

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Смирнов Сергей Николаевич  
Должность: врио ректора  
Дата подписания: 14.07.2025 14:19:33  
Уникальный программный ключ:  
69e375c64f7e975d4e8830e7b4fcc2ad1bf35f08

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**ФГБОУ ВО «ТВЕРСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Утверждаю:

Руководитель ООП

Феофанова М.А.

14 мая 2025г.



Рабочая программа дисциплины

## **Спектрофотометрия**

Закреплена за  
кафедрой:

**Неорганической и аналитической химии**

Направление  
подготовки:

**04.03.01 Химия**

Направленность  
(профиль):

**Экспертная и медицинская химия**

Квалификация:

**Бакалавр**

Форма обучения:

**очная**

Семестр:

**6**

Программу составил(и):

*д-р хим. наук, проф., Алексеев Владимир Георгиевич*

Тверь, 2025

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

### Цели освоения дисциплины (модуля):

Обучение теоретическим основам и практическому применению метода абсорбционной спектроскопии УФ-, видимой и ИК-области в исследовательских и аналитических целях.

### Задачи:

Освоение количественных законов светопоглощения, условий их выполнения и причин отклонения реальных систем от закономерностей, описывающих идеальные системы. Знакомство с принципами устройства спектрофотометров. Обучение навыкам работы со спектрофотометрами. Освоение некоторых распространенных методик спектрофотометрического определения элементов.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП

Цикл (раздел) ОП: Б1.В

### Требования к предварительной подготовке обучающегося:

Неорганическая химия

Физика

Аналитическая химия

Органическая химия

Физическая химия

Строение вещества

Координационная химия

**Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:**

Фотометрия пламени

Преддипломная практика

Физические методы исследования

Научно-исследовательская работа

## 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

|                           |       |
|---------------------------|-------|
| <b>Общая трудоемкость</b> | 2 ЗЕТ |
| Часов по учебному плану   | 72    |
| <b>в том числе:</b>       |       |
| аудиторные занятия        | 36    |
| самостоятельная работа    | 36    |

## 4. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

ПК-1.1: Планирует отдельные стадии исследования при наличии общего плана НИР

Уровень 1 Знать физико-химические принципы взаимодействия вещества с электромагнитным излучением УФ/вид и ИК диапазона.

Уровень 1 Уметь обоснованно выбрать методику, соответствующую задачам эксперимента.

Уровень 1 Владеть методиками качественного и количественного спектрофотометрического анализа, включая методики исследования химических равновесий.

ПК-1.2: Выбирает технические средства и методы испытаний (из набора имеющихся) для решения поставленных задач НИР

- Уровень 1 Знать методики графической обработки результатов экспериментов по изучению комплексообразования спектрофотометрическими методами
- Уровень 1 Уметь построить и линеаризовать зависимости оптической плотности от концентрации, найти молярный коэффициент поглощения, построить другие необходимые графики, используя программу «Origin».
- Уровень 1 Владеть программами управления спектрофотометрами СФ-2000 и Brucker Alpha, включая выбор условий измерения и запись полученных данных в виде файлов различных форматов, владеть программой «Origin».

#### ПК-1.3: Готовит объекты исследования

- Уровень 1 Знать особенности применения методик и необходимые условия для избегания систематических ошибок анализа.
- Уровень 1 Уметь провести спектрофотометрический анализ сложных смесей.
- Уровень 1 Владеть спектрофотометрическими методиками определения металлов и неметаллов в различных объектах.

#### ПК-2.1: Проводит первичный поиск информации по заданной тематике (в т.ч., с использованием патентных баз данных)

- Уровень 1 Знать правила аккредитации и сертификации химических лабораторий.
- Уровень 1 Уметь составить заявку на аккредитацию и сертификацию химической лаборатории.
- Уровень 1 Владеть законодательными актами, определяющими порядок аккредитации и сертификации химических лабораторий.

#### ПК-2.2: Анализирует и обобщает результаты патентного поиска по тематике проекта в выбранной области химии (химической технологии)

- Уровень 1 Знать основные химические, физические и теоретические аспекты химического промышленного производства с учетом сырьевых и энергетических затрат; основные методы математического моделирования, статистики; основные технические показатели технологического процесса;
- Уровень 1 Уметь применять основные законы химии при обсуждении полученных результатов, в том числе с привлечением информационных баз данных; применять полученные знания на практике; проводить численные расчёты основных технических показателей технологического процесса;
- Уровень 1 Владеть навыками химического эксперимента, основными синтетическими и аналитическими методами получения и исследования химических веществ и реакций; навыками работы на современной учебно-научной аппаратуре при проведении химических экспериментов; принципами количественной оценки основных технических показателей технологического процесса;

### 5. ВИДЫ КОНТРОЛЯ

|                            |   |
|----------------------------|---|
| Виды контроля в семестрах: |   |
| зачеты                     | 6 |

### 6. ЯЗЫК ПРЕПОДАВАНИЯ

Язык преподавания: русский.

