

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Пекаревский Борис Владимирович  
Должность: Проректор по учебной и методической работе  
Дата подписания: 10.11.2023 17:44:11  
Уникальный программный ключ:  
3b89716a1076b80b2c167df0f27c09d01782ba84



**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Санкт-Петербургский государственный технологический институт  
(технический университет)»

**УТВЕРЖДАЮ**  
Проректор по учебной и  
методической работе

\_\_\_\_\_ Б.В.Пекаревский  
« 28 » июня 2021 г.

**Рабочая программа дисциплины**  
**ЯМР СПЕКТРОСКОПИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ АЗОТА**

Направление подготовки

**18.05.01– Химическая технология энергонасыщенных материалов и изделий**

Направленность программы специалитета

**№1 Химическая технология органических соединений азота**

Квалификация

**Инженер**

Форма обучения

**Очная**

Факультет **инженерно-технологический**

Кафедра **химии и технологии органических соединений азота**

Санкт-Петербург

2021

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Должность разработчика	Подпись	Учёное звание, Фамилия, инициалы
Профессор		Профессор Трифонов Р.Е.
Старший преподаватель		Павлюкова Ю.Н.

Рабочая программа дисциплины «ЯМР спектроскопия органических соединений азота»  
обсуждена на заседании кафедры химии и технологии органических соединений азота  
протокол от «31» мая 2021 №3

Заведующий кафедрой

А.А.Кирюшкин

Одобрено учебно-методической комиссией инженерно-технологического факультета  
протокол от «24 » июня 2021 № 9

Председатель

А.П. Сула

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель направления подготовки «химическая технология энергонасыщенных материалов и изделий»		Т.В.Украинцева
Директор библиотеки		Т.Н. Старостенко
Начальник методического отдела учебно- методического управления		Т.И. Богданова
Начальник УМУ		С.Н. Денисенко

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы .....	4
2. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы.....	5
3. Объем дисциплины .....	5
4. Содержание дисциплины	
4.1. Разделы дисциплины и виды занятий.....	6
4.2. Занятия лекционного типа.....	6
4.3. Занятия семинарского типа	
4.3.1. Семинары, практические занятия.....	7
4.3.2. Лабораторные занятия.....	7
4.4. Самостоятельная работа.....	7
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине .....	8
6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.....	8
7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины .....	9
8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины .....	9
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.....	10
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине	
10.1. Информационные технологии.....	11
10.2. Программное обеспечение.....	11
10.3. Базы данных и информационные справочные системы.....	11
11. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.....	11
12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья .....	11
Приложения: 1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации...	12

**1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.**

В результате освоения образовательной программы специалитета обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения (дескрипторы)
<p><b>ПК-7</b> Способен прогнозировать взрывчатые свойства индивидуальных и смесевых энергонасыщенных веществ, исследовать структуру и свойства органических соединений азота с использованием современного оборудования и теоретических методов расчёта</p>	<p><b>ПК-7.2</b> Способность устанавливать структуру и количественно исследовать химические превращения органических соединений азота с использованием современных физико-химических методов</p>	<p><b>Знать:</b> основы метода ЯМР спектроскопии (3.7.2.1); <b>Уметь:</b> Прогнозировать и интерпретировать результаты исследований, полученных с использованием ЯМР спектроскопии (У.7.2.1); <b>Владеть:</b> Навыками идентификации структуры органических соединений азота с использованием метода ЯМР спектроскопии (В.7.2.1)</p>

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.

Дисциплина входит в часть, формируемую участниками образовательных отношений Блока Б1, «Дисциплины специализации №1» (Б1.В.10.07) и изучается на 5 курсе в 9 семестре.

В методическом плане дисциплина опирается на элементы компетенций, сформированные при изучении дисциплины «Введение в специальность», «Основы химии энергонасыщенных соединений» и «Современные методы исследования энергонасыщенных веществ и материалов». Полученные в процессе изучения дисциплины «ЯМР спектроскопия органических соединений азота» знания, умения и навыки могут быть использованы при изучении дисциплины «Энергонасыщенные гетероциклические соединения азота», при прохождении производственной практики, а также при выполнении выпускной квалификационной работы.

