

Государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Сибирский государственный медицинский университет»  
Министерства здравоохранения Российской Федерации  
(ГБОУ ВПО СибГМУ Минздрава России)

## **Химия**

### **Качественный химический анализ органических соединений**

Учебно-практическое пособие

Томск

2015

УДК 577.1(075.8)  
ББК Г2я7

Ф531 . Филимонова И.Л., Жолобова Г.А., Галактионова А.С. Химия. Качественный химический анализ органических соединений: учебно-практическое пособие, переработанное.  
-Томск: СибГМУ, 2015 - 15 с.

Учебно-практическое пособие по химии подготовлено в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования для студентов, обучающихся по специальностям высшего профессионального образования группы Здравоохранения: «Лечебное дело», «Педиатрия», «Стоматология». Пособие содержит описание лабораторных работ по качественному химическому анализу функциональных групп в органических и биологически важных соединениях.

Рецензент: зав. кафедрой химии СибГМУ, канд. хим. наук, доцент  
И.А. Екимова

Утверждено и рекомендовано к печати Центральным методическим советом

(протокол №3 от 06.06.2013г.) ГБОУ ВПО СибГМУ Минздрава России.

### **Введение**

В химии анализ является совершенно необходимым звеном как в исследовательской, так и прикладной работе. В органический анализ входят методы качественного, количественного и спектрального определения органических веществ.

Цель качественного органического анализа - идентификация функциональных групп, присутствующих в неизвестном соединении и отнесении его к определенному классу органических соединений.

### **Цель**

1. Закрепить знания о принадлежности веществ к определенным классам органических соединений.
2. Закрепить знания о зависимости «строение – свойства» органических и биологически важных соединений.
3. Приобрести навыки выполнения качественных реакций на основные функциональные группы.

В результате освоения темы студент должен:

#### **Знать:**

1. Номенклатуру органических соединений.
2. Принадлежность соединений к определенным классам.
3. Химические свойства различных классов.
4. Качественные реакции на функциональные группы.
5. Закономерности, определяющие протекание химических и биохимических процессов.
6. Правила безопасности при работе в химической лаборатории.

#### **Уметь:**

1. Проводить анализ функциональных групп.
2. Работать с химической посудой, реактивами, спиртовками.
3. Оказать медицинскую помощь при отравлениях химическими веществами.

#### **Владеть:**

1. Навыками самостоятельной работы с учебной, научной и справочной литературой. Вести поиск и делать обобщающие выводы.
2. Навыками безопасной работы в химической лаборатории.
3. Навыками современного математического аппарата при интерпретации результатов химических экспериментов.

### **Правила безопасности в химической лаборатории**

При выполнении лабораторных работ необходимо соблюдать правила:

1. В лаборатории категорически запрещается работать одному.
2. Работать только в халатах.
3. Не пить воду и принимать пищу.
4. Все работы с ядовитыми и сильнопахнущими веществами, концентрированными растворами кислот и щелочей следует проводить

только в вытяжном шкафу.

5. Не выливать в раковину остатки реактивов, кислот, щелочей. Сливать их следует в специальную склянку.
6. Во время нагревания в пробирках жидкостей не направлять устье пробирки на себя или окружающих во избежание опасности выброса. Нагревать пробирку необходимо начинать с устья.
7. При работе с металлическим натрием не допускать соприкосновения его с водой. Остатки натрия нейтрализуют спиртом.
8. Минеральные кислоты разбавляют приливанием кислоты к воде, но **не наоборот**.
9. Спиртовку зажигать только от спички или лучины. Нельзя зажигать от другой спиртовки или зажигалки. Тушат спиртовку, накрыв ее колпачком.
10. При попадании кислоты или щелочи на кожу, промойте пораженное место большим количеством проточной воды, затем 1% раствором уксусной кислоты – при ожоге щелочью или 3% раствором бикарбоната или гидрокарбоната натрия - при ожоге кислотой.
11. При попадании кислоты или щелочи в глаза промыть их большим количеством проточной воды, а затем 1% раствором борной кислоты при ожоге щелочью или 3% раствором бикарбоната или гидрокарбоната натрия - при ожоге кислотой.
12. При порезе стеклом необходимо удалить остатки стекла, остановить кровотечение 3% раствором пероксида, затем обработать 5% раствором йода.
13. В случае возникновения пожара немедленно вызвать пожарную охрану по телефону 01, с сотового 010. До прибытия пожарных отключить вытяжную вентиляцию, огонь тушить песком, огнетушителем. Категорически запрещается тушить водой!

