдается коагуляция осадка. Титрование заканчивают, когда осадок окрасится в оранжево–красный цвет. Титрование повторяют не менее трех раз.

Расчет содержания йодид–ионов в объеме колбы проводят по формуле:

$$m(I^-) = \frac{c(AgNO_3) \cdot V(AgNO_3) \cdot 127 \cdot V(к)}{1000 \cdot V(п)},$$

где:

$m(I^-)$  – содержание йодид-ионов, г

$c(AgNO_3)$  – концентрация раствора  $AgNO_3$ , моль/л

$V(AgNO_3)$  – объем раствора  $AgNO_3$ , израсходованный на титрование, мл

127 – молярная масса йода, г/моль

$V(к)$  – объем колбы, 100 мл

$V(п)$  – объем пипетки, 10 мл

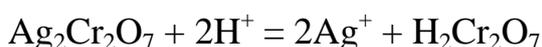
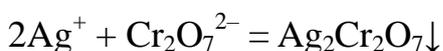
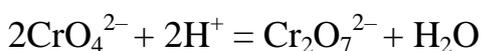
### **Ответы на теоретические вопросы**

1. Селитра – тривиальное название минералов, содержащих нитраты щелочных и щелочно-земельных металлов, в том числе и их кристаллогидраты. Наиболее широкое применение селитры находят в сельском хозяйстве в качестве удобрений. Примеры:  $NaNO_3$  (нитрат натрия) – чилийская селитра.  $KNO_3$  (нитрат калия) – индийская селитра.  $Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$  (тетрагидрат нитрата кальция) – известковая селитра.  $NH_4NO_3$  (нитрат аммония) – аммиачная селитра.

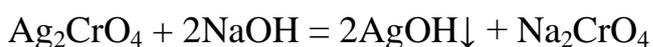
2. Наименьшей растворимостью обладает AgI (ПР =  $8,5 \cdot 10^{-17}$ ); другие галогениды характеризуются большей растворимостью: AgBr (ПР =  $5,3 \cdot 10^{-13}$ ), AgCl (ПР =  $1,78 \cdot 10^{-10}$ ). Это может быть объяснено с позиций электроотрицательности элементов: чем больше разница электроотрицательностей, тем больше ионность связи и, следовательно, при прочих равных условиях, больше растворимость соединения в полярном растворителе, которым является вода; напротив, чем меньше разница электроотрицательностей, тем больше ковалентность связи, и тем меньше растворимость соединения. Поскольку при движении вниз по подгруппе периодической системы электроотрицательность уменьшается, то наименьшей растворимостью должен обладать AgI. К такому же выводу можно прийти в рамках теории жестких и мягких кислот и оснований (ЖМКО) Пирсона (*здесь подробно не излагаем, см. специализированную литературу*): ион серебра относят к мягким кислотам Льюиса, а йодид-ион – к мягким основаниям Льюиса, поэтому в соответствии с принципом ЖМКО связь Ag–I обладает наибольшей ковалентностью и прочностью, следовательно, растворимость AgI будет наименьшей.

3. Титрование раствором AgNO<sub>3</sub> проводят в диапазоне pH 7–10. В кислых средах хромат переходит в бихромат, который с ионами Ag<sup>+</sup> образует красный осадок, растворимый в кислотах. В сильнощелочном растворе образуется Ag<sub>2</sub>O.

**В кислом растворе:**



**В сильнощелочном растворе:**



*или*



4. Холостым называется опыт, проводимый со всеми участниками реакции за исключением определяемого компонента. Холостой опыт повышает точность определения.

**Система оценивания:**

Ответы на теоретические вопросы: **20 баллов**

**1 вопрос** – 4 балла

**2 вопрос** – 4 балла

**3 вопрос** – 10 баллов

Из них уравнения реакций – 4 балла, остальное – 6 баллов

**4 вопрос** – 2 балла

Оценка экспериментальной работы, исходя из достигнутой **30 баллов**

участником точности определения:

5 % отн. и меньше – 30 баллов

от 5 до 10 % отн. – 25 баллов

от 10 до 15 % отн. – 20 баллов

и т.д.

