

Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
КАЗАНСКИЙ (ПРИВОЛЖСКИЙ) ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по образовательной деятельности

Тагорский Д.А.



« 16 »

сентября

20

15 г.



Программа дисциплины

Б1.В.ДВ.3.1 Ядерный магнитный резонанс в биомедицинских приложениях

Направление подготовки:

12.03.04 - Биотехнические системы и технологии

Профиль подготовки:

—

Квалификация выпускника:

бакалавр

1. КРАТКАЯ АННОТАЦИЯ

В рамках курса обсуждены наиболее важные спектральные параметры, составляющие необходимый минимум для освоения курсов по спектроскопии ЯМР; рассмотрено теоретическое введение к решению задач по спектроскопии ЯМР. Цель освоения дисциплины «Ядерный магнитный резонанс в биомедицинских приложениях» состоит в том, чтобы обучающиеся владели физическими основами и современными методическими приемами в спектроскопии ядерного магнитного резонанса (ЯМР) в изучении структуры органических и биоорганических соединений с использованием ЯМР.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В СТРУКТУРЕ ОПОП

Данная учебная дисциплина включена в раздел "Б1.В.ДВ.3.1 Дисциплины (модули)" основной образовательной программы 12.03.04 Биотехнические системы и технологии и относится к вариативной части, является предметом по выбору. Осваивается на 3 курсе, 6 семестр.

Курс «Ядерный магнитный резонанс в биомедицинских приложениях» логически увязан со всеми дисциплинами указанного цикла. Успешное усвоение данного курса требует знаний физики и математики в рамках программ, изучаемых в университете. Теоретическая составляющая курса дополняется практическими занятиями, полученными в лаборатории ЯМР Института физики. Для успешного освоения курса обучающемуся необходимо владеть элементарными знаниями в области статистической обработки результатов, владеть практическими навыками выполнения физического эксперимента.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

Обучающийся, завершивший изучение дисциплины, должен знать:

- основные принципы ЯМР спектроскопии, их математическое описание;

уметь:

- использовать при работе справочную и учебную литературу и другие необходимые источники информации;

владеть:

- знаниями о современных методических приемах в ЯМР спектроскопии, о методах наблюдения ЯМР сигналов, равно как и о методах обработки и анализа результатов эксперимента;

демонстрировать способность и готовность:

- применять полученные знания на практике;

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ПК-2 (профессиональные компетенции)	готовность к участию в проведении медико-биологических, экологических и научно-технических исследований с применением технических средств, информационных технологий и методов обработки результатов

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

4.1. Распределение трудоёмкости дисциплины (в часах) по видам нагрузки обучающегося и по разделам дисциплины

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 4 зачетных(ые) единиц(ы) 144 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины: экзамен в 6 семестре.

	Раздел дисциплины	Семестр	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Самостоятельная работа
1.	Физические основы спектроскопии ЯМР высокого разрешения.	6	2	6	0	4
2.	Параметры спектров ЯМР.	6	2	6	0	4
3.	Химические сдвиги ЯМР ^1H и ^{13}C в органических соединениях.	6	2	6	0	4
4.	Спин-спиновое взаимодействие и строение органических соединений.	6	4	8	0	6
5.	Динамическая спектроскопия ЯМР.	6	2	6	0	4
6.	Эксперименты двойного резонанса.	6	2	6	0	4
7.	Одномерные эксперименты ЯМР с использованием сложных импульсных последовательностей.	6	2	6	0	4
8.	Двумерная (2D) спектроскопия ЯМР.	6	2	10	0	6
	Итоговая форма контроля	6	0	0	0	36
	Итого		18	54	0	72

4.2 Содержание дисциплины

Тема 1. Физические основы спектроскопии ЯМР высокого разрешения.

История открытия. Угловой момент количества движения ядер. Ядра в статическом магнитном поле. Энергия ядер в магнитном поле. Населенности энергетических уровней. Макроскопическое намагничивание. Основные принципы эксперимента ЯМР. СВ-спектрометр. Импульсный метод ЯМР. Классическое описание импульсного эксперимента. Релаксация. Фазовая когерентность. Фурье-преобразование. Накопление спектра. Импульсный спектрометр ЯМР.

Тема 2. Параметры спектров ЯМР.