### **Тема: Доказательство наличия двойных связей (на примере пинена)**

Пинен является составной частью скипидара, который содержится в эфирных маслах растений, смоле хвойных деревьев.

**Цель:** закрепить знания о способности кратных связей вступать в реакции электрофильного присоединения и подвергаться слабому окислению.

#### **Оборудование и реактивы:**

1. Пробирки, штативы, пипетки.
2. Бромная вода (раствор брома в воде).
3. Скипидар (пинен).
4. 2% раствор  $\text{KMnO}_4$ .
5. Дистиллированная вода.

#### **Вопросы для самоподготовки:**

1. Получите из соответствующего спирта бутен-1. Напишите реакцию его гидробромирования. По каким правилам и механизмам (символы) протекают реакции?
2. Получите из пентена-1 пентен-2. Для пентена-2 приведите реакцию

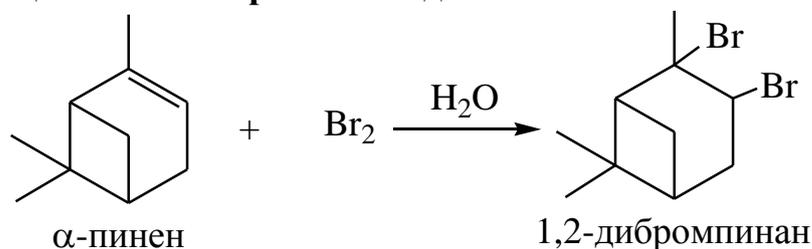
озонирования. Все соединения назовите.

3. Укажите гибридизацию атомов углерода в молекулах: а) пропен, б) бутадиен-1,3, в) бутин-2.

### Практическая часть

#### Лабораторная работа №1

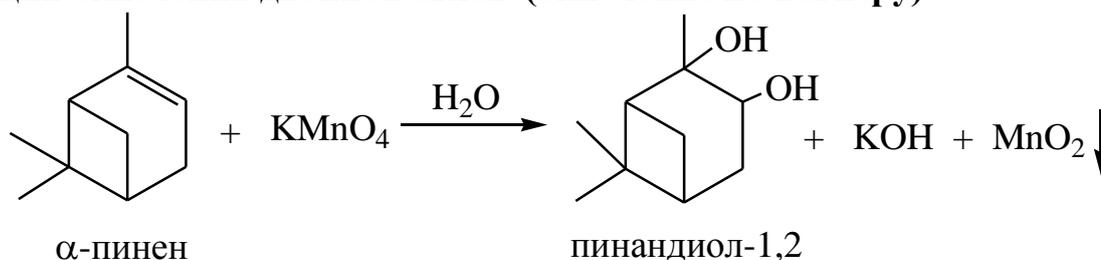
##### Реакция обесцвечивания бромной воды в пинене



Поместите в пробирку 2 капли бромной воды и 1 каплю пинена, при встряхивании желтая окраска исчезает.

#### Лабораторная работа №2

##### Реакция окисления двойной связи (окисление по Вагнеру)



Поместите в пробирку несколько капель раствора KMnO<sub>4</sub> и 5 капель воды. К полученному раствору розового цвета добавьте 1 каплю пинена. Розовая окраска переходит в бурую от выделившегося оксида марганца (IV), который выпадает в осадок.

