МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"
Институт физики

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по образовательной деятельности КФУ
Проф. Д.А. Таюрский
_____ «___»_____20__г.

подписано электронно-цифровой подписью

Программа дисциплины

Магнитно-резонансные методы: физические принципы и приложения Б3.ДВ.7

Направление подготовки: 011200.62 - Физика
Профиль подготовки: не предусмотрено
Квалификация выпускника: бакалавр
Форма обучения: очное
Язык обучения: русский

Автор(ы):
Савинков А.В. , Скирда В.Д.

Рецензент(ы):
Клочков В.В.

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий(ая) кафедрой: Скирда В. Д.
Протокол заседания кафедры No ___ от "____" _____ 201__г

Учебно-методическая комиссия Института физики:
Протокол заседания УМК No ____ от "____" _____ 201__г

Регистрационный No 6138017

Содержание

1. Цели освоения дисциплины
2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля
4. Структура и содержание дисциплины/ модуля
5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения
6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов
7. Литература
8. Интернет-ресурсы
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины/модуля согласно утвержденному учебному плану

Программу дисциплины разработал(а)(и) доцент, к.н. Савинков А.В. Кафедра физики молекулярных систем Отделение физики , Andrey.Savinkov@kpfu.ru ; заведующий кафедрой, д.н. (профессор) Скирда В.Д. Кафедра физики молекулярных систем Отделение физики , Vladimir.Skirda@kpfu.ru

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины являются:

- ознакомление с устройством спектрометра ЯМР, с работой основных его блоков,
- получение навыков работы на спектрометре ЯМР в ходе выполнения лабораторных экспериментов,
- применение метода импульсного ЯМР в исследованиях структуры и динамики молекулярных систем

2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы высшего профессионального образования

Данная учебная дисциплина включена в раздел "Б3.ДВ.7 Профессиональный" основной образовательной программы 011200.62 Физика и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 4 курсе, 7, 8 семестры.

"Магнитно-резонансные методы: физические принципы и приложения" представляет собой дисциплину профессионального цикла (подраздел ДВ.7). Студентам, обучающимся по данной дисциплине, достаточно знаний, полученных в процессе обучения по дисциплинам "Радиофизика и электроника", "Физические основы и техника магнитного резонанса".

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОК-1 (общекультурные компетенции)	способностью использовать в познавательной и профессиональной деятельности базовые знания в области математики и естественных наук
ПК-1 (профессиональные компетенции)	способностью использовать базовые теоретические знания для решения профессиональных задач
ПК-10 (профессиональные компетенции)	способностью понимать и излагать получаемую информацию и представлять результаты физических исследований
ПК-2 (профессиональные компетенции)	способностью применять на практике базовые профессиональные навыки
ПК-3 (профессиональные компетенции)	способностью эксплуатировать современную физическую аппаратуру и оборудование
ПК-4 (профессиональные компетенции)	способностью использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин (в соответствии с профилем подготовки)
ПК-5 (профессиональные компетенции)	способностью применять на практике базовые общепрофессиональные знания теории и методов физических исследований (в соответствии с профилем подготовки)

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ПК-6 (профессиональные компетенции)	способностью пользоваться современными методами обработки, анализа и синтеза физической информации (в соответствии с профилем подготовки)

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

устройство спектрометра ЯМР и работу его отдельных блоков

2. должен уметь:

в соответствие с профессиональной компетенцией ПК-1 применять полученные знания для выполнения физического эксперимента по исследованию структуры и динамики молекулярных систем при помощи метода импульсного ЯМР

3. должен владеть:

в соответствие с профессиональной компетенцией ПК-3 навыками работы на спектрометре ЯМР и постановки физического эксперимента при помощи спектрометра ЯМР

4. должен демонстрировать способность и готовность:

Применять полученные знания на практике.

4. Структура и содержание дисциплины/ модуля

Общая трудоемкость дисциплины составляет 7 зачетных(ые) единиц(ы) 252 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины: зачет в 7 семестре; экзамен в 8 семестре.

Суммарно по дисциплине можно получить 100 баллов, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов. Минимальное количество для допуска к зачету 28 баллов.

86 баллов и более - "отлично" (отл.);

71-85 баллов - "хорошо" (хор.);

55-70 баллов - "удовлетворительно" (удов.);

54 балла и менее - "неудовлетворительно" (неуд.).

4.1 Структура и содержание аудиторной работы по дисциплине/ модулю

Тематический план дисциплины/модуля

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практи-ческие занятия	Лабора-торные работы	
1.	Тема 1. Введение в принципы ЯМР.	7	1	2	0	0	Устный опрос
2.	Тема 2. Импульсные последовательности ЯМР и их применение. Основные блоки спектрометра ЯМР	7	2-3	4	4	0	Устный опрос
3.	Тема 3. Детектирования сигнала ЯМР (принципы и типы детекторов).	7	4-5	4	4	0	Устный опрос