## 3. Объем дисциплины.

Вид учебной работы	Всего, ЗЕ/академ. часов
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b> (зачетных единиц/ академических часов)	<b>4/144</b>
<b>Контактная работа с преподавателем:</b>	<b>60</b>
занятия лекционного типа	18
занятия семинарского типа, в т.ч.	36
семинары, практические занятия (в том числе практическая подготовка)	36(8)
лабораторные работы (в том числе практическая подготовка)	-
курсовое проектирование (КР или КП)	-
КСР	6
другие виды контактной работы	-
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>57</b>
<b>Форма текущего контроля</b> (Кр, реферат, РГР, эссе)	-
<b>Форма промежуточной аттестации</b> (КР, КП, зачет, экзамен)	<b>Экзамен (27)</b>

#### 4. Содержание дисциплины.

##### 4.1. Разделы дисциплины и виды занятий.

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Занятия лекционного типа, академ. часы	Занятия семинарского типа, академ. часы		Самостоятельная работа, академ. часы	Формируемые компетенции	Формируемые индикаторы
			Семинары и/или практические занятия	Лабораторные работы			
1.	Введение. Физические основы спектроскопии ядерного магнитного резонанса (ЯМР).	3	-	-	8	ПК - 7	ПК-7.2
2.	Устройство и принципы действия спектрометра ЯМР.	3	-	-	10	ПК - 7	ПК-7.2
3.	Основные параметры спектра ЯМР.	4	-	-	12	ПК - 7	ПК-7.2
4.	Расшифровка спектров ЯМР.	4	36	-	15	ПК - 7	ПК-7.2
5.	Применение спектроскопии ЯМР для качественного и количественного анализа.	4	-	-	12	ПК - 7	ПК-7.2

##### 4.2. Занятия лекционного типа.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, академ. часы	Инновационная форма
1	Физические основы явления ядерного магнитного резонанса. Магнитные свойства ядер атомов. Необходимое и достаточное условие ядерного магнитного резонанса. Снятие вырождения спиновых состояний в постоянном магнитном поле.	3	Слайд-презентация
2	Аппаратура и техника спектроскопии ЯМР. Основные принципы действия, базовые характеристики приборов. Растворители, применяемые в ЯМР спектроскопии.	3	Слайд-презентация
3	Основные параметры спектра ЯМР. Химический сдвиг и спин-спиновое расщепление в спектрах ЯМР. Магнитное экранирование и константа экранирования ядра. Относительный химический сдвиг, его определение и использование в химии. Интегральная интенсивность сигнала в спектрах ЯМР.	4	Слайд-презентация
4	Спектры ЯМР на различных ядрах: $^1\text{H}$ , $^{13}\text{C}$ , $\text{N}$ . Взаимосвязь структуры вещества с ЯМР спектром. Характеристики сигнала ЯМР спектра. Расшифровка	4	Слайд-презентация

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
	спектров ЯМР.		
5	Применение спектроскопии ЯМР для качественного и количественного анализа, а также исследования различных физико-химических процессов и механизмов химических реакций.	4	Слайд-презентация

### 4.3. Занятия семинарского типа.

#### 4.3.1. Семинары, практические занятия.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы		Примечания
		всего	в том числе на практическую подготовку	
4	Идентификация структуры вещества методом ЯМР-спектроскопии: подходы к расшифровке спектров. Идентификация структуры органического соединения азота методами ПМР-спектроскопии.	36	8	Устный опрос письменный отчет

#### 4.3.2. Лабораторные работы

Лабораторные занятия не предусмотрены

#### 4.4. Самостоятельная работа обучающихся.

№ раздела дисциплины	Тема самостоятельной работы	Объем, акад. часы	Форма контроля
1	Протонный магнитный резонанс. Метод двойного резонанса. Техника и методика эксперимента. Структурный анализ. Конформации насыщенных и ароматических азотистых гетероциклов. Инверсия гетероциклов и атомов азота; хиральность органических соединений азота. Конформации ароматических нитросоединений. Влияние эффектов сопряжения, внутри- и межмолекулярных водородных связей на конформацию.	8	Устный опрос Слайд-презентация
2	Устройство и принципы действия спектрометра ЯМР.	10	Устный опрос Слайд-презентация

