



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
ФГБОУ ВО «ИГУ»

Химический факультет  
Кафедра теоретической и прикладной органической химии и полимеризационных процессов

УТВЕРЖДАЮ  
Декан химического факультета  
 А.И. Вильмс  
« 27 »  2022 г.

Рабочая программа дисциплины (модуля)

Наименование дисциплины (модуля): Б1.В.07 Ядерно-магнитный резонанс  
(индекс дисциплины по учебному плану, наименование дисциплины (модуля)).

Направление подготовки: 04.04.01. Химия  
(код, наименование направления подготовки)

Направленность (профиль) подготовки: Научно-технологический

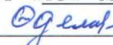
Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очная  
(очная, заочная (с использованием электронного обучения и дистанционных образовательных технологий),  
очно-заочная (с использованием электронного обучения и дистанционных образовательных технологий))

Согласовано с УМК химического факультета

Рекомендовано кафедрой  
теоретической и прикладной органической химии  
и полимеризационных процессов

Протокол № 06 от «26» мая 2022 г  
Председатель   
Вильмс А.И.

Протокол № 07 от «13» мая 2022 г  
Зав. кафедрой   
Эдельштейн О.А.

Иркутск – 2022

## СОДЕРЖАНИЕ

	<i>стр.</i>
I. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ: .....	3
II. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО .....	3
III. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....	3
4.1 Содержание дисциплины, структурированное по темам, с указанием видов учебных занятий и отведенного на них количества академических часов .....	4
4.2 План внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся по дисциплине .....	5
4.3. Содержание разделов и тем дисциплины .....	6
4.3.1. Перечень практических и лабораторных работ.....	7
4.3.2. Перечень тем (вопросов), выносимых на самостоятельное изучение самостоятельной работы студентов.....	7
4.4. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов .....	8
4.5. Примерная тематика курсовых работ (проектов).....	8
V. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ).....	9
а) основная литература.....	9
б) дополнительная литература .....	9
в) Интернет-источники: .....	9
VI. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....	10
6.1. Учебно-лабораторное оборудование: .....	10
6.2. Программное обеспечение: .....	11
6.3. Технические и электронные средства: .....	11
VII. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ .....	11
VIII. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ .....	12
8.1. Оценочные средства текущего контроля .....	12
8.2. Оценочные средства для промежуточной аттестации .....	13

## I. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ:

**Цели:** дать студентам-химикам представление о принципах и практическом применении основных, широко востребованных в настоящее время методам ядерно-магнитного резонанса в химии. Достоинство курса состоит в том, что рассматривается комплексное применение методов ЯМР на различных ядрах для установления состава, строения, структуры органических и неорганических соединений. Курс состоит из последовательно и логически связанных разделов, посвященных методам ЯМР, в основном на ядрах  $^1\text{H}$  и  $^{13}\text{C}$ , а также на других ядрах, обладающих магнитным моментом.

### **Задачи:**

– Изучение теории, позволяющей описывать физические явления методов ЯМР, которые послужили основой возникновения этого метода, принцип и устройство оборудования для наблюдения и получения спектров ЯМР,

– характеристики оборудования и параметры, получаемые из реальных спектров, возможности и ограничения методов спектроскопии ЯМР на различных ядрах, способ приготовления образцов для анализа,

– применение методов к решению практических задач по общему направлению «состав – строение – структура-свойства» с широкими возможностями идентификационного потенциала (каталоги, диаграммы, банки данных, компьютерное моделирование).

## II. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

2.1. Учебная дисциплина «Ядерно-магнитный резонанс» относится к базовой (обязательной) части программы (Б1.В.07).

2.2. Для изучения данной учебной дисциплины необходимы знания, умения и навыки, формируемые предшествующими дисциплинами:

№ п/п	Код дисциплины	Наименование предшествующих дисциплин
1	Б1.О.04	Физические методы исследований
2	Б1.О.12	Механика и молекулярная физика
3	Б1.О.13	Электричество и магнетизм
4	Б1.О.14	Оптика и строение атома
5	Б1.О.18	Физико-химические методы анализа
6	Б1.О.50	Строение вещества

2.3. Перечень последующих учебных дисциплин, для которых необходимы знания, умения и навыки, формируемые данной учебной дисциплиной:

«Современные неорганические и органические материалы», «Анализ сложных объектов», «Спектральные методы анализа», «Анализ органических соединений», «Современные методы исследования неорганических объектов», «Молекулярная спектроскопия», «Химия гетероциклических соединений», курсов по выбору студентов, для изучения многих специальных курсов магистрантов, для выполнения квалификационных работ магистрантов.

