

Министерство здравоохранения Республики Беларусь  
Учреждение образования  
«Гомельский государственный медицинский университет»

Кафедра общей и биорганической химии

Авторы:

М.В. Одинцова, старший преподаватель кафедры;

А.К. Довнар, старший преподаватель кафедры;

Ж.Н. Громыко, старший преподаватель кафедры;

А.А. Шихалова, преподаватель кафедры.

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ**

для проведения лабораторного занятия  
по учебной дисциплине «Аналитическая химия»  
**для студентов**

II курса медико-диагностического факультета,  
обучающихся по специальности 7-07-0911-04 «Медико-диагностическое дело»

### **Тема 1: Качественный анализ катионов I аналитической группы**

Время: 3,5 часа

Утверждено на заседании кафедры  
общей и биорганической химии  
(протокол от 31.08.2024 № 8)

## УЧЕБНЫЕ И ВОСПИТАТЕЛЬНЫЕ ЦЕЛИ, МОТИВАЦИЯ ДЛЯ УСВОЕНИЯ ТЕМЫ

### Учебная цель:

- формирование у студентов научных знаний о теоретических основах качественного химического анализа, включающего систематический и дробный анализ катионов I аналитической группы, что позволит будущему специалисту правильно выбирать методы исследования и грамотно оценивать их результаты;
- ознакомление студентов с целями и задачами практикума по аналитической химии, с правилами работы в химической лаборатории и техникой безопасности.

### Воспитательная цель:

- сформировать культуру химического исследования;
- развить свой целостно-личностный и духовный потенциал;
- сформировать качества патриота и гражданина, готового к активному участию в экономической, социально-культурной и общественной жизни страны;
- научиться соблюдать учебную и трудовую дисциплину, нормы медицинской этики и деонтологии;
- осознать социальную значимость своей будущей профессиональной деятельности.

### Задачи:

В результате проведения учебного занятия студент должен

#### знать:

- предмет и задачи аналитической химии;
- виды и методы качественного анализа;
- классификацию реакций в качественном анализе;
- понятие о систематическом и дробном анализе;
- специфические реакции катионов I аналитической группы  $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $NH_4^+$ ;
- систематический анализ смеси катионов I аналитической группы.

#### уметь:

- выполнять специфические реакции катионов I аналитической группы;
- выполнять идентификацию катионов I аналитической группы;
- проводить выполнение базовых аналитических процедур.

#### владеть:

- навыками выполнения качественных реакций на катионы I аналитической группы;
- умением составлять уравнения обменных реакций, протекающих в водных растворах, и реакций комплексообразования в молекулярной и молекулярно-ионной формах для катионов I аналитической группы.

### Мотивация для усвоения темы:

В медицине большое значение имеет качественное обнаружение и количественное определение отдельных элементов, которые входят в состав тканей живых организмов и обуславливают их нормальную физиологическую деятельность.

Наиболее важный вид химического анализа для клинических врачей – биохимический. В биохимическом анализе анализируемыми объектами являются кровь, моча, спинномозговая жидкость, слюна и т.д.



*Методы проведения анализа:*

- химические;
- физико-химические;
- физические;
- биологические.

## **2. ОСНОВЫ И МЕТОДЫ КАЧЕСТВЕННОГО АНАЛИЗА. АНАЛИТИЧЕСКАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ КАТИОНОВ. КЛАССИФИКАЦИЯ РЕАКЦИЙ В КАЧЕСТВЕННОМ АНАЛИЗЕ. СИСТЕМАТИЧЕСКИЙ И ДРОБНЫЙ АНАЛИЗ [2, 4, 5].**

*Классификация реакций в качественном анализе.*

Аналитические реакции, аналитические эффекты, реагенты.

Типы реакций:

- групповые;
- характерные (селективные, специфические).

Чувствительность реакции:

- открываемый минимум;
- предельная концентрация;
- предельное разбавление.

По методу анализа: кислотно-основная, сероводородная, аммиачно-фосфатная и др.

*Аналитическая классификация анионов.*

*Систематический и дробный анализ.*

Систематический анализ (методы разделения ионов на группы):

- осаждение ионов;
- восстановление ионов;
- избирательная адсорбция.

Дробный анализ

Сравнительная характеристика систематического и дробного анализов.