3	Основные параметры спектра ЯМР. Химический сдвиг и спин-спиновое расщепление в спектрах ЯМР. Магнитное экранирование и константа экранирования ядра. Относительный химический сдвиг, его определение и использование в химии. Интегральная интенсивность сигнала в спектрах ЯМР.	12	Устный опрос Слайд-презентация
4	Спектры ЯМР на различных ядрах: $^1\text{H}$ , $^{13}\text{C}$ , N. Взаимосвязь структуры вещества с ЯМР спектром. Характеристики сигнала ЯМР спектра. Расшифровка спектров ЯМР.	15	Устный опрос Слайд-презентация
5	Применение спектров ЯМР в химии. Сравнение метода ЯМР с другими методами, его достоинства и ограничения. Области применения	12	Устный опрос Слайд-презентация

### 5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.

Методические указания для обучающихся по организации самостоятельной работы по дисциплине, включая перечень тем самостоятельной работы, формы текущего контроля по дисциплине и требования к их выполнению размещены в электронной информационно-образовательной среде СПбГТИ(ТУ) на сайте: <http://media.technolog.edu.ru>.

При чтении лекций используются материалы, представляемые в виде презентаций, с применением ресурса PowerPoint, включая анимационные режимы. Демонстрация - с помощью мультимедийного проектора, а также белой доски. В процессе обучения используются информационные материалы ведущих мировых производителей оборудования для производств малотоннажных химических продуктов.

В качестве учебных пособий для демонстрации условий применения аналитических методов на производстве может быть использован кафедральный стенд, моделирующий стадию нитрования ароматических субстратов серно-азотной нитрующей смесью, а также различные типы емкостных реакторов, моделей перемешивающих устройств, средства автоматического контроля. Для демонстрации работы микрореактора используются ресурсы кафедры оптимизации химических и биотехнологических производств СПбГТИ(ТУ).

### 6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.

Современное выполнение обучающимся мероприятий текущего контроля позволяет превысить пороговый уровень освоения предусмотренных элементов компетенций. Результаты дисциплины считаются достигнутыми, если для всех элементов компетенций превышен пороговый уровень освоения компетенции на данном этапе.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме экзамена.

Экзамен предусматривают выборочную проверку освоения предусмотренных элементов компетенций и комплектуются 3 вопросами.

При сдаче экзамена, студент получает три вопроса из перечня вопросов, время подготовки студента к устному ответу - до 45 мин.

Пример варианта вопросов на экзамене:

Вариант № 1
1. Физические основы метода ЯМР. Магнитные свойства ядер. Магнитное экранирование

и химический сдвиг. Спин-спиновое взаимодействие.

2. Аппаратура и техника спектроскопии ЯМР. Основные принципы действия, базовые характеристики приборов.

3. Применение спектроскопии ЯМР для качественного и количественного анализа, а также исследования различных физико-химических процессов и механизмов химических реакций.

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в Приложении № 1

Результаты освоения дисциплины считаются достигнутыми, если для всех элементов компетенций достигнут пороговый уровень освоения компетенции на данном этапе – оценка «удовлетворительно».

### **7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.**

#### **а) печатные издания:**

1. Островский, В.А. Спектроскопия ядерного магнитного резонанса в химии органических азотсодержащих соединений. 1. Основы метода, интерпретация спектров <sup>1</sup>H ЯМР: Метод. Указания / В.А. Островский, Р.Е. Трифонов. СПбГТИ(ТУ). Каф. хим. технологии орг. соед. азота. – СПб., 2011. – 27 с.

2. Пентин, Ю.А. Физические методы исследования в химии / Ю.А. Пентин, Л.В. Вилков. - М.: Мир, ООО «Издательство АСТ», 2003. – 683 с.