#### Вопросы для самоконтроля:

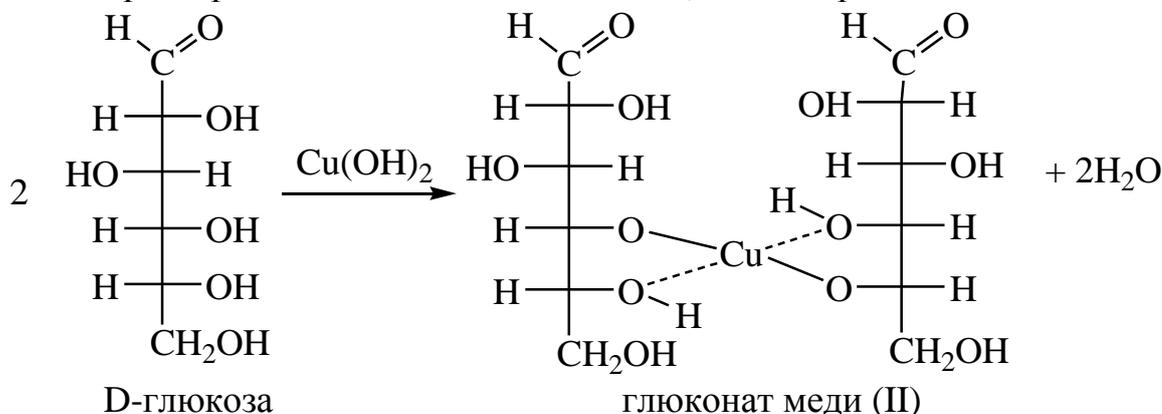
1. Приведите качественные реакции на двойную связь в лимонене.
2. Молекула камфоры обесцвечивает бромную воду?
3. Цис - транс изомерия характерна для:  
а) бутена-1, б) бутена-2, в) пентена-2, в) 3-метилбутена-1.
4. Для установления структуры неизвестного соединения, содержащего двойную связь используются реакции:  
а) бромирования, б) окисления по Вагнеру  
в) озонирования г) жесткого окисления.
5. Установите строение углеводорода состава C<sub>5</sub>H<sub>10</sub>, если известно, что он обесцвечивает бромную воду, окисляется по Вагнеру до диола, а при его озонировании образуются ацетон и ацетальдегид. Приведите реакции, все соединения назовите.



## Лабораторная работа №2

### Доказательство принадлежности к многоатомным спиртам на примере ГЛЮКОЗЫ

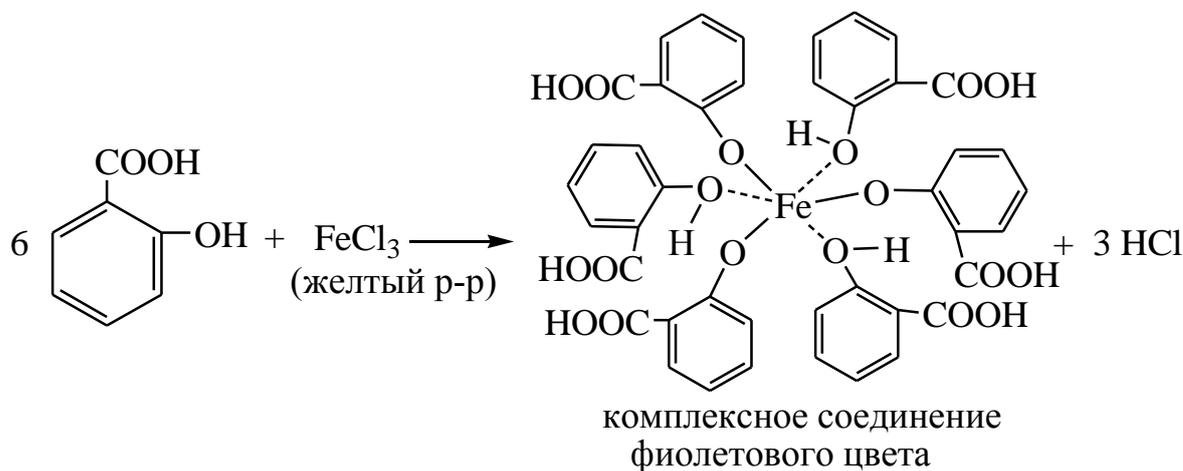
Многоатомные спирты более сильные кислоты, чем одноатомные и, способны реагировать не только с металлами, но и гидроксидами металлов.



Поместите в пробирку 1 каплю 1% раствора глюкозы, 6 капель 10% раствора  $\text{NaOH}$  и 1 каплю 2% раствора  $\text{CuSO}_4$ . Образующийся в начале осадок гидроксида меди(II) немедленно растворяется с образованием прозрачного раствора хелатного комплекса синего цвета.

