

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



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по образовательной деятельности КФУ

Проф. Таюрский Д.А.

20__ г.

подписано электронно-цифровой подписью

Программа дисциплины

Квантовая теория магнитного резонанса БЗ.ДВ.3

Направление подготовки: 011200.62 - Физика

Профиль подготовки: не предусмотрено

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Автор(ы):

Фаткуллин Н.Ф.

Рецензент(ы):

Скирда В.Д.

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 6139417

Казань
2017

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) профессор, д.н. (профессор) Фаткуллин Н.Ф.
Кафедра физики молекулярных систем Отделение физики , Nail.Fatkullin@kpfu.ru

1. Цели освоения дисциплины

Дается замкнутое систематическое изложение основ квантовой теории магнитного резонанса, общих для ЭПР и ЯМР. Изложение основано на формализме матрицы плотности (статистического оператора). Освоивший курс может без особого труда понимать современную специальную литературу.

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

Данная учебная дисциплина включена в раздел " Б3.ДВ.3 Профессиональный" основной образовательной программы 011200.62 Физика и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 3 курсе, 6 семестр.

Освоение дисциплины позволит понимать базовые понятия магнитного резонанса и самостоятельно усваивать современную научную литературу, связанную с более специальными вопросами магнитного резонанса. Рекомендуются студентам, специализирующимся по применению различных разделов радиоспектроскопии в конденсированных средах, химической физике и медицинской физике. Для понимания курса необходимо знание общих курсов физики и математики.

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)	способность использовать в познавательной и профессиональной деятельности базовые знания в области математики и естественных наук;
ОК-3 (общекультурные компетенции)	способность приобретать новые знания, используя современные образовательные и информационные технологии ;
ПК-1 (профессиональные компетенции)	способность использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин;
ПК-10 (профессиональные компетенции)	способность понимать и излагать получаемую информацию и представлять результаты физических исследований .
ПК-2 (профессиональные компетенции)	способность проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта;
ПК-4 (профессиональные компетенции)	способность применять на практике профессиональные знания и умения, полученные при освоении профильных физических дисциплин ;
ПК-5 (профессиональные компетенции)	способность 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)	способность пользоваться современными методами обработки, анализа и синтеза физической информации (в соответствии с профилем подготовки) ;

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

- основы математического аппарата,
- теорию атомной и молекулярной физики,
- иметь представление о магнитном резонансе, спин-спиновой, спин-решеточной релаксации, о теории линейной реакции, методе моментов.

2. должен уметь:

проводить простейшие расчеты, связанные с проблемой магнитного резонанса.

3. должен владеть:

навыками вычислений с применением методов операторной алгебры.

4. должен демонстрировать способность и готовность:

Объяснить основные принципы магнитного резонанса. Понимать основную терминологию современного магнитного резонанса.

Демонстрировать умение делать простейшие количественные оценки.

4. Структура и содержание дисциплины/ модуля

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных(ые) единиц(ы) 108 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины экзамен в 6 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	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Введение	6	1	1	0	0	

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
2.	Тема 2. Основные свойства спиновых операторов.	6	2	1	2	0	
3.	Тема 3. Операторы проектирования. Матрица плотности.	6	3	1	1	0	
4.	Тема 4. Уравнение Лиувилля-фон Неймана.	6	4	1	2	0	
5.	Тема 5. Поведение одиночного спина в постоянном магнитном поле.	6	5	1	2	0	
6.	Тема 6. Задача Рабби: поведение спина под действием РЧ поля и постоянного магнитного поля	6	6	1	2	0	
7.	Тема 7. Феноменологические уравнения Блоха.	6	7	1	2	0	
8.	Тема 8. Пространство Лиувилля для спиновых степеней свободы. Супероператор Лиувилля. Супероператор эволюции.	6	8	1	2	0	
9.	Тема 9. Представление Шредингера. Представление Нейзенберга. Представление Дирака. Хронологическая экспонента Дайсона.	6	9	1	2	0	
10.	Тема 10. Обобщенные кинетические уравнения Блоха-Редфлда-Вангенесса. Приближение коротких времен корреляций. Частотная матрица. Матрица кинетических коэффициентов.	6	10-11	2	2	0	