## III. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Процесс освоения дисциплины направлен на формирование компетенций (элементов следующих компетенций) в соответствии с ФГОС ВО и ОП ВО по данному направлению 04.03.01 «Химия», профиль: теоретическая и прикладная химия.

### **Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций**

Компетенция	Индикаторы компетенций	Результаты обучения
ПК-4 обрабатывать результаты работ химической направленности с использованием стандартных методов и методик	ИДК <sub>ПК-4.1</sub> проводит экспериментальные исследования в выбранной области химии ИДК <sub>ПК-4.3</sub> управляет высокотехнологичным химическим оборудованием ИДК <sub>ПК-4.4</sub> проводит испытания новых образцов продукции	<b>Знает:</b> теорию, описывающую физические явления, которые послужили основой возникновения физического метода, принцип и устройство оборудования для наблюдения физического явления, параметры оборудования и характеристики каждого из методов, возможности и ограничения методов, способ приготовления образцов для анализа, а так же применение методов к решению практических задач по общему направлению» состав-строение-структура с широкими возможностями идентификационного потенциала. <b>Умеет:</b> интерпретировать результаты физико-химических методов исследования, пользоваться справочной электронной базой данных с целью решения задачи «состав-строение – структура», подготовить отчет о выполненной работе
ПК-5 обладать способностью анализировать полученные результаты, делать необходимые выводы и формулировать предложения;	ИДК <sub>ПК-5.3</sub> анализирует результаты испытаний сырья, прекурсоров . готовой продукции, оценивает степень их соответствия нормативным документам (стандартам и технологическим регламентам	<b>Владеет:</b> основами техники выполнения основных аналитических операций при регистрации спектров различными физическими методами анализа исследуемых веществ; навыками корпоративного мышления и коммуникативных компетенций при выполнении научно-исследовательской и научно-вспомогательной профессиональной деятельности.

#### IV. СОДЕРЖАНИЕ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных единицы, 72 часа  
Форма промежуточной аттестации: зачет

##### 4.1 Содержание дисциплины, структурированное по темам, с указанием видов учебных занятий и отведенного на них количества академических часов

№ п/п	Раздел дисциплины/темы	Семестр	Всего часов	в том числе подготовительных	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость (в часах)	Формы текущего контроля успеваемости; Форма промежуточной аттестации
-------	------------------------	---------	-------------	------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------

				Контактная работа преподавателя с обучающимися			Самостоятельная работа	(по семестрам)
				Лекции	Семинарские (практические занятия)	Консультации, контроль		
1	Введение	4		1		1		устный опрос
2	Спектроскопия ядерного магнитного резонанса.	4		2	2	1	4	устный опрос
3	Ядерный квадрупольный резонанс.	4		4	2	1	4	устный опрос
4	Ядерно – физические методы.	4		4	2	1	4	устный опрос
5	Метод ядерного гамма-резонанса (мессбауровская спектроскопия).	4		3	4	1	4	устный опрос
6	Нейтронно-активационный анализ.	4		1	2	1	2	устный опрос
7	Акустический ядерный магнитный резонанс.	4		1	2	1	2	устный опрос
8	Химическая поляризация ядер.	4		2	4	1	2	устный опрос
	Промежуточная аттестация	4				4	2	зачёт
<b>Итого часов</b>			<b>72</b>	<b>18</b>	<b>18</b>	<b>12</b>	<b>24</b>	

#### 4.2 План внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Семестр	Название раздела, темы	Самостоятельная работа обучающихся			Оценочное средство	Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы (лит-ра)
		Вид самостоятельной работы	Сроки выполнения	Затраты времени (час.)		
4	Спектроскопия ядерного магнитного резонанса.	Работа с литературой и ИИ	1-18 неделя	4	УО	2,3 (осн.) 1,2 (доп.)
4	Ядерный квадрупольный резонанс.	Работа с литературой и ИИ		8	УО	2,3 (осн.) 1,2 (доп.)
4	Ядерно – физические методы.	Работа с литературой и ИИ		8	УО	1-3 (осн.) 1,2 (доп.)
4	Метод ядерного гамма-резонанса (мессбауровская спектроскопия).	Работа с литературой и ИИ		8	УО	1,2 (осн.), 1,2 (доп.)
4	Нейтронно-активационный анализ.	Работа с литературой и ИИ		4	УО	1,3 (осн.) 1,2 (доп.)

