

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
СТЕРЛИТАМАКСКИЙ ФИЛИАЛ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ

Зам. директора по научной работе
и инновациям

Кризский В.Н.

21.08 2013 г.



УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС
ФАКУЛЬТАТИВНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ (ФД.А.07)

Физика наноструктур

наименование дисциплины по учебному плану подготовки аспиранта

модуль основной образовательной программы послевузовского профессионального
образования подготовки аспирантов (ООП ППО)
по специальности научных работников

01.04.07

шифр

Физика конденсированного состояния

наименование научной специальности


УМК одобрен на заседании
кафедры Общей физики
Протокол № 1 от 21.08 2013 г.

Зав.кафедрой


подпись

Биккулова Н.Н., д.ф.-м.н., профессор
Ф.И.О., ученая степень, звание

Разработчик программы


подпись

Биккулова Н.Н., д.ф.-м.н., профессор
Ф.И.О., ученая степень, звание

Стерлитамак – 2013 г.

Оглавление

1. Общие положения	
2. Цели изучения дисциплины	
3. Результате освоения дисциплины	
4. Структура и содержание дисциплины	
4.1. Объем дисциплины и количество учебных часов	
5. Содержание дисциплины	
5.1 Содержание лекционных занятий	
5.2 Практические занятия	
5.3 Самостоятельная работа аспиранта.....	
6. Перечень контрольных мероприятий и вопросы к экзаменам кандидатского минимума	
7. Образовательные технологии	
8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины	
8.1 Основная литература (год издания не должен быть более 5 лет):	
8.2 Дополнительная литература	
8.3 Программное обеспечение и Интернет-ресурсы.....	
9. Материально-техническое обеспечение	

1. Общие положения

1.1 Настоящий учебно-методический комплекс факультативной дисциплины аспиранта Физика наноструктур - модуль основной образовательной программы послевузовского профессионального образования (ООП ППО) разработана на основании законодательства Российской Федерации в системе послевузовского профессионального образования, в том числе: Федерального закона РФ от 22.08.1996 № 125-ФЗ «О высшем и послевузовском профессиональном образовании», Положения о подготовке научно-педагогических и научных кадров в системе послевузовского профессионального образования в Российской Федерации, утвержденного приказом Министерства общего и профессионального образования РФ от 27.03.1998 № 814 (в действующей редакции); составлена в соответствии с федеральными государственными требованиями к разработке, на основании Приказа Минобрнауки России №1365 от 16.03.2011г. «Об утверждении федеральных государственных требований к структуре основной профессиональной образовательной программы послевузовского профессионального образования (аспирантура)» и инструктивного письма Минобрнауки России от 22.06.2011 г. № ИБ-733/12.

2. Цели изучения дисциплины

Целью изучения дисциплины физика наноструктур является: ознакомление аспирантов с основными физическими принципами, которые могут быть положены в основу создания новых наноматериалов, на базе основ физики конденсированного состояния, квантовой физики, физических основ воздействия лазерного излучения на вещество с различными физическими свойствами

.Задачи дисциплины заключаются в изучении:

- *Низкоразмерных систем и наноструктур*
- *Двумерных электронных и электрон-дырочных систем.*
- *Теорию низкоразмерных разупорядоченных систем*

- *Квантовый эффект Холла.*
- *Экспериментальное доказательство дробного заряда квазичастиц по спектру шумов.*
- *Калибровочные поля. Теория типа Черна-Саймонса*

3. Результаты освоения дисциплины

Аспирант или соискатель должен:

- знать:

основные понятия, используемые в этой области, знать экспериментальные методы исследования наноструктур, простейшие примеры теоретических расчетов, включая численные.

- уметь:

ориентироваться в экспериментах по физике наноструктур и извлекать физическую информацию путем анализа экспериментальных данных, интерпретировать экспериментальные данные на основе физических свойств в исследуемых объектах, применять компьютерную технику для моделирования физических свойств объектов, выявлять физические свойства объектов, перспективных для практического применения.

- демонстрировать:

способность свободно владеть фундаментальными разделами физики наноструктур, необходимыми для решения научно-исследовательских задач самостоятельно изучать и понимать специальную (отраслевую) научную и методическую литературу, связанную с проблемами физики наноструктур.

4. Структура и содержание дисциплины (модуля)

Физика наноструктур

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных единицы 72 часа.