**ИТОГО: 50 баллов**

## Десятый класс

(Автор: В. В. Аняри)

По результатам титрования оксалата натрия рассчитаем концентрацию раствора  $\text{KMnO}_4$ . Для этого запишем уравнение реакции оксалата натрия с перманганатом калия:



$$\text{откуда } c(\text{KMnO}_4) = \frac{2 \cdot c(\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4) \cdot V(\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4)}{5 \cdot V_1(\text{KMnO}_4)}, \text{ моль/л,}$$

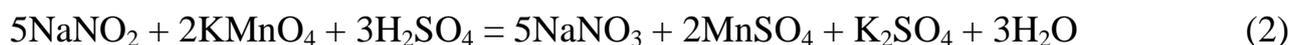
где:

$c(\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4)$  – концентрация стандартного раствора оксалата натрия, моль/л;

$V(\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4)$  – объем стандартного раствора оксалата натрия, взятый для титрования, 10 мл;

$V_1(\text{KMnO}_4)$  – объем раствора перманганата калия, пошедший на титрование, мл.

Для расчета концентрации нитрита запишем уравнение реакции нитрита натрия с перманганатом калия:



Отсюда найдем выражение для расчета концентрации нитрита:

$$c(\text{NaNO}_2) = \frac{5 \cdot c(\text{KMnO}_4) \cdot V_2(\text{KMnO}_4)}{2 \cdot V(\text{NaNO}_2)}, \text{ моль/л,}$$

где:

$c(\text{KMnO}_4)$  - точная концентрация раствора перманганата калия, моль/л;

$V_2(\text{KMnO}_4)$  - объем раствора перманганата калия, взятый для титрования, 10 мл;

$V(\text{NaNO}_2)$  - объем анализируемого раствора нитрита, пошедший на титрование, мл.

### Решение заданий:

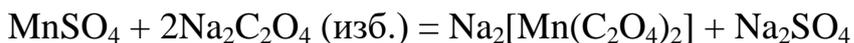
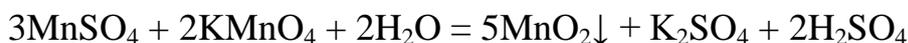
1. См. уравнение (1) и уравнение (2) выше.

2. См. формулы выше. Формулы выводятся на основании значений стехиометрических коэффициентов в уравнениях соответствующих реакций.

3. В реакции  $\text{KMnO}_4$  с  $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$  фигурируют пять продуктов:  $\text{CO}_2$ ,  $\text{MnSO}_4$ ,  $\text{K}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  и  $\text{H}_2\text{O}$ . В роли катализатора может выступать соединение, относительно легко вступающее в реакцию с исходными веществами. Как правило, каталитической активностью обладают соединения переходных элементов. Сульфаты щелочных металлов в роли катализаторов выступать не могут, поскольку химически они весьма инертны. Таким образом, продуктом-катализатором является  $\text{MnSO}_4$  (точнее ион  $\text{Mn}^{2+}$ ).

Предположение о том, что продуктом-катализатором является  $\text{CO}_2$ , понижающий pH раствора и таким образом способствующий протеканию взаимодействия, является неоправданным, поскольку реакцию проводят в среде серной кислоты.

Уравнения реакций:



4. Титрование нитрита перманганатом не проводят, поскольку нитриты неустойчивы в кислой среде и медленно разлагаются в соответствии с уравнением:



В случае, когда титрантом является сам нитрит, попадая в избыток перманганата, он разложиться не успевает.

