

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
Политехнический институт
Факультет приборостроения, информационных технологий и электроники



«УТВЕРЖДАЮ»
Директор ПИ
Д. В. Артамонов
1 октября 2014г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
КАЧЕСТВЕННЫЕ МЕТОДЫ КВАНТОВОЙ ТЕОРИИ

А1.В.ОД.5

Направление подготовки: **03.06.01 — «Физика и астрономия»**

Направленность (профиль) **Физика полупроводников**

Квалификация: **Исследователь. Преподаватель-исследователь**

Форма обучения: **очная**

Пенза – 2014

Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению 03.06.01 — «Физика и астрономия» подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре (уровень подготовки кадров высшей квалификации)

Программу составил:

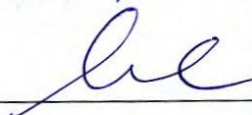
Грунин А. Б., д. ф.-м. н., профессор



Программа обсуждена на заседании кафедры «Физика»

Протокол № 1.1 от « 1 » октября 2014 года

Зав. кафедрой



Семенов М. Б.

Программа согласована с деканом факультета ФПИТЭ

Декан факультета



Кревчик В. Д.

Программа одобрена методической комиссией факультета ФПИТЭ

Протокол № 1

от « 1 » октября 2014 года

Председатель методической комиссии факультета ФПИТЭ



Задера А. В.

Настоящая программа не может быть воспроизведена ни в какой форме без предварительного письменного разрешения кафедры-разработчика программы

1. Цели и задачи дисциплины, ее место в системе подготовки аспиранта, требования к уровню освоения содержания дисциплины

1.1. Цели и задачи изучения дисциплины

Цель изучения дисциплины – формирование представления о предмете, объектах, теоретических и практических методах современной квантовой физики и физики наноструктур, а также развитие способностей применять полученные знания для решения современных задач моделирования, экспериментального исследования наноструктур и разработки современных компонент наноэлектроники.

Задачи дисциплины:

- изучить теоретические основы квантовой физики и физики наноструктур, как междисциплинарного направления современных исследований в области теоретической физики и наноэлектроники;
- изучить методы квантовой физики и физики наноструктур в связи со спецификой изучаемых объектов и поставленными задачами исследования;
- познакомиться с многообразием и особенностями использования теоретических и практических методов в исследованиях современной квантовой физики и физики наноструктур;
- сбор, изучение и систематизация отечественной и иностранной научно-технической информации по тематике исследования в области квантовой физики и физики наноструктур;
- моделирование и расчет основных параметров и характеристик наноструктурных материалов и наноэлектронных компонент;
- обработка и систематизация результатов исследований, представление материалов в виде презентаций, научных отчетов и публикаций;
- изучение различных сфер применения наноматериалов, компонентов наноэлектроники;
- ознакомление с принципами работы современного измерительного оборудования, используемого для решения различных научно-технических задач в области современной квантовой физики и наноэлектроники;
- освоение компетенций в соответствии с требованиями ФГОС ВО, подготовка к сдаче экзамена кандидатского минимума.

1.2. Место дисциплины в структуре ООП аспиранта

Дисциплина «Качественные методы квантовой теории» относится к обязательным дисциплинам вариативной части учебного плана ООП по направлению подготовки 03.06.01. – Физика и астрономия, профилю – Физика полупроводников.

Научно-исследовательская работа аспиранта осуществляется в каждом семестре всего периода обучения.

1.3.Связь с предшествующими и последующими дисциплинами

Курс предполагает наличие у аспирантов знаний по курсам, «Основы полупроводниковой наноэлектроники», «Физические основы оптики полупроводниковых наноструктур». Знания и навыки, полученные аспирантами при изучении данного курса, могут быть применены при подготовке и написании диссертации по специальности – Физика полупроводников.