**7. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

| Код занят. | Наименование разделов и тем                                                                                                       | Вид занятия | Семестр / Курс | Часов | Источники | Примечание |
|------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|----------------|-------|-----------|------------|
|            | Раздел 1. Тема 1. Электромагнитное излучение и его характеристики                                                                 |             |                |       |           |            |
| 1.1        |                                                                                                                                   | Лек         | 6              | 1     |           |            |
| 1.2        |                                                                                                                                   | Лаб         | 6              | 1     |           |            |
| 1.3        |                                                                                                                                   | Ср          | 6              | 2     |           |            |
|            | Раздел 2. Тема 2. Взаимодействие с веществом электромагнитного излучения световых диапазонов (УФ, видимое, ИК). Спектр поглощения |             |                |       |           |            |
| 2.1        |                                                                                                                                   | Лек         | 6              | 1     |           |            |
| 2.2        |                                                                                                                                   | Лаб         | 6              | 1     |           |            |
| 2.3        |                                                                                                                                   | Ср          | 6              | 2     |           |            |
|            | Раздел 3. Тема 3. Закон Бугера-Ламберта-Бера                                                                                      |             |                |       |           |            |
| 3.1        |                                                                                                                                   | Лек         | 6              | 1     |           |            |
| 3.2        |                                                                                                                                   | Лаб         | 6              | 1     |           |            |
| 3.3        |                                                                                                                                   | Ср          | 6              | 2     |           |            |
|            | Раздел 4. Тема 4. Отклонения от закона Бугера-Ламберта-Бера                                                                       |             |                |       |           |            |
| 4.1        |                                                                                                                                   | Лек         | 6              | 1     |           |            |
| 4.2        |                                                                                                                                   | Лаб         | 6              | 1     |           |            |
| 4.3        |                                                                                                                                   | Ср          | 6              | 2     |           |            |
|            | Раздел 5. Тема 5. Основные понятия УФ/вид спектрофотометрии                                                                       |             |                |       |           |            |
| 5.1        |                                                                                                                                   | Лек         | 6              | 1     |           |            |
| 5.2        |                                                                                                                                   | Лаб         | 6              | 1     |           |            |
| 5.3        |                                                                                                                                   | Ср          | 6              | 2     |           |            |

|      |                                                                                               |     |   |   |  |  |
|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-----|---|---|--|--|
|      | Раздел 6. Тема 6.<br>Спектрофотометры УФ/вид<br>диапазона. Конструкция.<br>Техника измерений. |     |   |   |  |  |
| 6.1  |                                                                                               | Лек | 6 | 1 |  |  |
| 6.2  |                                                                                               | Лаб | 6 | 1 |  |  |
| 6.3  |                                                                                               | Ср  | 6 | 2 |  |  |
|      | Раздел 7. Тема 7. Исследование<br>химических равновесий<br>спектрофотометрическим<br>методом  |     |   |   |  |  |
| 7.1  |                                                                                               | Лек | 6 | 1 |  |  |
| 7.2  |                                                                                               | Лаб | 6 | 1 |  |  |
| 7.3  |                                                                                               | Ср  | 6 | 2 |  |  |
|      | Раздел 8. Тема 8.<br>Молекулярные колебания. ИК<br>спектр                                     |     |   |   |  |  |
| 8.1  |                                                                                               | Лек | 6 | 1 |  |  |
| 8.2  |                                                                                               | Лаб | 6 | 1 |  |  |
| 8.3  |                                                                                               | Ср  | 6 | 2 |  |  |
|      | Раздел 9. Тема 9.<br>Спектрофотометры ИК<br>диапазона. Конструкция.<br>Техника измерений      |     |   |   |  |  |
| 9.1  |                                                                                               | Лек | 6 | 1 |  |  |
| 9.2  |                                                                                               | Лаб | 6 | 1 |  |  |
| 9.3  |                                                                                               | Ср  | 6 | 2 |  |  |
|      | Раздел 10. Тема 10.<br>Определение лития, магния,<br>кальция, алюминия                        |     |   |   |  |  |
| 10.1 |                                                                                               | Лек | 6 | 1 |  |  |
| 10.2 |                                                                                               | Лаб | 6 | 1 |  |  |
| 10.3 |                                                                                               | Ср  | 6 | 2 |  |  |
|      | Раздел 11. Тема 11.<br>Определение молибдена,<br>вольфрама, ванадия                           |     |   |   |  |  |
| 11.1 |                                                                                               | Лек | 6 | 1 |  |  |