## **3. ПЕРВАЯ АНАЛИТИЧЕСКАЯ ГРУППА КАТИОНОВ ПО КИСЛОТНО-ОСНОВНОЙ КЛАССИФИКАЦИИ. СПЕЦИФИЧЕСКИЕ РЕАКЦИИ КАТИОНОВ $K^+$ , $Na^+$ , $NH_4^+$ [1, 3].**

## **4. СИСТЕМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СМЕСИ КАТИОНОВ I АНАЛИТИЧЕСКОЙ ГРУППЫ.**

Схема 1 – Систематический ход анализа смеси катионов I аналитической группы



### Практическая часть

Инструктаж по правилам техники безопасности перед проведением лабораторной работы.

### Лабораторная работа № 1

Реакции обнаружения катионов I аналитической группы [1]

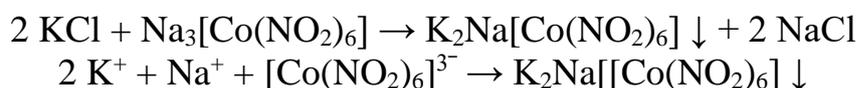
#### ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ГРУППЫ

Большинство солей, образованных катионами  $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $NH_4^+$ , растворимы в воде. Растворимы также и гидроксиды этих катионов. Калий и натрий гидроксиды являются сильными основаниями, а аммоний гидроксид относят к основаниям слабым. Соли натрия и калия (сульфаты, нитраты, хлориды) гидролизу не подвергаются, соли же аммония и сильных кислот гидролизуются (в результате в растворах этих солей создается кислая среда).

Водные растворы солей катионов I группы бесцветны. Группового реактива I группа катионов не имеет.

#### РЕАКЦИИ КАТИОНА КАЛИЯ ( $K^+$ )

1. Натрий гексанитрокобальтат (III) –  $Na_3[Co(NO_2)_6]$  дает с растворами солей калия желтый кристаллический осадок  $K_2Na[Co(NO_2)_6]$ :

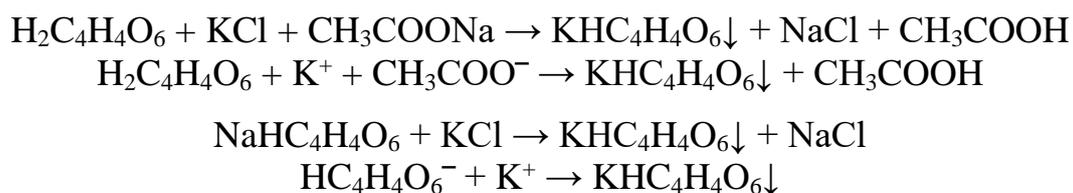


Реакцию нужно проводить в слабокислой (уксусной) или нейтральной среде. Сильные кислоты разрушают реактив с выделением азотистой кислоты. Щелочная среда также недопустима, так как при действии щелочей реактив разрушается с образованием бурого осадка кобальт (III) гидроксида. Эта реакция очень чувствительна – предельное разбавление 1:13000, а предел обнаружения калия составляет 20 мкг.

Нужно иметь ввиду, что ион аммония с натрий гексанитрокобальтатом (III) также дает желтый осадок и, следовательно, в присутствии иона аммония эту реакцию использовать для открытия иона калия нельзя.

**ВЫПОЛНЕНИЕ ОПЫТА:** К 3–4 каплям раствора соли калия добавляют 2–3 капли предварительно приготовленного раствора натрий гексанитрокобальтата (III), раствор перемешивают. Наблюдают образование осадка. Если осадок не выпадает, дают смеси постоять.

2. Винная (виннокаменная) кислота  $\text{H}_2\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6$  и натрий гидротартрат  $\text{NaHC}_4\text{H}_4\text{O}_6$  осаждают ионы калия из нейтральных и слабокислых растворов (pH 4–5) в виде очень мелких белых кристаллов калий гидротартрата:

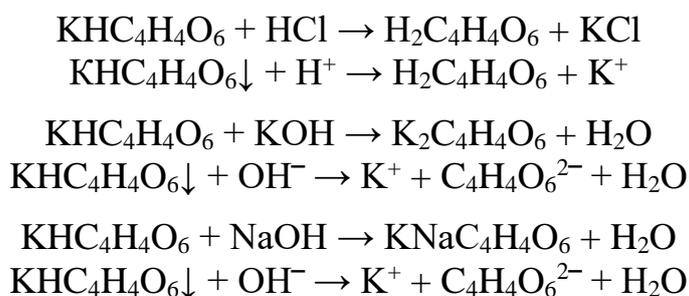


Реакцию с винной кислотой следует проводить в присутствии натрий ацетата в связи с тем, что при взаимодействии ионов калия с винной кислотой образуется сильная кислота  $\text{HCl}$ , в которой калий гидротартрат хорошо растворим. Натрий ацетат, добавленный в раствор, нейтрализует  $\text{HCl}$  и тем самым создает слабокислую среду ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ), в которой осадок  $\text{KHC}_4\text{H}_4\text{O}_6$  нерастворим.