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практи-ческие занятия	Лабора-торные работы	
4.	Тема 4. Назначение и требования к системам формирования импульсных последовательностей.	7	6	2	4	0	Устный опрос
5.	Тема 5. Основные методики измерения времен спин-спиновой и спин-решеточной релаксации.	7	7-8	4	4	0	Устный опрос
6.	Тема 6. Самодиффузия.	7	9-10	4	4	0	Устный опрос
7.	Тема 7. Назначение и требования к блокам импульсного градиента магнитного поля.	7	11	2	2	0	Дискуссия
8.	Тема 8. Особенности измерения коэффициентов самодиффузии и времен релаксации в сложных системах.	7	12-13	4	4	0	Контрольная работа
9.	Тема 9. Системы термостатирования образца.	7	14-15	4	4	0	
10.	Тема 10. Построение блока формирования импульсных последовательностей для ЯМР на базе использования логических микросхем малой и средней степени интеграции.	7	16	2	2	0	Устный опрос
11.	Тема 11. Требования и примеры выполнения приемных устройств сигнала ЯМР.	7	17	2	2	0	Устный опрос
12.	Тема 12. Типичные источники систематических ошибок и некорректностей в работе простейших ЯМР приборов.	7	18	2	2	0	Дискуссия
13.	Тема 13. Воздействие на спиновую систему флуктуирующего магнитного поля. Время корреляции.	8	1	2	4	0	Контрольная работа
14.	Тема 14. Время спин-спиновой релаксации и распределение времен корреляции.	8	2	2	0	0	Устный опрос
15.	Тема 15. Анизотропное молекулярное движение.	8	3	2	4	0	Устный опрос
16.	Тема 16. Ядерная релаксация в многофазных системах с обменом	8	4	2	4	0	Устный опрос
17.	Тема 17. Ядерная релаксация в системах с фазовым расслоением.	8	5	2	0	0	Устный опрос
18.	Тема 18. Самодиффузия в многофазных системах.	8	6	2	4	0	Устный опрос

ЭЛЕКТРОННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА КФУ

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практи-ческие занятия	Лабора-торные работы	
19.	Тема 19. Самодиффузия в растворах полимеров.	8	7	2	0	0	Контрольная работа
20.	Тема 20. Особенности формы диффузионного затухания в расплавах и растворах зацепленных полимеров.	8	8	2	4	0	Устный опрос
21.	Тема 21. Самодиффузия в растворах дендримеров.	8	9	2	0	0	Устный опрос
22.	Тема 22. Самодиффузия в гелях макромолекул	8	10	2	2	0	Устный опрос
23.	Тема 23. Самодиффузия в системах с ограничениями	8	11	2	4	0	Устный опрос
24.	Тема 24. Градиент магнитного поля как основа ЯМР томографии.	8	12	2	0	0	Устный опрос
25.	Тема 25. Основные принципы и достижения в ЯМР томографии	8	13-14	4	4	0	Контрольная работа
.	Тема . Итоговая форма контроля	7		0	0	0	Зачет
.	Тема . Итоговая форма контроля	8		0	0	0	Экзамен
	Итого			64	66	0	

4.2 Содержание дисциплины

Тема 1. Введение в принципы ЯМР.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Классическое представление ЯМР. Импульсное возбуждение спиновой системы. Лабораторная и вращающаяся системы координат. Понятия времен спин-спиновой и спин-решеточной релаксации

Тема 2. Импульсные последовательности ЯМР и их применение. Основные блоки спектрометра ЯМР

лекционное занятие (4 часа(ов)):

Сигналы после импульсного возбуждения спиновой системы. Введение в теорию отклика.Основные блоки, необходимые для возбуждения и регистрации сигнала ЯМР. Требования к ним. Передатчик, приемник, формирователь радиочастотных сигналов.

практическое занятие (4 часа(ов)):

Изучение работы блоков ЯМР спектрометра на примере спектрометра Хроматек Протон-20М.

Тема 3. Детектирования сигнала ЯМР (принципы и типы детекторов).

лекционное занятие (4 часа(ов)):

Детектирование сигнала. Основные типы детекторов. Преимущества и недостатки. Амплитудный детектор и детектор средних значений. Пиковый детектор. Идеальный амплитудный детектор. Влияние и учет шумового сигнала на детектирование. Синхронный детектор. Преимущества и требования. Квадратурный детектор.

практическое занятие (4 часа(ов)):

Компьютерное моделирование работы детекторов сигнала ЯМР разного типа.

Тема 4. Назначение и требования к системам формирования импульсных последовательностей.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Принципы построения формирователей импульсных последовательностей ЯМР. Системы обработки экспериментальных данных.

практическое занятие (4 часа(ов)):

Компьютерное моделирование работы формирователя импульсов в спектрометре ЯМР.

Тема 5. Основные методики измерения времен спин-спиновой и спин-решеточной релаксации.

лекционное занятие (4 часа(ов)):

Методики измерения времен спин-спиновой реласации. Влияние неоднородного уширения. Основные методики измерения времен спин-решеточной реласации. Связь измеряемых параметров с характеристиками молекулярного движения.

практическое занятие (4 часа(ов)):

Измерение времен спин-спиновой и спин-решеточной релаксаций на спектрометре Хроматек Протон-20М.

Тема 6. Самодиффузия.

лекционное занятие (4 часа(ов)):

Понятие самодиффузии. Ядерный магнитный резонанс с импульсным градиентом магнитного поля как метод регистрации трансляционной подвижности молекул. Сравнительный анализ методик постоянного и импульсного градиента магнитного поля. Аппаратурные ограничения. Спектр коэффициентов самодиффузии. Измеряемые характеристики.

практическое занятие (4 часа(ов)):

Измерение коэффициента самодиффузии на ЯМР спектрометре диффузометре.

Тема 7. Назначение и требования к блокам импульсного градиента магнитного поля.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Основные принципы построения и работы блоков импульсного градиента магнитного поля. Варианты их исполнения.

практическое занятие (2 часа(ов)):

Изучение работы блоков импульсного градиента магнитного поля на лабораторном ЯМР спектрометре-диффузометре.

Тема 8. Особенности измерения коэффициентов самодиффузии и времен релаксации в сложных системах.

