

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Кубанский государственный университет»  
Факультет химии и высоких технологий

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по учебной работе,  
качеству образования – первый  
проректор



Хагуров Т.А.  
«28» \_\_\_\_\_ 2021 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Б1.В.ДВ.01.02 РАДИОСПЕКТРОСКОПИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В АНАЛИЗЕ

Направление подготовки/специальность 04.03.01 Химия

Направленность (профиль): Аналитическая химия

Форма обучения: очная

Квалификация (степень) выпускника: бакалавр

Краснодар 2021

Рабочая программа дисциплины РАДИОСПЕКТРОСКОПИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В АНАЛИЗЕ составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки 04.03.01 Химия

Программу составили:

Бурылин М.Ю., профессор кафедры аналитической химии,  
д.х.н., профессор



Рабочая программа дисциплины «Радиоспектроскопические методы» утверждена на заседании кафедры Аналитической химии протокол № 5 от «18» мая 2021 г.  
Заведующий кафедрой Темердашев З.А.



Утверждена на заседании учебно-методической комиссии факультета Химии и высоких технологий протокол № 7 от «24» мая 2021 г.  
Председатель УМК факультета Беспалов А.В.



Эксперт:

С.М. Прудников

Доктор химических наук, профессор кафедры химии, метрологии и стандартизации КубГТУ

Рабочая программа учебной дисциплины  
«Б1.В.ДВ.01.02 Радиоспектроскопические методы в анализе»  
для студентов факультета химии и высоких технологий  
направление подготовки 04.03.01 - Химия

1. Цели и задачи освоения дисциплины

1.1 Цель дисциплины

- обучить студентов владению современными методами исследования ЯМР и ЭПР спектроскопии, освоить основные приемы работы и принципы исследования комплексных соединений.
- подготовить к самостоятельному решению практических задач в данной области от постановки задачи и планирования эксперимента до получения конечного результата.

1.2. Задачи учебной дисциплины:

- знакомство студентов с основными методами исследования комплексных соединений, обработки результатов спектроскопических исследований, принципами планирования эксперимента, моделирования спектров сложных равновесных систем.
- студенты должны познакомиться с современными методами, научным оборудованием и программным обеспечением. Уметь активно применять современные методы исследования в профессиональной сфере.

1.3 Место дисциплины в структуре ООП ВО

Данная дисциплина относится к части формируемой участниками образовательных отношений дисциплин по выбору. В соответствии с рабочим учебным планом дисциплина изучается на 3-ем курсе по очной форме обучения. Вид промежуточной аттестации: зачет.

Базируется на знании следующих дисциплин:

- химия (свойства неорганических и органических веществ, свойства элементов);
- аналитическая химия и физико-химические методы анализа (спектральные методы анализа, отбор проб и пробоподготовка);
- физика (строение атома, квантовая физика, теория относительности).

Является предшествующей для изучения дисциплин специализации по аналитической химии.

1.4 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы:

- владение базовыми навыками использования современной аппаратуры при проведении научных исследований, обработки полученных результатов (ПК-2);
- готовность осуществлять контроль качества сырья и готовой продукции с использованием современных средств и методов исследования и анализа для целей паспортизации и сертификации (ПК-4).

| Код и наименование индикатора* достижения компетенции                                                                                                                                   | Результаты обучения по дисциплине                                                                                                                                                                  |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>ПК-4</b> Готов осуществлять контроль качества сырья и готовой продукции с использованием современных средств и методов исследования и анализа для целей паспортизации и сертификации |                                                                                                                                                                                                    |
| ИПК-4.1. Владеть знаниями теории строения атома, его составных частей, характеристик излучения в радио-диапазоне длин волн и основ методов ЭПР и ЯМР                                    | Знать основы методов ЭПР и ЯМР                                                                                                                                                                     |
|                                                                                                                                                                                         | Уметь сформировать схему анализа сырья и готовой продукции методом ЭПР.                                                                                                                            |
|                                                                                                                                                                                         | Владеть навыками расчета конечного результата ЭПР анализа сырья и готовой продукции                                                                                                                |
| ИПК-4.2 Готов осуществлять радиоспектроскопические измерения                                                                                                                            | Знать основы ЭПР измерений и условия, регламентирующие достижения корректных результатов анализа.                                                                                                  |
|                                                                                                                                                                                         | Уметь провести контроль параметров безопасности сырья и готовой продукции с использованием современных средств и методов радиоспектроскопических измерений.                                        |
|                                                                                                                                                                                         | Владеть основами техники безопасности и защитных мер при проведении радиоспектроскопических измерений                                                                                              |
| <b>ПК-2</b> Владеть базовыми навыками использования современной аппаратуры при проведении научных исследований, обработки полученных результатов                                        |                                                                                                                                                                                                    |
| ИПК-2.1. Изучить основные типы приборов для ЭПР и ЯМР измерений.                                                                                                                        | Знать принцип работы приборов ЭПР и ЯМР.                                                                                                                                                           |
|                                                                                                                                                                                         | Уметь подготовить исследуемую пробу для конкретного типа оборудования.                                                                                                                             |
|                                                                                                                                                                                         | Владеть навыками организации мероприятий по обеспечению техники безопасности при работе с использованием радиоспектроскопического оборудования.                                                    |
| ИПК-2.2 Владеть навыками работы методами ЭПР и ЯМР анализа и интерпретировать полученные результаты измерений.                                                                          | Знать устройство и последовательность выполнения измерений на ЭПР и ЯМР спектрометрах; методы обработки полученных результатов измерений; основные принципы отбора проб для последующих измерений. |
|                                                                                                                                                                                         | Уметь подобрать подходящую методику и обосновать необходимые процедуры для проведения измерений на ЭПР и ЯМР спектрометрах.                                                                        |
|                                                                                                                                                                                         | Владеть навыками выполнения измерений на ЭПР и ЯМР спектрометрах; подготовки проб к измерениям, обработки полученных результатов.                                                                  |