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
11.	Тема 11. Установление термодинамического равновесия в спиновой подсистеме.	6	12	1	2	0	
12.	Тема 12. Релаксация спина 1/2 в случайном магнитном поле. T1-релаксация. T2-релаксация.	6	13-14	2	2	0	
13.	Тема 13. Метод Кубо и Томиты. Линейный отклик. Тензор релаксации. Приближение Ван-Флека.	6	15-16	2	2	0	
14.	Тема 14. Форма сигнала и релаксационная функция. Метод моментов. Вычисление второго момента жесткой решетки.	6	17-18	2	2	0	
	Тема . Итоговая форма контроля	6		0	0	0	Экзамен
	Итого			18	25	0	

4.2 Содержание дисциплины

Тема 1. Введение

лекционное занятие (1 часа(ов)):

Основы магнитного резонанса. Основы квантовой теории.

Тема 2. Основные свойства спиновых операторов.

лекционное занятие (1 часа(ов)):

Алгебра спиновых операторов, собственные значения и функции спинового оператора. Проекционные операторы. Статистические операторы.

практическое занятие (2 часа(ов)):

Решение уравнений с использованием спиновых операторов.

Тема 3. Операторы проектирования. Матрица плотности.

лекционное занятие (1 часа(ов)):

Операторы проектирования в квантовой механике. Определение и физический смысл матрицы плотности. Уравнение для матрицы плотности. Физический смысл уравнения Лиувилля-фон Неймана.

практическое занятие (1 часа(ов)):

Решение уравнений для матрицы плотности.

Тема 4. Уравнение Лиувилля-фон Неймана.

лекционное занятие (1 часа(ов)):

Ядерный магнитный момент, g -фактор, гиромагнитное отношение ядра. Обзор основных свойств практически значимых ядер.

практическое занятие (2 часа(ов)):

Определение и получение численных значений магнитного момента, g -фактора и гиромагнитного отношения для некоторых практически значимых типов ядер.

Тема 5. Поведение одиночного спина в постоянном магнитном поле.

лекционное занятие (1 часа(ов)):

Динамика спина в постоянном магнитном поле. Динамика спина в постоянном и радиочастотном поле. Резонанс. Уравнения Блоха, Эйлера.

практическое занятие (2 часа(ов)):

Вывод уравнения для движения волчка в магнитном поле. Переход во вращающуюся систему координат.

Тема 6. Задача Рабби: поведение спина под действием РЧ поля и постоянного магнитного поля

лекционное занятие (1 часа(ов)):

Решение задачи Рабби: поведение спина под действием РЧ поля и постоянного магнитного поля

практическое занятие (2 часа(ов)):

Вывод основных соотношений для спина под действием радиочастотного и постоянного магнитного полей

Тема 7. Феноменологические уравнения Блоха.

лекционное занятие (1 часа(ов)):

Феноменологические уравнения Блоха. Анализ эволюции спиновой системы с помощью классических представлений. Эволюция намагниченности спиновой системы под действием радиочастотного поля.

практическое занятие (2 часа(ов)):

Анализ основных импульсных последовательностей с помощью уравнений Блоха.

Тема 8. Пространство Лиувилля для спиновых степеней свободы. Супероператор Лиувилля. Супероператор эволюции.

лекционное занятие (1 часа(ов)):

Уравнение движения для статистического оператора. Теорема Лиувилля и уравнение Лиувилля для классической функции распределения. Общая структура кинетического уравнения для одночастичной функции распределения. Супероператор Лиувилля. Супероператор эволюции.

практическое занятие (2 часа(ов)):

Практический расчет с использованием теоремы Лиувилля.

Тема 9. Представление Шредингера. Представление Нейзенберга. Представление Дирака. Хронологическая экспонента Дайсона.

лекционное занятие (1 часа(ов)):

Определение и физический смысл уравнения Шредингера. Формализм Гейзенберга. Формализм Дирака. Введение хронологической экспоненты Дайсона.

практическое занятие (2 часа(ов)):

Решение уравнения Шредингера для некоторых частных случаев.