|      |                                                                         |     |   |   |  |  |
|------|-------------------------------------------------------------------------|-----|---|---|--|--|
| 11.2 |                                                                         | Лаб | 6 | 1 |  |  |
| 11.3 |                                                                         | Ср  | 6 | 2 |  |  |
|      | Раздел 12. Тема 12.<br>Определение хрома, марганца,<br>железа, кобальта |     |   |   |  |  |
| 12.1 |                                                                         | Лек | 6 | 1 |  |  |
| 12.2 |                                                                         | Лаб | 6 | 1 |  |  |
| 12.3 |                                                                         | Ср  | 6 | 2 |  |  |
|      | Раздел 13. Тема 13.<br>Определение олова, свинца,<br>сурьмы, висмута    |     |   |   |  |  |
| 13.1 |                                                                         | Лек | 6 | 1 |  |  |
| 13.2 |                                                                         | Лаб | 6 | 1 |  |  |
| 13.3 |                                                                         | Ср  | 6 | 2 |  |  |
|      | Раздел 14. Тема 14.<br>Определение цинка, кадмия,<br>ртути              |     |   |   |  |  |
| 14.1 |                                                                         | Лек | 6 | 1 |  |  |
| 14.2 |                                                                         | Лаб | 6 | 1 |  |  |
| 14.3 |                                                                         | Ср  | 6 | 2 |  |  |
|      | Раздел 15. Тема 15.<br>Определение кобальта, никеля,<br>меди            |     |   |   |  |  |
| 15.1 |                                                                         | Лек | 6 | 1 |  |  |
| 15.2 |                                                                         | Лаб | 6 | 1 |  |  |
| 15.3 |                                                                         | Ср  | 6 | 2 |  |  |
|      | Раздел 16. Тема 16.<br>Определение фтора, бора, азота                   |     |   |   |  |  |
| 16.1 |                                                                         | Лек | 6 | 1 |  |  |
| 16.2 |                                                                         | Лаб | 6 | 1 |  |  |
| 16.3 |                                                                         | Ср  | 6 | 2 |  |  |
|      | Раздел 17. Тема 17.<br>Определение фосфора,<br>мышьяка                  |     |   |   |  |  |
| 17.1 |                                                                         | Лек | 6 | 1 |  |  |

|      |                                                               |     |   |   |  |  |
|------|---------------------------------------------------------------|-----|---|---|--|--|
| 17.2 |                                                               | Лаб | 6 | 1 |  |  |
| 17.3 |                                                               | Ср  | 6 | 2 |  |  |
|      | Раздел 18. Тема 18.<br>Определение кислорода, серы,<br>селена |     |   |   |  |  |
| 18.1 |                                                               | Лек | 6 | 1 |  |  |
| 18.2 |                                                               | Лаб | 6 | 1 |  |  |
| 18.3 |                                                               | Ср  | 6 | 2 |  |  |

### Список образовательных технологий

|   |                                      |
|---|--------------------------------------|
| 1 | Информационные (цифровые) технологии |
| 2 | Активное слушание                    |

## 8. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

### 8.1. Оценочные материалы для проведения текущей аттестации

Тест 1. Укажите правильные ответы. Какие из перечисленных веществ не имеют полос поглощения в средней ИК-области спектра?

- А. KCl
- Б. K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>
- В. Na<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>
- Г. CH<sub>3</sub>COONa
- Д. NaBr
- Е. CsF

Тест 2. Укажите правильные ответы. Какие из перечисленных аква-ионов имеют полосы поглощения в видимой области спектра?

- А. Co<sup>2+</sup>
- Б. Zn<sup>2+</sup>
- В. Ti<sup>3+</sup>
- Г. Cr<sup>3+</sup>
- Д. Ga<sup>3+</sup>
- Е. Pb<sup>2+</sup>

Тест 3. Укажите правильный ответ. Какой раствор потребуется для проверки работы спектрофотометра в УФ-области?

- А. K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>.
- Б. K<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub>.
- В. FeCl<sub>3</sub>

Тест 4. Укажите правильный ответ. Какие растворы понадобятся для проверки работы спектрофотометра в видимой области спектра?