3. Лебедев, А.Т. Масс-спектрометрия в органической химии / А.Т. Лебедев. - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2003. - 493 с.

4. Спектроскопия ядерного магнитного резонанса для химиков: Учебник для химических спец. Вузов / Ю.М. Воловенко [и др.]; - М.: ICSPF PRESS, 2011. – 694 с.

5. Казицина, Л.А. Применение УФ-, ИК- и ЯМР-спектроскопии в органической химии. / Л.А. Казицина, Н.Б. Куплетская. – М.: Высшая школа, 1971. – 264 с.

#### **б) электронные учебные издания**

### **8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.**

Для расширения знаний по дисциплине рекомендуется использовать интернет-ресурсы:

проводить поиск в системах: Scirus.com. SciFinder, Reaxys.

Государственная публичная научно-техническая библиотека. <http://www.gpntb.ru/>;

Учебный план РПД и учебно-методический материал; <http://media.technolog.edu.ru>

«Электронный читальный зал – БиблиоТех» <https://technolog.bibliotech.ru/>;

Федеральный портал «Российское образование» <http://www.edu.ru/>

Федеральное хранилище «Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов» <http://school-collection.edu.ru/>

«Лань» <https://e.lanbook.com/books/>. ООО «Издательство «Лань».

«Научно-электронная библиотека eLibrary.ru». <http://elibrary.ru>. Государственная публичная научно-техническая библиотека. <http://www.gpntb.ru/>;

### **9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.**

Дисциплина обеспечена необходимой литературой и учебными пособиями. При чтении лекций используются презентации, слайды рисунки и схемы, представляемые с помощью мультимедийного проектора.

Лекционные, практические и лабораторные занятия проводятся в специализированных аудиториях и лабораториях. Лекционная аудитория оснащена мультимедийной системой с комплектом презентаций и видеofilmов.

Практические занятия проводятся в специализированной аудитории, снабженной персональными компьютерами, программным обеспечением для выполнения обработки экспериментальных данных.

Рабочей программой дисциплины предусмотрена самостоятельная работа студентов. Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

- чтение студентами рекомендованной литературы и усвоение теоретического материала дисциплины;
- подготовку к лабораторным и практическим занятиям;
- работу с интернет-источниками;
- посещение научных семинаров и конференций, проводимых в Санкт-Петербурге;
- подготовку к сдаче зачётов и экзаменов.

Планирование времени на самостоятельную работу, необходимого на изучение настоящей дисциплины, студентам лучше всего осуществлять на весь семестр, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал, пройденный на семинарских занятиях, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников, представленных в «Рабочей программе». По каждой из тем для самостоятельного изучения, приведенных в «Рабочей программе» дисциплины следует сначала прочитать рекомендованную литературу и при необходимости составить краткий конспект основных положений, терминов, сведений, требующих запоминания и являющихся основополагающими в этой теме и для освоения последующих разделов курса.

Все виды занятий по дисциплине преподаватели должны проводить в соответствии с требованиями следующих СТП:

СТП СПбГТИ 016-2015 КС УКДВ. Порядок проведения зачетов и экзаменов.

СТП СПб ГТИ 018-2014. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Практические и семинарские занятия. Общие требования к организации и проведению.

СТП СПб ГТИ 040-2002. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Лекция. Общие требования. Утв. Ректором 17.05.2002;

СТП СПбГТИ 048-2009. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Самостоятельная планируемая работа студентов. Общие требования к организации и проведению. Утв. Ректором 11.12.2009;

Планирование времени, необходимого для изучения данной дисциплины, лучше всего осуществлять на весь семестр, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала.

Основными условиями правильной организации учебного процесса для студентов является: плановость в организации учебной работы; серьезное отношение к изучению материала; постоянный самоконтроль.

На занятия студентов должен приходить, имея багаж знаний и вопросов по уже изученному материалу.

С целью более эффективного усвоения студентами материала данной дисциплины рекомендуется при проведении занятий использовать мультимедийные ресурсы, а также ресурсы сети интернет.

Устный опрос проводится с целью определения качества усвоения лекционного материала.