Тема 10. Обобщенные кинетические уравнения Блоха-Редфлда-Вангенесса.

Приближение коротких времен корреляций. Частотная матрица. Матрица кинетических коэффициентов.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Вывод обобщенных кинетических уравнений Блоха-Редфлда-Вангенесса. Эволюция основных соотношений в приближении коротких времен корреляций. Частотная матрица и матрица кинетических коэффициентов.

практическое занятие (2 часа(ов)):

Решение обобщенных кинетических уравнений Блоха-Редфлда-Вангенесса для практически значимых систем.

Тема 11. Установление термодинамического равновесия в спиновой подсистеме.

лекционное занятие (1 часа(ов)):

Процессы установления термодинамического равновесия в спиновой подсистеме. Механизмы релаксации.

практическое занятие (2 часа(ов)):

Обзор частных случаев учета вкладов различных механизмов релаксации.

Тема 12. Релаксация спина 1/2 в случайном магнитном поле. T1-релаксация. T2-релаксация.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Релаксация спина в случайном магнитном поле. Вычисления времени спин-решеточной релаксации T1 и спин-спиновой релаксации T2.

практическое занятие (2 часа(ов)):

Примеры вычисления времен релаксации T2 (спин-решеточная) и T2 (спин-спиновая) для некоторых ситуаций.

Тема 13. Метод Кубо и Томиты. Линейный отклик. Тензор релаксации. Приближение Ван-Флека.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Выражение формы сигнала через релаксационную функцию. Метод Кубо и Томиты. Линейный отклик спиновой системы. Определение тензора релаксации. Выражение формы сигнала через релаксационную функцию. Изменение основных соотношений в приближении Ван-Флека.

практическое занятие (2 часа(ов)):

Определение среднеквадратического смещения частицы с помощью методом Кубо и Томиты.

Тема 14. Форма сигнала и релаксационная функция. Метод моментов. Вычисление второго момента жесткой решетки.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Обобщенный метод моментов. Секулярные взаимодействия. Общее выражение для момента.

практическое занятие (2 часа(ов)):

Применение метода моментов на примерах. Расчет второго момента. Вычисление второго момента жесткой решетки. Обменное сужение.

4.3 Структура и содержание самостоятельной работы дисциплины (модуля)

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
1.	Тема 1. Введение	6	1	подготовка к устному опросу	1	устный опрос
2.	Тема 2. Основные свойства спиновых операторов.	6	2	подготовка к устному опросу	2	устный опрос
3.	Тема 3. Операторы проектирования. Матрица плотности.	6	3	подготовка к устному опросу	2	устный опрос
4.	Тема 4. Уравнение Лиувилля-фон Неймана.	6	4	подготовка к устному опросу	2	устный опрос

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
5.	Тема 5. Поведение одиночного спина в постоянном магнитном поле.	6	5	подготовка к контрольной работе	3	контрольная работа
6.	Тема 6. Задача Рабби: поведение спина под действием РЧ поля и постоянного магнитного поля	6	6	подготовка к устному опросу	2	устный опрос
7.	Тема 7. Феноменологические уравнения Блоха.	6	7	подготовка к устному опросу	2	устный опрос
8.	Тема 8. Пространство Лиувилля для спиновых степеней свободы. Супероператор Лиувилля. Супероператор эволюции.	6	8	подготовка к устному опросу	2	устный опрос
9.	Тема 9. Представление Шредингера. Представление Нейзенберга. Представление Дирака. Хронологическая экспонента Дайсона.	6	9	подготовка к устному опросу	2	устный опрос
10.	Тема 10. Обобщенные кинетические уравнения Блоха-Редфлда-Вангенесса. Приближение коротких времен корреляций. Частотная матрица. Матрица кинетических коэффициентов.	6	10-11	подготовка к устному опросу	2	устный опрос
11.	Тема 11. Установление термодинамического равновесия в спиновой подсистеме.	6	12	подготовка к устному опросу	2	устный опрос
12.	Тема 12. Релаксация спина 1/2 в случайном магнитном поле. T1-релаксация. T2-релаксация.	6	13-14	подготовка к контрольной работе	3	контрольная работа