Определение химического сдвига. Спин-спиновое взаимодействие. Спиновая система AX. Спиновая система AX₂. Спиновые системы AX_n. Правила мультиплетности. Спиновая система AMX. Спиновые системы An. Правила интерпретации сверхтонкой структуры в спектрах ЯМР. Порядок спектра. Номенклатура спиновых систем. Спиновая система АВ. Системы AX → АВ → A₂. Трехспиновые системы. Трехспиновая система АВХ. Четырехспиновые системы. Спиновые системы A₂X₂ и A₂B₂. Спиновые системы AA'XX' и AA'BB'. Спин-спиновое взаимодействие протонов с другими ядрами. Интенсивности спектров ЯМР ^1H . Интенсивности сигналов ЯМР ^{13}C .

Тема 3. Химические сдвиги ЯМР ^1H и ^{13}C в органических соединениях.

Влияние зарядовой плотности на экранирование. Эффекты соседних групп. Магнитно-анизотропные эффекты соседних групп. Эффекты кольцевого тока. Эффекты электрического поля. Межмолекулярные взаимодействия: водородная связь и эффекты растворителей. Изотопные эффекты. Химические сдвиги ^1H некоторых органических соединений. Алканы и циклоалканы. Алкены. Арены. Алкины. Альдегиды. Химические сдвиги протонов OH, SH и NH групп. Химические сдвиги ^{13}C некоторых групп органических соединений. Алканы и

циклоалканы. Алкены. Арены. Алкины. Аллены. Альдегиды и кетоны. Карбоновые кислоты. Спектры ЯМР и молекулярная структура соединений. Эквивалентность, симметрия и хиральность.

Тема 4. Спин-спиновое взаимодействие и строение органических соединений.

Геминальные константы спин-спинового взаимодействия. Вицинальные константы спин-спинового взаимодействия. Зависимость вицинальной константы от двугранного угла. Эффекты заместителей. Константы ЗЖН в ароматических соединениях. Дальние константы спин-спинового взаимодействия. Прямые константы спин-спинового взаимодействия.

Тема 5. Динамическая спектроскопия ЯМР.

Общие положения. Параметры активации. Оценка предельных ошибок. Практическое применение динамической спектроскопии ЯМР. Вращение вокруг одинарных связей С-С. Вращение вокруг частично двойных связей. Вращение вокруг двойных связей С=С. Инверсия атомов азота и фосфора. Инверсия циклов. Валентная таутомерия.

Тема 6. Эксперименты двойного резонанса.

"Развязывание спина" в спектроскопии ЯМР ^1H . Подавление сигнала растворителя. "Развязывание спинов" в спектроскопии ЯМР ^{13}C . Частичная развязка от протонов. " ^1H - off-resonance". "Развязка с исключением" (Gated Decoupling). "Обратная развязка с исключением" (Inverse Gated Decoupling). Ядерный эффект Оверхаузера. Факторы увеличения интенсивностей сигналов ЯМР. Применение ЯЭО в органической химии. Экспериментальные аспекты ЯЭО.

Тема 7. Одномерные эксперименты ЯМР с использованием сложных импульсных последовательностей.

J-Модулированные эксперименты "спин-эхо". Эксперимент с селективным обращением населенностей (SPI). Эксперименты с нечувствительными ядрами, "усиленными" переносом поляризации (INEPT). Эксперимент по неискаженному усилению переноса поляризации (DEPT). Одномерный эксперимент INADEQUATE.

Тема 8. Двумерная (2D) спектроскопия ЯМР.

Гетероядерная 2D-J, δ -спектроскопия ЯМР ^{13}C . Гомоядерная (^1H , ^1H) 2D -корреляционная спектроскопия (COSY) ЯМР. Гетероядерная (^{13}C , ^1H) 2D-корреляционная спектроскопия (HETCOR) ЯМР. Двумерная ЯМР (^1H , ^1H) спектроскопия (NOESY).

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

- Чтение лекций, в том числе, с использованием мультимедийных средств.
- Выполнение практических заданий и подготовка отчета по ним.
- Подготовка к контрольным работам.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

Вопросы на практических занятиях, темы отчетов по практическим заданиям, вопросы к контрольным работам

Тема 1. Физические основы спектроскопии ЯМР высокого разрешения.

устный опрос, примерные вопросы:

1. История открытия ЯМР.
2. Угловой момент количества движения ядер. Ядра в статическом магнитном поле. Энергия ядер в магнитном поле. Населенности энергетических уровней.
3. Макроскопическое намагничивание.
4. Основные принципы эксперимента ЯМР.

