

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
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 № ____ от "____" ____ 201__ г

Учебно-методическая комиссия Института физики:

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

Регистрационный № 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, нанофизика. 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-профицированными 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. Спинtronика и магнонника. Квантовая интерферометрия. Квантовые часы. Квантовые симуляторы.

практическое занятие (2 часа(ов)):

Магнонника. Магнонные когерентные состояния и конденсаты. Спиновые волны, спиновые токи и спиновый эффект Зеебека. Магнонные 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 (р-волновые сверхпроводники безспиновых и спин-поляризованных фермионов, сверхтекущие фазы жидкого Не-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 Не-4 (двухжидкостная модель, квазичастицы и критическая скорость Ландау). - Уравнение Гросс-Питаевского, богоюбовский 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.eplquantumtechnology.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.

Спинtronика и магноника.

Топологические состояния.

Квантовые 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 "границные" 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 спинtronики. 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/> 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 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.