4.1. Объем дисциплины и количество учебных часов

Вид учебной работы	Кол-во зачетных единиц*/уч.часов
--------------------	----------------------------------

Аудиторные занятия	1/36
Лекции (минимальный объем теоретических знаний)	1/36
Семинар	–
Практические занятия	–
Другие виды учебной работы	–
Внеаудиторные занятия:	
Самостоятельная работа аспиранта	1/36
ИТОГО	2/72
Вид итогового контроля	Составляющая экзамена кандидатского минимума

5. Содержание дисциплины

5.1 Содержание лекционных занятий

№ п/п	Содержание	Кол-во уч. часов
1	Определение наносистем. Наноразмерные частицы: металлические, молекулярные кластеры, фуллерены, нанотрубки. Наноструктуры в объеме материала. Физические размерные эффекты. Квантовые размерные эффекты	4
2	Основы молекулярно-лучевой эпитаксии. Возможности молекулярно-лучевой эпитаксии. Структуры гетерограниц. Энергетические диаграммы.	4
3	Типы сверхрешеток. Композиционные сверхрешетки. Квантование и минизоны. Технологии получения квантовых нитей и точек. Энергетические диаграммы. Экситоны в низкоразмерных структурах.	4
4	Технологии получения фуллеренов и нанотрубок. Фуллериты и их свойства. Хиральность нанотрубок. Физико-химические свойства фуллеренов и нанотрубок.	4
5	Технологии получения графена. Механические свойства. Поведение двумерного электронного газа. Квантовый эффект Холла.	4
6	Однокомпонентные и многокомпонентные металлокластеры. Кластеры с магическими числами. Коллективные эффекты в кластерах. Гигантские резонансы в спектрах поглощения.	4
7	Определение молекулярного металлокластера. Структура молекулярных нанокластеров, примеры. Магические числа	4

	для молекулярных металлокластеров. Молекулярные кластеры в кристаллах.	
8	Аденазитрифосфат (АТФ-синтаза) как молекулярная машина. Механизм обеспечивающий вращение ротора. Экспериментальные доказательства вращения мотора. Электромоторы бактерий.	4
9	Полупроводниковая наноэлектроника. Информационные системы (цифровые). Резонансный туннельный диод. Лазеры на низкоразмерных структурах. Применение наноструктур в химии и биологии.	4
Всего:		36

5.2 Самостоятельная работа студента

№ п/п	Содержание	Кол-во уч. часов
1	Повторение лекционного материала, работа в научно-исследовательской лаборатории	4
2	Повторение лекционного материала, работа в научно-исследовательской лаборатории	4
3	Повторение лекционного материала, работа в научно-исследовательской лаборатории	6
4	Повторение лекционного материала, работа в научно-исследовательской лаборатории	4
5	Повторение лекционного материала, работа в научно-исследовательской лаборатории	6
6	Повторение лекционного материала, работа в научно-исследовательской лаборатории	6
7	Повторение лекционного материала, работа в научно-исследовательской лаборатории	6
Всего:		36

6. Перечень контрольных мероприятий и вопросы к экзаменам кандидатского минимума

Итоговая аттестация аспиранта включает сдачу кандидатских экзаменов и представление диссертации в Диссертационный совет. Порядок проведения кандидатских экзаменов включает в кандидатский экзамен по научной специальности дополнительные разделы, обусловленные спецификой научной специальности. Билеты кандидатского экзамена по специальной дисциплине в соответствии с темой диссертации на соискание

ученой степени кандидата наук должны охватывать разделы Специальной дисциплины отрасли науки и научной специальности (ОД.А.) и Дисциплины научной специальности по выбору аспиранта (ОДН.А.).

Перечень вопросов к экзаменам кандидатского минимума:

1. Силы связи в твердых телах

Электронная структура атомов. Химическая связь и валентность. Типы сил связи в конденсированном состоянии: ван-дер-ваальсова связь, ионная связь, ковалентная связь, металлическая связь.

Химическая связь и ближний порядок. Структура вещества с ненаправленным взаимодействием. Примеры кристаллических структур, отвечающих плотным упаковкам шаров: простая кубическая, ОЦК, ГЦК, ГПУ, структура типа CsCl, типа NaCl, структура типа перовскита CaTiO₃.

Основные свойства ковалентной связи. Структура веществ с ковалентными связями. Структура веществ типа селена. Гибридизация атомных орбиталей в молекулах и кристаллах. Структура типа алмаза и графита.

2. Симметрия твердых тел

Кристаллические и аморфные твердые тела. Трансляционная инвариантность. Базис и кристаллическая структура. Элементарная ячейка. Ячейка Вигнера – Зейтца. Решетка Браве. Обозначения узлов, направлений и плоскостей в кристалле. Обратная решетка, ее свойства. Зона Бриллюэна.

Элементы симметрии кристаллов: повороты, отражения, инверсия, инверсионные повороты, трансляции. Операции (преобразования) симметрии.