Таким образом, при изучении химического взаимодействия катионов калия с натрий гидротартратом или винной кислотой, необходимо соблюдать следующее условие: реакцию вести на холоде и в нейтральной среде. Если при этом оказывается, что среда, в которой необходимо обнаружить ионы калия, кислая, ее нейтрализуют натрий гидроксидом (по лакмусу), если же щелочная – нейтрализуют кислотой (лучше уксусной).

Предел обнаружения калия – 1,2 мг.

Калий гидротартрат хорошо растворим в минеральных кислотах и щелочах, но мало растворим в воде и органических кислотах (уксусной, муравьиной и др.). Однако повышение температуры значительно увеличивает растворимость калий гидротартрата в воде и в органических кислотах. При растворении его в минеральных кислотах образуется винная кислота, а в щелочах – средняя соль или, соответственно, двойная соль этой кислоты, которые в воде хорошо растворимы:

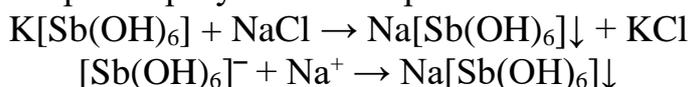


Натрий гидротартрат образует осадок и с катионом аммония ( $\text{NH}_4\text{HC}_4\text{H}_4\text{O}_6$ ), который по свойствам аналогичен  $\text{KHC}_4\text{H}_4\text{O}_6$ . Следовательно, ион аммония мешает открытию иона калия указанным реактивом.

**ВЫПОЛНЕНИЕ ОПЫТА:** К 4–5 каплям раствора соли калия добавляют такой же объем раствора натрия ацетата и 4–5 капель раствора винной кислоты. Если осадок не выпадает, нужно потереть стеклянной палочкой внутренние стенки пробирки, охлаждая пробирку водой под краном. Трение ускоряет выпадение осадка вследствие образования кристаллизационных центров.

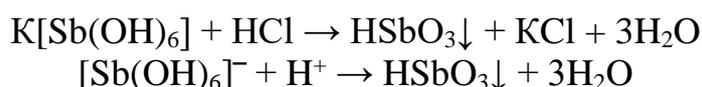
### РЕАКЦИИ КАТИОНА НАТРИЯ ( $\text{Na}^+$ )

Калий гексагидроксостибиат (V)  $\text{K}[\text{Sb}(\text{OH})_6]$  с катионом натрия в нейтральных и слабощелочных растворах образует белый кристаллический осадок  $\text{Na}[\text{Sb}(\text{OH})_6]$ :



С повышением температуры растворимость  $\text{Na}[\text{Sb}(\text{OH})_6]$  значительно увеличивается. В разбавленных щелочах этот осадок не растворяется.

С минеральными кислотами калий гексагидроксостибиат (V) вступает в химическое взаимодействие с образованием ортосурьмяной кислоты, которая тотчас же разлагается с выделением метасурьмяной кислоты в виде аморфного осадка:



Следовательно, в кислой среде катионы натрия открывать калий гексагидроксостибиатом (V) нельзя, так как в этой среде образуется осадок, даже в отсутствии ионов натрия.

Катионы всех остальных аналитических групп (за исключением  $\text{Ag}^+$ ,  $\text{Ni}^{2+}$  и  $\text{Co}^{2+}$ ) в той или иной степени с калий гексагидроксостибиатом (V) также образуют осадок: или в виде соответствующей соли ортосурьмяной кислоты, или же в виде  $\text{HSbO}_3$  за счет гидролиза их солей и создания тем самым кислой среды раствора.

Таким образом, при открытии катионов натрия калий гексагидроксостибиатом (V) должны соблюдаться следующие условия:

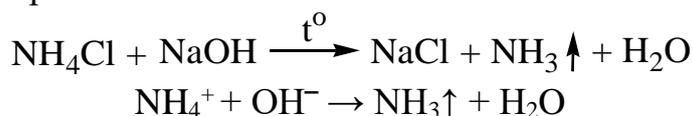
- а) концентрация ионов натрия должна быть достаточно велика;
- б) производить эту реакцию следует на холоде;
- в) анализируемый раствор должен быть нейтральным или слабощелочным, но ни в коем случае не кислым;
- г) в нем должны отсутствовать почти все остальные катионы (за исключением  $\text{Ag}^+$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$ ); наличие даже следовых количеств  $\text{NH}_4^+$  разлагают  $\text{K}[\text{Sb}(\text{OH})_6]$  с выделением белого аморфного осадка  $\text{HSbO}_3$ , который можно принять за осадок  $\text{Na}[\text{Sb}(\text{OH})_6]$ .