2. Компетенции аспиранта, формируемые в результате освоения дисциплины

Процесс освоения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО по данному направлению подготовки:

Коды компетенции	Наименование компетенции	Структурные элементы компетенции (в результате освоения дисциплины обучающийся должен знать, уметь, владеть)
1	2	3
ПК-5	Способность в теоретических исследованиях использовать достижения современной физики конденсированного состояния.	Знать: современные теоретические и экспериментальные методы физики конденсированного состояния.
		Уметь: планировать и осуществлять исследования наноструктурных объектов; использовать математический аппарат квантовой физики при моделировании и разработке низкоразмерных систем
		Владеть: навыками работы с современной аппаратурой.
ПК-8	Способность использовать знания современной квантовой теории для решения прикладных задач физики низкоразмерных систем.	Знать: физическую сущность технологии получения и процессов, протекающих в низкоразмерных системах, применяемых в наноэлектронике.
		Уметь: применять законы квантовой физики и методы физики наноструктур для реализации потенциальных возможностей материалов при проектировании и создании систем наноэлектроники.
		Владеть: основными методами расчета и проектирования приборов и систем наноэлектроники.

3. Структура и содержание дисциплины «Качественные методы квантовой теории»

3.1. Структура дисциплины «Качественные методы квантовой теории»

Общая трудоемкость дисциплины 2 зачетные единицы, 72 часа, в т.ч. 54 часа самостоятельной работы.

№ п / п	Наименование разделов и тем дисциплины (модуля)	Семестр Недели семестра		Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)						Формы текущего контроля успеваемости (неделя)	
				Аудиторная работа			Самостоятельная Работа				
				Всего	Лекция	Практические занятия	Всего	Подготовка к семинару	Подготовка к экзамену		Оценка работы на семинаре
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
	Раздел 1. Ведение										
	Тема 1.1 Квантово-размерный эффект. Технология изготовления квантовых ям, проволок и точек.	7	1-2	2	–	2	6	6	–	2	
	Раздел 2 Статистика электронов и дырок в полупроводниковых наноструктурах.										
	Тема 2.1. Модели удерживающего потенциала полупроводниковых наноструктур.	7	3-4	2	–	2	6	6	–	4	
	Тема 2.2. Плотность состояний. Энергия Ферми. Экспериментальные проявления квантово-размерного эффекта.	7	5-6	2	–	2	6	6	–	6	
	Тема 2.3. Метод кинетического уравнения Больцмана	7	7-8	2	–	2	6	6	–	8	

Тема 2.4 Рассеяние носителей заряда на примесях, тепловых колебаниях атомов кристалла, дислокациях, вакансиях, флуктуациях толщины в квантовых ямах, проволоках.	7	9-10	2	–	2	6	6	–	10
Раздел 3. Оптика наноструктур во внешних электромагнитных полях.									
Тема 3.1. Методы расчета примесных состояний в полупроводниковых наноструктурах.		11-12	2	–	2	6	6	–	12
Тема 3.2. Метод функции Грина в полупроводниковых наноструктурах. Уравнение Липпмана-Швингера.	7	13-14	2	–	2	6	6	–	14
Тема 3.3. Полупроводниковые наноструктуры во внешних стационарных электрическом и магнитном полях. Энергетический спектр и плотность состояний носителей заряда.	7	15-16	2	–	2	6	6	–	16
Тема 3.4. Магнито- и электрооптические свойства квазидвумерных, квазиодномерных и квазинульмерных структур.	7	17-18	2	–	2	6	6	–	17
Общая трудоемкость, в часах			18	–	18	54	54		Пром. аттест.
									Форма
									Зач
									Экз

3.2. Содержание дисциплины (Качественные методы квантовой теории)

Раздел 1. Введение

Тема 1.1. Квантово-размерный эффект. Технология изготовления квантовых ям, проволок и точек.

Квантово-размерный эффект. Технология изготовления квантовых ям, проволок и точек. Приборные применения квантовых ям, проволок и точек. Фуллереноподобные материалы и методы их получения. Углеродные нанотрубки, онионы, астралены. Модели потенциала конфайнмента.

Раздел 2. Статистика электронов и дырок в полупроводниковых наноструктурах.

Тема 2.1. Модели удерживающего потенциала полупроводниковых наноструктур.

Модели удерживающего потенциала полупроводниковых наноструктур. Решение спектральной задачи в модели «жестких» и «мягких» стенок. Приближение эффективной массы.

Тема 2.2 Плотность состояний. Энергия Ферми. Экспериментальные проявления квантово-размерного эффекта.

Статистика электронов и дырок в полупроводниковых наноструктурах. Плотность состояний. Энергия Ферми. Экспериментальные проявления квантово-размерного эффекта.