## 2. Структура и содержание дисциплины

### 2.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц (108 часа, из них – 52,2 часа контактной работы: лекционных 16 ч., лабораторных 34 ч., 55,8 часа самостоятельной работы; 2 часа КСР, 0,2 часа ИКР)

### 2.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ

| Вид учебной работы                                    | Всего часов | Семестры (часы) |  |   |   |
|-------------------------------------------------------|-------------|-----------------|--|---|---|
|                                                       |             | 5               |  |   |   |
| <b>Контактная работа, в том числе:</b>                |             |                 |  |   |   |
| <b>Аудиторные занятия (всего):</b>                    | <b>52,2</b> | <b>52,2</b>     |  |   |   |
| Занятия лекционного типа                              | 16          | 16              |  | - | - |
| Лабораторные занятия                                  | 34          | 34              |  | - | - |
| Занятия семинарского типа (семинары, практические за- | -           | -               |  | - | - |

|                                                                              |                                      |             |             |   |   |   |
|------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|-------------|-------------|---|---|---|
| нятия)                                                                       |                                      |             |             |   |   |   |
|                                                                              |                                      | -           | -           | - | - | - |
| <b>Иная контактная работа:</b>                                               |                                      |             |             |   |   |   |
| Контроль самостоятельной работы (КСР)                                        |                                      | 2           | 2           |   |   |   |
| Промежуточная аттестация (ИКР)                                               |                                      | 0,2         | 0,2         |   |   |   |
| <b>Самостоятельная работа, в том числе:</b>                                  |                                      | <b>55.8</b> | <b>55.8</b> |   |   |   |
| <i>Проработка учебного (теоретического) материала</i>                        |                                      | 47,8        | 47,8        |   | - | - |
| <i>Курсовая работа (подготовка и написание)</i>                              |                                      | -           | -           |   |   |   |
| <i>Выполнение индивидуальных заданий (подготовка сообщений, презентаций)</i> |                                      | -           | -           |   | - | - |
| <i>Реферат</i>                                                               |                                      | -           | -           |   | - | - |
|                                                                              |                                      |             |             |   |   |   |
| <i>Подготовка к текущему контролю</i>                                        |                                      | 8           | 8           |   | - | - |
| <b>Контроль:</b>                                                             |                                      |             |             |   |   |   |
| Подготовка к экзамену                                                        |                                      | -           | -           |   |   |   |
| <b>Общая трудоемкость</b>                                                    | <b>час.</b>                          | <b>108</b>  | <b>108</b>  |   | - | - |
|                                                                              | <b>в том числе контактная работа</b> | <b>52.2</b> | <b>52.2</b> |   |   |   |
|                                                                              | <b>зач. ед</b>                       | <b>3</b>    | <b>3</b>    |   |   |   |

## 2.2 Структура дисциплины.

Распределение видов учебной работы и их трудоёмкости по разделам дисциплины

| №<br>раз-<br>дела | Наименование разделов                   | Количество часов |                   |    |    |                        |
|-------------------|-----------------------------------------|------------------|-------------------|----|----|------------------------|
|                   |                                         | Всего            | Аудиторная работа |    |    | Самостоятельная работа |
|                   |                                         |                  | Л                 | ПЗ | ЛР |                        |
| 1                 | 2                                       | 3                | 4                 | 5  | 6  | 7                      |
| 1                 | Спектроскопия ЭПР                       | 18               | 2                 | -  | 8  | 8                      |
| 2                 | Спектроскопия ЯМР                       | 18               | 2                 | -  | 8  | 8                      |
| 3                 | ЯМ релаксация                           | 12               | 4                 | -  | -  | 8                      |
| 4                 | Исследование координационных соединений | 28               | 4                 | -  | 8  | 16                     |
| 5                 | ЯМР твердого тела                       | 29,8             | 4                 | -  | 10 | 15,8                   |
| 6                 | КСР                                     | 2                |                   |    |    |                        |
|                   | ИКР                                     | 0,2              |                   |    |    |                        |
|                   | <i>Всего:</i>                           | 108              | 16                |    | 34 | 55,8                   |

