

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.

  
КАЗАНСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ДЕПАРТАМЕНТ  
ОБРАЗОВАНИЯ  
(ДО КФУ)

20\_\_ г.

подписано электронно-цифровой подписью

**Программа дисциплины**  
Квантовые технологии Б1.В.ДВ.7

Направление подготовки: 03.04.02 - Физика

Профиль подготовки: Физика сложных систем

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

**Автор(ы):**

Таюрский Д.А.

**Рецензент(ы):**

Никитин С.И.

**СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий(ая) кафедрой: Таюрский Д. А.

Протокол заседания кафедры No \_\_\_\_ от "\_\_\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г

Учебно-методическая комиссия Института физики:

Протокол заседания УМК No \_\_\_\_ от "\_\_\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г

Регистрационный No 6149517

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) проректор по образовательной деятельности Таюрский Д.А. Ректорат КФУ , Dmitry.Tayurskii@kpfu.ru

## 1. Цели освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины "Квантовые технологии" является овладение основными понятиями современных областей квантовых технологий, освоение соответствующих теоретических методов описания и получение представлений об экспериментальных методах и наблюдаемых явлениях, обусловленных квантовым корреляциями в нано- и мезоскопических системах и устройствах на их основе.

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

Данная учебная дисциплина включена в раздел " Б1.В.ДВ.7 Дисциплины (модули)" основной образовательной программы 03.04.02 Физика и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 2 курсе, 3 семестр.

Для освоения дисциплины необходимы знания дисциплин: квантовая механика, статистическая физика, квантовая теория твердого тела, квантовая теория неравновесных процессов, нанопизика. Освоение дисциплины необходимо для изучения дисциплин, связанных с физикой сложных систем, физикой конденсированного состояния, физикой атомов и молекул, теоретической физикой, и для успешной профессиональной деятельности.

## 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 к абстрактному мышлению, анализу, синтезу
ОПК-4 (профессиональные компетенции)	способность адаптироваться к изменению научного профиля своей профессиональной деятельности, социокультурных и социальных условий деятельности
ОПК-5 (профессиональные компетенции)	способность использовать свободное владение профессионально-профилированными знаниями в области компьютерных технологий для решения задач профессиональной деятельности, в том числе находящихся за пределами направленности (профиля) подготовки
ОПК-6 (профессиональные компетенции)	способность использовать знания современных проблем и новейших достижений физики в научно-исследовательской работе
ПК-2 (профессиональные компетенции)	способность свободно владеть разделами физики, необходимыми для решения научно-инновационных задач, и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности
ПК-3 (профессиональные компетенции)	способность принимать участие в разработке новых методов и методических подходов в научно-инновационных исследованиях и инженерно-технологической деятельности

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

современное состояние теоретических разработок и основные экспериментальные результаты и достижения в области квантовых технологий, принципы работы нано- и мезоскопических устройств

2. должен уметь:

объяснять квантоворазмерные эффекты, анализировать современную научную литературу, использовать знания теоретических методов для объяснения экспериментально наблюдаемых закономерностей

3. должен владеть:

навыками анализа экспериментальных фактов и закономерностей, методами постановки и решения простейших задач в области квантовых технологий

4. должен демонстрировать способность и готовность:

к дальнейшему обучению, к проведению самостоятельных научных исследований и инновационной деятельности, к творческому участию в инженерно-технологических проектах

#### 4. Структура и содержание дисциплины/ модуля

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

Форма промежуточного контроля дисциплины зачет в 3 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. Квантовые технологии: вторая квантовая революция	3	1-2	2	2	0	Презентация
2.	Тема 2. Топологические изоляторы и сверхпроводники. Фермионы Дирака и фермионы Майорана с физике конденсированного состояния и квантовые устройства.	3	3-4	2	4	0	Письменное домашнее задание Дискуссия Презентация

