

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

Квантовая теория твердых тел Б1.В.ДВ.8

Направление подготовки: 03.03.02 - Физика

Профиль подготовки: не предусмотрено

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Автор(ы):

Кочелаев Б.И.

Рецензент(ы):

Прошин Ю.Н.

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий(ая) кафедрой: Прошин Ю. Н.

Протокол заседания кафедры No _____ от "_____" _____ 201__ г

Учебно-методическая комиссия Института физики:

Протокол заседания УМК No _____ от "_____" _____ 201__ г

Регистрационный No 6138518

Казань
2018

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) Кочелаев Б.И. Кафедра теоретической физики Отделение физики , Boris.Kochelaev@kpfu.ru

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины "Квантовая теория твердых тел" изучение основ квантовой теории кристаллических твердых тел, охватывающей современную концепцию их электронных спектров, электрических, магнитных и тепловых свойств, тепло- и электропроводности (включая сверхпроводимость)

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

Данная учебная дисциплина включена в раздел " Б1.В.ДВ.8 Дисциплины (модули)" основной образовательной программы 03.03.02 Физика и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 4 курсе, 7, 8 семестры.

Дисциплина (Б3.ДВ.7) "Квантовая теория твердого тела" входит в вариативную часть профессионального цикла (Б.3). Для освоения дисциплины необходимы знания дисциплин: классическая и квантовая механика, электродинамика, статистическая физика. Освоение дисциплины будет способствовать успешной профессиональной деятельности, позволит в дальнейшем изучать курсы общенаучного и профессионального циклов основной образовательной программы магистратуры

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

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ПК-1 (профессиональные компетенции)	способностью использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин
ПК-2 (профессиональные компетенции)	способностью 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)	готовностью применять на практике профессиональные знания теории и методов способностью применять на практике профессиональные знания и умения, полученные при освоении профильных физических дисциплин
ПК-5 (профессиональные компетенции)	способностью пользоваться современными методами обработки, анализа и синтеза физической информации в избранной области физических исследований
ПК-6 (профессиональные компетенции)	способностью понимать и использовать на практике теоретические основы организации и планирования физических исследований
ОК-7 (общекультурные компетенции)	способностью к самоорганизации и самообразованию

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОПК-2 (профессиональные компетенции)	способностью использовать в профессиональной деятельности базовые знания фундаментальных разделов математики, создавать математические модели типовых профессиональных задач и интерпретировать полученные результаты с учетом границ применимости моделей
ОПК-5 (профессиональные компетенции)	способностью использовать основные методы, способы и средства получения, хранения, переработки информации и навыки работы с компьютером как со средством управления информацией

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

основные положения квантовой теории твердых тел, современные способы описания их основных свойств и явлений, в них происходящих

2. должен уметь:

выводить формулы для вычисления микроскопических и макроскопических характеристик твердых тел и их отклика на внешние воздействия

3. должен владеть:

навыками вычисления основных характеристик твердых тел

4. должен демонстрировать способность и готовность:

к дальнейшему обучению

4. Структура и содержание дисциплины/ модуля

Общая трудоемкость дисциплины составляет 8 зачетных(ые) единиц(ы) 288 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины отсутствует 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	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Электрон в периодическом поле.	7	1-3	6	6	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. Система многих электронов.	7	4-5	4	6	0	
3.	Тема 3. Кинетические явления.	7	6-8	6	6	0	
4.	Тема 4. Магнитная восприимчивость металлов	7	9-10	4	4	0	
5.	Тема 5. Электродинамика металлов	7	11-13	6	6	0	
6.	Тема 6. Локализованные состояния электронов	7	14-15	4	4	0	
7.	Тема 7. Магнетизм	7	16-18	6	4	0	Контрольная работа
8.	Тема 8. Колебания кристаллической решетки	8	1-3	6	6	0	
9.	Тема 9. Взаимодействие фононов с внешними полями	8	4-5	6	6	0	
10.	Тема 10. Электрон-фононное взаимодействие	8	6-7	6	6	0	
11.	Тема 11. Сверхпроводимость	8	7-9	6	6	0	
12.	Тема 12. Сверхпроводники второго рода	8	9-10	6	6	0	
13.	Тема 13. Высокотемпературная сверхпроводимость	8	10	6	6	0	Контрольная работа
.	Тема . Итоговая форма контроля	8		0	0	0	Экзамен
	Итого			72	72	0	

4.2 Содержание дисциплины

Тема 1. Электрон в периодическом поле.

лекционное занятие (6 часа(ов)):

Кристаллическая решетка. Теорема Блоха, общие свойства блоховских электронов.

практическое занятие (6 часа(ов)):

Электроны в слабом периодическом потенциале. Метод сильной связи.

Тема 2. Система многих электронов.