## Лабораторная работа №3

**Реакция на фенольный (енольный) гидроксил в салициловой кислоте**  
Фенолы более сильные кислоты, чем спирты, и реагируют с солями металлов.



Поместите в пробирку 10 капель раствора салициловой кислоты и добавьте 1–2 капли 2% раствора хлорида железа (III), появляется сине-фиолетовое окрашивание комплексного соединения железа с фенольным гидроксидом.

## Лабораторная работа №4

**Реакция карбоновых кислот с гидрокарбонатом натрия на примере**



### Оборудование и реактивы:

1. Пробирки, штативы, пипетки.
2. Ацетон.
3. 10% раствор NaOH.
4. 1% раствор глюкозы.
5. 3% раствор 2,4-динитрофенилгидразина
6. 2% раствор CuSO<sub>4</sub>
7. Аммиачный раствор оксида серебра.
8. 1% раствор фруктозы

### Вопросы для самоподготовки

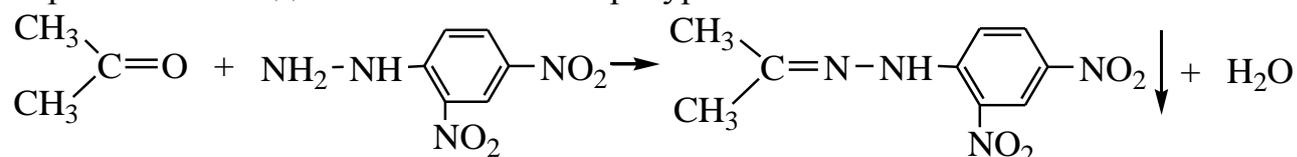
1. Получите из соответствующего алкина по реакции Кучерова метилэтилкетон и напишите для него реакции образования: а) оксима, б) восстановления.  
Все соединения назовите.
2. Получите окислением соответствующего спирта 2-метилпропаналь и напишите для него реакции образования: а) гидроксинитрила, б) полуацетала с этанолом.
3. Бензальдегид можно получить при окислении: а) фенола, б) бензильного спирта, в) бензола.

## Практическая часть

### Лабораторная работа №1

#### Реакция оксо-соединений с 2,4-динитрофенилгидразином

Реакции альдегидов и кетонов с гидразинами часто используют для их идентификации, поскольку образующиеся гидразоны представляют собой окрашенные осадки с четкими температурами плавления



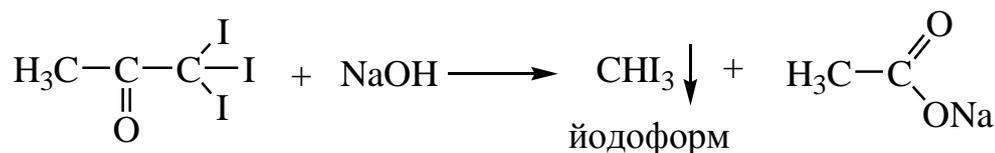
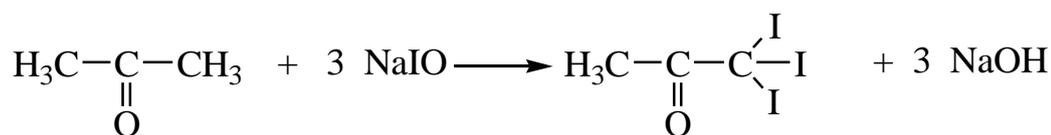
В пробирку поместите 5 капель 3% раствора 2,4-динитрофенилгидразина и 1–2 капли ацетона. Наблюдается выпадение осадка оранжевого цвета.