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
3.	Тема 3. Ультрахолодные квантовые газы	3	4-9	4	4	0	Презентация Письменное домашнее задание Контрольная работа
4.	Тема 4. Квантовая запутанность и неразличимость квантовых состояний	3	10-11	2	2	0	Дискуссия Письменное домашнее задание
5.	Тема 5. Квантовая интерферометрия	3	11-12	2	0	0	Дискуссия Письменное домашнее задание
6.	Тема 6. Квантовая биология	3	12-13	2	0	0	Презентация Письменное домашнее задание
	Тема . Итоговая форма контроля	3		0	0	0	Зачет
	Итого			14	12	0	

4.2 Содержание дисциплины

Тема 1. Введение. Квантовые технологии: вторая квантовая революция

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Введение. Что мы понимаем под квантовыми технологиями? Квантовые принципы. Квантовая метрология. Квантовая информация: алгоритмы, протоколы, криптография. Квантовые электромеханические системы. Квантовые ?когерентные? электронные устройства ? квантовые точки, СКВИДы, и др. Кулоновская и спиновая блокады. Одноэлектронный транзистор. Квантовая фотоника. Спинтроника и магноника. Квантовая интерферометрия. Квантовые часы. Квантовые симуляторы.

практическое занятие (2 часа(ов)):

Магноника. Магنونные когерентные состояния и конденсаты. Спиновые волны, спиновые токи и спиновый эффект Зеебека. Магنونные кристаллы.

Тема 2. Топологические изоляторы и сверхпроводники. Фермионы Дирака и фермионы Майорана с физике конденсированного состояния и квантовые устройства.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Топологические состояния. Квантовый эффект Холла. Целый и дробный квантовый эффект Холла.. Уравнение Дирака в 1-, 2- и 3-мерном случае, маргинальные состояния. Квантовый эффект Холла на решетке типа ?пчелиные соты?. Топологические инварианты. Фаза Берри. Квантовый спиновый эффект Холла. Трехмерные топологические изоляторы. Примеси и дефекты в топологических изоляторах.

практическое занятие (4 часа(ов)):

Топологические сверхпроводники (p-волновые сверхпроводники безспиновых и спин-поляризованных фермионов, сверхтекучие фазы жидкого He-3, спин-триплетные сверхпроводники). Майорановские фермионы в топологических изоляторах. Модель Китаева. Детектирование майорановских фермионов. Неабелева статистика и топологические квантовые вычисления. Квантовый фазовый переход из сверхпроводящего состояния в состояние моттовского изолятора. Топологический андерсоновский изолятор.

### Тема 3. Ультрахолодные квантовые газы

#### лекционное занятие (4 часа(ов)):

2-мерные бозе-газы: бозе-эйнштейновская конденсация и переход Березинского-Костерлица-Таулесса, сверхтекучесть и вихри. 1-мерные бозе-газы: фазовые флуктуации, сильные взаимодействия, проблема термализации. Оптические решетки. Ультрахолодные газы в ловушках. Дипольные конденсаты. Многокомпонентные конденсаты. Спинорные конденсаты. Квантовые симуляции с ультрахолодными газами (сильно-взаимодействующие системы электронов, квантовый магнетизм, теория Дирака и релятивистские теории поля, низкоразмерные системы, физика квантового эффекта Холла, модели беспорядка).

#### практическое занятие (4 часа(ов)):

Атомные чипы. Манипуляция веществом с помощью волн. Поверхностные эффекты (несовершенство потенциалов, взаимодействие ?холодные атомы ? горячая поверхность?). БЭК -микроскоп. Гибридные системы. Низкоразмерные квантовые газы в сложных геометриях.

### Тема 4. Квантовая запутанность и неразличимость квантовых состояний

#### лекционное занятие (2 часа(ов)):

Запутанность в многочастичных сильнокоррелированных системах. Запутанность и ее меры. Энтропия как мера запутанности. Запутанность чистых и смешанных состояний. Квантовые вычисления.