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
13.	Тема 13. Метод Кубо и Томиты. Линейный отклик. Тензор релаксации. Приближение Ван-Флека.	6	15-16	подготовка к устному опросу	2	устный опрос
14.	Тема 14. Форма сигнала и релаксационная функция. Метод моментов. Вычисление второго момента жесткой решетки.	6	17-18	подготовка к устному опросу	2	устный опрос
	Итого				29	

5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

Освоение дисциплины "Квантовая теория магнитного резонанса" предполагает использование в учебном процессе как традиционных (лекции, практические занятия с использованием методических материалов), так и инновационных образовательных технологий с применением активных и интерактивных форм проведения занятий: использование мультимедийных программ для подготовки и выступления студентов на семинарских занятиях с фото-, аудио- и видеоматериалами по предложенной тематике.

Используются такие образовательные технологии:

- проверка домашних заданий,
- проверка решений предложенных задач по изучаемому материалу;
- постановка перед студентами вопроса по теме, которая еще только будет изучаться, и студенты должны дать ответ, основываясь на интуиции, а затем этот вопрос подробно изучается.

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

Тема 1. Введение

устный опрос, примерные вопросы:

Основы магнитного резонанса. Ядерный спин. Магнитный момент ядра. Условия наблюдения ядерного магнитного резонанса. Основы квантовой теории.

Тема 2. Основные свойства спиновых операторов.

устный опрос, примерные вопросы:

Определение собственных значений и собственных функций спинового оператора.

Определение матрицы плотности. Определение и смысл проекционных операторов. Уравнение для матрицы плотности.

Тема 3. Операторы проектирования. Матрица плотности.

устный опрос, примерные вопросы:

Операторы проектирования. Определение и смысл матрицы плотности. Уравнение для матрицы плотности. Уравнение Лиувилля-фон Неймана.

Тема 4. Уравнение Лиувилля-фон Неймана.

устный опрос, примерные вопросы:

Определение магнитного момента ядра. Понятие спина ядра. Определение g - фактора и гиромагнитного отношения ядра.

Тема 5. Поведение одиночного спина в постоянном магнитном поле.

контрольная работа, примерные вопросы:

Описание динамики спина в постоянном и радиочастотном поле. Явление резонанса. Вывод уравнения Блоха. Вывод уравнения Эйлера.

Тема 6. Задача Рабби: поведение спина под действием РЧ поля и постоянного магнитного поля

устный опрос, примерные вопросы:

Решение задачи Рабби. Вывод основных соотношения для спина под действием РЧ поля и постоянного магнитного поля.

Тема 7. Феноменологические уравнения Блоха.

устный опрос, примерные вопросы:

Вывод феноменологических уравнения Блоха. Анализ эволюции спиновой системы с помощью классических представлений. Описание эволюции намагниченности спиновой системы под действием радиочастотного поля.

Тема 8. Пространство Лиувилля для спиновых степеней свободы. Супероператор Лиувилля. Супероператор эволюции.

устный опрос, примерные вопросы:

Определение уравнения движения для статистического оператора. Теорема Лиувилля и уравнение Лиувилля для классической функции распределения. Описание общей структуры кинетического уравнения для одночастичной функции распределения. Супероператор Лиувилля. Супероператор эволюции.

Тема 9. Представление Шредингера. Представление Нейзенберга. Представление Дирака. Хронологическая экспонента Дайсона.

устный опрос, примерные вопросы:

Определение и физический смысл уравнения Шредингера. Формализм Гейзенберга. Описание формализма Дирака. Введение хронологической экспоненты Дайсона.

Тема 10. Обобщенные кинетические уравнения Блоха-Редфлда-Вангенесса. Приближение коротких времен корреляций. Частотная матрица. Матрица кинетических коэффициентов.

устный опрос, примерные вопросы:

Вывод обобщенных кинетических уравнений Блоха-Редфлда-Вангенесса. Определение эволюции основных соотношений в приближении коротких времен корреляций. Определение и смысл частотной матрицы и матрицы кинетических коэффициентов.