### Лабораторная работа №2

#### Открытие ацетона переводом его в йодоформ (йодоформная проба)

При нарушении обмена веществ, например при заболевании диабетом в организме накапливаются «кетонные тела». В биохимическом анализе для их обнаружения используется йодоформная проба



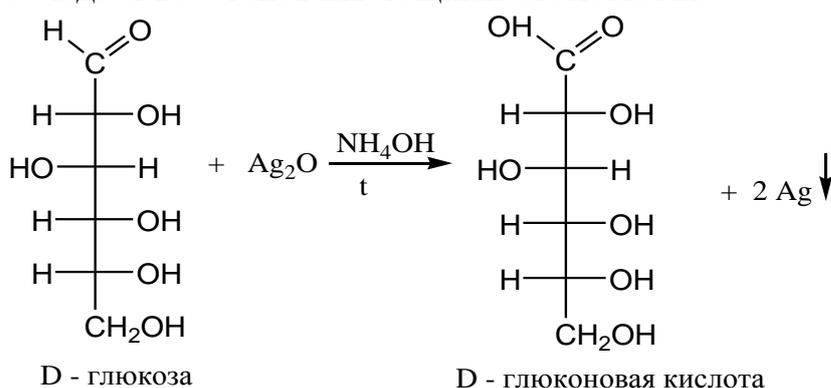


Поместите в пробирку 1 каплю раствора йода в йодистом калии и 5 капель 10% раствора NaOH. К обесцвеченному раствору образовавшегося йодноватистого натрия добавьте 1 каплю ацетона. Немедленно выпадает желтовато-белый осадок с характерным запахом йодоформа.

### Лабораторная работа №3

#### Восстановление аммиачного раствора оксида серебра глюкозой (реакция «серебряного зеркала»)

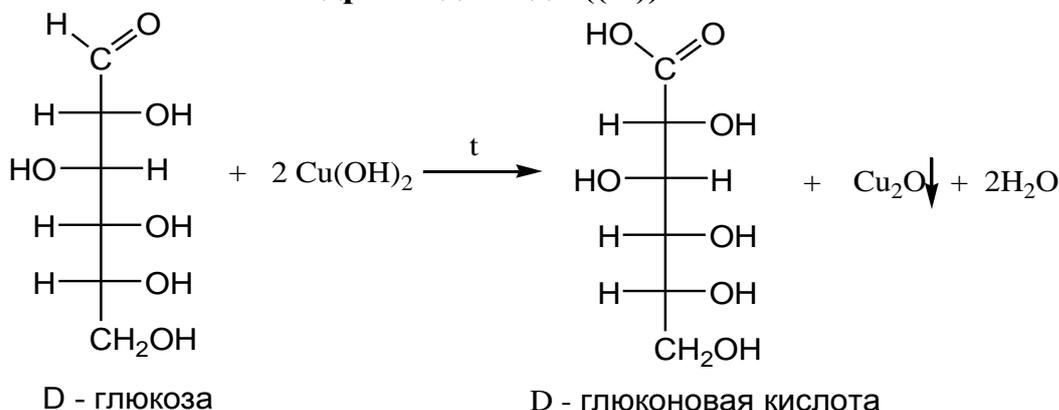
Глюкоза относится к альдогексозам, поэтому способна окисляться и обладает восстанавливающими свойствами



В пробирку поместите 4 капли 1%-го раствора глюкозы, добавьте 4-5 капель аммиачного раствора оксида серебра, пробирку слегка нагрейте, далее серебро выделяется на стенках в виде зеркального налета.

### Лабораторная работа №4

#### Восстановление гидроксида меди ((II)) глюкозой



Поместите в пробирку 1 каплю 1% раствора глюкозы, 6 капель 10% раствора NaOH и 1 каплю 2% раствора CuSO<sub>4</sub>. Образуется хелатный комплекс синего цвета. Добавьте 4–5 капель воды. При нагревании до кипения синий цвет раствора меняется на оранжевый, так как образуется осадок оксида меди (I).

### **Лабораторная работа №5**

#### **Доказательство отсутствия восстанавливающей способности кетонов на примере фруктозы.**

Фруктоза относится к кетогексозам, не окисляется и не обладает восстанавливающими свойствами

Поместите в пробирку 1 каплю 1% раствора фруктозы, добавьте 1 каплю 10% раствора NaOH, 5-6 капель воды, 1 каплю 2% раствора CuSO<sub>4</sub>. Образуется хелатный комплекс синего цвета. Полученный раствор осторожно нагрейте до кипения. Изменение в окраске раствора не происходит, что показывает на отсутствие восстанавливающей способности фруктозы.