Семестр	Название раздела, темы	Самостоятельная работа обучающихся			Оценочное средство	Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы (лит-ра)
		Вид самостоятельной работы	Сроки выполнения	Затраты времени (час.)		
	Общая трудоемкость самостоятельной работы по дисциплине (час)			24		
	<b>Бюджет времени самостоятельной работы, предусмотренный учебным планом для данной дисциплины (час)</b>			24		

### 4.3. Содержание разделов и тем дисциплины

Трудоемкость дисциплины (з.е.)	2
Наименование основных разделов (модулей)	<p><b>Введение.</b> Физические методы в химии – место, задачи, цели. Типы и специфика задач, решаемых физическими методами исследования. Универсальные физические методы исследования. Основные направления применения физических методов исследования при анализе сложных объектов. Прямая и обратная задача физических методов исследования. Некорректность постановки обратных задач. Общие черты спектроскопических методов. Схема рассмотрения физических методов исследования – физический принцип, аппаратное решение, измеряемые параметры, интерпретация параметров для химических задач, основные особенности, достоинства и недостатки.</p> <p><b>Спектроскопия ядерного магнитного резонанса.</b> Квантово-механическая модель изолированного протона. Экспериментальное подтверждение квантования углового момента и уравнение резонанса. Эксперименты по ядерному магнитному резонансу в конденсированной среде и принципы устройства современного спектрометра ЯМР. Магнитные свойства различных ядер. Чувствительность метода. Населенность уровней. Интенсивность сигналов. Внутренние и внешние стандарты. Параметры спектров ядерного магнитного резонанса. Спектры протонного магнитного резонанса молекул. Константа экранирования ядра. Понятие химического сдвига в спектрах ядерного магнитного резонанса. Единицы измерения. Интегрирование резонансного сигнала. Зависимость резонансной частоты от структуры. Факторы, определяющие протонные химические сдвиги. Магнитная анизотропия. Эффект электрических полей полярных групп. Спектры ЯМР ядер углерода и ядер со значением спина больше <math>\frac{1}{2}</math>. Параметры спектров ЯМР ядер <math>^{13}\text{C}</math>. Спин-спиновое взаимодействие. Мультиплетность сигналов. Правила интерпретации тонкой структуры спектра. Классификация спин-спиновых взаимодействий. Спин-спиновое взаимодействие и химическое строение. Релаксация ядер. Принципы определения релаксационных характеристик ядер. Связь релаксации ядер с химическим строением молекул органических и неорганических веществ. Спектроскопия ЯМР и строение органических соединений.</p> <p><b>Ядерный квадрупольный резонанс.</b> Осевой квадруполь. Квадрупольный момент ядра. Взаимодействие зарядов, диполей и квадруполь с плотностью отрицательного заряда. Градиент электрического поля. Аксиальная симметрия поля, параметр ассиметрии. Причины появления на ядре атома неоднородного электрического поля. Энергия взаимодействия электрического квадрупольного момента ядра с аксиально симметричным градиентом. Квадрупольные уровни энергии, энергии перехода. Правило отбора. Энергия взаимодействия, частота перехода и правило отбора при отсутствии аксиальной симметрии. Особенности эксперимента ЯКР. Мультиплетность спектров ЯКР и эффекты ее обуславливающие. Влияние магнитного поля на спектры. Применение ЯКР в химии.</p> <p><b>Ядерно – физические методы.</b> Деление ядер. Искусственные и природные изотопы. Радиоактивные изотопы. Частицы радиоактивного распада. Понятие флуоресценции и фосфоресценции.</p> <p><b>Метод ядерного гамма-резонанса (мессбауровская спектроскопия).</b> Энергия испускаемых гамма-квантов. Доплеровский сдвиг. Энергия отдачи. Доплеровское уширение. Распределение энергии испущенных и поглощенных <math>\gamma</math> - квантов. Энергия <math>\gamma</math> - квантов, вызывающая переход в образце. Вероятность переходов и метод ее повышения. Мессбауровский спектр. Химические сдвиги (центровые, изомерные). Квадрупольные и магнитные взаимодействия. Применение мессбауровской спектроскопии для решения химических задач. Принципы дифракционной мессбауровской спектроскопии.</p>