#### практическое занятие (2 часа(ов)):

Критерий Дивинчензо. Спиновые цепочки Кондо как квантовые каналы. Генерирование динамической запутанности.

### Тема 5. Квантовая интерферометрия

#### лекционное занятие (2 часа(ов)):

Квантовая динамика и квантовая интерферометрия. Статистическая неразличимость состояний. Интерферометр Маха-Цендера. Квантовая информация по Фишеру. Гипотеза максимального правдоподобия и статистика Байеса. Фазовая чувствительность экспериментов. Квантовая интерферометрия с бозе-эйнштейновскими конденсатами.

### Тема 6. Квантовая биология

#### лекционное занятие (2 часа(ов)):

Введение в квантовую биологию . Фотосинтез, криптохромы как примеры. Временные и пространственные масштабы квантовой когерентности. Ионные каналы. Равновесные состояния. Классическое моделирование ионных каналов. Квантовомеханическое рассмотрение высокой пропускной способности и селективности ионных каналов. Квантовая запутанность в биологии. Квантовое туннелирование

## 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. Квантовые технологии: вторая квантовая революция	3	1-2	подготовка к презентации	16	презентация

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
2.	Тема 2. Топологические изоляторы и сверхпроводники. Фермионы Дирака и фермионы Майорана с физике конденсированного состояния и квантовые устройства.	3	3-4	подготовка домашнего задания	8	домашнее задание
				подготовка к дискуссии	8	дискуссия
				подготовка к презентации	8	презентация
3.	Тема 3. Ультрахолодные квантовые газы	3	4-9	подготовка домашнего задания	8	домашнее задание
				подготовка к контрольной работе	8	контрольная работа
				подготовка к презентации	8	презентация
4.	Тема 4. Квантовая запутанность и неразличимость квантовых состояний	3	10-11	подготовка домашнего задания	4	домашнее задание
				подготовка к дискуссии	4	дискуссия
5.	Тема 5. Квантовая интерферометрия	3	11-12	подготовка домашнего задания	2	домашнее задание
				подготовка к дискуссии	4	дискуссия
6.	Тема 6. Квантовая биология	3	12-13	подготовка домашнего задания	2	домашнее задание
				подготовка к презентации	2	презентация
Итого					82	

**5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения**

Курсы лекций и семинарских занятий, организованные по стандартной технологии. Проектное обучение - подготовка презентации по заданной преподавателем теме группой студентов, работающих в одном проекте

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

**Тема 1. Введение. Квантовые технологии: вторая квантовая революция**  
презентация , примерные вопросы:



Студенты, работая в проекте, должны подготовить презентацию по современному состоянию теоретических и экспериментальных исследований в области квантовых технологий (ОПК-4, ОПК-5, ОПК-6, ПК-2, ПК-3). Примерная тематика презентаций: - Квантовые электромеханические системы - Квантовые часы - Квантовые симуляторы - Квантовые точечные контакты, квантовые точки и квантовые проволоки

## **Тема 2. Топологические изоляторы и сверхпроводники. Фермионы Дирака и фермионы Майорана с физике конденсированного состояния и квантовые устройства.**

дискуссия, примерные вопросы:

Роль поверхностных состояний в процессах переноса. Майорановские фермионы как ?граничные? состояния одномерного топологического изолятора. Майорановский одноэлектронный транзистор. Электронный транспорт через проволоку Майорана в режиме кулоновской блокады. (ОК-1, ОПК-4, ПК-2) Топологические изоляторы как блоки сверхбыстрых квантовых компьютеров.