## 2.3. Содержание разделов дисциплины

| №<br>раз-<br>дела | Наименование<br>раздела | Содержание раздела                                               | Форма текущего<br>контроля       |
|-------------------|-------------------------|------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| 1                 | 2                       | 3                                                                | 4                                |
| 1.                | Спектроскопия ЭПР       | Основные понятия спектроскопии ЭПР. Устройство ЭПР спектрометра. | Опрос, защита лабораторных работ |

|    |                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                  |
|----|-------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
|    |                   | Параметры спектров ЭПР (g-фактор, константа СТВ, ширина линии). Области применения спектроскопии ЭПР.                                                                                                                                                                                                                                                 |                                  |
| 2. | Спектроскопия ЯМР | Основные понятия спектроскопии ЯМР. Области применения спектроскопии ЯМР. Параметры спектров ЯМР. Устройство ЯМР спектрометра. Специальные методики: методы двойного резонанса, ЯЭО и др. Многомерные эксперименты: корреляционная, J-спектроскопия, селективные методы и их применение к исследованию комплексных соединений и биологических систем. | Опрос, защита лабораторных работ |

|   |                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                  |
|---|-----------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| 3 | ЯМ релаксация                           | Релаксационные методы и их применение к исследованию комплексных соединений. Измерение времен релаксации. ЯМ релаксометры. Влияние химического окружения на времена релаксации. Расчеты параметров комплексных соединений, проводимые на основании релаксационных данных.                                                                                                                                                                                                                                                               | Опрос, защита лабораторных работ |
| 4 | Исследование координационных соединений | <p>Равновесие в растворах комплексных соединений. Методы определения констант устойчивости спектроскопическими методами.</p> <p>Информация, получаемая из ЯМР и ЭПР спектров комплексных соединений. Получение и анализ структурных данных; применение лантаноидных сдвигающих реагентов. Исследование кинетики и механизма реакций комплексообразования. Исследование обменных процессов в условиях быстрого и медленного обмена.</p> <p>Анализ формы линии спектров ЯМР и ЭПР с использованием метода матрицы спиновой плотности.</p> | Опрос, защита лабораторных работ |
| 5 | ЯМР твердого тела                       | ЯМР спектроскопия твердого тела. Особенности экспериментальных техник. Вращение под магическим углом. Получение структурной инфор-                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Опрос, защита лабораторных работ |

|  |  |                                      |  |
|--|--|--------------------------------------|--|
|  |  | мации из спектров ЯМР твердого тела. |  |
|--|--|--------------------------------------|--|

### 2.3.1. Лекционные занятия

| № | Тема                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|---|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | Основные понятия спектроскопии ЭПР. Устройство ЭПР спектрометра. Параметры спектров ЭПР (g-фактор, константа СТВ, ширина линии). Области применения спектроскопии ЭПР.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 2 | Основные понятия спектроскопии ЯМР. Области применения спектроскопии ЯМР. Параметры спектров ЯМР. Устройство ЯМР спектрометра. Специальные методики: методы двойного резонанса, ЯЭО и др. Многомерные эксперименты: корреляционная, J-спектроскопия, селективные методы и их применение к исследованию комплексных соединений и биологических систем.                                                                                                                                                                 |
| 3 | Релаксационные методы и их применение к исследованию комплексных соединений. Измерение времен релаксации. ЯМ релаксометры. Влияние химического окружения на времена релаксации. Расчеты параметров комплексных соединений, проводимые на основании релаксационных данных.                                                                                                                                                                                                                                             |
| 4 | Равновесие в растворах комплексных соединений. Методы определения констант устойчивости спектроскопическими методами.<br>Информация, получаемая из ЯМР и ЭПР спектров комплексных соединений. Получение и анализ структурных данных; применение лантаноидных сдвигающих реагентов. Исследование кинетики и механизма реакций комплексообразования. Исследование обменных процессов в условиях быстрого и медленного обмена. Анализ формы линии спектров ЯМР и ЭПР с использованием метода матрицы спиновой плотности. |
| 5 | ЯМР спектроскопия твердого тела. Особенности экспериментальных техник.<br>Вращение под магическим углом.<br>Получение структурной информации из спектров ЯМР твердого тела.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |

### 2.3.2 Лабораторные работы

| №  | Тема                                                                                                        |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. | Знакомство с ЭПР спектрометром. Съёмка спектров различных соединений. Анализ и интерпретация спектров.      |
| 2. | Исследования комплексообразования меди с органическими лигандами. Приготовление растворов, съёмка спектров. |
| 3  | Анализ спектров и обработка полученных результатов.                                                         |
| 4  | Знакомство с ЯМР спектрометром. Съёмка спектров различных соединений. Анализ и интерпретация спектров.      |
| 5  | Исследование структуры соединений. Специальные методики.                                                    |
| 6  | Исследования комплексообразования РЗЭ с органическими лигандами. Приготовление растворов, съёмка спектров   |
| 7  | Анализ спектров и обработка полученных результатов.                                                         |
| 8  | Приготовление образцов твердого тела, съёмка спектров, расшифровка результа-                                |

|  |               |
|--|---------------|
|  | тов<br>Всего: |
|--|---------------|

Студентам необходимо использовать «Методические рекомендации к выполнению лабораторных работ по курсу Радиоспектроскопические методы в анализе»

## 2.4 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

|  | Вид СРС                                                               | Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины по выполнению самостоятельной работы                                                                                                                                                    |
|--|-----------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | 2                                                                     | 3                                                                                                                                                                                                                                            |
|  | Проработка учебного (теоретического) материала                        | 1 Методические рекомендации к организации аудиторной и внеаудиторной (самостоятельной) работы студентов: методические указания/ сост. Т.П. Стороженко, Т.Б. Починок, А.В. Беспалов, Н.В. Лоза. – Краснодар: Кубанский гос.ун-т, 2018. 89 с.  |
|  | Выполнение индивидуальных заданий (подготовка сообщений, презентаций) | 1. Методические рекомендации к организации аудиторной и внеаудиторной (самостоятельной) работы студентов: методические указания/ сост. Т.П. Стороженко, Т.Б. Починок, А.В. Беспалов, Н.В. Лоза. – Краснодар: Кубанский гос.ун-т, 2018. 89 с. |
|  | Подготовка к текущему контролю                                        | 1. Методические рекомендации к организации аудиторной и внеаудиторной (самостоятельной) работы студентов: методические указания/ сост. Т.П. Стороженко, Т.Б. Починок, А.В. Беспалов, Н.В. Лоза. – Краснодар: Кубанский гос.ун-т, 2018. 89 с. |

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа,
- в форме аудиофайла,
- в печатной форме на языке Брайля.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа,
- в форме аудиофайла.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

## 3. Образовательные технологии

В процессе освоения данной учебной дисциплины используются следующие образовательные технологии: аудиторная работа в виде традиционных форм: лекции, се-

минары, практические занятия и т.п.; самостоятельная работа студентов, групповые дискуссии. Предусмотрены контактные часы, в рамках которых преподаватель, с одной стороны, оказывает индивидуальные консультации по ходу выполнения самостоятельных заданий, а с другой стороны, осуществляет контроль и оценивает результаты этих индивидуальных заданий, применяется обсуждение результатов работы студенческих исследовательских групп. Некоторые разделы теоретического курса рассматриваются с использованием опережающей самостоятельной работы: студенты получают задание на изучение нового материала до его изложения на лекции. В рамках изучения курса предусмотрено посещение физико-химических лабораторий Эколого-аналитического центра и центра коллективного пользования Кубанского госуниверситета.

Для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья реализуются индивидуальные образовательные технологии, которые позволяют полностью индивидуализировать содержание, методы и темпы учебной деятельности инвалида, вносить вовремя необходимые коррекции как в деятельность студента-инвалида, так и в деятельность преподавателя.

При реализации образовательных технологий используются следующие виды самостоятельной работы студентов:

- работа с конспектом лекции (обработка текста);
- повторная работа над учебным материалом учебника;
- решение задач и упражнений по образцу;
- решение вариативных задач и упражнений;
- подготовка к лабораторной работе;
- обработка результатов лабораторных работ;
- поиск информации в сети Интернет и литературе;
- подготовка к сдаче зачёта;

#### 4. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации

Оценочные средства предназначены для контроля и оценки образовательных достижений обучающихся, освоивших программу учебной дисциплины «Основы радиологического анализа».

Оценочные средства включает контрольные материалы для проведения **текущего контроля** в форме тестовых заданий и **промежуточной аттестации** в форме вопросов к зачету.