Тема 2.3. Метод кинетического уравнения Больцмана.

Метод кинетического уравнения Больцмана для низкоразмерных систем. Границы применимости. Рассеяние носителей заряда на примесях, тепловых колебаниях атомов кристалла, дислокациях, вакансиях, флуктуациях толщины в квантовых ямах, проволоках.

Тема 2.4. Лазеры на гетеропереходе, квантовых ямах, проволоках, точках.

Лазеры на гомопереходе, гетеропереходе. Лазеры на квантовых ямах, проволоках и точках. Пороговая скорость накачки. Полупроводниковые каскадные лазеры на квантовых и проволоках.

Раздел 3. Оптика наноструктур во внешних электромагнитных полях.

Тема 3.1. Методы расчета примесных состояний в полупроводниковых наноструктурах.

Водородоподобные и $D^{(-)}$ -состояния в низкоразмерных системах. Методы расчета примесных состояний в полупроводниковых наноструктурах. Вариационные методы. Метод потенциала нулевого радиуса.

Тема 3.2. Метод функции Грина в полупроводниковых наноструктурах. Уравнение Липпмана-Швингера.

Метод функции Грина для решения задачи на связанные состояния в полупроводниковых наноструктурах. Уравнение Липпмана-Швингера. Метод функции Грина для определения резонансных состояний в полупроводниковых наноструктурах. Уравнение Липпмана-Швингера.

Тема 3.3. Полупроводниковые наноструктуры во внешних стационарных электрическом и магнитном полях. Энергетический спектр и плотность состояний носителей заряда.

Полупроводниковые наноструктуры во внешних стационарных электрическом и магнитном полях. Энергетический спектр и плотность состояний носителей заряда. Влияние внешних полей на примесные состояния в низкоразмерных системах. Взаимодействия с электромагнитными полями и потоками частиц. Поглощение света в полупроводниковых наноструктурах: дипольное и квадрупольное приближения. Рекомбинационное излучение в полупроводниках. Рекомбинационное излучение в полупроводниковых наноструктурах. Вероятности спонтанного и вынужденного излучений.

Тема 3.4. Магнито- и электрооптические свойства квазидвумерных, квазиодномерных и квазинульмерных структур.

Магнитооптика многоямных квантовых структур с $D^{(-)}$ -центрами. Квантово-размерный эффект Зеемана. Магнитооптические свойства квантовых проволок с $D^{(-)}$ -центрами. Эффект фотонного увлечения носителей заряда. Магнитооптические свойства квазиодномерных структур с водородоподобными примесными центрами. Магнитооптические свойства полупроводниковых квантовых точек с $D^{(-)}$ -центрами. Электрооптика низкоразмерных систем. Квантово-размерный эффект Штарка. Эффект Франца-Келдыша.

3.3. Особенности организации изучения дисциплины для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

Организация изучения дисциплины для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с:

1. ст.79, 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации»
2. Раздел IV, п.п. 46-51 приказа Минобрнауки России от 19.11.2013 № 1259 «Об утверждении Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре)»

3. Методические рекомендации по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащенности образовательного процесса (утверждены заместителем

4. Образовательные технологии

В ходе освоения дисциплины «Качественные методы в квантовой теории» при проведении аудиторных занятий используются следующие образовательные технологии:

1. Технология развития критического мышления реализуется в ходе проведения следующих видов учебной работы:

1.1. *Семинары-круглые столы*, в ходе которых происходит групповое обсуждение аспирантами учебной проблемы под руководством преподавателя. В ходе проведения круглого стола аспиранты приобретают навыки устного изложения заранее подготовленного материала, умение выслушивать коллег-сокурсников, делать заключения. В виде семинаров-круглых столов реализуются темы 2.1, 2.2, 2.3, 2.4.

1.2. *Семинары-дискуссии*, в ходе которых обсуждается проблемная ситуация, поставленная преподавателем, а аспиранты защищают различные точки зрения на поставленную проблему. В ходе проведения дискуссии аспиранты приобретают умение излагать и аргументировано отстаивать точку зрения, обоснованно критиковать оппонентов, сопоставлять различные подходы к решению проблемной ситуации, делать выводы. В виде семинаров-дискуссий реализуются темы 3.1, 3.2, 3.3, 3.4.