лекционное занятие (4 часа(ов)):

Статистика. Поверхность Ферми. Химический потенциал.

практическое занятие (6 часа(ов)):

Теплоемкость.

Тема 3. Кинетические явления.

лекционное занятие (6 часа(ов)):

Электрон как волновой пакет. Скорость и ускорение. Кинетическое уравнение. Проводимость. Теплопроводность. Эффект Холла.

практическое занятие (6 часа(ов)):

Магнетосопротивление. Рассеяние на примесях. Столкновения электронов. Электронная ферми-жидкость.

Тема 4. Магнитная восприимчивость металлов

лекционное занятие (4 часа(ов)):

Спиновый парамагнетизм Паули. Квантование орбит в магнитном поле. Диамагнетизм Ландау.

практическое занятие (4 часа(ов)):

Эффект де Гааза- ван Альфена.

Тема 5. Электродинамика металлов

лекционное занятие (6 часа(ов)):

Нормальный скин-эффект. Аномальный скин-эффект. Спиновый резонанс в металлах. Геликоны. Диэлектрическая проницаемость в приближении самосогласованного поля.

практическое занятие (6 часа(ов)):

Плазменные колебания. Затухание Ландау. Экранирование поля примеси.

Тема 6. Локализованные состояния электронов

лекционное занятие (4 часа(ов)):

Локализация электрона при дальнодействующем потенциале примеси. Короткодействующий потенциал. Доноры и акцепторы в полупроводниках. Экситоны. Поляроны.

практическое занятие (4 часа(ов)):

Андерсоновская локализация, переход металл-диэлектрик.

Тема 7. Магнетизм

лекционное занятие (6 часа(ов)):

Обменное взаимодействие Гайзенберга. Взаимодействие локализованных моментов через электроны проводимости. Магнитная восприимчивость в приближении самосогласованного поля. Фазовый переход, длина спиновой когерентности.

практическое занятие (4 часа(ов)):

Спиновые волны в ферромагнетике и антиферромагнетике. Температурная зависимость намагниченности.

Тема 8. Колебания кристаллической решетки

лекционное занятие (6 часа(ов)):

Колебания линейной цепочки. Общие свойства нормальных координат трехмерного кристалла. Квантование, фононы. Теплоемкость.

практическое занятие (6 часа(ов)):

Модель Дебая. Анггармонические эффекты.

Тема 9. Взаимодействие фононов с внешними полями

лекционное занятие (6 часа(ов)):

Инфракрасное поглощение света. Рассеяние света на фононах. Рассеяние рентгеновских лучей.

практическое занятие (6 часа(ов)):

Эффект Мессбауэра.

Тема 10. Электрон-фононное взаимодействие

лекционное занятие (6 часа(ов)):

Гамильтониан взаимодействия. Рассеяние электрона на фоне. Перенормировка эффективной массы электрона.

практическое занятие (6 часа(ов)):

Взаимодействие электронов через поле фононов.

Тема 11. Сверхпроводимость

лекционное занятие (6 часа(ов)):

Пара Купера. Эффективный гамильтониан Бардина-Купера-Шриффера. Каноническое преобразование Боголюбова. Спектр элементарных возбуждений. Энергетическая щель, критическая температура.

практическое занятие (6 часа(ов)):

Ядерная спиновая релаксация.

Тема 12. Сверхпроводники второго рода

лекционное занятие (6 часа(ов)):

Уравнения Гинзбурга-Ландау. Два характерных масштаба длины. Квантование магнитного потока. Вихревая решетка Абрикосова.

практическое занятие (6 часа(ов)):

Критические магнитные поля.

Тема 13. Высокотемпературная сверхпроводимость

лекционное занятие (6 часа(ов)):

Эволюция свойств оксидов меди с допированием. Основные модели в теории высокотемпературной сверхпроводимости.

практическое занятие (6 часа(ов)):

Новые высокотемпературные сверхпроводники

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. Электрон в периодическом поле.	7	1-3	Выполнение практических заданий	4	Проверка выполнения заданий
				Подготовка к устному опросу	2	Устный опрос
2.	Тема 2. Система многих электронов.	7	4-5	Выполнение практических заданий	6	Проверка выполнения заданий
3.	Тема 3. Кинетические явления.	7	6-8	Подготовка к устному опросу	6	Устный опрос
4.	Тема 4. Магнитная восприимчивость металлов	7	9-10	Подготовка к устному опросу	6	Устный опрос
5.	Тема 5. Электродинамика металлов	7	11-13	Выполнение практических заданий	2	Проверка выполнения заданий
6.	Тема 6. Локализованные состояния электронов	7	14-15	Подготовка к устному опросу	4	Устный опрос