##### Структура оценочных средств для текущей и промежуточной аттестации

| № п/п | Код и наименование индикатора<br>(в соответствии с п. 1.4)                                                                  | Результаты обучения<br>(в соответствии с п. 1.4)                                                                                                                                   | Наименование оценочного средства |                          |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|--------------------------|
|       |                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                    | Текущий контроль                 | Промежуточная аттестация |
| 1     | ИПК-4.1. Владеть знаниями теории строения атома, его составных частей, характеристик излучения в радиодиапазоне длин волн и | Знать основы методов ЭПР и ЯМР<br>Уметь сформировать схему анализа сырья и готовой продукции методом ЭПР.<br>Владеть навыками расчета конечного результата ЭПР анализа сырья и го- | Тест по теме                     | Вопрос к зачету          |

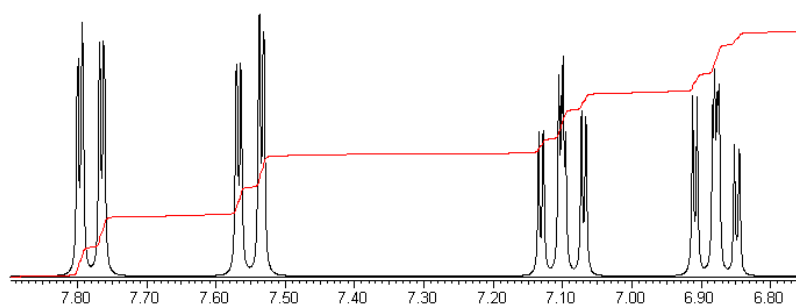
|   |                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |              |                 |
|---|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|-----------------|
|   | основ методов ЭПР и ЯМР                                                                                        | товой продукции.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |              |                 |
| 2 | ИПК-4.2 Готов осуществлять радиоспектроскопические измерения                                                   | Знать основы ЭПР измерений и условия, регламентирующие достижения корректных результатов анализа.<br>Уметь провести контроль параметров безопасности сырья и готовой продукции с использованием современных средств и методов радиоспектроскопических измерений.<br>Владеть основами техники безопасности и защитных мер при проведении радиоспектроскопических измерений                                                                                              | Тест по теме | Вопрос к зачету |
| 3 | ИПК-2.1. Изучить основные типы приборов для ЭПР и ЯМР измерений.                                               | Знать принцип работы приборов ЭПР и ЯМР. Уметь подготовить исследуемую пробу для конкретного типа оборудования. Владеть навыками организации мероприятий по обеспечению техники безопасности при работе с использованием радиоспектроскопического оборудования.                                                                                                                                                                                                        | Тест по теме | Вопрос к зачету |
| 4 | ИПК-2.2 Владеть навыками работы методами ЭПР и ЯМР анализа и интерпретировать полученные результаты измерений. | Знать устройство и последовательность выполнения измерений на ЭПР и ЯМР спектрометрах; методы обработки полученных результатов измерений; основные принципы отбора проб для последующих измерений.<br>Уметь подобрать подходящую методику и обосновать необходимые процедуры для проведения измерений на ЭПР и ЯМР спектрометрах.<br>Владеть навыками выполнения измерений на ЭПР и ЯМР спектрометрах; подготовки проб к измерениям, обработки полученных результатов. | Тест по теме | Вопрос к зачету |

### Тест.

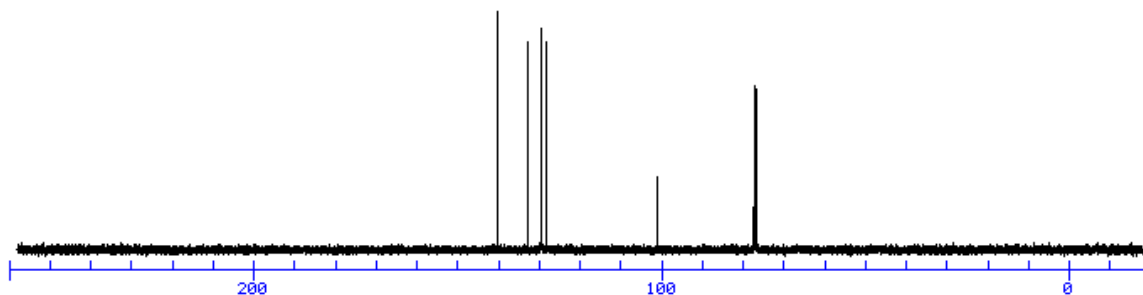
Вариант 1. По теме «Исследование структуры соединений»

Вариант №4.