Элементы теории групп, группы симметрии. Возможные порядки поворотных осей в кристалле. Пространственные и точечные группы (кристаллические классы). Классификация решеток Браве.

3. Дефекты в твердых телах

Точечные дефекты, их образование и диффузия. Вакансии и межузельные атомы. Дефекты Френкеля и Шоттки.

Линейные дефекты. Краевые и винтовые дислокации. Роль дислокаций в пластической деформации.

4. Дифракция в кристаллах

Распространение волн в кристаллах. Дифракция рентгеновских лучей, нейтронов и электронов в кристалле. Упругое и неупругое рассеяние, их особенности.

Брэгговские отражения. Атомный и структурный факторы. Дифракция в аморфных веществах.

5. Колебания решетки

Колебания кристаллической решетки. Уравнения движения атомов. Простая и сложная одномерные цепочки атомов. Закон дисперсии упругих волн. Акустические и оптические колебания. Квантование колебаний. Фононы. Электрон-фононное взаимодействие.

6. Тепловые свойства твердых тел

Теплоемкость твердых тел. Решеточная теплоемкость. Электронная теплоемкость. Температурная зависимость решеточной и электронной теплоемкости.

Классическая теория теплоемкости. Закон равномерного распределения энергии по степеням свободы в классической физике. Границы справедливости классической теории.

Квантовая теория теплоемкости по Эйнштейну и Дебаю. Предельные случаи высоких и низких температур. Температура Дебая.

Тепловое расширение твердых тел. Его физическое происхождение. Ангармонические колебания.

Теплопроводность решеточная и электронная. Закон Видемана – Франца для электронной теплоемкости и теплопроводности.

7. Электронные свойства твердых тел

Электронные свойства твердых тел: основные экспериментальные факты. Проводимость, эффект Холла, термоЭДС, фотопроводимость, оптическое поглощение. Трудности объяснения этих фактов на основе классической теории Друде.

Основные приближения зонной теории. Граничные условия Борна – Кармана. Теорема Блоха. Блоховские функции. Квазиимпульс. Зоны Бриллюэна. Энергетические зоны.

Брэгговское отражение электронов при движении по кристаллу. Полосатый спектр энергии.

Приближение сильносвязанных электронов. Связь ширины разрешенной зоны с перекрытием волновых функций атомов. Закон дисперсии. Тензор обратных эффективных масс.

Приближение почти свободных электронов. Брэгговские отражения электронов.

Заполнение энергетических зон электронами. Поверхность Ферми. Плотность состояний. Металлы, диэлектрики и полупроводники. Полуметаллы.

8. Магнитные свойства твердых тел

Намагниченность и восприимчивость. Диамагнетики, парамагнетики и ферромагнетики. Законы Кюри и Кюри – Вейсса. Парамагнетизм и диамагнетизм электронов проводимости.

Природа ферромагнетизма. Фазовый переход в ферромагнитное состояние. Роль обменного взаимодействия. Точка Кюри и восприимчивость ферромагнетика.

Ферромагнитные домены. Причины появления доменов. Доменные границы (Блоха, Нееля).

Антиферромагнетики. Магнитная структура. Точка Нееля. Восприимчивость антиферромагнетиков. Ферромагнетики. Магнитная структура ферромагнетиков.

Спиновые волны, магноны.

Движение магнитного момента в постоянном и переменном магнитных полях. Электронный парамагнитный резонанс. Ядерный магнитный резонанс.

9. Оптические и магнитооптические свойства твердых тел

Комплексная диэлектрическая проницаемость и оптические постоянные. Коэффициенты поглощения и отражения. Соотношения Крамерса—Кронига.

Поглощения света в полупроводниках (межзонное, примесное поглощение, поглощение свободными носителями, решеткой). Определение основных характеристик полупроводника из оптических исследований.

Магнитооптические эффекты (эффекты Фарадея, Фохта и Керра). Проникновение высокочастотного поля в проводник. Нормальный и аномальный скин-эффекты. Толщина скин-слоя.

10. Сверхпроводимость

Сверхпроводимость. Критическая температура. Высокотемпературные сверхпроводники. Эффект Мейснера. Критическое поле и критический ток. Сверхпроводники первого и второго рода. Их магнитные свойства. Вихри Абрикосова. Глубина проникновения магнитного поля в образец.

Эффект Джозефсона.

Куперовское спаривание. Длина когерентности. Энергетическая щель.

7. Образовательные технологии

В процессе обучения применяются следующие образовательные технологии:

1. Сопровождение лекций показом визуального материала.
2. Использование компьютерных моделей физических процессов в конденсированных средах.