- А. (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>·CoSO<sub>4</sub> и CuSO<sub>4</sub>;
- Б. (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>·FeSO<sub>4</sub> и CuSO<sub>4</sub>
- В. CoCl<sub>2</sub> и CuCl<sub>2</sub>

Тест 5. Укажите правильные ответы. Факторы риска при работе со спектрофотометром СФ-2000.

- А. Переменный электрический ток 220 В;
- Б. Лазерное излучение;
- В. Ультрафиолетовое излучение;
- Г. Магнитное поле высокой напряженности;
- Д. Высокая температура деталей.

Тест 6. Укажите правильные ответы. Факторы риска при работе с фотоколориметром КФК-2.

- А. Переменный электрический ток 220 В;
- Б. Лазерное излучение;
- В. Ультрафиолетовое излучение;
- Г. Магнитное поле высокой напряженности;
- Д. Высокая температура деталей.

## 8.2. Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации

Задание 1. Химик исследовал спектральные характеристики раствора в ультрафиолетовой области. Во время выполнения очередного эксперимента он случайно разбил кварцевую кювету, которую использовал для работы. Можно ли заменить ее такой же кюветой из обычного стекла? Почему?

Задание 2. Какой светофильтр следует выбрать для фотометрирования раствора бихромата калия:

- А. синий;
- Б. зеленый;
- В. Желтый;
- Г. красный

Задание 3. Можно ли спектрофотометрическим методом определить ступенчатые константы образования для полилигандных комплексов? Почему?

## 8.3. Требования к рейтинг-контролю

Максимальная сумма рейтинговых баллов по результатам текущей работы и промежуточных этапов оценки знаний студентов (рубежный контроль) составляет 100 баллов.

1 контрольная точка: Темы № 1 – 9  
Текущая работа студента – 15 баллов  
Представление отчетов о самостоятельном изучении тем в указанных формах – 15 баллов.  
Итоговый контроль по модулю: письменная контрольная работа – 20 баллов.  
Всего – 50 баллов

2 контрольная точка: Темы № 10 - 18  
Текущая работа студента – 15 баллов  
Представление отчетов о самостоятельном изучении тем в указанных формах – 15 баллов.  
Итоговый контроль по модулю: письменная контрольная работа – 20 баллов.  
Всего – 50 баллов

## 9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

### 9.1. Рекомендуемая литература

#### 9.3.1 Перечень программного обеспечения

|    |                                            |
|----|--------------------------------------------|
| 1  | Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows |
| 2  | Adobe Acrobat Reader                       |
| 3  | Google Chrome                              |
| 4  | WinDjView                                  |
| 5  | OpenOffice                                 |
| 6  | VLC media player                           |
| 7  | ADE                                        |
| 8  | Foxit Reader                               |
| 9  | Notepad++                                  |
| 10 | STDU Viewer                                |
| 11 | Origin 8.1 Sr2                             |
| 12 | ISIS Draw                                  |
| 13 | STATGRAPHICS Centurion XVI.II              |
| 14 | OC Linux Ubuntu                            |
| 15 | Многофункциональный редактор ONLYOFFICE    |

#### 9.3.2 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

|    |                                                                                   |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | ЭБС «ZNANIUM.COM»                                                                 |
| 2  | ЭБС «ЮРАИТ»                                                                       |
| 3  | ЭБС «Университетская библиотека онлайн»                                           |
| 4  | ЭБС IPRbooks                                                                      |
| 5  | ЭБС «Лань»                                                                        |
| 6  | ЭБС BOOK.ru                                                                       |
| 7  | ЭБС ТвГУ                                                                          |
| 8  | Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU (подписка на журналы)                  |
| 9  | Репозиторий ТвГУ                                                                  |
| 10 | Виртуальный читальный зал диссертаций Российской государственной библиотеки (РГБ) |
| 11 | Журналы American Chemical Society (ACS)                                           |
| 12 | Журналы издательства Taylor&Francis                                               |
| 13 | БД Scopus                                                                         |
| 14 | БД Web of Science                                                                 |
| 15 | Ресурсы издательства Springer Nature                                              |
| 16 | Архивы журналов издательства Oxford University Press                              |
| 17 | Архивы журналов издательства Nature                                               |