$^1\text{H}$  ЯМР спектр -  $\text{C}_6\text{H}_4\text{BrI}$



$^{13}\text{C}$  ЯМР спектр -  $\text{C}_6\text{H}_4\text{BrI}$  (140.2, 132.6, 129.6, 129.3, 128.3, 101.1, 77.3, 76.9, 76.6)



### **Зачетно-экзаменационные материалы для промежуточной аттестации (зачет)**

1. Явление ядерного магнитного резонанса. Классическое описание.
2. Устройство спектрометра ЯМР.
3. Основные параметры спектра ЯМР. Химический сдвиг.
4. Основные параметры спектра ЯМР. Константа спин-спинового взаимодействия.
5. Процессы релаксации. Природа спин-решеточной и спин-спиновой релаксации.
6. Общий подход к анализу спектров ЯМР. Анализ спектров первого и более высоких порядков.
7. Специальные методы эксперимента в спектроскопии ЯМР. Методы двойного и множественного резонанса. Многомерная спектроскопия ЯМР, основные типы экспериментов.
8. Динамические эффекты в спектроскопии ЯМР. Понятие быстрого и медленного обмена. Точка коалесценции.
9. Изменения спектров ЯМР, вызываемые процессами комплексообразования. Анализ систем в приближении медленного обмена.
10. Анализ спектров в приближении быстрого обмена. Понятие предельного химического сдвига. Использование аддитивной модели для наблюдаемого химического сдвига для расчета параметров динамических систем.
11. Анализ формы линии спектра. Классический подход (метод ГМС).
12. Квантовомеханический подход к описанию спектров. Теория матрицы спиновой плотности.
13. Принцип метода ЭПР. Теория метода. Эффект Зеемана.
14. Устройство спектрометра ЭПР.
15. Основные параметры спектров ЭПР. g-фактор.
16. Основные параметры спектров ЭПР. Константа СТВ. Природа сверхтонкого взаимодействия.
17. Уширение линий спектра ЭПР. Механизмы процессов уширения.
18. Применение спектроскопии ЭПР для исследования координационных соединений. Исследования в твердом виде и в растворах.
19. Форма линии спектра ЭПР. Классическое описание спектров ЭПР (метод кривых Лоренца.). Ограничения метода.
20. Применение метода матрицы спиновой плотности к описанию динамических систем.

Промежуточная аттестация проводится в форме зачета. К зачету студенты обязаны выполнить и защитить все лабораторные работы, предусмотренные программой. Промежуточная аттестация преследует цель оценить уровень формирования компетенций, развитие творческого мышления, приобретение навыков самостоятельной работы, умение применять полученные знания для решения практических задач.

Форма проведения зачета - устно или письменно устанавливается решением кафедры. Преподавателю вправе задавать студентам дополнительные вопросы по всей учебной программе дисциплины. Результат сдачи зачета заносится преподавателем в экзаменационную ведомость и зачетную книжку.

### **Критерии оценки:**

- **отметка «зачтено»** выставляется с учетом сформированности компетенций, если дан полный, правильный ответ, материал изложен в определенной логической последовательности, демонстрируется понимание сути выполненных лабораторных работ, задача решена рациональным способом.

- **отметка «незачтено»** выставляется, если ответ студента обнаруживает незнание основного содержания учебного материала, а также в случае невыполнения лабораторных работ, предусмотренных программой.

Оценочные средства для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья выбираются с учетом их индивидуальных психофизических особенностей.

– при необходимости инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на экзамене;

– при проведении процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предусматривается использование технических средств, необходимых им в связи с их индивидуальными особенностями;

– при необходимости для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения по дисциплине может проводиться в несколько этапов.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине (модулю) предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа,
- в форме аудиофайла,
- в печатной форме на языке Брайля.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа,
- в форме аудиофайла.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

Оценочные средства для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здо-

ровья выбираются с учетом их индивидуальных психофизических особенностей.

- при необходимости инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на экзамене;

- при проведении процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предусматривается использование технических средств, необходимых им в связи с их индивидуальными особенностями;

- при необходимости для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения по дисциплине может проводиться в несколько этапов.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине (модулю) предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

## **5. Перечень учебной литературы, информационных ресурсов и технологий**

### **5.1. Учебная литература**

1. Ядерный магнитный резонанс в структурных исследованиях [Текст] / В. Т. Панюшкин, Ю. Е. Черныш, В. А. Волынкин и др. ; отв. ред. Р. З. Сагдеев. - Москва : URSS : [КРАСАНД], 2017. - 350 с. : ил. - Библиогр.: с. 345-349. - ISBN 978-5-396-00746-8 :

2. Устынюк, Юрий Александрович. Лекции по спектроскопии ядерного магнитного резонанса [Текст] . Ч. 1 (вводный курс) / Ю. А. Устынюк. - Москва : Техносфера, 2016. - 285 с. : ил. - (Мир химии). - Библиогр.: с. 285. - ISBN 978-5-94836-410-0

3. Федотов М.А. Ядерный магнитный резонанс в неорганической и координационной химии. Растворы и жидкости. Издательство: Издательство "Физматлит". ISBN: 978-5-9221-1202-4. 2010. 384 с.