### Система оценивания

Правильность определения концентрации нитрита (оценивается, исходя из абсолютной погрешности определения концентрации нитрита  $\Delta c$ , моль/л):

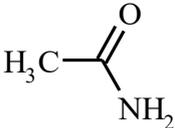
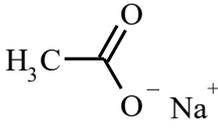
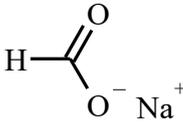
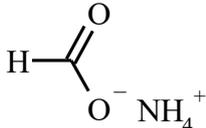
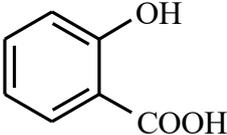
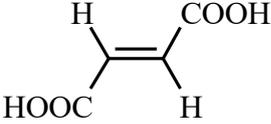
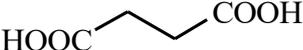
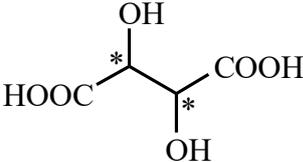
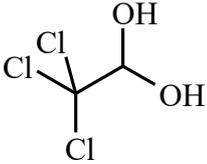
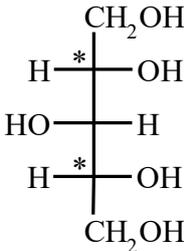
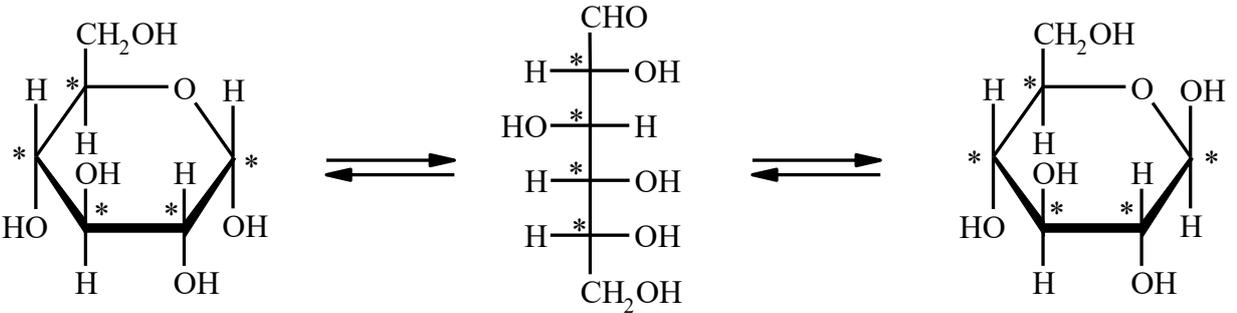
$\Delta c$ , моль/л	Баллы
$\leq 0,0005$	30
0,0005–0,001	28
0,001–0,002	24
0,002–0,003	20
0,003–0,004	16
0,004–0,006	12
0,006–0,008	8
0,008–0,01	4
$> 0,01$	0

- |   |  |                  |
|---|--|------------------|
| 1 | Два уравнения по 2 балла   | <b>4 балла</b>   |
| 2 | Две формулы по 2 балла   | <b>4 балла</b>   |
| 3 | Выбор продукта–катализатора – 2 балла  | <b>8 баллов</b>  |
|   | Три уравнения реакций по 2 балла   |                  |
| 4 | Обоснование и уравнение реакции – по 2 балла   | <b>4 балла</b>   |
|   | Результат определения концентрации нитрита в соответствии с вышеприведенной таблицей | <b>30 баллов</b> |
|   | <b>ИТОГО:</b>  | <b>50 баллов</b> |

**Одиннадцатый класс**  
**(Автор: В. И. Теренин)**

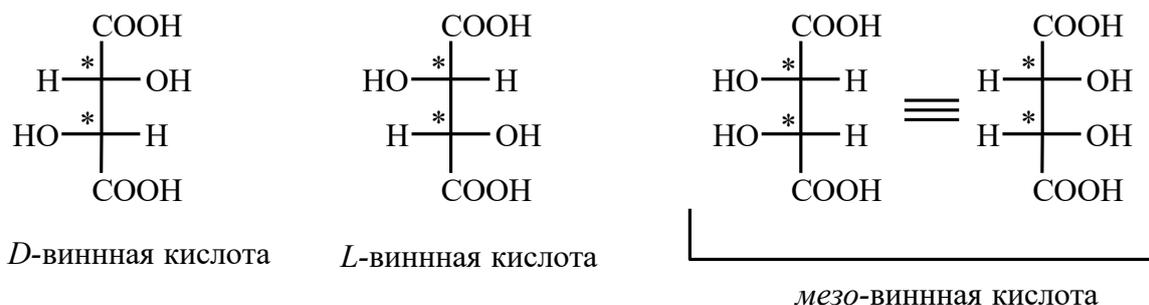
1.