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Учебная, учебно-методическая и иные библиотечно-информационные ресурсы обеспечивают учебный процесс и гарантирует возможность качественного освоения аспирантом образовательной программы. Кафедра располагает научно-технической литературой, научными журналами и трудами конференций.

8.1. Основная литература:

№ п/п	Наименование учебной литературы	Автор, место издания, издательство год	Количество экземпляров в библиотеке СФ БашГУ	Число обучающихся, воспитанников, одновременно изучающих дисциплину
1	2	3	4	5
1	Нанотехнология. Физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов	И. П. Суздалев, Изд-во: Либроком, 2009 г.	1	3
2	Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии	А. И. Гусев, Издательство: ФИЗМАТЛИТ, 2007 г.	1	3
3	Наноматериалы	Д. И. Рыжонков, В. В. Левина, Э. Л. Дзидзигури, Изд-во: Бином. Лаборатория знаний, 2008 г.	1	3
4	Функциональные наноматериалы	А. А. Елисеев, А. В. Лукашин, Изд-во: ФИЗМАТЛИТ, 2010 г.	1	3

8.2. Дополнительная литература

№ п/п	Наименование учебной литературы	Автор, место издания, издательство год	Количество экземпляров в библиотеке СФ БашГУ	Число обучающихся, воспитанников, одновременно изучающих дисциплину
1	2	3	4	5
1	Углеродные нанотрубки и родственные структуры	П. Харрис, Техносфера, Москва, 2003.	1	3

2	Фононы в наноструктурах	М. Строшио, М. Дутта, Изд-во: ФИЗМАТЛИТ, 2006 г.	1	3
3	Кинетические и оптические явления в сильных электрических полях в полупроводниках и наноструктурах	Изд-во: Наука, 2000 г.	1	3
4	Наноматериалы. Нанотехнологии. Наносистемная техника	Редактор Петр Мальцев, Изд-во: Техносфера, 2006 г.	1	3
5	Нанотехнологии и специальные материалы	Ю. П. Солнцев, Е. И. Пряхин, С. А. Вологжанина, А. П. Петкова, Изд-во: Химиздат, 2009 г.	1	3

8.3. Программное обеспечение и Интернет-ресурсы

№	Ресурс электронно-библиотечной системы	Ссылка	Реквизиты договора
1	ЭБС «eLIBRARY.RU» (сторонняя)	http://elibrary.ru/defaultx.asp/	Организация-владелец: ООО «РУНЭБ». Договор № SU-05-02/2013-3 от 12/03/2013
2	ЭБС «БиблиоТЕХ» (собственная)	http://bibliotech.sspa.edu.ru/Account/LogOn/	Организация-владелец: ООО «БиблиоТЕХ». Договор № 025 от 12.01.2011
3	ЭБС «Лань» (сторонняя)	http://e.lanbook.com/	Организация-владелец: Издательство «Лань». Договор № 19/24 от 14.12.2012
4	ЭБС «Университетская библиотека online» (сторонняя)	http://www.biblioclub.ru/	Организация-владелец: ООО «Директ-Медиа» Договор № 375 от 22.08.2012

5	ПБД РГБ (по подписке)	http://diss.rsl.ru/	Организация-владелец: ФГБУ «Российская государственная библиотека» Договор № 095/04/0960 от 01.10.2012
---	-----------------------	---	---

Прим.: Аспирантам обеспечена возможность свободного доступа (на основе индивидуальных логинов и паролей) к ресурсам всех выше перечисленных электронно-библиотечных систем.

9. Материально-техническое обеспечение

Кафедра общей физики располагает материально-технической базой, соответствующей действующим санитарно-техническим нормам и обеспечивающей проведение всех видов теоретической и практической подготовки, предусмотренных учебным планом аспиранта, а также эффективное выполнение диссертационной работы.

№ п/п.	Название дисциплины	Наименование оборудованных учебных кабинетов, объектов для проведения практических занятий с перечнем основного оборудования	Фактический адрес учебных кабинетов и объектов
1	2	3	4
1.	Физика наноструктур	Лекционная аудитория, мультимедийный проектор, Компьютерный класс, Учебно-исследовательская научная лаборатория «Физика конденсированного состояния», автоматизированный дифрактометр ДРОН-4-07, вакуумная установка для синтеза образцов в бескислородной среде, установка для исследования электропроводности, ионной проводимости, термоЭДС, установка для титрования, микроскоп металлографический, программный комплекс Sage MD, программа для расчета кристаллической структуры GSAS, пакет программ Quantum Espresso	пр-т. Ленина, 37 физико-математический факультет, СФ БашГУ, кабинеты № 312, 315, 216, 116