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
7.	Тема 7. Магнетизм	7	16-18	подготовка к контрольной работе	3	контрольная работа
				Подготовка к устному опросу	3	Устный опрос
8.	Тема 8. Колебания кристаллической решетки	8	1-3	Выполнение практических заданий	4	Проверка выполнения заданий
9.	Тема 9. Взаимодействие фононов с внешними полями	8	4-5	Подготовка к устному опросу	8	Устный опрос
10.	Тема 10. Электрон-фононное взаимодействие	8	6-7	Подготовка к устному опросу	6	Устный опрос
11.	Тема 11. Сверхпроводимость	8	7-9	Подготовка к устному опросу	6	Устный опрос
12.	Тема 12. Сверхпроводники второго рода	8	9-10	Подготовка к устному опросу	6	Устный опрос
13.	Тема 13. Высокотемпературная сверхпроводимость	8	10	подготовка к контрольной работе	4	контрольная работа
				Подготовка к устному опросу	2	Устный опрос
	Итого				72	

5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

Используются следующие формы учебной работы: лекции, практические занятия в группах, самостоятельная работа студента (выполнение домашних заданий), консультации.

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

Тема 1. Электрон в периодическом поле.

Проверка выполнения заданий , примерные вопросы:

Задания к разделам: Общие свойства блоховских электронов. Электроны в слабом периодическом потенциале. Метод сильной связи.

Устный опрос , примерные вопросы:

Вопросы: Кристаллическая решетка. Теорема Блоха, общие свойства блоховских электронов. Электроны в слабом периодическом потенциале. Метод сильной связи.

Тема 2. Система многих электронов.

Проверка выполнения заданий , примерные вопросы:

Задания к разделам: Статистика. Поверхность Ферми. Химический потенциал. Теплоемкость.

Тема 3. Кинетические явления.

Устный опрос , примерные вопросы:

Вопросы: Кинетическое уравнение. Проводимость. Теплопроводность. Эффект Холла. Магнетосопротивление. Рассеяние на примесях. Столкновения электронов. Электронная ферми-жидкость.

Тема 4. Магнитная восприимчивость металлов

Устный опрос , примерные вопросы:

Вопросы: Спиновый парамагнетизм Паули. Квантование орбит в магнитном поле. Диамагнетизм Ландау. Эффект де Гааза- ван Альфена.

Тема 5. Электродинамика металлов

Проверка выполнения заданий , примерные вопросы:

Задания к разделам: Нормальный скин-эффект. Аномальный скин-эффект. Спиновый резонанс в металлах. Геликоны. Диэлектрическая проницаемость в приближении самосогласованного поля. Плазменные колебания. Затухание Ландау. Экранирование поля примеси. Нормальный скин-эффект. Аномальный скин-эффект. Спиновый резонанс в металлах. Геликоны. Диэлектрическая проницаемость в приближении самосогласованного поля. Плазменные колебания. Затухание Ландау. Экранирование поля примеси.

Тема 6. Локализованные состояния электронов

Устный опрос , примерные вопросы:

Вопросы: Локализация электрона при дальнодействующем потенциале примеси. Короткодействующий потенциал. Доноры и акцепторы в полупроводниках. Экситоны. Поляроны.

Тема 7. Магнетизм

контрольная работа , примерные вопросы:

Задачи: Вычислить теплоемкость вырожденного электронного газа. Вычислить частоту плазменных колебаний. Вычислить парамагнитную восприимчивость электронов проводимости

Устный опрос , примерные вопросы:

Вопросы: Обменное взаимодействие Гайзенберга. Взаимодействие локализованных моментов через электроны проводимости. Магнитная восприимчивость в приближении самосогласованного поля. Фазовый переход, длина спиновой когерентности. Спиновые волны в ферромагнетике и антиферромагнетике. Температурная зависимость намагниченности.

Тема 8. Колебания кристаллической решетки

Проверка выполнения заданий , примерные вопросы:

Задания к разделам: Колебания линейной цепочки. Общие свойства нормальных координат трехмерного кристалла. Квантование, фононы. Теплоемкость. Модель Дебая. Анггармонические эффекты.

Тема 9. Взаимодействие фононов с внешними полями

Устный опрос , примерные вопросы:

Вопросы: Инфракрасное поглощение света. Рассеяние света на фононах. Рассеяние рентгеновских лучей. Эффект Мессбауэра

Тема 10. Электрон-фононное взаимодействие

Устный опрос , примерные вопросы:

Вопросы: Гамильтониан взаимодействия. Рассеяние электрона на фононе. Перенормировка эффективной массы электрона. Взаимодействие электронов через поле фононов.

Тема 11. Сверхпроводимость

Устный опрос , примерные вопросы:

Вопросы: Пара Купера. Эффективный гамильтониан Бардина-Купера-Шриффера. Каноническое преобразование Боголюбова. Спектр элементарных возбуждений. Энергетическая щель, критическая температура. Ядерная спиновая релаксация.