#### **Вопросы для самоконтроля:**

1. Установите правильную последовательность уменьшения активности оксосоединений в реакциях нуклеофильного присоединения: а) ацетон, б) формальдегид, в) метилэтилкетон, г) пропаналь.
2. При взаимодействии бензальдегида с метиламином образуется:  
а) фенилгидразон, б) метилфенилимин, в) фенилоксим, г) бензиловый спирт.
3. Для превращения фруктозы в сорбит необходимо провести реакцию:  
а) окисления, б) восстановления, в) алкилирования, г) дегидратации
4. Различить лактозу и сахарозу можно по реакции:  
а) «серебряного зеркала», б) восстановления, в) ацилирования, г) алкилирования.
5. Установите строение вещества состава C<sub>5</sub>H<sub>10</sub>O, если известно, что оно образует оксим, не восстанавливает серебро, а при его восстановлении получается спирт, при внутримолекулярной дегидратации которого получается алкен, озонирование которого приводит к образованию уксусного альдегида и кетона. Приведите реакции, все соединения назовите.
6. Установите строение вещества состава C<sub>4</sub>H<sub>8</sub>O, если известно, что оно реагирует с гидразином, восстанавливает медь, при его восстановлении образуется спирт, при межмолекулярной дегидратации которого образуется диизобутиловый эфир. Приведите реакции, все соединения назовите.

## **Тема: Цветные реакции на белки и $\alpha$ -аминокислоты**

**Цель:** Закрепить знания на реакции обнаружения пептидных связей в белках и специфические реакции на отдельные представители  $\alpha$ -аминокислот.

### **Оборудование и реактивы:**

1. Пробирки, штативы, пипетки.
2. 10% раствор белка.
3. 2% раствор  $\text{CuSO}_4$ .
4. 10% раствор  $\text{NaOH}$
5. Концентрированный раствор  $\text{HNO}_3$
6. 20% раствор белка
7. 1% раствор глицина.
8. 0,1% раствор нингидрина.
9. 20% раствор  $\text{NaOH}$

### **Вопросы для самоподготовки:**

1. Получите из аланина дикетопиперазин. Будет ли полученное соединение давать биуретовую реакцию?
2. Триптофан-незаменимая  $\alpha$ -аминокислота. Будет ли это соединения вступать в ксантопротеиновую реакцию?
3. Приведите схему синтеза изолейцин-серин. Укажите пептидную связь, характер среды этого дипептида.

### **Практическая часть**

Существует два типа качественных (цветных) реакций: **универсальные** – на все  $\alpha$ -аминокислоты и белки и **специфические** – только на определенные  $\alpha$ -аминокислоты, обусловленные химической природой боковых радикалов.

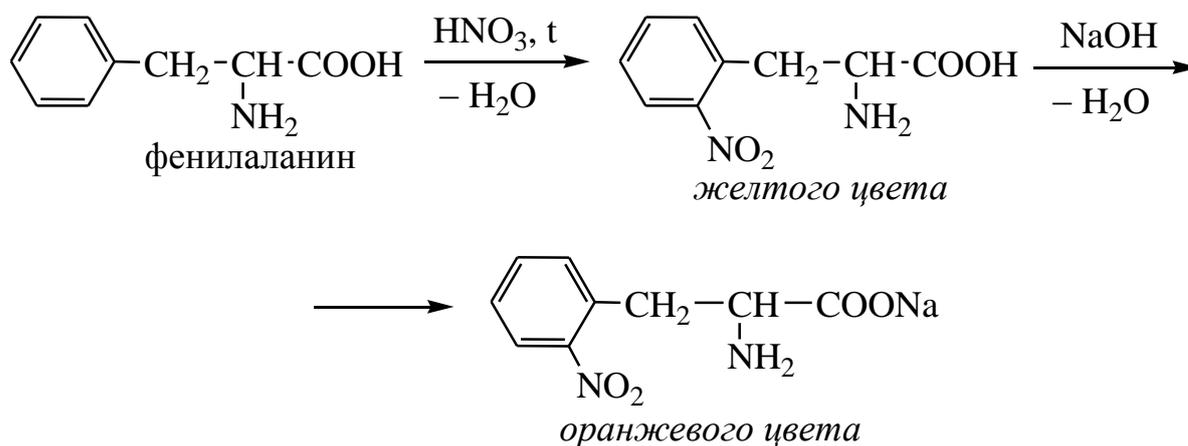
### **Лабораторная работа №1**

#### **Биуретовая реакция (на обнаружение пептидных связей в белках)**

В реакцию вступают все вещества, содержащие в молекуле не менее двух пептидных связей, так как для них возможна лактам-лактимная таутомерия.