лекционное занятие (4 часа(ов)):

Измерение коэффициентов самодиффузии и времен релаксации в сложных системах, характеризующихся спектрами времен релаксации и коэффициентов самодиффузии. Двумерный ЯМР. Представление данных в виде двумерных карт.

практическое занятие (4 часа(ов)):

Измерения коэффициентов самодиффузии и времен релаксации в сложных системах при помощи ЯМР спектрометра-диффузометра.

Тема 9. Системы термостатирования образца.

лекционное занятие (4 часа(ов)):

Основные принципы работы системы термостатирования образца. Требования и типичные подходы к реализации. Основные радиотехнические элементы. Характеристики и области применения.

практическое занятие (4 часа(ов)):

Изучение работы системы термостатирования образца в спектрометре ЯМР Хроматек Протон-20М.

Тема 10. Построение блока формирования импульсных последовательностей для ЯМР на базе использования логических микросхем малой и средней степени интеграции.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Основные принципы построения блока формирования импульсных последовательностей для ЯМР. Формирование блока радиочастотного сигнала. Принципы фор-мирования и контроля фазы. Требования к импульсному передатчику. Типичные схемы радио-частотных усилителей. Демпфирование сигнала. Типичные конструктивные схемы приемно-передающей катушки и датчика ЯМР.

практическое занятие (2 часа(ов)):

Компьютерное моделирование работы стандартных схем радиочастотных усилителей.

Тема 11. Требования и примеры выполнения приемных устройств сигнала ЯМР.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Принципы работы и построения приемных устройств сигнала ЯМР. Преобразования частоты. Методы преобразования частоты. Фильтрация сигнала на радиочастоте. Линейность приемного тракта.

практическое занятие (2 часа(ов)):

Изучение типовых схем приемников сигнала ЯМР.

Тема 12. Типичные источники систематических ошибок и некорректностей в работе простейших ЯМР приборов.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Наиболее типичные источники систематических ошибок и некорректностей в работе простейших ЯМР приборов. Методы их устранения и учета. Принципы управления работой ЯМР прибора. Применения управляющих ЭВМ. Передача ЭВМ функций тестирования и на-стройки прибора. Автоматизация эксперимента.

практическое занятие (2 часа(ов)):

Изучение управляющей программы спектрометра ЯМР Хроматек Протон-20М.

Тема 13. Воздействие на спиновую систему флуктуирующего магнитного поля. Время корреляции.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Понятие времени корреляции. Спектральная плотность на нулевой, резонансной и двойной резонансной частотах. Гамильтониан дип-дип взаимодействия. Второй момент.

практическое занятие (4 часа(ов)):

Решение задач по определению времен спин-решеточной релаксации по данным времен корреляции. Построение зависимостей от температуры и частоты резонанса.

Тема 14. Время спин-спиновой релаксации и распределение времен корреляции.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Однородное и неоднородное распределения времен корреляции. Примеры, связь с типом молекулярного движения. Особенности формы релаксационных затуханий в условиях распределения времен корреляции. Форма релаксационного затухания для твердого тела.

Тема 15. Анизотропное молекулярное движение.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Анизотропное молекулярное движение как причина однородного распределения времен корреляции. Запись гамильтониана дип-дип взаимодействия для анизотропного типа движения. Релаксационная функция для анизотропного типа движения или однородного распределения времен корреляции.

практическое занятие (4 часа(ов)):

Анизотропное молекулярное движение как причина однородного распределения времен корреляции. Запись гамильтониана дип-дип взаимодействия для анизотропного типа движения. Релаксационная функция для анизотропного типа движения или однородного распределения времен корреляции.

Тема 16. Ядерная релаксация в многофазных системах с обменом

ЭЛЕКТРОННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА КФУ

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Типы систем с обменом: обмен частотами резонанса, обмен временами корреляции, молекулярный обмен, протонный обмен, изотопный обмен ? Основные теоретические подходы, используемые при анализе систем с обменом. Их анализ и выводы. Результаты для случаев быстрого, промежуточного и медленного обменов.

практическое занятие (4 часа(ов)):

Расчет релаксационных функций (затуханий) для случаев быстрого, медленного и промежуточного обменов. Моделирование влияния обмена на температурные зависимости времен релаксации. Установление и анализ основных признаков обмена по температурным и частотным зависимостям времен релаксации.

Тема 17. Ядерная релаксация в системах с фазовым расслоением.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Типы фазовых переходов. Типы систем с фазовыми переходами. Особенности проявления фазового перехода на температурных и концентрационных зависимостях времен релаксации. Особенности форм релаксационных затуханий в системах с фазовыми превращениями и методики их идентификации.

Тема 18. Самодиффузия в многофазных системах.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Спектры коэффициентов самодиффузии и порождающие причины. Зависимости коэффициентов самодиффузии от молекулярной массы молекул. Особенности самодиффузии в системах с самоорганизацией.

практическое занятие (4 часа(ов)):

Измерение коэффициентов самодиффузии в образцах ряда углеводородов и воды. Расчет коэффициентов самодиффузии на основе данных по вязкости и размеров молекул. Сравнение рассчитанных значений с экспериментально полученными.

Тема 19. Самодиффузия в растворах полимеров.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Основные теоретические подходы и модели. Сравнение предсказаний теоретических с экспериментальными данными. Выводы и формулировка скейлингового подхода для описания концентрационных и молекулярно-массовых зависимостей коэффициентов самодиффузии гибкоцепных макромолекул.