д) следует перемешать содержимое пробирки стеклянной палочкой и слегка потереть ею о стенки пробирки (для создания кристаллизационных центров).

**ВЫПОЛНЕНИЕ ОПЫТА:** К 4–5 каплям раствора соли натрия добавляют 4–5 капель раствора калий гексагидроксостибиата (V). Наблюдают образование осадка.

## РЕАКЦИИ КАТИОНА АММОНИЯ (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>)

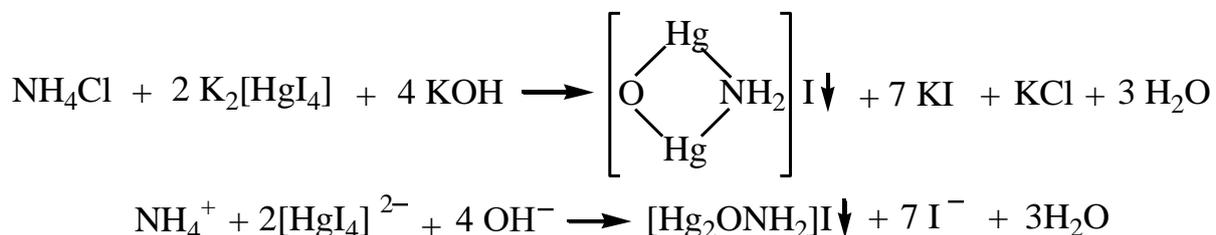
1. Растворы щелочей (NaOH или KOH) выделяют из растворов солей аммония при нагревании газообразный аммиак:



Эта реакция очень специфична. Предел обнаружения аммония 0,2 мкг.

**ВЫПОЛНЕНИЕ ОПЫТА:** К 3–4 каплям раствора аммонийной соли добавляют 5–6 капель раствора щелочи и слегка нагревают. Выделение аммиака узнают по запаху или посинению смоченной водой универсальной индикаторной бумаги, которую следует держать над пробиркой, не касаясь ее стенок.

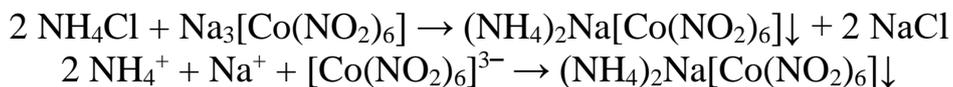
2. Реактив Несслера (K<sub>2</sub>[HgI<sub>4</sub>]+KOH) образует с ионами аммония характерный красно-бурый осадок оксидимеркураммоний иодида:



Реакция чувствительна и специфична. Предел обнаружения аммония 0,15 мг. Однако нужно иметь в виду, что реактив Несслера в своем составе содержит щелочь (KOH); большинство же катионов со щелочами дают нерастворимые в воде основания и многие из них окрашены (например, железа (III) гидроксид – красно-бурого цвета).

**ВЫПОЛНЕНИЕ ОПЫТА:** К 2–3 каплям разбавленного раствора соли аммония добавляют 5–6 капель реактива Несслера и наблюдают выпадение осадка. Реакцию следует проводить с некоторым избытком реактива Несслера, так как в избытке солей аммония осадок растворяется и не выпадает.

3. Натрий гексанитрокобальтат (III) – Na<sub>3</sub>[Co(NO<sub>2</sub>)<sub>6</sub>] дает с растворами солей аммония, подобно солям калия, желтый осадок (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>Na[Co(NO<sub>2</sub>)<sub>6</sub>], следовательно, в присутствии иона калия эту реакцию использовать для открытия иона аммония нельзя.



**ВЫПОЛНЕНИЕ ОПЫТА:** К 3–4 каплям раствора соли аммония добавляют 2–3 капли предварительно приготовленного раствора натрия гексанитрокобальтата (III), раствор перемешивают. Наблюдают образование осадка.

4. Для удаления иона аммония из анализируемого раствора используют летучесть солей аммония при нагревании. Если соль – аммоний хлорид, реакция идет по следующей схеме:



**ВЫПОЛНЕНИЕ ОПЫТА:** 10–15 капель анализируемого раствора помещают в фарфоровую чашку или тигель, выпаривают досуха и сухой остаток прокаливают до прекращения выделения белого дыма. Когда перестает выделяться дым, чашку охлаждают и снова растворяют остаток в дистиллированной воде. Выпаривание и прокаливание повторяют 5–7 раз.