Тема 11. Установление термодинамического равновесия в спиновой подсистеме.

устный опрос, примерные вопросы:

Процессы установления термодинамического равновесия в спиновой подсистеме. Механизмы релаксации.

Тема 12. Релаксация спина $1/2$ в случайном магнитном поле. T1-релаксация. T2-релаксация.

контрольная работа, примерные вопросы:

Вычисление времен релаксации T1 (спин-решеточная) и T2 (спин-спиновая) для частных случаев.

Тема 13. Метод Кубо и Томиты. Линейный отклик. Тензор релаксации. Приближение Ван-Флека.

устный опрос, примерные вопросы:

Сущность и ограничения метода Кубо и Томиты. Понятие линейного отклика системы, ограничения его применения. Понятие о тензоре релаксации, примеры его применения для решения практических задач. Приближение Ван-Флека, основные допущения, преимущества, области применения.

Тема 14. Форма сигнала и релаксационная функция. Метод моментов. Вычисление второго момента жесткой решетки.

устный опрос, примерные вопросы:

Формы ЯМР-сигнала, Лоренцова и Гауссова форма сигнала. Релаксационная функция. Основы метода моментов. Понятие второго момента. Принципы вычисления второго момента. Примеры вычисления второго момента для жесткой решетки.

Тема . Итоговая форма контроля

Примерные вопросы к экзамену:

Форма аттестации: экзамен.

Максимальное количество баллов - 50

Магнитный момент.

Вычисление второго момента жесткой решетки.

Поведение одиночного спина в постоянном магнитном поле.

Тензор релаксации.

Гиромагнитное отношение.

T1-релаксация спина 1/2 в случайном магнитном поле.

Задача Рабби.

Форма сигнала и релаксационная функция.

Частотная матрица.

T2-релаксация спина 1/2 в случайном магнитном поле.

Уравнение Лиувилля-фон Неймана.

Матрица кинетических коэффициентов.

Хронологическая экспонента Дайсона.

Приближение коротких времен корреляций.

7.1. Основная литература:

1. Специальные функции. Производные, интегралы, ряды и другие формулы. Справочник. / Брычков Ю.А. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006. - 512 с. - Издательство "Лань"
Электронно-библиотечная система. http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=48182
2. 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. Ядерный магнетизм: монография / А. Абрагам - Рипол Классик, 2013 - 556 с.
http://books.google.ru/books?id=lvj9AgAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=ru&source=gbs_ge_summary_r&

7.2. Дополнительная литература:

1. Пименов Г.Г. Краткий курс по ядерному магнитному резонансу: учебное пособие / Г.Г. Пименов, Б.И. Гизатуллин; Казан. гос. ун-т, Физ. фак. - Казань: [Казанский государственный университет], 2008. -59 с.
2. Фаткуллин Н.Ф. Обобщенные кинетические уравнения Блоха-Вангснесса-Редфилда [Электронный ресурс]/ Н.Ф.Фаткуллин. - Учебное пособие, Казань, 2004. - 21с. Режим доступа - <http://kpfu.ru/metodicheskie-posobiya-studentam-4083.html>

7.3. Интернет-ресурсы:

Кафедра химической физики - http://portal.kpfu.ru/main_page?p_sub=5731

Образовательный проект Варгина А.Н. - <http://www.ph4s.ru/index.html>

Релаксация магнитная - http://femto.com.ua/articles/part_2/3383.html

Физическая энциклопедия: Спиновый гамильтониан -
http://dic.academic.ru/dic.nsf/enc_physics/4774/СПИНОВЫЙ

Хроника открытия магнитного резонанса -

<http://kpfu.ru/museums/muzej-laboratoriya-ekzavojskogo/nauchnaya-deyatelnost/hronika-otkrytiya-magnitnoy>

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля)

Освоение дисциплины "Квантовая теория магнитного резонанса" 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 студентам. 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 ВПО) нового поколения.

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.

Мультимедийная электронная доска.

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

Автор(ы):

Фаткуллин Н.Ф. _____

"__" _____ 201__ г.

Рецензент(ы):

Скирда В.Д. _____

"__" _____ 201__ г.