5. СВ-спектрометр.
6. Импульсный метод ЯМР. Классическое описание импульсного эксперимента.
7. Ядерная релаксация.
8. Фазовая когерентность. Фурье-преобразование. Накопление спектра.
9. Импульсный спектрометр ЯМР.

Тема 2. Параметры спектров ЯМР.

устный опрос, примерные вопросы:

1. Определение химического сдвига.
2. Спин-спиновое взаимодействие.
3. Спиновая система AX.
4. Спиновая система AX₂.
5. Спиновые системы AX_n.
6. Правила мультиплетности.
7. Спиновая система AMX.
8. Спиновые системы A_n.
9. Правила интерпретации сверхтонкой структуры в спектрах ЯМР. Порядок спектра.
10. Номенклатура спиновых систем.
11. Спиновая система АВ.
12. Системы AX → АВ → A₂.
13. Трехспиновые системы. Трехспиновая система АВХ.
14. Четырехспиновые системы. Спиновые системы A₂X₂ и A₂B₂. Спиновые системы AA'XX' и AA'BB'.
15. Спин-спиновое взаимодействие протонов с другими ядрами.
16. Интенсивности спектров ЯМР ¹H. Интенсивности сигналов ЯМР ¹³C.

Тема 3. Химические сдвиги ЯМР ¹H и ¹³C в органических соединениях.

устный опрос, примерные вопросы:

1. Влияние зарядовой плотности на экранирование. Эффекты соседних групп.
2. Магнитно-анизотропные эффекты соседних групп. Эффекты кольцевого тока.
3. Эффекты электрического поля.
4. Межмолекулярные взаимодействия: водородная связь и эффекты растворителей.
5. Изотопные эффекты.
6. Химические сдвиги ¹H некоторых органических соединений. Алканы и циклоалканы. Алкены.
7. Химические сдвиги ¹H некоторых органических соединений. Арены. Алкины. Альдегиды.
8. Химические сдвиги протонов OH, SH и NH групп.
9. Химические сдвиги ¹³C некоторых групп органических соединений. Алканы и циклоалканы. Алкены.
10. Химические сдвиги ¹³C некоторых групп органических соединений. Алены. Алкины. Аллены.
11. Химические сдвиги ¹³C некоторых групп органических соединений. Альдегиды и кетоны. Карбоновые кислоты.
12. Спектры ЯМР и молекулярная структура соединений.
13. Эквивалентность, симметрия и хиральность.

Практическое задание «П1», темы отчетов:

Запись спектров ЯМР соединений, в которых проявляются:

1. Влияние зарядовой плотности на экранирование.
2. Эффекты соседних групп.

3. Магнитно-анизотропные эффекты соседних групп.
4. Эффекты кольцевого тока.
5. Эффекты электрического поля.

Тема 4. Спин-спиновое взаимодействие и строение органических соединений.

контрольная работа «К1», примерные вопросы:

1. Геминальные константы спин-спинового взаимодействия.
2. Вицинальные константы спин-спинового взаимодействия. Зависимость вицинальной константы от двугранного угла.
3. Эффекты заместителей.
4. Константы ЗНН в ароматических соединениях.
5. Дальние константы спин-спинового взаимодействия.
6. Прямые константы спин-спинового взаимодействия.

Тема 5. Динамическая спектроскопия ЯМР.

устный опрос, примерные вопросы:

1. Динамическая спектроскопия ЯМР: общие положения.
2. Параметры активации.
3. Оценка предельных ошибок.
4. Практическое применение динамической спектроскопии ЯМР.
5. Вращение вокруг одинарных связей С-С.
6. Вращение вокруг частично двойных связей.
7. Вращение вокруг двойных связей С=С.
8. Инверсия атомов азота и фосфора. Инверсия циклов.
9. Валентная таутомерия.

Практическое задание «П2», темы отчетов:

Эксперименты по определению параметров активации и оценки предельных ошибок для процессов:

1. Вращение вокруг одинарных связей С-С.
2. Вращение вокруг частично двойных связей.
3. Вращение вокруг двойных связей С=С.
4. Инверсия атомов азота и фосфора.
5. Инверсия циклов.
6. Валентная таутомерия.

Тема 6. Эксперименты двойного резонанса.