<https://e.lanbook.com/reader/book/2151/#1>

4. Г. Кристиан. Аналитическая химия; пер. с англ. А. В. Гармаша и др. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009. - 504 с. - (Лучший зарубежный учебник). - Библиогр. в конце глав. - ISBN 9785947743890. - ISBN 9785947743913. - ISBN 0471214728. 45 шт

### **5.3. Периодические издания**

Периодические журналы: "Journal of magnetic resonance"; "Журнал структурной химии".

5. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», в том числе современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы, необходимые для освоения дисциплины (модуля).

1. <http://www.sciencedirect.com>
2. <http://www.spectroscopynow.com>
3. <http://www.msg.ameslab.gov/games/>
4. База данных Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU  
<https://elibrary.ru/>

**Электронно-библиотечные системы (ЭБС):**

1. ЭБС «ЮРАЙТ» <https://urait.ru/>
2. ЭБС «УНИВЕРСИТЕТСКАЯ БИБЛИОТЕКА ОНЛАЙН» [www.biblioclub.ru](http://www.biblioclub.ru)
3. ЭБС «BOOK.ru» <https://www.book.ru>
4. ЭБС «ZNANIUM.COM» [www.znanium.com](http://www.znanium.com)
5. ЭБС «ЛАНЬ» <https://e.lanbook.com>

**Профессиональные базы данных:**

1. Web of Science (WoS) <http://webofscience.com/>
2. Scopus <http://www.scopus.com/>
3. ScienceDirect [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)
4. Журналы издательства Wiley <https://onlinelibrary.wiley.com/>
5. Научная электронная библиотека (НЭБ) <http://www.elibrary.ru/>
6. Полнотекстовые архивы ведущих западных научных журналов на Российской платформе научных журналов НЭИКОН <http://archive.neicon.ru>
7. Национальная электронная библиотека (доступ к Электронной библиотеке диссертаций Российской государственной библиотеки (РГБ) <https://rusneb.ru/>
8. Президентская библиотека им. Б.Н. Ельцина <https://www.prilib.ru/>
9. Электронная коллекция Оксфордского Российского Фонда  
<https://ebookcentral.proquest.com/lib/kubanstate/home.action>
10. Springer Journals <https://link.springer.com/>
11. Nature Journals <https://www.nature.com/siteindex/index.html>
12. Springer Nature Protocols and Methods  
<https://experiments.springernature.com/sources/springer-protocols>
13. Springer Materials <http://materials.springer.com/>
14. zbMath <https://zbmath.org/>
15. Nano Database <https://nano.nature.com/>
16. Springer eBooks: <https://link.springer.com/>
17. "Лекториум ТВ" <http://www.lektorium.tv/>
18. Университетская информационная система РОССИЯ <http://uisrussia.msu.ru>

**Ресурсы свободного доступа:**

1. Американская патентная база данных <http://www.uspto.gov/patft/>
2. Полные тексты канадских диссертаций <http://www.nlc-bnc.ca/thesescanada/>
3. КиберЛенинка (<http://cyberleninka.ru/>);
4. Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
<https://www.minobrnauki.gov.ru/>;
5. Федеральный портал "Российское образование" <http://www.edu.ru/>;

6. Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам" <http://window.edu.ru/>;
7. Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов <http://school-collection.edu.ru/> .
8. Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов (<http://fcior.edu.ru/>);
9. Проект Государственного института русского языка имени А.С. Пушкина "Образование на русском" <https://pushkininstitute.ru/>;
10. Справочно-информационный портал "Русский язык" <http://gramota.ru/>;
11. Служба тематических толковых словарей <http://www.glossary.ru/>;
12. Словари и энциклопедии <http://dic.academic.ru/>;
13. Образовательный портал "Учеба" <http://www.ucheba.com/>;
14. Законопроект "Об образовании в Российской Федерации". Вопросы и ответы [http://xn--273--84d1f.xn--p1ai/voprosy i otvety](http://xn--273--84d1f.xn--p1ai/voprosy_i_otvety)

#### **Собственные электронные образовательные и информационные ресурсы КубГУ:**

1. Среда модульного динамического обучения <http://moodle.kubsu.ru>
2. База учебных планов, учебно-методических комплексов, публикаций и конференций <http://mschool.kubsu.ru/>
3. Библиотека информационных ресурсов кафедры информационных образовательных технологий <http://mschool.kubsu.ru;>
4. Электронный архив документов КубГУ <http://docspace.kubsu.ru/>
5. Электронные образовательные ресурсы кафедры информационных систем и технологий в образовании КубГУ и научно-методического журнала "ШКОЛЬНЫЕ ГОДЫ" <http://icdau.kubsu.ru/>

#### **6. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)**

##### **Общие рекомендации.**

Успешное освоение дисциплины предполагает активное, творческое участие студента путем планомерной, повседневной работы.