а) структурные формулы всех определяемых веществ

<p>ацетамид</p> 	<p>ацетат натрия</p> 	<p>формиат натрия</p> 	<p>формиат аммония</p> 
<p>салициловая кислота (2-гидроксibenзойная кислота)</p> 		<p>фумаровая кислота (<i>транс</i>-2-бутендиовая кислота)</p> 	
<p>янтарная кислота (бутандиовая кислота)</p> 	<p>винная кислота (2,3-дигидроксibутандиовая кислота)</p> 		
<p>хлоральгидрат (гидрат трихлоруксусного альдегида) CCl<sub>3</sub>CHO·H<sub>2</sub>O существует в виде диола</p> 			<p>ксилит</p> 
<p>Глюкоза</p>  <p><math>\alpha</math>-D-глюкопираноза <span style="margin-left: 150px;"></span> <math>\beta</math>-D-глюкопираноза</p>			

б) Винная кислота, ксилит и глюкоза содержат асимметрические атомы углерода (отмечены звездочками на рисунках).

в) Винная кислота существует в виде трех пространственных изомеров. *D*-винная кислота, *L*-винная кислота проявляют оптическую активность (молекулы хиральны). Третий изомер имеет плоскость симметрии и оптически не активен (мезо-форма).



Ксилит не проявляет оптической активности, так как содержит плоскость симметрии, проходящую через центральный атом углерода.

*D*-Глюкоза в кристаллическом состоянии существует в циклической форме  $\alpha$ - или  $\beta$ -глюкопиранозы. При растворении глюкозы в воде одна циклическая форма переходит в другую через открытую форму, содержащую альдегидную группу. При этом устанавливается равновесие, при котором в растворе содержится 36 %  $\alpha$ -формы, 64 %  $\beta$ -формы. Концентрация открытой формы менее 0,03%.

Предложенный для определения набор веществ включает органические соединения различных классов: карбоновые кислоты, их производные (амид, соли), многоатомный спирт, альдегид. Некоторые соединения содержат несколько различных функциональных групп (глюкоза, фумаровая кислота, винная кислота, салициловая кислота). Поэтому начать анализ следует с определения групп веществ, содержащих какую-либо функциональную группу, например, карбоксильную группу. Рассмотрим следующий вариант:

## 1. Определим вещества, содержащие карбоксильную группу.

а) Для того, чтобы обнаружить карбоновые кислоты, нужно провести качественную реакцию на карбоксильную группу с гидрокарбонатом натрия. Карбоновые кислоты, будучи более сильными кислотами чем угольная, вытесняют углекислый газ из гидрокарбоната натрия.