устный опрос, примерные вопросы:

1. «Развязывание спина» в спектроскопии ЯМР ^1H . Подавление сигнала растворителя.
2. "Развязывание спинов" в спектроскопии ЯМР ^{13}C . Частичная развязка от протонов.
3. " ^1H - off-resonance". "Развязка с выключением" (Gated Decoupling). "Обратная развязка с выключением" (Inverse Gated Decoupling).
4. Ядерный эффект Оверхаузера.
5. Факторы увеличения интенсивностей сигналов ЯМР.
6. Применение ЯЭО в органической химии. Экспериментальные аспекты ЯЭО.

Тема 7. Одномерные эксперименты ЯМР с использованием сложных импульсных последовательностей.

устный опрос, примерные вопросы:

1. J-Модулированные эксперименты "спин-эхо".
2. Эксперимент с селективным обращением населенностей (SPI).
3. Эксперименты с нечувствительными ядрами, "усиленными" переносом поляризации (INEPT).
4. Эксперимент по неискаженному усилению переноса поляризации (DEPT).
5. Одномерный эксперимент INADEQUATE.

Практическое задание «ПЗ», темы отчетов:

Проведение ЯМР экспериментов:

1. Развязывание спина" в спектроскопии ЯМР ^1H .
2. Подавление сигнала растворителя.
3. "Развязывание спинов" в спектроскопии ЯМР ^{13}C .
4. Частичная развязка от протонов." ^1H - off-resonance".
5. "Развязка с выключением" (Gated Decoupling).
6. "Обратная развязка с выключением" (Inverse Gated Decoupling).

Тема 8. Двумерная (2D) спектроскопия ЯМР.

контрольная работа «К2», примерные вопросы:

1. Гетероядерная 2D-J, δ -спектроскопия ЯМР ^{13}C .
2. Гомоядерная (^1H , ^1H) 2D-корреляционная спектроскопия (COSY) ЯМР.
3. Гетероядерная (^{13}C , ^1H) 2D-корреляционная спектроскопия (HETCOR) ЯМР.
4. Двумерная ЯМР (^1H , ^1H) спектроскопия (NOESY).

7. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

7.1. Регламент дисциплины

Суммарно по дисциплине можно получить максимум 100 баллов, из них текущий контроль в течение семестра оценивается в 50 баллов, экзамен - в 50 баллов.

Баллы за работу в течение семестра распределяются следующим образом:

30 баллов – выполнение практических заданий «П1», «П2», «П3», написание отчетов.

20 баллов – контрольные работы «К1» и «К2».

Итого:

30+20=50 баллов.

7.2. Оценочные средства текущего контроля

Отчеты по итогам выполнения практических заданий

Тема 3. Химические сдвиги ЯМР ^1H и ^{13}C в органических соединениях.

Практическое задание «П1», темы отчетов:

Запись спектров ЯМР соединений, в которых проявляются:

1. Влияние зарядовой плотности на экранирование.
2. Эффекты соседних групп.
3. Магнитно-анизотропные эффекты соседних групп.
4. Эффекты кольцевого тока.
5. Эффекты электрического поля.

Тема 5. Динамическая спектроскопия ЯМР.

Практическое задание «П2», темы отчетов:

Эксперименты по определению параметров активации и оценки предельных ошибок для процессов:

1. Вращение вокруг одинарных связей С-С.
2. Вращение вокруг частично двойных связей.
3. Вращение вокруг двойных связей С=С.
4. Инверсия атомов азота и фосфора.
5. Инверсия циклов.
6. Валентная таутомерия.

Тема 7. Одномерные эксперименты ЯМР с использованием сложных импульсных последовательностей.

Практическое задание «ПЗ», темы отчетов:

Проведение ЯМР экспериментов:

1. Развязывание спина" в спектроскопии ЯМР ^1H .
2. Подавление сигнала растворителя.
3. "Развязывание спинов" в спектроскопии ЯМР ^{13}C .
4. Частичная развязка от протонов." ^1H - off-resonance".
5. "Развязка с выключением" (Gated Decoupling).
6. "Обратная развязка с выключением" (Inverse Gated Decoupling).

Контрольные работы

Тема 4. Спин-спиновое взаимодействие и строение органических соединений.

контрольная работа «К1», примерные вопросы:

1. Геминальные константы спин-спинового взаимодействия.
2. Вицинальные константы спин-спинового взаимодействия. Зависимость вицинальной константы от двугранного угла.
3. Эффекты заместителей.
4. Константы $^3\text{J}_{\text{HH}}$ в ароматических соединениях.
5. Дальние константы спин-спинового взаимодействия.
6. Прямые константы спин-спинового взаимодействия.