2. Медиатехнология реализуется в ходе проведения следующих видов учебной работы:

2.1. *Семинары-круглые столы*, в ходе которых аспиранты делают краткие сообщения по рассматриваемой проблематике с использованием презентации. В результате использования этой технологии аспиранты учатся лаконично и четко представлять информацию в аудитории. В виде семинаров-круглых столов с использованием медиатехнологий реализуются темы 2.1 - 2.4.

При организации самостоятельной работы используются следующие технологии:

1. Технология поиска и сбора новой информации (работа на компьютере с целью поиска информации в базах данных, работа с учебной, справочной и научной литературой с целью подготовки к семинарам: темы 1.1 – 3.4);

2. Технология анализа и представления новой информации (работа по подготовке устных сообщений на семинарах-круглых столах (темы 2.1, 2.2, 2.3, 2.4), по подготовке для выступлений презентациями на семинарах-дискуссиях (темы 3.1, 3.2, 3.3, 3.4), по подготовке к экзамену).

В целях реализации индивидуального подхода к обучению аспирантов, осуществляющих учебный процесс по собственной траектории в рамках индивидуального рабочего плана, изучение данной дисциплины базируется на следующих возможностях: обеспечение внеаудиторной работы с аспирантами, в том числе в электронной образовательной среде с

использованием соответствующего программного оборудования, дистанционных форм обучения, возможностей интернет-ресурсов, индивидуальных консультаций.

5. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы аспирантов

5.1. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости:

Виды самостоятельной работы по темам: темы 1.1. - 3.4
Подготовка к семинару-круглому столу (6 часов).

5.2. Контрольные работы и промежуточное тестирование

Не предусмотрены.

5.3. Поддержка самостоятельной работы:

Литература и источники для обязательного прочтения. Регулярные консультации. Интернет-ресурсы: Базы данных: ELSEVIER –ScinceDirect; EBSCO–Host; Scopus ; ProQuest; LexisNexis; ELIBRARY.RU; SpringerLink; OXFORD-Reference

5.4. Тематика рефератов

Не предусмотрены.

5.5. Промежуточный контроль

Вопросы к зачету:

1. Квантово-размерный эффект. Технология изготовления квантовых ям, проволок и точек. Приборные применения квантовых ям, проволок и точек.
2. Фуллереноподобные материалы и методы их получения. Углеродные нанотрубки, онионы, астралены. Модели потенциала конфайнмента.
3. Модели удерживающего потенциала полупроводниковых наноструктур. Решение спектральной задачи в модели «жестких» и «мягких» стенок. Приближение эффективной массы.
4. Статистика электронов и дырок в полупроводниковых наноструктурах. Плотность состояний. Энергия Ферми. Экспериментальные проявления квантово-размерного эффекта.
5. Водородоподобные и $D^{(-)}$ -состояния в низкоразмерных системах. Методы расчета примесных состояний в полупроводниковых наноструктурах. Вариационные методы. Метод потенциала нулевого радиуса.
6. Метод функции Грина для решения задачи на связанные состояния в полупроводниковых наноструктурах. Уравнение Липпмана-Швингера.
7. Метод функции Грина для определения резонансных состояний в полупроводниковых наноструктурах. Уравнение Липпмана-Швингера.
8. Метод кинетического уравнения Больцмана. Рассеяние носителей заряда на примесях, тепловых колебаниях атомов кристалла, дислокациях, вакансиях в квантовых ямах, проволоках, точках.

9. Полупроводниковые наноструктуры во внешних стационарных электрическом и магнитном полях. Энергетический спектр и плотность состояний носителей заряда. Влияние внешних полей на примесные состояния в низкоразмерных системах.
10. Взаимодействия с электромагнитными полями и потоками частиц. Поглощение света в полупроводниковых наноструктурах: дипольное и квадрупольное приближения. Рекомбинационное излучение в полупроводниках.
11. Рекомбинационное излучение в полупроводниковых наноструктурах. Вероятности спонтанного и вынужденного излучений.
12. Магнитооптика многоямных квантовых структур с $D^{(-)}$ -центрами. Квантово-размерный эффект Зеемана.
13. Магнитооптические свойства квантовых проволок с $D^{(-)}$ -центрами. Эффект фотонного увлечения носителей заряда.
14. Магнитооптические свойства квазиодномерных структур с водородоподобными примесными центрами.
15. Магнитооптические свойства полупроводниковых квантовых точек с $D^{(-)}$ -центрами.
16. Современные методы экспериментального изучения наноструктур, их физических характеристик, фундаментальных эффектов и явлений в них.