домашнее задание, примерные вопросы:

Найти в открытых архивах научных препринтов (<http://arxiv.org>) недавние обзорные статьи по экспериментальным реализациям топологических состояний вещества: топологические изоляторы, графен, массивы квантовых точек, ультрахолодные газы в оптических решетках, подготовить материал для презентации (ОПК-5, ОПК-6)

презентация, примерные вопросы:

Презентация по экспериментальным реализациям топологических состояний вещества: топологические изоляторы, графен, массивы квантовых точек, ультрахолодные газы в оптических решетках (ОПК-5, ОПК-6, ПК-2)

## **Тема 3. Ультрахолодные квантовые газы**

домашнее задание, примерные вопросы:

Рассмотреть вопросы (ОК-1, ОПК-4, ПК-2): - Квантовая механика бозе-эйнштейновской конденсации. - Краткий обзор сверхтекучего He-4 (двухжидкостная модель, квазичастицы и критическая скорость Ландау). - Уравнение Гросс-Питаевского, боголюбовский спектр и коллективные моды, влияния притяжения. - Техника бозонизации, понятие о суперсимметрии.

контрольная работа, примерные вопросы:

Примерные вопросы: - Магнонные когерентные состояния и конденсаты - Квантовые ?когерентные? электронные устройства - Квантовая информация: алгоритмы, протоколы, криптография - Топологические состояния и топологические инварианты (ОПК-6, ПК-2)

презентация, примерные вопросы:

Студенты, работая в проекте, должны подготовить презентацию по теме (ОПК-4, ОПК-5, ОПК-6, ПК-2, ПК-3). Примерные темы: - Техника бозонизации, понятие о суперсимметрии. - Оптические решетки. Ультрахолодные газы в ловушках. - Дипольные конденсаты. Многокомпонентные конденсаты. Спинорные конденсаты. - Квантовые симуляции с ультрахолодными газами (сильно-взаимодействующие системы электронов, квантовый магнетизм, теория Дирака и релятивистские теории поля, низкоразмерные системы, физика квантового эффекта Холла, модели беспорядка).

## **Тема 4. Квантовая запутанность и неразличимость квантовых состояний**

дискуссия, примерные вопросы:

Запутанность и ее меры. Энтропия как мера запутанности. Запутанность чистых и смешанных состояний. (ОК-1, ОПК-4, ПК-2)

домашнее задание, примерные вопросы:

Найти в открытых архивах научных препринтов (<http://arxiv.org>) недавние обзорные статьи по квантовой запутанности и подготовиться к опросу (ОПК-5, ОПК-6).

## **Тема 5. Квантовая интерферометрия**

дискуссия, примерные вопросы:

Квантовая информация по Фишеру. Гипотеза максимального правдоподобия и статистика Байеса (ОК-1, ОПК-4, ПК-2).

домашнее задание, примерные вопросы:



Экспериментальные реализации квантовых интерферометров. Поиск информации в научных журналах с открытым доступом, типа Quantum Technology (<http://www.epjquantumtechnology.com/>) (ОК-1, ОПК-4, ПК-2).

### **Тема 6. Квантовая биология**

домашнее задание , примерные вопросы:

Классическое моделирование ионных каналов. Подготовить материал для презентации (ОК-1, ОПК-4, ПК-2).

презентация , примерные вопросы:

Классическое моделирование ионных каналов (ОПК-4, ОПК-5, ОПК-6, ПК-2, ПК-3).

### **Тема . Итоговая форма контроля**

Примерные вопросы к зачету:

Регламент БРС:

Презентации ( 4 презентации по 5 баллов) - 20 баллов

Выступление в дискуссиях - по 5 баллов

Контрольная работа - 15 баллов

Зачет - 50 баллов

Примерные вопросы к зачету:

Что мы понимаем под квантовыми технологиями?

Квантовые принципы.

Квантовая информация: алгоритмы, протоколы, криптография. Квантовые электромеханические системы.

Квантовые "когерентные" электронные устройства - квантовые точки, СКВИДы, и др.

Одноэлектронный транзистор.

Спинтроника и магноника.

Топологические состояния.

Квантовый эффект Холла. Целый и дробный квантовый эффект Холла.

Топологические инварианты. Фаза Берри.

Квантовый спиновый эффект Холла.

Трехмерные топологические изоляторы. Примеси и дефекты в топологических изоляторах.

Майорановские фермионы в топологических изоляторах. Модель Китаева.