	<p>Чувствительность нейтрон-активационного анализа. Квадрупольное взаимодействие в спектрах ядерного-гамма резонанса.</p> <p><b>Нейтронно-активационный анализ.</b> Энергия тепловых нейтронов. Время полураспада радиоактивных элементов. Способы активации образца. Блок-схема прибора. Достоинства и недостатки нейтронно-активационного анализа (чувствительность, точность, воспроизводимость), Предел обнаружения элементов. Количественный анализ. Способы эталонирования. Примеры анализа веществ методом нейтронно-активационного анализа. Чувствительность нейтрон-активационного анализа для различных элементов. Изотопное разбавление. Сечение нейтронного захвата. Активация другими частицами.</p> <p><b>Акустический ядерный магнитный резонанс.</b> Природа резонансного поглощения фононов. Способы наблюдения. Акустические энергетические переходы. Скин-эффект. Однофоновые процессы. Механизм однофоновых процессов. Чувствительность метода. Примеры применения в химии.</p> <p><b>Химическая поляризация ядер. (2 ч.)</b> Динамика молекулярных движений в растворах и рекомбинация радикалов без учета их спина. Природа спиновых и магнитных моментов. Статистика контактов радикалов в растворах. Рекомбинация радикалов. Теория ХПЯ в сильных и слабых магнитных полях. Магнитный изотопный эффект.</p>
Формы текущего контроля	Устный опрос
Форма промежуточной аттестации	зачёт

#### 4.3.1. Перечень практических и лабораторных работ

№ п/п	№ раздела и темы дисциплины (модуля)	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость (час.)		Оценочные средства	Формируемые компетенции
			Всего часов	Из них практическая подготовка		
1	1	Спектроскопия ядерного магнитного резонанса.	2		Устный опрос, решение контрольной задачи по расшифровке спектров	ПК-4 ПК-5
2	2	Ядерный квадрупольный резонанс.	2			
3	3	Ядерно – физические методы.	2			
4	4	Метод ядерного гамма-резонанса (мессбауровская спектроскопия).	4			
5	5	Нейтронно-активационный анализ.	2			
6	6	Акустический ядерный магнитный резонанс.	2			
7	7	Химическая поляризация ядер.	4			

#### 4.3.2. Перечень тем (вопросов), выносимых на самостоятельное изучение самостоятельной работы студентов

№ п/п	Тема	Задание	Формируемая компетенция	ИДК
1	Спектроскопия ядерного магнитного резонанса.	Самостоятельное изучение теоретического материала, подготовка к опросам, решение контрольной задачи по	ПК-4 ПК-5	ПК-4.2 ПК-5.2
2	Ядерный квадрупольный резонанс.			
3	Ядерно – физические методы.			
4	Метод ядерного гамма-резонанса (мессбауровская спектроскопия).			

5	Нейтронно-активационный анализ.	расшифровке спектров		
---	---------------------------------	----------------------	--	--

#### 4.4. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа студентов всех форм и видов обучения является одним из обязательных видов образовательной деятельности, обеспечивающей реализацию требований Федеральных государственных стандартов высшего профессионального образования. Согласно требованиям нормативных документов самостоятельная работа студентов является обязательным компонентом образовательного процесса, так как она обеспечивает закрепление получаемых на лекционных занятиях знаний путем приобретения навыков осмысления и расширения их содержания, навыков решения актуальных проблем формирования общекультурных и профессиональных компетенций, научно-исследовательской деятельности, подготовки к семинарам, лабораторным работам, сдаче зачетов и экзаменов. Самостоятельная работа студентов представляет собой совокупность аудиторных и внеаудиторных занятий и работ. Самостоятельная работа в рамках образовательного процесса в вузе решает следующие задачи:

- закрепление и расширение знаний, умений, полученных студентами во время аудиторных и внеаудиторных занятий, превращение их в стереотипы умственной и физической деятельности;
- приобретение дополнительных знаний и навыков по дисциплинам учебного плана;
- формирование и развитие знаний и навыков, связанных с научно-исследовательской деятельностью;
- развитие ориентации и установки на качественное освоение образовательной программы;
- развитие навыков самоорганизации;
- формирование самостоятельности мышления, способности к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- выработка навыков эффективной самостоятельной профессиональной теоретической, практической и учебно-исследовательской деятельности.