На контрольных мероприятиях студентам предлагается ответить на 3 вопроса по материалам учебной дисциплины. Оценка проставляется в зачетную книжку.

## **10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.**

### **10.1. Информационные технологии.**

В учебном процессе по данной дисциплине предусмотрено использование информационных технологий

- чтение лекций с использованием слайд-презентаций
- взаимодействие с обучающимися посредством ЭИОС
- информационные справочные системы Scirus.com. SciFinder, Reaxys

Для расширения знаний по теме обучения рекомендуется использовать Интернет-ресурсы: проводить поиск в различных системах, таких как, [www.yandex.ru](http://www.yandex.ru), [www.google.ru](http://www.google.ru) и других, и использовать материалы Интернет-ресурсов профильных организаций, рекомендованных преподавателем.

Возможна сдача электронного варианта отчетов, рефератов, литературных обзоров и др. по электронной почте, обмен информацией по социальным сетям.

### **10.2. Программное обеспечение.**

Пакеты прикладных программ стандартного набора (MicrosoftOffice). (Microsoft Excel; Microsoft Word; Microsoft PowerPoint).

Проводить поиск в системах: Scirus.com. SciFinder, Reaxys.

### **10.3. Базы данных и информационные справочные системы.**

- Электронно-библиотечные системы, предлагаемые библиотекой СПбГТИ(ТУ).
- Справочно-поисковая система «Консультант-Плюс»,
- «Электронный читальный зал – БиблиоТех» <https://technolog.bibliotech.ru/>;
- Федеральный портал «Российское образование» <http://www.edu.ru/>
- Федеральное хранилище «Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов» <http://school-collection.edu.ru/>
- «Лань» <https://e.lanbook.com/books/>. ООО «Издательство «Лань».
- «Научно-электронная библиотека eLibrary.ru». <http://elibrary.ru>. Наименование организации – ООО РУНЭБ.

## **11. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.**

- Для ведения лекционных и практических занятий используется аудитория, оборудованная средствами оргтехники на 50 посадочных мест.

- Для проведения лабораторных занятий используется синтетический практикум, рассчитанный на 30 рабочих мест, оборудованный для проведения химических синтезов.

Кафедра оснащена необходимым научно-исследовательским оборудованием, измерительными и вычислительными комплексами и другим материально-техническим обеспечением, необходимым для полноценного прохождения учебного процесса.

## **12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья.**

Для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями учебные процесс осуществляется в соответствии с Положением об организации учебного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья СПбГТИ(ТУ), утвержденным ректором 28.08.2014 г.

**Фонд оценочных средств  
для проведения промежуточной аттестации по  
дисциплине «ЯМР спектроскопия органических соединений азота»**

**1. Перечень компетенций и этапов их формирования.**

Индекс компетенции	Содержание	Этап формирования
ПК-7	<b>Способен прогнозировать взрывчатые свойства индивидуальных и смесевых энергонасыщенных веществ, исследовать структуру и свойства органических соединений азота с использованием современного оборудования и теоретических методов расчёта</b>	промежуточный

## 2. Показатели и критерии оценивания компетенций на различных этапах их формирования, шкала оценивания

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
<b>ПК-7.2</b> Способность устанавливать структуру и количественно исследовать химические превращения органических соединений азота с использованием современных физико-химических методов	<b>Называет</b> физические основы метода ЯМР спектроскопии (З.7.2.1);	Правильные ответы на вопросы №1,2, 6,8,9,19-21 к экзамену	Перечисляет физические основы метода ЯМР спектроскопии с ошибками	Перечисляет физические основы метода ЯМР спектроскопии без ошибок, но путается в обозначениях	Быстро и правильно перечисляет физические основы метода ЯМР спектроскопии.
	<b>Сопоставляет и делает выводы</b> по прогнозу и интерпретации результатов исследований, полученных с использованием ЯМР спектроскопии (У.7.2.1);	Правильные ответы на вопросы №3-5, 7,10,15-18,22 к экзамену	Интерпретирует ЯМР спектры подсказками преподавателя.	Демонстрирует с ошибками анализ спектральных исследований, полученных с использованием ЯМР спектроскопии	Чётко формулирует выводы по прогнозу и интерпретации результатов исследований, полученных с использованием ЯМР спектроскопии
	<b>Демонстрирует</b> Навыки идентификации структуры органических соединений азота с использованием метода ЯМР спектроскопии (В.7.2.1).	Правильные ответы на вопросы №11-14, 23 к экзамену	Идентифицирует с ошибками структуру органических соединений азота с использованием метода ЯМР спектроскопии	Без ошибок, но путанно идентифицирует структуру органических соединений азота с использованием метода ЯМР спектроскопии	Правильно и в дефиците времени идентифицирует структуру органических соединений азота с использованием метода ЯМР спектроскопии