**10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

| Аудит-я | Оборудование                                                                                                                                     |
|---------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 3-404   | комплект учебной мебели, переносной ноутбук, проектор, аквадистиллятор, весы, ИК Фурье спектрометр, компьютер, фотоколориметр КФК-2, электропечи |
| 3-406   | комплект учебной мебели, весы, лабораторные иономеры, портативные рН-метры, потенциостат-гальваностат, сканер, шкафы, компьютеры, гиря           |
| 3-404   | комплект учебной мебели, переносной ноутбук, проектор, аквадистиллятор, весы, ИК Фурье спектрометр, компьютер, фотоколориметр КФК-2, электропечи |
| 3-406   | комплект учебной мебели, весы, лабораторные иономеры, портативные рН-метры, потенциостат-гальваностат, сканер, шкафы, компьютеры, гиря           |

**11. МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

Вопросы для контроля самостоятельной работы студентов

Раздел 1. Электромагнитное излучение и его взаимодействие с веществом

1. Привести уравнение, связывающее коэффициент пропускания  $T$  и оптическую плотность  $A$ .
2. Коэффициент пропускания  $T$  растворов с различными концентрациями вещества  $B$  равен: а) 78,5%; б) 57,0%; в) 27,8%; г) 4,5%. Какова оптическая плотность этих растворов?
3. Определить оптическую плотность растворов, коэффициент пропускания которых: а) 0,087; б) 0,415; в) 0,268; г) 0,765; д) 0,532; е) 0,337.
4. В чем сущность колориметрического, фотометрического и спектрофотометрического методов анализа?
5. Какие факторы влияют на молярный коэффициент поглощения?
6. В каких координатах можно представить спектр поглощения?
7. Какое влияние оказывает растворитель на электронный спектр молекулы?
8. Какие из указанных соединений:  $C_2H_6$ ,  $HCl$ ,  $NaNO_3$ ,  $MnCl_2$ ,  $C_6H_6$  — имеют полосы поглощения в ультрафиолетовой области (200 - 400 нм)? С какими электронными переходами связано это поглощение?
9. Какие из указанных соединений —  $Na_2CO_3$ ,  $CuSO_4$ ,  $NaCl$ ,  $H_2SO_4$ ,  $KMnO_4$  — поглощают свет в видимой области спектра?

Раздел 2. Законы поглощения света

1. В чем причины приборных и химических отклонений от закона Бугера – Ламберта – Бера? Как избежать этих ошибок при проведении измерений?
2. При каких значениях оптической плотности образца возможно проведение количественных измерений?
3. Какой светофильтр следует выбрать для фотометрирования: а) тиоцианата железа  $Fe(SCN)_3$ ; б) дихромат-иона  $Cr_2O_7^{2-}$ ; в) перманганат-иона  $MnO_4^-$  ?
4. Будет ли сохраняться линейная зависимость оптической плотности от концентрации, если: а) состав анализируемого раствора с разбавлением не изменяется; б) при разбавлении раствора изменяется состояние определяемого вещества; в) при разбавлении раствора происходит диссоциация определяемого вещества; г) с изменением кислотности раствора происходит сдвиг равновесия; д) коэффициент преломления раствора существенно изменяется с изменением концентрации определяемого вещества?
5. Назовите основные узлы приборов для анализа по светопоглощению. Каково назначение каждого из этих узлов?
6. Как проводится выбор оптимальных условий фотометрических определений: а) длины волны; б) толщины светопоглощающего слоя (кюветы); в) концентрации?

### Раздел 3. Спектроскопия ультрафиолетового и видимого диапазона

1. Содержание антрацена в растворе определяли по собственному поглощению при 253 нм. Относительная оптическая плотность стандартного раствора, содержащего 35,0 мг/л антрацена, равна  $A_{\text{отн.ст.}} = 0,412$ . У исследуемого раствора эта величина равна  $A_{\text{отн.х.}} = 0,396$ . В кювете сравнения в обоих случаях был раствор с содержанием 30,0 мг/л антрацена. Вычислить концентрацию (мг/л) антрацена в исследуемом растворе.
2. Что называют фотометрическим титрованием? Назвать особенности этого метода и области применения.
3. В каком случае в фотометрическом анализе используется свойство аддитивности оптической плотности?
4. Каким образом выполняется фотометрическое определение смеси двух веществ, если спектры поглощения определяемых компонентов: а) не накладываются друг на друга; б) частично накладываются друг на друга; в) накладываются друг на друга на протяжении всей исследуемой области спектра?
5. Почему длина волны поглощения комплексоната меди не совпадает с длиной волны поглощения аква-комплекса меди?
6. Что такое спектрохимический ряд лигандов?
7. Молярный коэффициент светопоглощения дитизоната меди(II) в тетрахлориде углерода при  $\lambda = 550$  нм равен 45200. Какую массовую долю (%) меди можно определить с дитизоном, если из навески образца сплава массой 1,00 г получают 25,00 мл раствора дитизоната в  $\text{CCl}_4$  и измеряют минимальную оптическую плотность 0,020 в кювете 5,0 см?
8. Молярный коэффициент светопоглощения комплекса  $\text{MoO}(\text{SCN})_5^{2-}$  в изоамиловом спирте при  $\lambda = 475$  нм равен 15000. Вычислить минимальную массовую долю (%) молибдена в почве, которую можно определить этим методом, если из навески почвы массой 20,00 г извлекают молибден в 200,0 мл оксалатного буферного раствора. Отбирают 150,0 мл фильтрата и после соответствующей обработки экстрагируют образующийся  $\text{MoO}(\text{SCN})_5^{2-}$  15,00 мл изоамилового спирта. Экстракт фотометрируют в кювете 3,0 см. Минимальную оптическую плотность принимают равной 0,020.
9. Привести конкретные примеры использования в фотометрическом анализе для получения окрашенных веществ следующих типов химических реакций: а) комплексообразования; б) окисления—восстановления.
10. Привести примеры определений по собственному светопоглощению вещества.