Детектирование майорановских фермионов.

Неабелева статистика и топологические квантовые вычисления.

Экспериментальные реализации топологических состояний вещества: топологические изоляторы, графен, массивы квантовых точек, ультрахолодные газы в оптических решетках.

Роль поверхностных состояний в процессах переноса. Майорановские фермионы как "граничные" состояния одномерного топологического изолятора. Майорановский одноэлектронный транзистор.

2-мерные бозе-газы: бозе-эйнштейновская конденсация и переход Березинского-Костерлица-Таулесса, сверхтекучесть и вихри.

1-мерные бозе-газы: фазовые флуктуации, сильные взаимодействия, проблема термализации.

Оптические решетки. Ультрахолодные газы в ловушках.

Дипольные конденсаты. Многокомпонентные конденсаты. Спинорные конденсаты.

Квантовые симуляции с ультрахолодными газами (сильно-взаимодействующие системы электронов, квантовый магнетизм, теория Дирака и релятивистские теории поля, низкоразмерные системы, физика квантового эффекта Холла, модели беспорядка).

Атомные чипы. Манипуляция веществом с помощью волн.

Низкоразмерные квантовые газы в сложных геометриях.

Запутанность в многочастичных сильнокоррелированных системах. Запутанность и ее меры. Энтропия как мера запутанности. Запутанность чистых и смешанных состояний.

Квантовые вычисления. Критерий Дивинчензо. Спиновые цепочки Кондо как квантовые каналы.

Квантовая динамика и квантовая интерферометрия. Статистическая неразличимость состояний.

Квантовая информация по Фишеру. Гипотеза максимального правдоподобия и статистика Байеса.

Квантовая биология. Фотосинтез, криптохромы как примеры. Временные и пространственные масштабы квантовой когерентности.

### **7.1. Основная литература:**

1. Аплеснин С.С. Основы спинтроники. СПб.: Лань, 2010. - 288 с.

<http://e.lanbook.com/view/book/551/> ЭБС "Лань"

2. Барыбин А.А., Томилин В.И., Шаповалов В.И. Физико-технологические основы макро-, микро- и наноэлектроники. - М.: Физматлит, 2011. - 784с.

[http://e.lanbook.com/view/book/5258 /](http://e.lanbook.com/view/book/5258/) ЭБС "Лань"

3. Гусев, А.И.. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии / А. И. Гусев.? Издание 2-е, исправленное.? М.: Физматлит, 2009.?416 с.

[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=2173](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=2173) ЭБС "Лань"

### **7.2. Дополнительная литература:**

1. Борисёнок С.В., Кондратьев А.С. Квантовая статистическая механика. М.: Физматлит, 2011. -136 с. <http://e.lanbook.com/view/book/2672/> ЭБС "Лань"

2. Матухин В.Л., Ермаков В.Л., Физика твердого тела. - М.: "Лань", 2010. - 224 с. <http://e.lanbook.com/view/book/262/> ЭБС "Лань"

3. Игнатов А.Н., Микросхемотехника и наноэлектроника. - "Лань", 2011. - 528 с. <http://e.lanbook.com/view/book/2035/> ЭБС "Лань"

### **7.3. Интернет-ресурсы:**

Единое окно доступа к образовательным ресурсам. Библиотека - <http://window.edu.ru/library>

нанотехнологическое сообщество Нанометр - <http://www.nanometer.ru>

Новая электронная библиотека - <http://www.newlibrary.ru>

ЭБС КнигаФонд - <http://www.knigafund.ru>

Электронный архив научных препринтов по физике - <http://arxiv.org>

## **8. Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля)**

Освоение дисциплины "Квантовые технологии" 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 других аудиторных занятий с наличием больших досок для письма мелом или маркером.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 03.04.02 "Физика" и магистерской программе Физика сложных систем.

Автор(ы):

Таюрский Д.А. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

Рецензент(ы):

Никитин С.И. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.