### **3. Типовые контрольные задания для проведения промежуточной аттестации Вопросы для оценки знаний, умений и навыков, сформированных у студента по компетенции ПК-7:**

1. Физические основы метода ЯМР. Магнитные свойства ядер. Магнитное экранирование и химический сдвиг. Спин-спиновое взаимодействие.
2. Аппаратура и техника спектроскопии ЯМР. Основные принципы действия, базовые характеристики приборов.
3. Спектры ЯМР на различных ядрах:  $^1\text{H}$ ,  $^{13}\text{C}$ , N. Взаимосвязь структуры вещества с ЯМР спектром. Характеристики сигнала ЯМР спектра.
4. Применение спектроскопии ЯМР для качественного и количественного анализа, а также исследования различных физико-химических процессов и механизмов химических реакций.
5. Область применения спектроскопии ЯМР в химии органических азотсодержащих соединений.
6. Принцип и физические основы метода ЯМР.
7. Устройство спектрометров ЯМР.
8. Растворители, применяемые в спектроскопии ЯМР
9. Эталоны (стандарты), применяемые в спектроскопии ЯМР
10. Химический сдвиг, единица измерения химического сдвига; влияние электронных свойств «соседних» функциональных групп на величину химического сдвига. Сдвиг в «слабое» и в «сильное».
11. Правила для вычисления значений химических сдвигов для синглетов, мультиплетов с четным (дублет, квартет и т.д.) и нечетным (триплет, квинтет и т.д.) числом компонент.
12. Спин-спиновое взаимодействие. Природа усложнения спектра в результате спин-спинового взаимодействия, мультиплетность, определение числа компонент при помощи векторных диаграмм, правило мультиплетности.
13. Константа спин-спинового взаимодействия (КССВ), КССВ как характеристика химической связи между группами, содержащими магнитно- эквивалентные протоны.
14. Интегральная интенсивность сигналов а спектре ЯМР; применение спектроскопии ЯМР для количественного определения состава многокомпонентных смесей органических соединений азота, анализ соотношения региоизомеров в азотсодержащих гетероциклических соединениях.
15. Теоретический спектр и его применение для интерпретации спектров ЯМР.
16. Особенности спектров ЯМР соединений, содержащих ароматические кольца.
17. Особенности спектров ЯМР, содержащих группы NH, OH.
18. Подготовка образцов и измерение спектров ЯМР.
19. Необходимое и достаточное условие ядерного магнитного резонанса.
20. Снятие вырождения спиновых состояний в постоянном магнитном поле.
21. Конформации ароматических нитросоединений. Влияние эффектов сопряжения, внутри- и межмолекулярных водородных связей на конформацию.
22. Спектры ЯМР на различных ядрах:  $^1\text{H}$ ,  $^{13}\text{C}$ , N. Взаимосвязь структуры вещества с ЯМР спектром.
23. Характеристики сигнала ЯМР спектра. Расшифровка спектров ЯМР.

### **4. Методические материалы для определения процедур оценивания знаний, умений и навыков, характеризующих этапы формирования компетенций.**

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в соответствии с требованиями СПб ГТИ(ТУ) 016-2015. КС УКДВ Порядок проведения зачетов и экзаменов.

По дисциплине промежуточная аттестация проводится в форме экзамена.

Шкала оценивания на экзамене балльная («отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно»).