### Раздел 4. Инфракрасная спектроскопия

1. На чем основан качественный анализ по поглощению в инфракрасной области спектра?
2. Какие из приведенных молекул могут взаимодействовать с ИК-излучением:  $\text{O}_2$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{CCl}_4$ ,  $\text{CS}_2$ ,  $\text{CHCl}_3$ ,  $\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2$ ? Что происходит с молекулой при поглощении ИК-излучения?
3. Назвать основные типы молекулярных колебаний.
4. В чем сущность метода базовой линии?
5. Назвать достоинства и недостатки спектрофотометрии в инфракрасной области спектра.
6. В каком спектральном интервале в качестве источника света используют лампу накаливания, водородную лампу, штифт Нернста, силовый глобар, ртутную лампу?
7. Что такое функциональные группы? Как проводят идентификацию функциональных групп с помощью ИК-спектров?
8. Что такое характеристические частоты? Как выполняют структурный анализ по ИК-спектрам с помощью характеристических частот?
9. Из каких материалов изготавливают оптические детали приборов абсорбционной спектроскопии? Чем обусловлен выбор материала?
10. Для каких областей спектра предназначены приборы, оптические детали

которых выполнены из: а) стекла; б) кварца; в) поваренной соли; г) флюорита?

1. Выполняя лабораторную работу, студент определил, что бесцветный раствор ацетона в воде имеет интенсивную полосу поглощения при 703 нм. Правильен или ошибочен полученный результат? Почему?

2. Один химик-аналитик разработал новую методику количественного определения содержания поверхностно-активных веществ в воде спектрофотометрическим методом, используя спектрофотометр СФ-2000, и опубликовал результаты в научном журнале. Другой химик, прочитав статью, попробовал применить эту методику, используя фотоэлектроколориметр КФК-3, однако получил иные значения оптической плотности для модельных растворов той же концентрации. Почему это произошло? Что нужно сделать второму химику, чтобы использовать новую методику и получать правильный результат?

3. Приготовили два раствора одного и того же вещества с концентрациями  $C_1$  и  $C_2$ .  $C_1 = 2 C_2$ . Каково количественное соотношение  $A_1$  и  $A_2$ ,  $T_1$  и  $T_2$  при постоянной толщине слоя раствора?

4. В каких координатах принято представлять спектр поглощения? Перечислите возможные варианты для УФ/вид и ИК области.

5. Почему спектр поглощения имеет вид полос, а не отдельных линий?

6. Какие эффекты называют батохромным и гипсохромным сдвигом?

7. При прохождении света через слой раствора толщиной 1 см его интенсивность ослабляется на 10 %. Как изменится интенсивность света при прохождении через слой того же раствора толщиной 5 см?

8. Пропускание раствора составляет 58,5%. Рассчитайте его оптическую плотность.

9. После записи ИК-спектра октана студент решил вымыть использованную кювету хромовой смесью. Правильно ли его решение? Почему?

10. Можно ли методом ИК-спектроскопии качественно и количественно определить бензол и толуол в их смеси? Почему?

11. Выполняя дипломную работу, студент решил записать ИК-спектр глицинатного комплекса меди(II) в водном растворе. Сможет ли он корректно справиться с этой задачей? Почему?

12. Химик получил на складе склянку с химически чистым  $CCl_4$ . Сможет ли он методом ИК-спектроскопии проверить, не содержит ли  $CCl_4$  примеси других веществ? Как это сделать?