Тема 20. Особенности формы диффузионного затухания в расплавах и растворах зацепленных полимеров.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Форма диффузионных затуханий и ее зависимость от времени диффузии. Анализ возможных причин. Формулировка и обоснование концепции динамических кластеров.

практическое занятие (4 часа(ов)):

Измерения коэффициентов самодиффузии в образцах растворов полимеров. Приготовление образцов с разными концентрациями. Построение концентрационной зависимости коэффициентов самодиффузии молекул растворителя и макромолекул.

Тема 21. Самодиффузия в растворах дендримеров.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Строение дендримеров. Концентрационные и молекулярно-массовые зависимости коэффициентов самодиффузии дендримеров. Сравнительный анализ с данными для гибкоцепных, глобулярных и стержнеобразных полимеров.

Тема 22. Самодиффузия в гелях макромолекул

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Физические и химические сшивки. Трехмерная макромолекулярная сетка как трехмерная макромолекула бесконечной молекулярной массы. Особенности измерения самодиффузии. Зависимость коэффициента самодиффузии от времени диффузии. Самодиффузия в растворах и расплавах полимеров сверхвысокой молекулярной массы.

ЭЛЕКТРОННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА КФУ

практическое занятие (2 часа(ов)):

Анализ представленных преподавателем экспериментальных данных по измерениям коэффициентов самодиффузии в гелях.

Тема 23. Самодиффузия в системах с ограничениями

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Типы систем с ограничениями. Основные режимы самодиффузии в системах с ограничениями. Поведение среднего коэффициента самодиффузии от времени диффузии. Форма диффузионных затуханий в системах с ограничениями. Режим псевдоограниченной диффузии. Самодиффузия молекул в нанопористых системах. Проблема внутренних градиентов магнитного поля. Обмен газ-жидкость в системах с частичным заполнением пористого пространства. Криодиффузиопорометрия.

практическое занятие (4 часа(ов)):

Работа на ЯМР релаксометре-диффузометре. Подготовка образцов исследования. Измерения коэффициетов самодиффузии в зависимости от временных параметров последовательности. Анализ полученных данных. Вычисление характеристик пористой среды.

Тема 24. Градиент магнитного поля как основа ЯМР томографии.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

История ЯМР томографии. Особенности построения изображений. Методы чувствительной плоскости, линии, точки. Локальный ЯМР. Методы восстановления по проекциям.

Тема 25. Основные принципы и достижения в ЯМР томографии

лекционное занятие (4 часа(ов)):

Селективный радиочастотный импульс. Частотная и фазовая кодировка. Последовательности эхо сканирования, градиентного эхо. Контрастирование изображений по временам релаксации, коэффициентам самодиффузии.

практическое занятие (4 часа(ов)):

Работа на специализированном ЯМР томографе. Ознакомление с программами управления, Получение ЯМР томограмм фантомного образца.

4.3 Структура и содержание самостоятельной работы дисциплины (модуля)

N	Раздел дисциплины	Се-местр	Неде-ля семе стра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудо-емкость (в часах)	Формы контроля самосто-ятельной работы
1.	Тема 1. Введение в принципы ЯМР.	7	1	подготовка к устному опросу	2	устный опрос

N	Раздел дисциплины	Се-мест-р	Неде-ля семе стра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудо-емкость (в часах)	Формы контроля самосто-ятельной работы
2.	Тема 2. Импульсные последовательности ЯМР и их применение. Основные блоки спектрометра ЯМР	7	2-3	подготовка к устному опросу	2	устный опрос
3.	Тема 3. Детектирования сигнала ЯМР (принципы и типы детекторов).	7	4-5	подготовка к устному опросу	2	устный опрос
4.	Тема 4. Назначение и требования к системам формирования импульсных последовательностей.	7	6	подготовка к устному опросу	2	устный опрос
5.	Тема 5. Основные методики измерения времен спин-спиновой и спин-решеточной релаксации.	7	7-8	подготовка к устному опросу	4	устный опрос
6.	Тема 6. Самодиффузия.	7	9-10	подготовка к устному опросу	6	устный опрос

ЭЛЕКТРОННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА КФУ

N	Раздел дисциплины	Се-мест-р	Неде-ля семе стра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудо-емкость (в часах)	Формы контроля самосто-ятельной работы
7.	Тема 7. Назначение и требования к блокам импульсного градиента магнитного поля.	7	11	подготовка к дискуссии	4	дискуссия
8.	Тема 8. Особенности измерения коэффициентов самодиффузии и времен релаксации в сложных системах.	7	12-13	подготовка к контрольной работе	6	контроль-ная работа
10.	Тема 10. Построение блока формирования импульсных последовательностей для ЯМР на базе использования логических микросхем малой и средней степени интеграции.	7	16	подготовка к устному опросу	2	устный опрос
11.	Тема 11. Требования и примеры выполнения приемных устройств сигнала ЯМР.	7	17	подготовка к устному опросу	2	устный опрос
12.	Тема 12. Типичные источники систематических ошибок и некорректностей в работе простейших ЯМР приборов.	7	18	подготовка к дискуссии	4	дискуссия

N	Раздел дисциплины	Се-мест-р	Неде-ля семе стра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудо-емкость (в часах)	Формы контроля самосто-ятельной работы
13.	Тема 13. Воздействие на спиновую систему флуктуирующего магнитного поля. Время корреляции.	8	1	подготовка к контрольной работе	4	контроль-ная работа
14.	Тема 14. Время спин-спиновой релаксации и распределение времен корреляции.	8	2	подготовка к устному опросу	2	устный опрос
15.	Тема 15. Анизотропное молекулярное движение.	8	3	подготовка к устному опросу	4	устный опрос
16.	Тема 16. Ядерная релаксация в многофазных системах с обменом	8	4	подготовка к устному опросу	4	устный опрос
17.	Тема 17. Ядерная релаксация в системах с фазовым расслоением.	8	5	подготовка к устному опросу	2	устный опрос

ЭЛЕКТРОННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА КФУ

N	Раздел дисциплины	Се-местр	Неде-ля семе стра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудо-емкость (в часах)	Формы контроля самосто-ятельной работы
18.	Тема 18. Самодиффузия в многофазных системах.	8	6	подготовка к устному опросу	2	устный опрос
19.	Тема 19. Самодиффузия в растворах полимеров.	8	7	подготовка к контрольной работе	4	контроль-ная работа
20.	Тема 20. Особенности формы диффузионного затухания в расплавах и растворах зацепленных полимеров.	8	8	подготовка к устному опросу	4	устный опрос
21.	Тема 21. Самодиффузия в растворах дендримеров.	8	9	подготовка к устному опросу	4	устный опрос
22.	Тема 22. Самодиффузия в гелях макромолекул	8	10	подготовка к устному опросу	4	устный опрос

ЭЛЕКТРОННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА КФУ

N	Раздел дисциплины	Се-мест-р	Неде-ля семе стра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудо-емкость (в часах)	Формы контроля самосто-ятельной работы
23.	Тема 23. Самодиффузия в системах с ограничениями	8	11	подготовка к устному опросу	4	устный опрос
24.	Тема 24. Градиент магнитного поля как основа ЯМР томографии.	8	12	подготовка к устному опросу	4	устный опрос
25.	Тема 25. Основные принципы и достижения в ЯМР томографии	8	13-14	подготовка к контрольной работе	8	контроль-ная работа
	Итого				86	

5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

Основными формами обучения являются лекции, практические занятия и самостоятельная работа студентов (индивидуальная работа студентов в условиях доступности консультаций с преподавателем).

6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

Тема 1. Введение в принципы ЯМР.

устный опрос , примерные вопросы:

1. Основные в принципы ЯМР. 2. Классическое представление. 3. Импульсное возбуждение спиновой системы. 4. Лабораторная и вращающаяся системы координат. 5. Понятия времен спин-спиновой и спин-решеточной релаксации

Тема 2. Импульсные последовательности ЯМР и их применение. Основные блоки спектрометра ЯМР

устный опрос , примерные вопросы:

1. Сигналы после импульсного возбуждения спиновой системы. 2. Введение в теорию отклика. 3. Основные блоки, необходимые для возбуждения и регистрации сигнала ЯМР. Требования к ним. 4. Передатчик, приемник, формирователь радиочастотных сигналов.

Тема 3. Детектирования сигнала ЯМР (принципы и типы детекторов).

устный опрос , примерные вопросы:

1. Детектирование сигнала. 2. Основные типы детекторов. Преимущества и недостатки. 3. Амплитудный детектор и детектор средних значений. 4. Пиковый детектор. 5. Идеальный амплитудный детектор. 6. Влияние и учет шумового сигнала на детектирование. 7. Синхронный детектор. Преимущества и требования. 8. Квадратурный детектор.

Тема 4. Назначение и требования к системам формирования импульсных последовательностей.

устный опрос , примерные вопросы:

1. Назначение и требования к системам формирования импульсных последовательностей. 2. Системы обработки экспериментальных данных.

Тема 5. Основные методики измерения времен спин-спиновой и спин-решеточной релаксации.

устный опрос , примерные вопросы:

1. Основные методики измерения времен спин-спиновой релаксации. 2. Влияние неоднородного уширения. 3. Основные методики измерения времен спин-решеточной релаксации. 4. Связь измеряемых параметров с характеристиками молекулярного движения.

Тема 6. Самодиффузия.

устный опрос , примерные вопросы:

1. Самодиффузия (Ds). 2. Ядерный магнитный резонанс с импульсным градиентом магнитного поля как метод регистрации трансляционной подвижности молекул. 3. Сравнительный анализ методик постоянного и импульсного градиента магнитного поля. Аппаратурные ограничения. 4. Спектр коэффициентов самодиффузии. Измеряемые ха-рактеристики.

Тема 7. Назначение и требования к блокам импульсного градиента магнитного поля.

дискуссия , примерные вопросы:

1. Типы градиентных катушек. 2. Требования к параметрам импульсов градиента магнитного поля. 3. Методики измерения парамеров импульсов градиента. 4. Требования к термостабилизации датчика ЯМР и эффекты механических колебаний.

Тема 8. Особенности измерения коэффициентов самодиффузии и времен релаксации в сложных системах.

контрольная работа , примерные вопросы:

1. Особенности измерения коэффициентов самодиффузии и времен релаксации в сложных системах, характеризующихся спектрами времен релаксации и коэффициентов самодиффузии. 2. Двумерный ЯМР. 3. Представление данных в виде двумерных карт T2 -T1, Ds -T2, Ds -T1.

Тема 9. Системы термостатирования образца.

Тема 10. Построение блока формирования импульсных последовательностей для ЯМР на базе использования логических микросхем малой и средней степени интеграции.

устный опрос , примерные вопросы:

1. Построение блока формирования импульсных последовательностей для ЯМР на базе использования логических микросхем малой и средней степени интеграции. 2. Формирование блока радиочастотного сигнала. Принципы фор-мирования и контроля фазы. 3. Требования к импульсному передатчику. 4. Типичные схемы радио-частотных усилителей. 5. Демпфирование сигнала. 6. Типичные конструктивные схемы приемно-передающей катушки и датчика ЯМР.