6. Рекомендуемая литература

6.1. Основная литература

1. [Ансельм А. И.](https://e.lanbook.com/book/71742) Введение в теорию полупроводников : учебное пособие. - 3-е изд., стер. - СПб. : Лань, 2016. - 624 с. <https://e.lanbook.com/book/71742> (20 экз)
2. Байков, Ю.А. Физика конденсированного состояния: учеб. пособие / Ю.А. Байков, В.М. Кузнецов. — Москва: Издательство "Лаборатория знаний", 2015. — 296 с. <https://e.lanbook.com/book/70766>
3. Брандт, Н.Б. Квазичастицы в физике конденсированного состояния: учеб. пособие / Н.Б. Брандт, В.А. Кульбачинский. — Москва: Физматлит, 2010. — 632 с. <https://e.lanbook.com/book/59598>
4. Владимиров, Г.Г. Физика поверхности твердых тел: учеб. пособие — Санкт-Петербург: Лань, 2016. — 352 с. <https://e.lanbook.com/book/71707>
5. Гантмахер В.Ф. Электроны в неупорядоченных средах — Москва: Физматлит, 2013. — 288 с. <https://e.lanbook.com/book/91178>
6. Епифанов, Г.И. Физика твердого тела: учеб. пособие — Санкт-Петербург: Лань, 2011. — 288 с. <https://e.lanbook.com/book/2023>
7. Зегря Г.Г. Основы физики полупроводников: учеб. пособие / Г.Г. Зегря, В.И. Перель.— Москва : Физматлит, 2009. — 336 с. <https://e.lanbook.com/book/2371>
8. Перлин Е.Ю. Физика твердого тела. Оптика полупроводников, диэлектриков, металлов: учеб. пособие / Е.Ю. Перлин, Т.А. Варганян, А.В. Федоров. — Санкт-Петербург : НИУ ИТМО, 2008. — 216 с. <https://e.lanbook.com/book/43431>

9. Шалимова К.В. Физика полупроводников: учеб. — Санкт-Петербург: Лань, 2010. — 384 с. <https://e.lanbook.com/book/648>
10. [Медведев С. П.](#) Физика полупроводниковых и микроэлектронных приборов (биполярные приборы): учеб.пособие / Пенз.гос.ун-т. - Пенза : Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2004. - 160 с.
11. Ландау Л Д., Лифшиц Е.М. Статистическая физика. М.: Наука, 2010. (3 экз)
12. [Демиховский В. Я.](#), Вугальтер Г. А. Физика квантовых низкоразмерных структур. - М. : Логос, 2000. - 248 с. (5 экз)
13. [Гинзбург И. Ф.](#) Введение в физику твердого тела. Основы квантовой механики и статистической физики с отдельными задачами физики твердого тела: учебное пособие / И. Ф. Гинзбург. - СПб. : Лань, 2007. - 544 с. (20 экз)
14. Физика твердого тела. В 2-х т. : лабораторный практикум. т.1 . Методы получения твердых тел и исследования их структур / под ред. А. Ф. Хохлова. - 2-е изд., испр. . - М. : Высш. шк., 2001. - 364 с. (2 экз)
15. Физика твердого тела. В 2-х т. : лабораторный практикум. т.2 . Физические свойства твердых тел / под ред. А. Ф. Хохлова. - 2-е изд., испр. . - М. : Высш. шк., 2001. - 484 с. (2 экз)
16. [Матухин В. Л.](#) Физика твердого тела: учебное пособие / В. Л. Матухин, В. Л. Ермаков. - СПб. : Лань, 2010. - 218 с. <https://e.lanbook.com/book/262>
17. Перлин Е.Ю. Вартанян Т.А. Федоров А.В. Физика твердого тела. Оптика полупроводников, диэлектриков, металлов – СПб.: НИУ ИТМО, 2008 <http://e.lanbook.com/43431>
18. Паршаков А. Н. Введение в квантовую физику – М.: Лань, 2010. <http://e.lanbook.com/297>
19. Прудников, В.В. Квантово-статистическая теория твердых тел: учебное пособие / В.В. Прудников, П.В. Прудников, М.В. Мамонова. – СПб.: Лань, 2016. — 448 с. <http://e.lanbook.com/72587>
20. Пахомов И.И. Квантовая теория излучения. Взаимодействие излучения с веществом: учеб. пособие / И.И. Пахомов, А.М. Хорохоров. — Москва: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2010. — 34 с. <https://e.lanbook.com/book/52478>