Самостоятельная работа студентов, связанная с подготовкой по закреплению теоретического материала в виде контрольных работ, тестов, устных опросов проводится во внеаудиторное время.

В учебном процессе предусмотрено широкое использование активных и интерактивных форм проведения занятий (семинаров в диалоговом режиме, дискуссий, компьютерных симуляций, разбора конкретных ситуаций, групповых дискуссий) в сочетании с конкретной научно-исследовательской работой в области химии. Одной из основных активных форм обучения, связанных с ведением того вида (видов) деятельности, к которым готовится магистрант (научно-исследовательской и научно-педагогической), является семинар, к работе которого привлекаются ведущие исследователи и специалисты-практики,

В ФБГОУ ВО «ИГУ» организация самостоятельной работы студентов регламентируется Положением о самостоятельной работе студентов, принятым Ученым советом ИГУ 22 июня 2012 г.

#### 4.5. Примерная тематика курсовых работ (проектов)

По данной дисциплине выполнение курсовых проектов (работ) не предусматривается.



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

### **а) основная литература**

1. Краснокутская, Е. А. Спектральные методы исследования в органической химии : учебное пособие / Е. А. Краснокутская, В. Д. Филимонов. — Томск : ТПУ, [б. г.]. — Часть II : ЯМР-спектроскопия, масс-спектрометрия — 2013. — 88 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/45172> (дата обращения: 30.05.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.+
2. Приборы и методы исследований в материаловедении : учебное пособие / В. В. Строкова, П. С. Баскаков, М. Н. Сивальнева, И. Ю. Маркова. — Белгород : БГТУ им. В.Г. Шухова, 2019. — 165 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/162030> (дата обращения: 30.05.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.+
3. Берестова, Г. И. Химия нефти и газа : учебное пособие : в 2 частях / Г. И. Берестова, И. Н. Коновалова. — Мурманск : МГТУ, 2014 — Часть 2 : Методы переработки и исследования нефти и газа — 2014. — 144 с. — ISBN 978-5-86185-743-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/142673> (дата обращения: 30.05.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.+
4. Звекон, А. А. Спектральные методы исследования в химии : учебное пособие / А. А. Звекон, В. А. Невоструев, А. В. Каленский. — Кемерово : КеМГУ, 2015. — 124 с. — ISBN 978-5-8353-1823-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/69980> (дата обращения: 30.05.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.+

### **б) дополнительная литература**

1. Физические методы исследования неорганических веществ: Учеб. пособие/ Т.Г. Баличева[и др.]; ред. А.Б. Никольский.-М. : Академия, 2006.+
2. Ю.А. Пентин, Г.М. Курамшина Основы молекулярной спектроскопии. Учеб.пособие М.: Мир. 2008.+
3. Э. Преч, Ф. Бюльман, К. Афвольтер Определение строения органических соединений. Таблицы спектральных данных: М.: Мир. 2006
4. Д.Ф. Кушнарев, А.Г. Пройдаков, А.Л. Бисикало Количественная спектроскопия ЯМР многокомпонентных систем природного происхождения. Учеб. пособие. Иркутск: Изд-во ИГУ. 2013.+
5. Практикум по физической химии. Физические методы исследования. Учеб.пособие/ под ред. М.Я. Мельникова и др. – М.: Академия. 2014.+



### **в) Интернет-источники:**

<http://library.books27x7.com>  
<http://www2.viniti.ru>  
<http://elibrary.ru>  
<https://www.reaxys.com>  
<http://www.info.reaxys.com>  
<http://www.Lbz.ru>

В соответствии с п. 4.3.4. ФГОС ВО, обучающимся в течение всего периода обучения обеспечен неограниченный доступ (удаленный доступ) к электронно-библиотечным

системам:

1. Открытая электронная база ресурсов и исследований «Университетская информационная система РОССИЯ» [Электронный ресурс] : сайт. – Режим доступа: <http://uisrussia.msu.ru> бессрочный
2. Государственная информационная система «Национальная электронная библиотека» [Электронный ресурс] : сайт. – Режим доступа: <http://нэб.рф>, бессрочный
3. Научная электронная библиотека «[ELIBRARY.RU](http://ELIBRARY.RU)» [Электронный ресурс] : сайт. – Режим доступа: <http://elibrary.ru/defaultx.asp>. - Контракт № 148 от 23.12.2020 г. Акт от 24.12.2020 г. срок действия по 31.12. 2021 г. доступ: <http://elibrary.ru/>
4. ЭБС «Издательство Лань». Контракт № 100 от 13.11.2020 г. Акт № 671 от 14.11.2020 г.; Срок действия по 13.11.2021 г. доступ: [www.e.lanbook.com](http://www.e.lanbook.com)
5. Контракт № 100 от 13.11.2020 г. Акт № Э 656 от 14.11.2020 г. ; Срок действия по 13.11.2021 г. доступ: [www.e.lanbook.com](http://www.e.lanbook.com)
6. ЭБС ЭЧЗ «Библиотех». Государственный контракт № 019 от 22.02.2011 г. ООО «Библиотех». Лицензионное соглашение к Государственному контракту № 019 от 22.02.2011. Адрес доступа: <https://isu.bibliotech.ru/> Срок действия: бессрочный.
7. ЭБС «Руконт» Контракт № 98 от 13.11.2020 г.; Акт № 6К-5415 от 14.11.20 г. Срок действия по 13.11.2021г. доступ: <http://rucont.ru/>
8. ЭБС «Айбукс.ру/ibooks.ru» Контракт № 99 от 13.11.2020г.; Акт № 99А от 13.11.2020 г. Срок действия по 13.11.2021 г. доступа: <http://ibooks.ru>
9. ООО «Электронное издательство Юрайт». Контракт № 60 от 23.09.2020г. Акт приема-передачи № 3263 от 18.10.2020; Срок действия по 17.10. 2021 г. доступ: <https://urait.ru/> Лицензионный контракт № 04-Е-0258 от 20.09.2021г. Акт приема-передачи № 5684 от 18.10.2021; Срок действия по 17.10. 2022 г. доступ: <https://urait.ru/>
10. ООО «ИВИС», контракт № 157 от 25. 12.2020 г.; Акт от 25.12.2020 г. Срок действия с 01.01.2021 по 31.12.2021 г. доступ: <http://dlib.eastview.com>
11. ООО «ИД «Гребенников», контракт № 147 от 23. 11.2020 г.; Акт от 25.12.2020 г. Срок действия с 01.01.2021 по 31.12.2021 г. доступ: <http://grebennikon.ru>

## VI. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 6.1. Учебно-лабораторное оборудование:

Для материально-технического обеспечения практических занятий дисциплины используются лаборатории кафедры органической химии, института химии, лекционные аудитории и фонд библиотеки.

В лекционном классе установлен мультимедийный проектор.

Общий фонд включает учебники и учебные пособия, справочная литература, энциклопедии – универсальные и отраслевые, электронная обучающая программа.

Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
Специальные помещения: Учебная аудитория для проведения занятий лекционного и семинарского типа, текущего контроля, промежуточной аттестации.	Аудитория оборудована специализированной учебной мебелью, техническими средствами обучения, служащими для представления информации большой аудитории: Ноутбук(AserAspirev3-5516 (AMDA10-4600M 2300 Mгц)) (1 штука) с неограниченным доступом к сети Интернет, с неограниченным доступом к сети Интернет; Проектор Vivitek, экран ScreenVtdiaEcot-	ОС Windows: DreamSpark Premium, Договор № 03-016-14 от 30.10.2014  Microsoft Office: 0365ProPiusOpenStudents ShrdSvr ALNG subs VL NL I MthAcadmsStdnt w/Faculty (15000 лицензий)  Kaspersky Endpoint Security длябизнеса- стандартный Russian Edition. 1500-2499 Node 1 year

	3200*200MW 1:1, колонки, наборы демонстрационного оборудования и учебно-наглядных пособий, обеспечивающие тематические иллюстрации, соответствующие рабочей программе дисциплины.	Educational License № 1B08170221-054045730177
Специальные помещения: компьютерный класс (учебная аудитория) для групповых и индивидуальных консультаций, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), организации самостоятельной работы, в том числе, научно-исследовательской	Аудитория оборудована специализированной учебной мебелью, техническими средствами обучения: компьютеры (системный блок AMD Athlon 64 X2 DualCore 3600+ 1900 МГц (15 штук), Монитор LGFlatron L1742SE (14 штук), Монитор ViewSonic VG720) с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации.	ОС Windows: DreamSpark Premium, Договор № 03-016-14 от 30.10.2014  Microsoft Office: 0365ProPiusOpenStudents ShrdSvr ALNG subs VL NL I MthAcDmsStdnt w/Faculty (15000 лицензий  Kaspersky Endpoint Security длябизнеса- стандартный Russian Edition. 1500-2499 Node 1 year Educational License № 1B08170221-054045730177