Проверяют полноту удаления солей аммония обработкой сухого остатка щелочью при нагревании на часовом стекле.

### **КОНТРОЛЬНО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ ЗАДАЧА**

Провести дробный анализ растворов, содержащих катионы I аналитической группы.

#### **ФОРМА ОТЧЕТА:**

1. Представить описание специфических реакций катионов ( $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$ ) первой аналитической группы, которое должно включать:

- уравнения реакций в молекулярной и молекулярно-ионной формах;
- условия проведения реакций;
- результаты наблюдения (аналитические эффекты реакций);
- названия продуктов реакции.

2. Оформить контрольно-аналитическую задачу по следующему плану:

- уравнения проведенных аналитических реакций и их аналитические эффекты;
- результаты выполненного анализа.

#### **Контроль усвоения темы**

Проводится в форме устного опроса студентов.

### **МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ И ВЫПОЛНЕНИЮ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА (СРС)**

**Время, отведенное на самостоятельную работу, может использоваться студентами на:**

- подготовку к лабораторным занятиям;
- конспектирование учебной литературы;
- выполнение заданий для самоконтроля знаний;
- подготовку тематических докладов, рефератов, презентаций.

#### **Основные методы организации самостоятельной работы:**

- изучение тем и проблем, не освещаемых на учебных занятиях;
- написание реферата и оформление презентации;
- выполнение заданий для самоконтроля знаний.

### Перечень заданий СРС:

1. Что обуславливает отсутствие группового реактива у катионов I аналитической группы?
2. Почему  $\text{NH}_4^+$  рассматривают с группой s-элементов?
3. Какими реакциями обнаруживают  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$ ?
4. Почему нельзя проводить обнаружение иона  $\text{K}^+$  с помощью натрий гексанитрокобальтата (III) в щелочной и сильно кислой средах?
5. В какой среде целесообразно проводить обнаружение иона  $\text{Na}^+$  с помощью калий гексагидроксостибиата (V)?
6. Как можно обнаружить при совместном присутствии  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$  и  $\text{NH}_4^+$ ?
7. Какое применение находят в медицине соли  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$ ?

### Контроль СРС осуществляется в виде:

- оценки устного ответа на вопрос, сообщения, доклада или презентации;
- индивидуальной беседы.

### СПИСОК РЕКОМЕНДОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Аналитическая химия : учеб.-метод. пособие / М. В. Одинцова [и др.] ; под общ. ред. Л. В. Чернышевой. – Гомель : ГомГМУ, 2021. – 184 с. – Рек. УМО по высш. мед., фармацевт. образованию. – Режим доступа: <https://elib.gsmu.by/handle/GomSMU/8628> – Дата доступа: 11.04.2024.
2. Аналитическая химия. Практикум : учеб.-метод. пособие / О. А. Лазарчук [и др.]. – 5-е изд. – Минск : БГМУ, 2021. – 138 с. – Режим доступа: <http://rep.bsmu.by/bitstream/handle/BSMU/31578/978-985-21-0716-7> – Дата доступа: 11.04.2024.
3. Аналитическая химия : рабочая тетрадь для студентов 2 курса медико-диагност. фак. учреждений высш. мед. образования : в 2 ч. / М. В. Одинцова [и др.]. – 4-е изд., перераб. и доп. – Гомель : ГомГМУ, 2023. – Ч. 1. Качественный анализ. – 76 с.
4. Жебентяев, А. И. Аналитическая химия в вопросах, задачах и тестовых заданиях : пособие для студентов учреждений высш. образования, обучающихся по специальности 1-79 01 08 "Фармация" / А. И. Жебентяев, А. К. Жерносек, И. Е. Талуть; М-во здравоохранения Республики Беларусь, УО "Витебский гос. мед. ун-т". – Витебск : [ВГМУ], 2019. – 183с. – Режим доступа: <http://elib.vsmu.by/handle/123/21555> – Дата доступа: 11.04.2024.
5. Харитонов, Ю. Я. Аналитическая химия. Аналитика 1. Общие теоретические основы. Качественный анализ : учебник / Ю. Я. Харитонов, В. Ю. Григорьева, И. И. Краснюк (мл.). – 7-е изд., перераб. и доп. – Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2022. – 688 с. : ил. – Режим доступа: <https://labirint.ru/books/433067/> – Дата доступа: 11.04.2024.