Тема 11. Требования и примеры выполнения приемных устройств сигнала ЯМР.

устный опрос , примерные вопросы:

1. Требования и примеры выполнения приемных устройств сигнала ЯМР. 2. Преобразования частоты. Методы преобразования частоты. 3. Фильтрация сигнала на радиочастоте. 4. Линейность приемного тракта.

Тема 12. Типичные источники систематических ошибок и некорректностей в работе простейших ЯМР приборов.

дискуссия , примерные вопросы:

1. Влияние ненастройки резонансных условий. 2. Влияние ненастройки радиочастотных импульсов на измерения в разных импульсных последовательностях.

Тема 13. Воздействие на спиновую систему флуктуирующего магнитного поля. Время корреляции.

контрольная работа , примерные вопросы:

1. Понятие времени корреляции. 2. Понятие спектральной плотности. 3. В чем состоит принципиальное отличие в записи выражений для спин-спиновой и спин-решеточной релаксации. 4. Построить и объяснить типичные зависимости времен релаксации от температуры.

Тема 14. Время спин-спиновой релаксации и распределение времен корреляции.

устный опрос , примерные вопросы:

1. Понятия распределения времен корреляции. 2. Виды распределения. 3. Вляние распределения времен корреляции на поведение средних скоростей релаксации.

Тема 15. Анизотропное молекулярное движение.

устный опрос , примерные вопросы:

1. Распределение времен корреляции для случая анизотропного типа вращательного движения. 2. Эффекты однородного распределения времен корреляции в форме релаксационных затуханий. 3. Эффекты однородного распределения времен корреляции в температурных зависимостях времен релаксации.

Тема 16. Ядерная релаксация в многофазных системах с обменом

устный опрос , примерные вопросы:

1. Основные типы обмена. 2. Двухфазная система с быстрым, промежуточным медленным обменом: характерные признаки. 3. Понятие распределения времен жизни в фазах.

Тема 17. Ядерная релаксация в системах с фазовым расслоением.

устный опрос , примерные вопросы:

1. Типы фазовых переходов. 2. Причины различия во временах релаксации для разных фазах. 3. Основные признаки систем с фазовыми превращениями по данным температурных зависимостей времен релаксации.

Тема 18. Самодиффузия в многофазных системах.

устный опрос , примерные вопросы:

1. Понятие спектра коэффициентов самодиффузии. Основные причины. 2. Форма диффузионного затухания и ее зависимость от временных параметров импульсной последовательности. 3. Связь формы диффузионных затуханий с процесами ядерной релаксации.

Тема 19. Самодиффузия в растворах полимеров.

контрольная работа , примерные вопросы:

Вопросы к контрольной работе: Вопросы к контрольной работе: 1. Существующие теоретические подходы к самодиффузии полимеров. Модель рептации. 2. Основные предсказания теории к виду концентрационных и молекулярно-массовых зависимостей коэффициетов самодиффузии. 3. Экспериментальные результаты, особенности, учет локальной подвижности.

Тема 20. Особенности формы диффузионного затухания в расплавах и растворах зацепленных полимеров.

устный опрос , примерные вопросы:

1. Форма диффузионного затухания макромолекул при наличии и отсутствии распределения по молекулярным массам. 2. Зависимость формы диффузионного затухания от времени диффузии. 3. Концепция динамических кластеров: аргументы за и против.

Тема 21. Самодиффузия в растворах дендримеров.

устный опрос , примерные вопросы:

1. Особенности строения дендримеров. Основное отличие от конформации гассового клубка. 3. Основные отличия в концентрационных и молекулярно-массовых зависимостях коэффициентов самодиффузии дендримеров от таковых для гибкоцепных полимеров.

Тема 22. Самодиффузия в гелях макромолекул

устный опрос , примерные вопросы:

1. Признаки трехмерной сетки в данных по самодиффузии. 2. Способы определения золь-гель состава методом ЯМР для гелеобразующих систем. 3. Условия регистрации коэффициентов самодиффузии сегментов полимерной цепи методом ЯМП с импульсным градиентом магнитного поля. Условия.

Тема 23. Самодиффузия в системах с ограничениями

устный опрос , примерные вопросы:

1. Признаки ограниченной самодиффузии. 2. Зависимость среднего коэффициента самодиффузии от времени диффузии в коротковременном, длинновременном и промежуточном режимах. 3. Основные методические подходы, применяемые при исследовании самодиффузии молекул в пористых системах.

Тема 24. Градиент магнитного поля как основа ЯМР томографии.

устный опрос , примерные вопросы:

Градиент магнитного поля как ключевое условие пространственного разрешения в ЯМР (Аргументация). 2. Достоинства недостатки ЯМР томографии на основе локального ЯМР. 3. Типы градиентных катушек, применяемых для генерации градиента магнитного поля в ЯМР томографии.

Тема 25. Основные принципы и достижения в ЯМР томографии

контрольная работа , примерные вопросы:

Вопросы к контрольной работе: 1. Частотное и фазовое кодирование сигнала ЯМР. 3. Необходимые и достаточные признаки селективных радиочастотных импульсов. 3. Принципы и методики контрастирования по временам релаксации. 4.Контрастирование по коэффициентам самодиффузии.