Тема 8. Двумерная (2D) спектроскопия ЯМР.

контрольная работа «К2», примерные вопросы:

5. Гетероядерная 2D-J, δ -спектроскопия ЯМР ^{13}C .
6. Гомоядерная (^1H , ^1H) 2D-корреляционная спектроскопия (COSY) ЯМР.
7. Гетероядерная (^{13}C , ^1H) 2D-корреляционная спектроскопия (HETCOR) ЯМР.
8. Двумерная ЯМР (^1H , ^1H) спектроскопия (NOESY).

7.3. Вопросы к экзамену

Примерные вопросы к экзамену:

БИЛЕТ N 1

1. История открытия. Угловой момент количества движения ядер. Ядра в статическом магнитном поле. Энергия ядер в магнитном поле.
2. Влияние зарядовой плотности на экранирование. Эффекты соседних групп.
3. Введение в динамическую спектроскопию ЯМР. Общие положения. Параметры активации. Оценка предельных ошибок.

БИЛЕТ N 2

1. Населенности энергетических уровней. Макроскопическое намагничивание. Основные принципы эксперимента ЯМР. СВ-спектрометр.

2. Магнитно-анизотропные эффекты соседних групп. Эффекты кольцевого тока.

3. Практическое применение динамической спектроскопии ЯМР. Вращение вокруг одинарных связей С-С.

БИЛЕТ N 3

1. Импульсный метод ЯМР. Классическое описание импульсного эксперимента.

2. Эффекты электрического поля.

3. Вращение вокруг частично двойных связей. Вращение вокруг двойных связей С=C.

БИЛЕТ N 4

1. Релаксация. Фазовая когерентность.

2. Межмолекулярные взаимодействия: водородная связь и эффекты растворителей.

3. Инверсия атомов азота и фосфора. Инверсия циклов. Валентная таутомерия.

БИЛЕТ N 5

1. Определение химического сдвига.

2. Изотопные эффекты.

3. "Развязывание спина" в спектроскопии ЯМР ¹H. Подавление сигнала растворителя.

БИЛЕТ N 6

1. Спин-спиновое взаимодействие. Спиновая система AX. Спиновая система AX₂.

2. Химические сдвиги ¹H некоторых органических соединений. Алканы и циклоалканы.

3. "Развязывание спинов" в спектроскопии ЯМР ¹³C. Частичная развязка от протонов. "1H - off-resonance".

БИЛЕТ N 7

1. Спин-спиновое взаимодействие. Спиновые системы AX_n. Правила мультиплетности. Спиновая система AMX. Спиновые системы A_n.

2. Химические сдвиги ¹H некоторых органических соединений. Алкены. Арены.

3. "Развязка с исключением" (Gated Decoupling). "Обратная развязка с исключением" (Inverse Gated Decoupling).

БИЛЕТ N 8

1. Спин-спиновое взаимодействие. Правила мультиплетности.

2. Химические сдвиги ¹H некоторых органических соединений. Алкины. Альдегиды.

3. Ядерный эффект Оверхаузера. Применение ЯЭО в органической химии. Экспериментальные аспекты ЯЭО.

БИЛЕТ N 9

1. Номенклатура спиновых систем. Спиновая система АВ. Системы AX → АВ → A₂. 2. Химические сдвиги протонов ОН, SH и NH групп.

3. Геминальные константы спин-спинового взаимодействия.

БИЛЕТ N 10

1. Трехспиновые системы. Трехспиновая система АВХ.

2. Химические сдвиги ¹³C некоторых групп органических соединений. Алканы и циклоалканы.

3. Гетероядерная 2D-J,δ-спектроскопия ЯМР 13С.

БИЛЕТ N 11

1. Четырехспиновые системы. Спиновые системы A2X2 и A2B2. Спиновые системы AA'XX' и AA'BB'.

2. Химические сдвиги 13С некоторых групп органических соединений. Алкены. Арены.

3. Гомоядерная (1H, 1H) 2D -корреляционная спектроскопия (COSY) ЯМР.

БИЛЕТ N 12

1. Спин-спиновое взаимодействие протонов с другими ядрами.

2. Химические сдвиги 13С некоторых групп органических соединений. Альдегиды и кетоны.

3. Гетероядерная (13С, 1H) 2D -корреляционная спектроскопия (HETCOR) ЯМР.