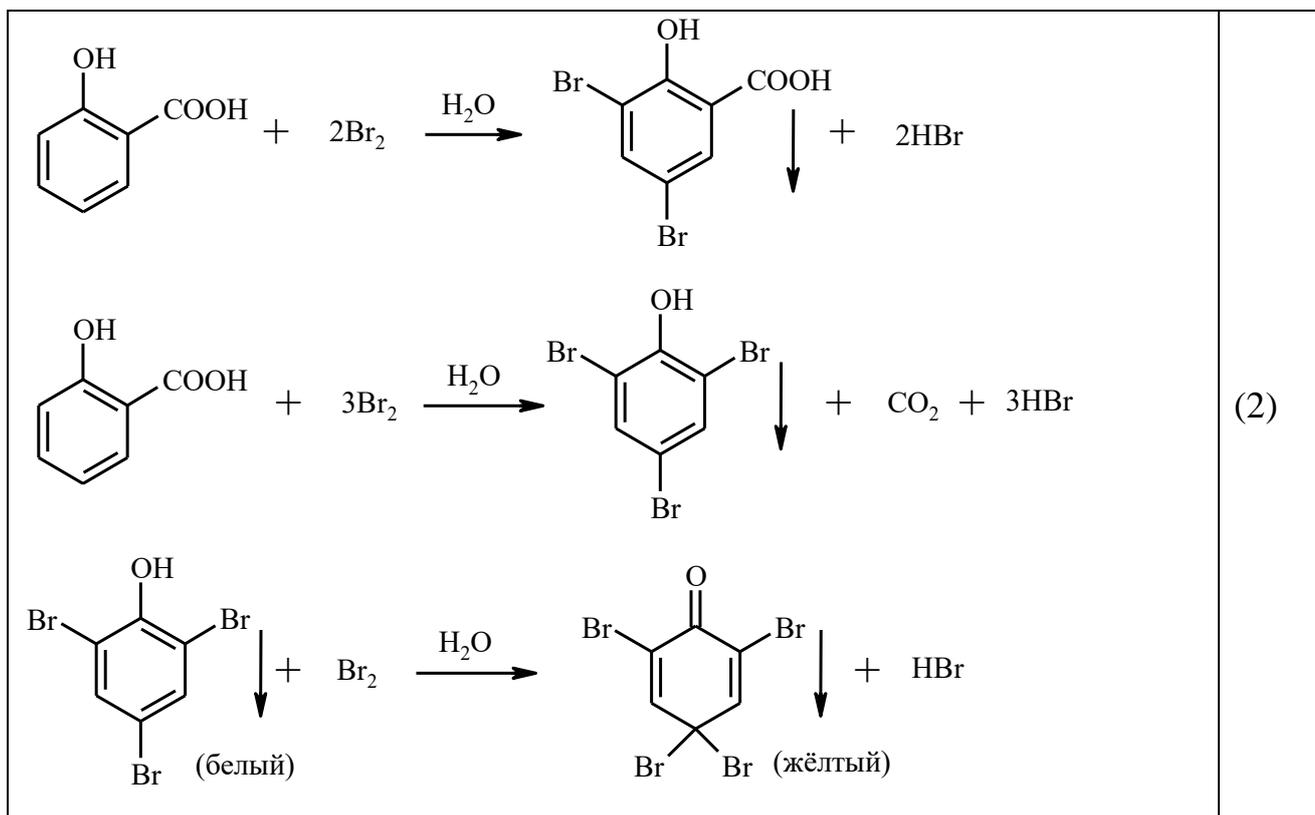
*В пробирку внести шпателем анализируемое вещество и добавить ~ 1 мл раствора гидрокарбоната натрия.*

Проделаем этот опыт со всеми веществами. В четырех пробирках наблюдается выделение углекислого газа и растворение вещества. Это янтарная, винная, фумаровая и салициловая кислоты. В других пробирках не наблюдается выделение газа.

б) Для того, чтобы различить четыре карбоновые кислоты, можно провести реакцию с бромной водой.

*В пробирку насыпать шпателем небольшое количество определяемого вещества, прилить ~ 1 мл воды (можно подогреть пробирку на водяной бане для лучшего растворения кислоты) и добавить несколько капель бромной воды.*

Проделаем этот эксперимент с четырьмя кислотами. В одной пробирке наблюдается обесцвечивание брома и выпадение белого осадка. Это салициловая кислота. При взаимодействии салициловой кислоты с бромной водой вначале выпадает белый осадок, который в избытке брома становится желтым. Первоначально образуется 3,5-дибромсалициловая кислота. При действии избытка брома идет декарбоксилирование с последующим образованием 2,4,6-трибромфенола, а затем 2,4,4,6-тетрабромциклогекса-2,5-диенона.



В одной из пробирок наблюдается только обесцвечивание, осадок не выпадает. Это фумаровая кислота, которая присоединяет бром по двойной связи. Известно, что электроноакцепторные заместители при  $C=C$  связи замедляют реакции электрофильного присоединения. Нагревание значительно ускоряет реакцию.