## 6.2. Программное обеспечение:

№	Наименование Программного продукта	Кол-во	Обоснование для пользования ПО	Дата выдачи лицензии	Срок действия права пользования
1.	Microsoft Office Professional Plus 2007 Russian Academic OPEN No Level	12	Номер Лицензии Microsoft 46211164 Гос.контракт № 03-162-09 от 01.12.2009	01.12.2009	бессрочно
2.	Microsoft® Windows® Professional 7 Russian Upgrade Academic OPEN No Level Promo	12	Номер Лицензии Microsoft 46211164 Гос.контракт № 03-162-09 от 01.12.2009	01.12.2009	бессрочно
3.	OpenOffice 4.1.3	Условия правообладателя	Условия использования по ссылке: <a href="https://www.openoffice.org/licenses/PDL.html">https://www.openoffice.org/licenses/PDL.html</a>	Условия правообладателя	бессрочно

## 6.3. Технические и электронные средства:

Методической концепцией преподавания предусмотрено использование технических и электронных средств обучения и контроля знаний студентов: мультимедийные презентации, фрагменты фильмов.

## VII. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

При реализации программы данной дисциплины используются различные образовательные технологии

1.	Разноуровневое обучение	У преподавателя появляется возможность помогать слабому, уделять внимание сильному, реализуется желание сильных
----	-------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------

		учащихся быстрее и глубже продвигаться в образовании. Сильные учащиеся утверждают в своих способностях, слабые получают возможность испытывать учебный успех, повышается уровень мотивации учения.
2.	Проектные методы обучения	Работа по данной методике дает возможность развивать индивидуальные творческие способности учащихся, более осознанно подходить к профессиональному и социальному самоопределению
3.	Исследовательские методы в обучении	Дает возможность учащимся самостоятельно пополнять свои знания, глубоко вникать в изучаемую проблему и предполагать пути ее решения, что важно при формировании мировоззрения. Это важно для определения индивидуальной траектории развития каждого обучающегося
4.	Лекционно-семинарско-зачетная система	Данная система дает возможность сконцентрировать материал в блоки и преподнести его как единое целое, а контроль проводить по предварительной подготовке обучающихся
5.	Информационно-коммуникационные технологии	Изменение и неограниченное обогащение содержания образования, использование интегрированных курсов, доступ в ИНТЕРНЕТ.
6.	Система инновационной оценки «портфолио»	Формирование персонифицированного учета достижений обучающегося как инструмента педагогической поддержки социального самоопределения, определения траектории индивидуального развития личности

#### Наименование тем занятий с использованием активных форм обучения:

№	Тема занятия	Вид занятия	Форма / Методы интерактивного обучения	Кол-во часов
1	Практикум	ПЗ	Спектроскопия ядерного магнитного резонанса. Ядерный квадрупольный резонанс. Ядерно – физические методы. Метод ядерного гамма-резонанса (мессбауровская спектроскопия). Нейтронно-активационный анализ.	16
Итого часов				16

### VIII. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

#### 8.1. Оценочные средства текущего контроля

№ п\п	Вид контроля	Контролируемые темы (разделы)	Компетенции, компоненты которых контролируются
1.	Текущий контроль: устный опрос, решение задач	Спектроскопия ядерного магнитного резонанса.	ПК-4 ПК-5
2.		Ядерный квадрупольный резонанс.	
3.		Ядерно – физические методы.	
4.		Метод ядерного гамма-резонанса (мессбауровская спектроскопия).	
5.		Нейтронно-активационный анализ.	

6.		Акустический ядерный магнитный резонанс.	
7.		Химическая поляризация ядер.	