БИЛЕТ N 13

1. Спиновая система AMX. Спиновые системы An. Правила интерпретации сверхтонкой структуры в спектрах ЯМР.

2. Химические сдвиги 13С некоторых групп органических соединений. Карбоновые кислоты.

3. Двумерная ЯМР (1H, 1H) спектроскопия (NOESY).

БИЛЕТ N 14

1. Интенсивности спектров ЯМР 1H. Интенсивности сигналов ЯМР 13С.

2. Спектры ЯМР и молекулярная структура соединений. Эквивалентность, симметрия и хиральность.

3. Константы 3JHH в ароматических соединениях.

БИЛЕТ N 15

1. Фурье-преобразование. Накопление спектра. Импульсный спектрометр ЯМР.

2. Вичинальные константы спин-спинового взаимодействия. Зависимость вичинальной константы от двугранного угла.

3. Дальние константы спин-спинового взаимодействия. Прямые константы спин-спинового взаимодействия.

7.4. Таблица соответствия компетенций, критериев оценки их освоения и оценочных средств

Индекс компетенции	Расшифровка компетенции	Показатель формирования компетенции для данной дисциплины	Оценочное средство
---------------------------	--------------------------------	--	---------------------------

ПК-2 (профессиональные компетенции)	готовностью к участию в проведении медико-биологических, экологических и научно-технических исследований с применением технических средств, информационных технологий и методов обработки результатов	<ul style="list-style-type: none"> – владение навыками проведения физических исследований по заданной тематике; – владение навыками работы с оборудованием ЯМР-спектроскопии и современной научной аппаратурой; – владение импульсными методиками проведения измерений сигнала ЯМР; – знание физических основ ЯМР-спектроскопии; – знание устройства и принципов работы основных блоков ЯМР-томографа; 	Отчеты по практическим заданиям «П1», «П2» и «П3», контрольные работы «К1» и «К2», вопросы к экзамену.
--	---	---	--

8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПРИ ОСВОЕНИИ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Работа на практических занятиях предполагает активное участие. Для подготовки к занятиям рекомендуется выделять в материале проблемные вопросы, затрагиваемые преподавателем в лекции, и группировать информацию вокруг них. Желательно выделять в используемой литературе постановки вопросов, на которые разными авторам могут быть даны различные ответы. На основании постановки таких вопросов следует собирать аргументы в пользу различных вариантов решения поставленных проблем.

Следует выделять следующие компоненты:

- варианты решения;
- аргументы в пользу тех или иных вариантов решения.

На основе выделения этих элементов проще составлять собственную аргументированную позицию по рассматриваемому вопросу.

При написании отчетов по практическим заданиям в материале следует выделить небольшое количество (не более 5) заинтересовавших Вас проблем и сгруппировать материал вокруг них. Следует добиваться чёткого разграничения отдельных проблем и выделения их частных моментов.

При подготовке к устным опросам Вам может понадобиться материал, изучавшийся в курсе Общей физики, поэтому стоит обращаться к соответствующим источникам (учебникам, монографиям, статьям).

При подготовке к экзамену необходимо опираться, прежде всего, на лекции, а также на источники, которые разбирались на занятиях в течение семестра. В каждом билете на экзамене содержится три вопроса.

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

9.1. Основная литература

1. Спектроскопия ЯМР ¹H и ¹³C в органической химии, Каратаева Фарида Хайдаровна; Клочков В. В., 2007г.
2. Сергеев, Н. А. Основы квантовой теории ядерного магнитного резонанса : монография / Н. А. Сергеев, Д. С. Рябушкин. - М. : Логос, 2013. - 272 с. - ISBN 978-5-98704-754-5
<http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=469025>
3. Основы ядерного магнитного резонанса: Учебное пособие / М.П. Евстигнеев, А.О. Лантушенко, В.В. Костюков. и др. - М.: Вузовский учебник, НИЦ ИНФРА-М, 2015. - 247 с.: 60x90 1/16 ISBN 978-5-9558-0414-9
<http://znanium.com/bookread2.php?book=496299>

9.2. Дополнительная литература

1. Научные основы методов низкочастотной релаксационной ЯМР-интроскопии, Андреев Николай Кузьмич, 2005г.
2. Спектроскопия ЯМР высокого разрешения в Казанском университете, Аганов Альберт Варганович, Аминова Роза Мухаметовна, Нафикова Адиля Ахатовна, 2006г.
Теоретическая физика, Т. 3. Квантовая механика (нерелятивистская теория), 2004г.
3. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика Т.3. Квантовая механика (нерелятивистская теория). - 5-е изд., стереот.-М.: Физматлит, 2001. - 808 стр.
http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=2380