Изучение дисциплины следует начинать с проработки рабочей программы, особое внимание, уделяя целям и задачам, структуре и содержанию курса.

##### **Работа с конспектом лекций**

Просмотрите конспект сразу после занятий, отметьте материал конспекта лекций, который вызывает затруднения для понимания. Попытайтесь найти ответы на затруднительные вопросы, используя рекомендуемую литературу. Если самостоятельно не удалось разобраться в материале, сформулируйте вопросы и обратитесь за помощью к преподавателю на консультации или ближайшей лекции.

Регулярно отводите время для повторения пройденного материала, проверяя свои знания, умения и навыки по контрольным вопросам.

##### **Выполнение лабораторных работ**

На занятии получите у преподавателя график выполнения лабораторных работ. Обзаведитесь всем необходимым методическим обеспечением.

Перед посещением лаборатории изучите теорию вопроса, предполагаемого к исследованию, ознакомьтесь с руководством по соответствующей работе и подготовьте протокол проведения работы, в который занесите:

- название работы;
- заготовки таблиц для заполнения экспериментальными данными наблюдений;
- уравнения химических реакций превращений, которые будут осуществлены при выполнении эксперимента;
- расчетные формулы.

Оформление отчетов должно проводиться после окончания работы в лаборатории.

Для подготовки к защите отчета следует проанализировать экспериментальные результаты, сопоставить их с известными теоретическими положениями или справочными данными, обобщить результаты исследований в виде выводов по работе, подготовить ответы на вопросы, приводимые в методических указаниях к выполнению лабораторных работ.

В освоении дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья большое значение имеет индивидуальная учебная работа (консультации) – дополнительное разъяснение учебного материала.

Индивидуальные консультации по предмету являются важным фактором, способствующим индивидуализации обучения и установлению воспитательного контакта между преподавателем и обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья.

В освоении дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья большое значение имеет индивидуальная учебная работа (консультации) – дополнительное разъяснение учебного материала.

Индивидуальные консультации по предмету являются важным фактором, способствующим индивидуализации обучения и установлению воспитательного контакта между преподавателем и обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья.

## 7. Материально-техническое обеспечение по дисциплине (модулю)

|    | Вид работ                                  | Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля) и оснащенность                                                                                      |
|----|--------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. | Лекционные занятия                         | Лекционная аудитория                                                                                                                                        |
| 2. | Семинарские занятия                        | Не предусмотрены                                                                                                                                            |
| 3. | Лабораторные занятия                       | Лаборатории, оснащенные аналитическим оборудованием ЯМР спектрометры JEOL JMN-ECA-400, TESLA BS-587A, ЭПР спектрометры JEOL JES FA-300, Radiopan SE/X-2543. |
| 4. | Курсовое проектирование                    | Курсовые работы выполняются в химических лабораториях кафедры аналитической химии и УНПК «Аналит»                                                           |
| 5. | Групповые (индивидуальные) консультации    | Учебные помещения факультета химии и высоких технологий                                                                                                     |
| 6. | Текущий контроль, промежуточная аттестация | Учебные помещения факультета химии и высоких технологий                                                                                                     |

Для самостоятельной работы обучающихся предусмотрены помещения, укомплектованные специализированной мебелью, оснащенные компьютерной техникой с

возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

| Наименование помещений для самостоятельной работы обучающихся                                                   | Оснащенность помещений для самостоятельной работы обучающихся                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Перечень лицензионного программного обеспечения |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| Помещение для самостоятельной работы обучающихся (читальный зал Научной библиотеки).                            | Мебель: учебная мебель<br>Комплект специализированной мебели: компьютерные столы<br>Оборудование: компьютерная техника с подключением к информационно-коммуникационной сети «Интернет» и доступом в электронную информационно-образовательную среду образовательной организации, веб-камеры, коммуникационное оборудование, обеспечивающее доступ к сети интернет (проводное соединение и беспроводное соединение по технологии Wi-Fi) |                                                 |
| Помещения, лаборатории и аудитории факультета химии и высоких технологий для самостоятельной работы обучающихся | Мебель: учебная мебель<br>Комплект специализированной мебели: компьютерные столы<br>Оборудование: компьютерная техника с подключением к информационно-коммуникационной сети «Интернет» и доступом в электронную информационно-образовательную среду образовательной организации, веб-камеры, коммуникационное оборудование, обеспечивающее доступ к сети интернет (проводное соединение и беспроводное соединение по технологии Wi-Fi) |                                                 |