Итоговая форма контроля

зачет (в 7 семестре)

Итоговая форма контроля

экзамен (в 8 семестре)

Примерные вопросы к итоговой форме контроля

Примерные вопросы к зачету и экзамену:

Вопросы к зачету

1. Основные принципы регистрации сигнала ЯМР. Непрерывный ЯМР.
2. Импульсные методики. Вращающаяся система координат.
3. Формирование вращающейся системы координат радиочастотным полем. Радиочастотный импульс. Сигналы после импульсного возбуждения спиновой системы.
4. Основные блоки, необходимые для возбуждения и регистрации сигнала ЯМР.
5. Требования к параметрам передатчика ЯМР.
6. Требования к параметрам приемника ЯМР.
7. Детектирование сигнала ЯМР. Основные типы детекторов.
8. Амплитудный детектор и детектор средних значений. Пиковый детектор. Идеальный амплитудный детектор. Влияние и учет шумового сигнала на детектирование.

ЭЛЕКТРОННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА КФУ

9. Синхронный детектор. Преимущества и требования.

10. Квадратурный детектор. Область применения.

11. Назначение и требования к системам формирования импульсных последовательностей.

12. Назначение и требования к блокам импульсного градиента магнитного поля.

13. Системы термостатирования образца. Требования и типичные подходы к реализации.

14. Основные радиотехнические элементы. Характеристики и области применения.

15. Основные типы простейших логических микросхем. Принципы построения на микросхемах элементарной логики сложных устройств.

16. Основные типы простейших аналоговых микросхем. Принципы построения схем прецизионных усилителей.

17. Построение блока формирования импульсных последовательностей для ЯМР на базе использования логических микросхем малой и средней степени интеграции.

18. Формирование блока радиочастотного сигнала. Принципы формирования и контроля фазы.

19. Требования и примеры выполнения приемных устройств сигнала ЯМР. Преобразования частоты.

20. Методы преобразования частоты. Фильтрация сигнала на радиоча-стоте. Линейность приемного тракта.

21. Типичные источники систематических ошибок и некорректностей в работе простейших ЯМР приборов. Методы их устранения и учета.

22. Принципы управления работой ЯМР прибора. Применения управляющих ЭВМ.

23. Использование ЭВМ для тестирования и настройки прибора. Авто-матизация эксперимента.

Вопросы к зачету ориентированы на проверку компетенций ОК-1 (способностью использовать в познавательной и профессиональной деятельности базовые знания в области математики и естественных наук), ПК-10 (способностью понимать и излагать получаемую информацию и представлять результаты физических исследований), ПК-3 (способностью эксплуатировать современную физическую аппаратуру и оборудование), а также ПК-5 (способностью применять на практике базовые общепрофессиональные знания теории и методов физических исследований (в соответствии с профилем подготовки)) и ПК-6 (способностью пользоваться современными методами обработки, анализа и синтеза физической информации (в соответствии с профилем подготовки))

Экзаменационные билеты:

Билет 1

1. Понятие времени корреляции. Спектральная плотность на нулевой, резонансной и двойной резонансной частотах..

2. Основные теоретические подходы, используемые при анализе систем с обменом. Их анализ и выводы.

Билет 2

1. Однородное и неоднородное распределения времен корреляции. Примеры, связь с типом молекулярного движения.

2. Зависимости коэффициентов самодиффузии от молекулярной массы молекул и макромолекул

Билет 3

1. Гамильтониан дип-дип взаимодействия для анизотропного типа движения.

2. Релаксационная функция для анизотропного типа движения или однородного распределения времен корреляции.

Билет 4

1. Типы систем с обменом: обмен частотами резонанса, обмен временами корреляции, молекулярный обмен, протонный обмен, изотопный обмен.

2. Гамильтониан дип-дип взаимодействия. Второй момент

Билет 5

1. Особенности проявления фазового перехода на температурных и концентрационных зависимостях времен релаксации.

2. Особенности форм релаксационных затуханий в системах с фазовыми превращениями и методики их идентификации.

Билет 6

1. Спектры коэффициентов самодиффузии и порождающие причины.

2. Контрастирование изображений по временам релаксации, коэффициентам самодиффузии.

Билет 7

1. Самодиффузия в растворах и расплавах гибкоцепных полимеров.

2. Классические импульсные последовательности, применяемые в ЯМР томографии

Билет 8

1. Самодиффузия в гелях макромолекул.

2. Локальный ЯМР. Методы восстановления по проекциям.

Билет 9

1. Основные режимы самодиффузии в системах с ограничениями.

2. Проблема внутренних градиентов магнитного поля в неоднородных средах. Обмен газ-жидкость в системах с частичным заполнением пористого пространства.

Билет 10

1. Обменные процессы в системах с частичным заполнением пористого пространства флюидом.

2. Криодиффузиопорометрия.

Билет 11

1. Особенности построения изображений. Методы чувствительной плоскости, линии, точки.

2. Самодиффузия в растворах и расплавах полимеров сверхвысокой молекулярной массы.

Билет 12

1. Селективный радиочастотный импульс. Необходимые и достаточные признаки.

2. Формулировка скейлингового подхода для описания концентрационных и молекулярно-массовых зависимостей коэффициентов самодиффузии гибкоцепных макромолекул.

Билет 13

1. Частотная и фазовая кодировка в ЯМР томографии

2. Особенности формы релаксационных затуханий в условиях распределения времен корреляции. Форма релаксационного затухания для твердого тела.