9.3. Интернет-ресурсы

1. Basic Practical NMR Concepts
<http://www2.chemistry.msu.edu/facilities/nmr/handouts/DH%20NMR%20Basics.pdf>
2. LECTURE COURSE: NMR SPECTROSCOPY
<http://www.oci.uzh.ch/group.pages/zerbe/NMR.pdf>
3. The Basics of NMR
<http://www.cis.rit.edu/htbooks/nmr/inside.htm>
4. Ф.Х. Каратаева, В.В. Клочков. Спектроскопия ЯМР в органической химии.
http://www.kpfu.ru/docs/F413273025/NMR_spectroscopy_1.pdf
5. Юльметов А.Р., Клочков В.В. Введение в ЯМР спектроскопию
<http://shelly.ksu.ru/portal/docs/F1474408276/NMR.pdf>

10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Освоение дисциплины "Ядерный магнитный резонанс в биомедицинских приложениях" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Мультимедийная аудитория, вместимостью более 60 человек. Мультимедийная аудитория состоит из интегрированных инженерных систем с единой системой управления, оснащенная современными средствами воспроизведения и визуализации любой видео- и аудио-информации, получения и передачи электронных документов. Типовая комплектация мультимедийной аудитории состоит из: мультимедийного проектора, автоматизированного проекционного экрана, акустической системы, а также интерактивной трибуны преподавателя, включающей тач-скрин монитор с диагональю не менее 22 дюймов, персональный компьютер (с техническими характеристиками не ниже Intel Core i3-2100, DDR3 4096Mb, 500Gb), конференц-микрофон, беспроводной микрофон, блок управления оборудованием, интерфейсы подключения: USB, audio, HDMI. Интерактивная трибуна преподавателя является ключевым элементом управления, объединяющим все устройства в единую систему, и служит полноценным рабочим местом преподавателя. Преподаватель имеет возможность легко управлять всей системой, не отходя от трибуны, что позволяет проводить лекции, практические занятия, презентации, вебинары, конференции и другие виды аудиторной нагрузки обучающихся в удобной и доступной для них форме с применением современных интерактивных средств обучения, в том числе с использованием в процессе обучения всех корпоративных ресурсов. Мультимедийная аудитория также оснащена широкополосным доступом в сеть интернет. Компьютерное оборудование имеет соответствующее лицензионное программное обеспечение.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "БиблиоРоссика", доступ к которой предоставлен обучающимся. В ЭБС "БиблиоРоссика" представлены коллекции актуальной научной и учебной литературы по гуманитарным наукам, включающие в себя публикации ведущих российских издательств гуманитарной литературы, издания на английском языке ведущих американских и европейских издательств, а также редкие и малотиражные издания российских региональных вузов. ЭБС "БиблиоРоссика" обеспечивает широкий законный доступ к необходимым для образовательного процесса изданиям с использованием инновационных технологий и соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего профессионального образования (ФГОС ВО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС "ZNANIUM.COM" содержит произведения крупнейших российских учёных, руководителей государственных органов, преподавателей ведущих вузов страны, высококвалифицированных специалистов в различных сферах бизнеса. Фонд библиотеки сформирован с учетом всех изменений образовательных стандартов и включает учебники, учебные пособия, УМК, монографии, авторефераты, диссертации, энциклопедии, словари и справочники, законодательно-нормативные документы, специальные периодические издания и издания, выпускаемые издательствами вузов. В настоящее время ЭБС ZNANIUM.COM соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего профессионального образования (ФГОС ВО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС Издательства "Лань" включает в себя электронные версии книг издательства "Лань" и других ведущих издательств учебной литературы, а также электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. ЭБС Издательства "Лань" обеспечивает доступ к научной, учебной литературе и научным периодическим изданиям по максимальному количеству профильных направлений с соблюдением всех авторских и смежных прав.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО 12.03.04 - Биотехнические системы и технологии.

Автор(ы): Рудакова М.А.
Скирда В.Д.

Рецензент(ы): Азанчеев Н.М.

Программа одобрена на заседании учебно-методической комиссии Института физики
« 16 » _____ сентября _____ 20 15 г.