13. Оптическая плотность раствора сульфосалицилатного комплекса железа(III), измеренная в кювете с толщиной слоя 5 см, составляет 0,29. Коэффициент поглощения комплекса 3000 л/(моль см). Рассчитайте молярную концентрацию железа в растворе.

14. Определите пропускание раствора дитизоната меди(II) в  $CCl_4$ , если  $l = 1$  см,  $\epsilon = 45200$  л/(моль см), концентрация меди 10 –5 моль/л.

15. Два студента определяли спектральные характеристики раствора комплексного соединения, используя для работы кюветы с толщиной слоя 5 см. Оказалось, что оптическая плотность раствора при  $\lambda_{max}$  слишком велика:  $A = 3,1$ . Тогда первый студент заменил кюветы другими, с толщиной слоя 1 см, а второй студент продолжал работать с теми же кюветами (5 см), разбавив раствор в 5 раз. Кто из студентов поступил правильнее? Почему?

16. Двум студентам было поручено определить спектральные характеристики ( $\lambda_{max}$  и  $\epsilon$ ) аква-иона меди(II) в водном растворе. Первый студент использовал для работы нитрат меди(II), второй студент – хлорид меди(II). Кто из студентов получит более точный результат? Почему?

#### Вопросы к зачету по дисциплине

1. Излучение УФ и видимого диапазона: свойства, механизм взаимодействия с молекулами и ионами.

2. Закон Бугера-Ламберта-Бера. Отклонения от закона Бугера-Ламберта-Бера: реальные и кажущиеся (химические и приборные). Причины реальных и кажущихся отклонений. Диапазон значений оптической плотности, в котором возможен количественный анализ.

3. Приборы для электронной абсорбционной спектроскопии: фотоэлектроколориметр, однолучевой спектрофотометр, двухлучевой спектрофотометр. Особенности конструкции приборов и области их применения.

4. Применение спектроскопии УФ и видимого диапазона для качественного и количественного определения органических соединений.

5. Применение спектроскопии УФ и видимого диапазона для качественного и количественного определения неорганических и комплексных соединений.

6. Излучение ИК диапазона: свойства, механизм взаимодействия с веществом. Типы молекулярных колебаний.

7. Приборы для ИК спектроскопии: особенности конструкции ИК-спектрофотометров, отличие от УФ-спектрофотометров.

8. Применение ИК спектроскопии в аналитических и исследовательских целях.

#### Рекомендуемая литература

##### а) основная литература:

1. Аналитическая химия : учебник / Н. И. Мовчан, Р. Г. Романова, Т. С. Горбунова [и др.]. — Москва : ИНФРА-М, 2023. — 394 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). — DOI 10.12737/12562. - ISBN 978-5-16-009311-6. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1913234>

2. Молекулярная спектроскопия: основы теории и практика : учебное пособие / под ред. Ф. Ф. Литвина. — Москва : ИНФРА-М, 2022. — 263 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). — DOI 10.12737/1445. - ISBN 978-5-16-005727-9. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1816818>

##### б) дополнительная литература:

1. Фарус О.А. Физические и физико-химические методы анализа: лабораторный практикум : учебно-методическое пособие / О.А. Фарус, Г.И. Якушева. - Москва ; Берлин : Директ-Медиа, 2015. - 78 с. : ил. - Библиогр.: с. 60-62. - ISBN 978-5-4475-5682-2 ; То же [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=375309>

2. Аналитическая химия: Учебник / Мовчан Н.И., Романова Р.Г., Горбунова Т.С. и др. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2016. - 394 с.: <http://znanium.com/catalog/product/431581>

3. Зайцев Б.Е. Применение ИК-спектроскопии в химии [Электронный ресурс] : учебное пособие / Б.Е. Зайцев, О.В. Ковальчукова, С.Б. Страшнова. — Электрон. текстовые данные. — М. : Российский университет дружбы народов, 2008. — 152 с. — 978-5-209-03292-2. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/11418.html>

4. Филимонова Н.И. Методы электронной спектроскопии [Электронный ресурс] : учебное пособие / Н.И. Филимонова, А.А. Величко, Н.Е. Фадеева. — Электрон. текстовые данные. — Новосибирск: Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2016. — 68 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/69546.html>

5. Строганова Е.А. Органическая химия: Практикум : учебное пособие / - Оренбург : Оренбургский государственный университет, 2013. - Ч. 3. Применение методов УФ, ИК и ПМР спектроскопии в структурном анализе органических соединений. - 115 с. : ил., схем. ; То же [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=260751>