Поместите в пробирку 5 капель 10% раствора белка, добавьте 5 капель 10% раствора  $\text{NaOH}$  и 2–3 капли 2% раствора  $\text{CuSO}_4$ . Образуется хелатный комплекс фиолетового окрашивания:





Поместите в пробирку 5капель 10% раствора белка, добавьте 3 капли конц.  $\text{HNO}_3$ , осторожно нагрейте до кипения, появляется осадок желтого цвета, охладите и добавьте 10–15капель 20% раствора  $\text{NaOH}$ , осадок окрашивается в оранжевый цвет.

### Вопросы для самоконтроля:

1. Напишите реакции валина со следующими реагентами:

а)  $\text{NaOH}$ , б)  $\text{HCl}$ , в) этиловым спиртом, г)  $\text{HONO}$ .

Все соединения назовите.

2. Напишите реакции цистеина:

а) декарбоксилирования, б) окисления, в) ацилирования уксусным ангидридом.

Все соединения назовите.

3. Для «защиты» карбоксильной группы в синтезе пептидов используется реакция:

а) этерификации

б) дезаминирования

в) ацилирования

г) декарбоксилирования

4. Установите строение вещества состава  $\text{C}_3\text{H}_7\text{O}_3\text{N}$ , если известно, что оно реагирует  $\text{PCl}_5$ , уксусным ангидридом, а при нагревании его с  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  образуется коламин. Приведите реакции, все соединения назовите.

## РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

### Основная

- Тюкавкина Н. А. Биоорганическая химия: учебник для студентов медицинских вузов, обучающихся по специальностям: Лечебное дело, Педиатрия, Стоматология  
Н. А. Тюкавкина, Ю. И. Бауков, С. Э. Зурабян. – М. : ГЭОТАР-Медиа, 2016. – 416 с. Электрон. текстовые дан. – Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru>
- Слесарев В. И. Химия: основы химии живого : учебник для студентов высших учебных заведений, обучающихся по естественнонаучным направлениям и специальностям  
В. И. Слесарев. – 4-е изд., испр. – СПб. : Химиздат, 2007. – 784 с.

### Дополнительная

3. Филимонова, И. Л. Химия: общая и биорганическая. Тестовые задания: учебное пособие для студентов, обучающихся по специальностям высшего профессионального образования группы Здравоохранения / И. Л. Филимонова, А. С. Галактионова.– Томск: Сибирский государственный медицинский университет, 2011. – 112 с. Электрон. текстовые дан. – Режим доступа: [http:// irbis64.medlib.tomsk.ru](http://irbis64.medlib.tomsk.ru)
4. Химия биологически активных соединений: учебное пособие для студентов, обучающихся по специальностям высшего профессионального образования группы Здравоохранения /И.Л. Филимонова и др.– Томск: Сибирский государственный медицинский университет, 2011. – 162 с.
5. Учебное пособие по органической и биорганической химии для самостоятельной работы студентов [Электронный ресурс] учебное пособие/И.Л. Филимонова и др.– Томск: Сибирский государственный медицинский университет, 2010. -69 с. Электрон. текстовые дан. – Режим доступа: [http:// irbis64.medlib.tomsk.ru](http://irbis64.medlib.tomsk.ru)
6. Биорганическая химия с элементами биохимии: учебное пособие для студентов, обучающихся по специальности 060105 - Стоматология / И. Л. Филимонова [и др.]; Сибирский медицинский университет (Томск). – 2-е изд., перераб. и доп. – Томск: Оптимум, 2010. – 220 с. Электрон. текстовые дан. – Режим доступа: [http:// irbis64.medlib.tomsk.ru](http://irbis64.medlib.tomsk.ru)