### Перечень примерных контрольных вопросов и заданий

1. Основные параметры спектров ЯМР на ядрах с магнитным моментом неравным нулю. Установление структуры соединений имеющих эквивалентные и неэквивалентные ядра. Диапазон изменений химических сдвигов различных ядер. Спектроскопия ЯМР в одно и двумерном представлении. *Решение задач*
2. Факторы определяющие основные закономерности изменения спектральных параметров в условиях их неэквивалентности. *Решение задач*
3. Основные закономерности изменения параметров спектров ЭПР. Факторы их определяющие. *Решение задач*
4. Спектроскопия ЯМР C-13, как основной метод установления структуры сложных органических соединений. *Решение задач*
5. Основные закономерности изменения параметров спектров ядерного гамма-резонанса. Факторы определяющие их изменения. *Решение задач*
6. Основные принципы и особенности метода ядерного гамма-резонанса и нейтронно-активационного метода *Решение задач*
7. Особенности и принципиальные возможности химической поляризации ядер и электронов на примере спектров ХПЯ алкилгалогенидов. Принципы анализа спектров ЯМР и ЭПР.
8. Отличительные особенности акустического ядерного магнитного резонанса. Природа резонансного поглощения фононов. Способы наблюдения. Акустические энергетические переходы. Скин-эффект. Однофоновые процессы. Механизм однофоновых процессов. Чувствительность метода. Примеры применения в химии.

### 8.2. Оценочные средства для промежуточной аттестации

1. Причины, определяющие интенсивность сигналов в спектрах ЯМР, ЭПР, ЯКР, Месс-Бауровской спектроскопии.
2. Причины неоднородности электрического потенциала на ядре, уровни энергии и частоты ЯКР.
3. Понятие химического сдвига в спектрах ядерного магнитного резонанса. Единицы измерения. Интегрирование резонансного сигнала. Зависимость резонансной частоты от структуры.
4. Факторы, определяющие протонные химические сдвиги. Магнитная анизотропия. Эффект электрических полей полярных групп.
5. Спектры ЯМР ядер углерода и ядер со значением спина больше  $\frac{1}{2}$ . Спин-гамильтониан зеемановского взаимодействия.
6. Природа сверхтонкого взаимодействия (СТВ). Константы СТВ. Спин-гамильтониан сверхтонкого взаимодействия.
7. Константы расщепления в нулевом поле. Спин-гамильтониан тонкого взаимодействия. Спин-спиновое взаимодействие. Мультиплетность сигналов.
8. Правила интерпретации тонкой структуры спектра. Классификация спин-спиновых взаимодействий. Спин- спиновое взаимодействие и химическое строение.
9. Релаксация ядер. Принципы определения релаксационных характеристик ядер. Связь релаксации ядер с химическим строением молекул органических и неорганических веществ.
- . Спиновые механические и магнитные моменты электрона, связь между ними. Эффект Зеемана. Условие резонанса.

11. Спин-орбитальное взаимодействие и g- фактор. Связь анизотропии g- фактора с геометрией окружения парамагнитного центра.

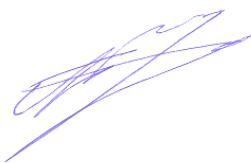
12. Энергия тепловых нейтронов. Время полураспада радиоактивных элементов. Способы активации образца. Блок-схема прибора. Достоинства и недостатки нейтронно-активационного анализа (чувствительность, точность, воспроизводимость),

13. Предел обнаружения элементов. Количественный анализ. Энергия испускаемых гамма-квантов. Доплеровский сдвиг. Энергия отдачи. Доплеровское уширение.

14. Распределение энергии испущенных и поглощенных  $\gamma$  - квантов. Энергия  $\gamma$  - квантов, вызывающая переход в образце. Вероятность переходов и метод ее повышения.

15. Мессбауровский спектр. Химические сдвиги (центровые, центровые). Квадрупольные и магнитные взаимодействия. Применение Мессбауровской спектроскопии для решения химических задач.

### Разработчики:



(подпись)

д.х.н., профессор

(занимаемая должность)

Пройдаков А.Г.

(инициалы, фамилия)

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО и учетом рекомендаций ПООП по направлению подготовки.

Программа рассмотрена на заседании кафедры теоретической и прикладной органической химии и полимеризационных процессов

Протокол № 07 от «13» мая 2022 г.

Зав. кафедрой



Эдельштейн О.А.

*Настоящая программа, не может быть воспроизведена ни в какой форме без предварительного письменного разрешения кафедры-разработчика программы*