6. Бёккер Ю. Спектроскопия / Ю. Бёккер ; пер. Л.Н. Казанцева. - Москва : РИЦ "Техносфера", 2009. - 528 с. - (Мир химии). - ISBN 978-5-94836-220-5 ; То же [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=88994>

7. Молекулярная спектроскопия: основы теории и практика: Учебное пособие / Ф.Ф. Литвин, В.Т. Дубровский и др.; Под ред. Ф.Ф.Литвина - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 263 с.: <http://znanium.com/catalog/product/444657>

8. Демин, В. В. Фотометрия и ее применение : учебное пособие / В. В. Демин, И. Г. Половцев. - Томск : Издательский Дом Томского государственного университета, 2017. - 344 с. - ISBN 978-5-94621-600-5. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1693508> (дата обращения: 25.06.2021).

9. Зырянов Г.В. Исследование оптических свойств растворов органических соединений методом абсорбционной спектрофотометрии в видимом и ультрафиолетовом свете : методические указания / Зырянов Г.В., Ким Г.А., Коротина А.В.. — Екатеринбург : Издательство Уральского университета, 2017. — 22 с. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/106382.html> (дата обращения: 25.06.2021).

#### Фонд оценочных средств

Верно ли утверждение «Метод ИК спектроскопии используется для определения элементного состава образца»?

- А. Верно
- Б. Не верно

Какие из перечисленных солей образуют окрашенные водные растворы?

- А.  $AlCl_3$
- Б.  $ScCl_3$
- В.  $NdCl_3$
- Г.  $IrCl_3$

Установите правильное соответствие метода исследования и материала кюветы.

Метод исследования      Материал кюветы

- I. Спектрофотометрия видимой области      А. бромид калия
- II. Спектрофотометрия ИК области      Б. кварцевое стекло
- III. Спектрофотометрия УФ области      В. обычное стекло

Вам необходимо приготовить раствор для определения концентрации железа(III) фотометрическим методом. Укажите правильную последовательность действий.

- А. Поместить в колбу аликвоту раствора соли железа(III)
- Б. Поместить в колбу аликвоту аммиачного буферного раствора
- В. Поместить в колбу аликвоту раствора сульфосалициловой кислоты

Пропускание раствора  $T = 50 \%$ . Какова его оптическая плотность?

- А. 0,2
- Б. 0,3
- В. 0,5
- Г. 1,0

8-оксихинолин используется как фотометрический реагент для определения катионов металлов \_\_\_\_\_ методом

Анионные поверхностно-активные вещества могут быть определены экстракционно-фотометрическим методом с использованием в качестве фотометрических реагентов трифенилметановых красителей \_\_\_\_\_ типа

Химические отклонения от закона Бугера-Ламберта-Бера вызваны \_\_\_\_\_

Гипсохромным сдвигом называется смещение полосы поглощения в сторону

---

Ауксохромом называется функциональная группа, которая \_\_\_\_\_ коэффициент поглощения хромофорной группы

При выборе методики анализа образца прежде всего следует обратить внимание на...

- А. методики, утверждённые ГОСТами
- Б. новые методики, опубликованные в научных журналах
- В. методики, описанные в монографиях

Новые методики определения лекарственных веществ удобно искать с помощью системы...

- А. Pubchem
- Б. Pubmed
- В. Publons

На сайте какой организации искать информацию по патентам в области разработки новых методик фотометрического анализа?

- А. Федеральная служба по интеллектуальной собственности (rospatent.gov.ru)
- Б. Федеральный институт промышленной собственности (fips.ru)
- В. Российское авторское общество (rao.ru)
- Г. Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии (rst.gov.ru)

Верно ли утверждение «Новая спектрофотометрическая методика анализа описана в журнальной статье, но не защищена патентом, поэтому её можно использовать и публиковать без ссылки на авторов».

- А. Верно
- Б. Не верно

Верно ли утверждение «Спектрофотометрические методики, опубликованные в 1950-1980-х годах, разработаны с использованием устаревших приборов и их не стоит принимать во внимание»?

- А. Верно
- Б. Не верно

Алюминон, кристаллический фиолетовый, фенолфталеин относятся к \_\_\_\_\_ красителям

При экстракционно-фотометрическом определении катионных поверхностно-активных веществ они переходят в фазу органического растворителя в форме

---

При определении фенолов с использованием реактива Фолина возникновение синей окраски обусловлено восстановлением входящего в состав гетерополиоксикислоты

---

Эриохром чёрный Т, метиловый оранжевый, конго красный относятся к классу

---

Использование экстракционно-фотометрических методик позволяет понизить \_\_\_\_\_ фотометрического анализа

---