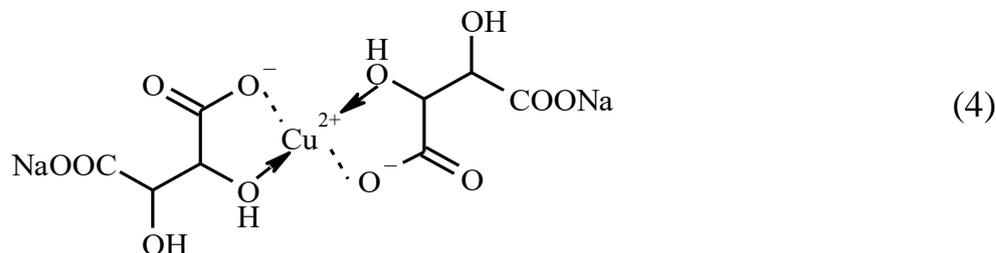


В остальных пробирках не происходит обесцвечивание бромной воды. Это янтарная и винная кислоты.

в) Обнаружить винную кислоту можно, получив «Фелингову жидкость». При добавлении к свежеприготовленному студнеобразному осадку гидроксида меди(II) раствора виннокислого натрия осадок растворяется и образуется тёмно-синий раствор дитартратокупрата натрия.

*Внести в пробирку шпателем небольшое количество определяемого вещества, прилить ~ 1 мл гидроксида натрия. В другую пробирку налить ~ 1 мл сульфата меди и добавить ~ 2 мл щелочи. К образовавшемуся осадку прилить из первой пробирки раствор натриевой соли кислоты.*

Прделаем этот эксперимент с янтарной и винной кислотами. В одной из пробирок наблюдается образование тёмно-синего раствора. В этой пробирке была винная кислота.

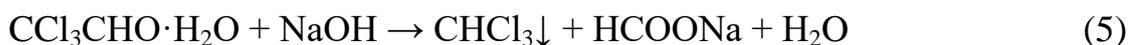


В другой пробирке находится янтарная кислота.

2. У нас осталось семь пробирок с неопределенными веществами. Используя реакцию со щелочью, можно обнаружить хлоральгидрат (образование хлороформа), ацетамид и формиат аммония (выделение аммиака).

*В пробирку внести шпательем небольшое количество вещества и добавить ~ 1 мл раствора щелочи. Если не наблюдаются изменения, нагреть пробирку на водяной бане.*

Только в пробирке с хлоральгидратом наблюдается видимое изменение при добавлении щелочи. Сначала раствор мутнеет, затем расслаивается и хлороформ собирается на дне пробирки.



В пробирке с формиатом аммония ощущается запах аммиака, который усиливается при нагревании.



При нагревании остальных пробирок только в одной появляется запах аммиака. При нагревании ацетамида с водным раствором щелочи идет гидролиз амидной группы, образуется соль карбоновой кислоты и выделяется аммиак.



3. У нас осталось четыре пробирки с неопределенными веществами (глюкоза, ксилит, формиат натрия и ацетат натрия). Используя реакцию с бромной водой, можно обнаружить формиат натрия и глюкозу (методика в пункте 1б). Бромная вода обесцвечивается в пробирке с формиатом натрия.



Уже определенный по реакции со щелочью формиат аммония также легко окисляется бромной водой.



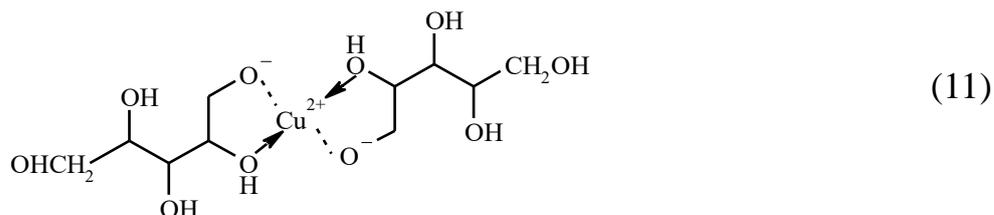
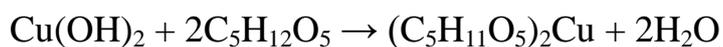
Нагреем оставшиеся три пробирки. В одной из пробирок раствор становится бесцветным. В этой пробирке находится глюкоза. Поскольку глюкоза в растворе находится в основном в циклической форме, а содержание открытой формы составляет менее 0,03%, окисление альдегидной группы протекает при нагревании.