Тема 12. Сверхпроводники второго рода

Устный опрос , примерные вопросы:

Вопросы: Уравнения Гинзбурга-Ландау. Два характерных масштаба длины. Квантование магнитного потока. Вихревая решетка Абрикосова. Критические магнитные поля.

Тема 13. Высокотемпературная сверхпроводимость

контрольная работа , примерные вопросы:

Задачи: Вычислить теплоемкость кристаллической решетки в модели Дебая. Получить выражение для энергетической щели в сверхпроводнике. Получить выражение для коэффициента поглощения света кристаллической решеткой.

Устный опрос , примерные вопросы:

Вопросы: Эволюция свойств оксидов меди с допированием. Основные модели в теории высокотемпературной сверхпроводимости. Новые высокотемпературные сверхпроводники

Итоговая форма контроля

экзамен

Примерные вопросы к экзамену:

Регламент балльно-рейтинговой системы

[1] Выполнение практических заданий 10

[2] Устные опросы 10

[3] Контрольная работа 30

[4] Зачет / экзамен 50

Вопросы к зачету в 7 семестре

1. Теорема Блоха
2. Приближение сильной связи
3. Приближение слабой связи
4. Поверхность Ферми
5. Кинетическое уравнение.
6. Расчет теплопроводности
7. Эффект Холла
8. Магнетосопротивление
9. Спиновый парамагнетизм Паули.
10. Диамагнетизм Ландау.
11. Нормальный скин-эффект. Аномальный скин-эффект.
12. Затухание Ландау.
13. Доноры и акцепторы в полупроводниках. Экситоны.
14. Поляроны.
15. Обменное взаимодействие Гайзенберга.
16. Спиновые волны в ферромагнетике и антиферромагнетике.

Вопросы к экзамену в 8 семестре

1. Колебания линейной цепочки. Общие свойства нормальных координат трехмерного кристалла.
2. Квантование колебаний в кристалле, фононы.
3. Теплоемкость фононов.
4. Модель Дебая.
5. Инфракрасное поглощение света. Рассеяние света на фононах.
6. Эффект Мессбауэра.
7. Гамильтониан электрон-фононного взаимодействия.
8. Рассеяние электрона на фононе.
9. Взаимодействие электронов через поле фононов.
10. Пара Купера. Эффективный гамильтониан Бардина-Купера-Шриффера.
11. Каноническое преобразование Боголюбова.

12. Спектр элементарных возбуждений. Энергетическая щель, критическая температура.
13. Ядерная спиновая релаксация.
14. Уравнения Гинзбурга-Ландау.
15. Основные модели в теории высокотемпературной сверхпроводимости.

7.1. Основная литература:

1. Сверхпроводимость / В.Л. Гинзбург, Е.А. Андрюшин. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Альфа-М, 2006. - 110 с.: ил.; 60х90 1/16. - (Библиотека СОИ "Идеи и технологии будущего"). (переплет) ISBN 5-98281-088-6.
<http://znanium.com/bookread.php?book=114620>
2. Байков Ю.А. Физика конденсированного состояния. М.: Бином. Лаборатория знаний. 2011, 293 стр. ISBN: 978-5-9963-0290-1
<http://e.lanbook.com/view/book/4372/>
3. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика. Т.9 Статистическая физика. Ч. 2. Теория конденсированного состояния. М.: Физматлит, 2004, 496 стр. 4-е изд., стереот., ISBN:5-9221-0296-6
<http://e.lanbook.com/view/book/2235/>

7.2. Дополнительная литература:

1. Абрикосов А.А. Основы теории металлов М. Физматлит. - 2010. - 600 с.
<http://e.lanbook.com/view/book/2093/>
2. Гантмахер В.Ф. Электроны в неупорядоченных средах. М. Физматлит. - 2005. - 232 с.
<http://e.lanbook.com/view/book/2156/>

7.3. Интернет-ресурсы:

методические материалы кафедры ТФ - http://www.kpfu.ru/main_page?p_sub=8205
Новая электронная библиотека - <http://www.newlibrary.ru>
Образовательный проект А.Н. Варгина - <http://www.ph4s.ru/index.html>
сайт кафедры теоретической физики - http://www.kpfu.ru/main_page?p_sub=5721
ЭБС КнигаФонд - <http://www.knigafund.ru>

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля)

Освоение дисциплины "Квантовая теория твердых тел" 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.

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.

Учебные аудитории для проведения лекционных и практических занятий.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 03.03.02 "Физика" и профилю подготовки не предусмотрено.

Автор(ы):

Кочелаев Б.И. _____

"__" _____ 201__ г.

Рецензент(ы):

Прошин Ю.Н. _____

"__" _____ 201__ г.