Вопросы к экзамену ориентированы на проверку компетенций ОК-1 (способностью использовать в познавательной и профессиональной деятельности базовые знания в области математики и естественных наук), ПК-1 (способностью использовать базовые теоретические знания для решения профессиональных задач), ПК-2 (способностью применять на практике базовые профессиональные навыки) и ПК-6 (способностью пользоваться современными методами обработки, анализа и синтеза физической информации (в соответствии с профилем подготовки))

7.1. Основная литература:

1. 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

2.Медицинская и биологическая физика: учебник / Ремизов А.Н. - 4-е изд., испр. и перераб. 2013. - 648 с.

http://www.studmedlib.ru/ru/book/ISBN9785970424841.html

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

http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=2151

7.2. Дополнительная литература:

1.Теоретическая физика : учеб. пособие для студентов физ. специальностей ун-тов : в 10 т. / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц ; под ред. Л. П. Питаевского .? М. : ФИЗМАТЛИТ, 2003-. Т. 3: Квантовая механика (нерелятивистская теория) .? 5-е изд., стер. ? 2004 .? 800 с.

2. Лекции по магнетизму / Боровик Е.С., Еременко В.В., Мильнер А.С. - Издание 3-е переработанное и дополненное. - 2005. ISBN: 5-9221-0577-9. - 512 стр. - http://e.lanbook.com/view/book/2118/ - Издательство "Физматлит". Электронно-библиотечная система.

7.3. Интернет-ресурсы:

1. Basic NMR Concepts - http://www2.chemistry.msu.edu/facilities/nmr/handouts/DH%20NMR%20Basics.pdf

10. Маклаков А.И., Скирда В.Д., Фаткуллин Н.Ф. Самодиффузия в растворах и расплавах полимеров, Издательство Казанского университета. 1987. - 224 с. - http://books.by2by.ru/infusions/pro_download_panel/download.php?did=2302257

11. ЯДЕРНЫЙ МАГНИТНЫЙ РЕЗОНАНС С ИМПУЛЬСНЫМ ГРАДИЕНТОМ МАГНИТНОГО ПОЛЯ В ИССЛЕДОВАНИЯХ СТРУКТУРЫ И ДИФФУЗИОННОГО ТРАНСПОРТА В ПОЛИМЕРНЫХ МЕМБРАНАХ, В.И. Волков, *В.Д. Скирда, *Е.Н. Васина, **С.Ф.Тимашев, Б.В. Мчедлишвили - http://www.chem.msu.ru/rus/journals/membranes/2/st1_text.htm

12. Diffusion NMR, User Manual, Bruker BioSpin, This manual was written by Klaus Zick This manual was edited by Stanley J. Niles ? December 2, 2009: Bruker Biospin GmbH Rheinstetten, Germany P/N: H9153 DWG-Nr.: 1453003 - http://www.rit.edu/cos/scms/pdf/500MHz-NMR/diffusion-manual.pdf

2. Basics of NMR spectroscopy, Prof. Klaus Ruhland -) http://www.physik.uni-augsburg.de/cpm/ruhland_NMR-Skript_Englisch.pdf

3. Basic Principles of NMR - http://www.springer.com/cda/content/document/cda_downloaddocument/9780387243672-c1.pdf, http://depts.washington.edu/eooptic/linkfiles/The_Basics_of_NMR.doc

4. NMR Relaxation. Phenomenology and Experimental Considerations. Review of First-Order Rate Kinetics - https://wasatch.biochem.utah.edu/nmr/NMR%20Relaxation%20Basics.pdf

5. Relaxation in NMR - http://www.tifr.res.in/~NMR/workshops/ws_nmr_09/tjandra/TIFR_corr_function.pdf

6. Fundamentals of NMR (Chapter 1) THOMAS L. JAMES (Department of Pharmaceutical Chemistry, University of California, San Francisco, CA 94143-0446 U.S.A.) - http://www.ias.ac.in/initiat/sci_ed/resources/chemistry/James.T.pdf

7. LABORATORY TECHNIQUES TO CHARACTERIZE NMR DIFFUSION IN CARBONATES, James Funk, Shameem Siddiqui, Mohammed BaTaweel, and Sultan Al-Faqeer - http://www.scaweb.org/assets/papers/2000_papers/SCA2000-03.pdf

8. ?Generation and Application of Intensive Pulsed Field Gradients for Diffusion Generation and Application of Intensive Pulsed Field Gradients for Diffusion Studies in Nanoporous MaterialsStudies in Nanoporous Materials?, Frank Stallmach, University of Leipzig - http://www.uni-leipzig.de/~gfp/sites/default/files/5-research/germ_stallmach_2012_handout_2.pdf

9. Solution Dynamics and Self-OrganizationProfessor, William S. Price - http://www.uni-leipzig.de/diffusion/powerpoint_presentations/pdf/price.pdf

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля)

Освоение дисциплины "Магнитно-резонансные методы: физические принципы и приложения" 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 оборудованием имеет соответствующее лицензионное программное обеспечение.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен студентам. 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 ВПО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань" , доступ к которой предоставлен студентам. 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.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "Консультант студента" , доступ к которой предоставлен студентам. Электронная библиотечная система "Консультант студента" предоставляет полнотекстовый доступ к современной учебной литературе по основным дисциплинам, изучаемым в медицинских вузах (представлены издания как чисто медицинского профиля, так и по естественным, точным и общественным наукам). ЭБС предоставляет вузу наиболее полные комплекты необходимой литературы в соответствии с требованиями государственных образовательных стандартов с соблюдением авторских и смежных прав.

ЯМР спектрометр-диффузометр. ЯМР спектрометр Хроматек Протон-20М.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 011200.62 "Физика" и профилю подготовки не предусмотрено .

Автор(ы):
Скирда В.Д. _____
Савинков А.В. _____
"__" _____ 201 __ г.

Рецензент(ы):
Клочков В.В. _____
"__" _____ 201 __ г.