4. Осталось две пробирки с неопределенными веществами (ксилит и ацетат натрия). Для того, чтобы обнаружить ксилит, можно провести качественную реакцию многоатомных спиртов с свежеприготовленным осадком гидроксида меди(II).

*Внести в пробирку шпателем небольшое количество определяемого вещества, прилить ~ 1 мл воды. В другую пробирку налить ~ 1 мл сульфата меди и добавить ~ 2 мл щелочи. К образовавшемуся осадку прилить раствор из первой пробирки.*

При проведении этого эксперимента в одной из пробирок наблюдается растворение студенистого осадка и образование тёмно-синего раствора. В этой пробирке находится ксилит.



Следовательно, во второй пробирке находится ацетат натрия.

Глюкоза также реагирует с гидроксидом меди, образуя тёмно-синий раствор (свойство многоатомных спиртов). При нагревании пробирки окраска раствора исчезает и выпадает оранжевый осадок  $\text{Cu}_2\text{O}$ .



	$\text{NaHCO}_3$	$\text{NaOH}$	$\text{Br}_2 + \text{H}_2\text{O}$	$\text{Cu}(\text{OH})_2$
Янтарная кислота	растворение $\text{CO}_2\uparrow$ <b>реакция 1</b>		—	—
Винная кислота	растворение $\text{CO}_2\uparrow$ <b>реакция 1</b>			растворение осадка, тёмно-синий раствор <b>реакция 4</b>
Фумаровая кислота	растворение $\text{CO}_2\uparrow$ <b>реакция 1</b>		обесцвечивание <b>реакция 3</b>	
Салициловая кислота	растворение $\text{CO}_2\uparrow$ <b>реакция 1</b>		Белый осадок <b>реакция 2</b>	
Хлоральгидрат	—	Выделение хлороформа <b>реакция 5</b>		
Ксилит	—			тёмно-синий раствор, при нагревании не меняет цвет <b>реакция 11</b>

	$\text{NaHCO}_3$	$\text{NaOH}$	$\text{Br}_2 + \text{H}_2\text{O}$	$\text{Cu}(\text{OH})_2$
Глюкоза	–		обесцвечивание при нагревании <b>реакция 10</b>	тёмно-синий раствор <b>реакция 11</b> , при нагревании выпадает оранжевый осадок <b>реакция 12</b>
Ацетамид	–	при нагревании запах аммиака <b>реакция 7</b>		
Ацетат натрия	–	–		
Формиат натрия	–	–	обесцвечивание <b>реакция 8</b>	
Формиат аммония	–	запах аммиака, при нагревании усиливается <b>реакция 6</b>	обесцвечивание <b>реакция 9</b>	

**Система оценивания:**

<b>1</b>	структурные формулы $7 \times 0,1 + 2 \times 0,4 + 2 \times 0,5$	<b>2,5 балла</b>
<b>2</b>	определение веществ с хиральными центрами по 1 баллу	<b>3 балла</b>
<b>3</b>	определение хиральных и ахиральных молекул по 1 баллу	<b>3 балла</b>
<b>4</b>	план определения	<b>4 балла</b>
<b>5</b>	определение веществ по 2,5 балла	<b>27,5 баллов</b>
<b>6</b>	уравнения реакций, подтверждающие определение вещества по 1 баллу	<b>10 баллов</b>
	<b>ИТОГО:</b>	<b>50 баллов</b>

За нарушение правил работы в лаборатории может сниматься от 1 до 3 баллов.

За каждое выданное дополнительно вещество снимается 1 балл.