6.2 Дополнительная литература

1. Алферов Ж. И. История и будущее полупроводниковых гетероструктур (обзор) //ФТП – 1998. – т. 32. – №1. – С. 3 – 18.
2. Берт Н. А., Гуревич С. А. и др. Создание и исследование оптических свойств квантовых проволок *InGaAs/GaAs* // ФТП – 1994. – т. 28. – №9. – С. 1605 – 1612.
3. Гапоненко С. В. Оптические процессы в полупроводниковых нанокристаллитах (квантовых точках) (обзор). // ФТП – 1996. – т. 30. – №4. – С. 577 – 619.
4. Белявский В.И., Померанцев Ю.А. Фотоионизация глубоких примесных центров в структурах с квантовыми ямами.// ФТП.– 1999. – т. 33. – № 4. – С. 451 – 455.

5. Елесин В. Ф. Кинетическая теория полупроводникового каскадного лазера на квантовых ямах и проволоках // В. Ф. Елесин., А. В. Крашенинников // ЖЭТФ.–1997.–т.11.–вып. 2.–С.681 – 695.
6. Леденцов Н.Н., Устинов В.М., Щукин В.А., Копьев П.С., Алферов Ж.И., Бимберг Д. Гетероструктуры с квантовыми точками: получение, свойства, лазеры // ФТП .– 1998. – т. 32. – № 4. – С. 385 – 410.
7. А.Д. Буравлев, Н.В. Сибирев и др. Исследование электрических свойств одиночных (Ga,Mn)As нитевидных нанокристаллов // ФТП .– 2014. – т. 48. – № 3. – С. 358 – 363.

6.3 Интернет-ресурсы

Интернет-ресурсы образовательных порталов (механико-математический факультет, физический факультет МГУ им. М. В. Ломоносова и т. д.), пакеты прикладных математических программ.

Интернет-ресурсы ведущих российских журналов:

[www.journals.ioffe.ru / fit](http://www.journals.ioffe.ru/fit) — «Физика твёрдого тела»

[www.journals.ioffe.ru / ftp](http://www.journals.ioffe.ru/ftp) — «Физика и техника полупроводников»

[www.journals.ioffe.ru / pjtf](http://www.journals.ioffe.ru/pjtf) — «Письма в журнал технической физики»

[www.journals.ioffe.ru / jtf](http://www.journals.ioffe.ru/jtf) — «Журнал технической физики»

www.jetp.ac.ru — ЖЭТФ

www.jetpletters.ac.ru — «Письма в ЖЭТФ»

www.ufn.ru — «Успехи физических наук»

www.nanoru.ru

Интернет-ресурсы иностранных журналов

www.aps.org

www.ArXiv.org

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины «Качественные методы в квантовой теории»

Для освоения данной дисциплины необходимы:

– мультимедийные средства обучения (компьютер и проектор; ресурсы Интернета);

– электронные презентации по теме курса. Для подготовки материала к занятиям требуется программный пакет MS Office 2003 и выше, прикладные математические программы Mathcad 14, Mathematics 5.0, Maple 9.0 и выше.

**Сведения о переутверждении программы на очередной учебный год
и регистрации изменений**

Учебный год	Решение кафедры (№ протокола, дата, подпись зав. кафедрой)	Внесенные изменения	Номера листов (страниц)		
			заменен- ных	новых	аннулиро- ванных
2015/16	пр. № 1 2.09.15 <i>de</i>				
2016/17	пр. № 1 9.09.16 <i>de</i>				
2017/18	пр. № 1 14.09.17 <i>de</i>				