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.
«26» 08 2013 г.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС

ДИСЦИПЛИНЫ ПО ВЫБОРУ АСПИРАНТА (ОД.А.06.2)

Современные методы исследования физики твердого тела

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	Физика конденсированного состояния
шифр	*наименование научной специальности*

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

Зав.кафедрой _____ Биккулова Н.Н., д.ф.-м..н., профессор
подпись *Ф.И.О., ученая степень, звание*

Разработчик программы _____ Биккулова Н.Н., д.ф.-м..н., профессор
подпись *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 .....

СФ БашГУ

1. Общие положения

1.1 Настоящий учебно-методический комплекс обязательной дисциплины по выбору аспиранта Современные методы исследования физики твердого тела - модуль основной образовательной программы послевузовского профессионального образования (ООП ППО) разработан 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 Современные методы исследования физики твердого тела является:

- ознакомление с современными методами исследования в физике твердого тела.

Задачи дисциплины заключаются в:

- рассмотрении фундаментальных принципов описания и исследования кристаллической структуры и физических свойств твердых тел различных типов;

- рассмотрении методов исследования электронных, тепловых, магнитных и другие свойств твердых тел.

3. Результаты освоения дисциплины

Аспирант или соискатель должен:

- знать:

-современные методики приготовления объектов для изучения твердых тел.

- уметь:

использовать современные физические приборы для изучения структуры, динамики, физических свойств кристаллов, сопоставлять различные методы исследования, их возможности, область применения, особенности и т.д., использовать соответствующую аппаратуру.

- демонстрировать:

- навыки применения полученных знания для решения конкретных задач исследования кристаллов.

4. Структура и содержание дисциплины (модуля)

Современные методы исследования физики твердого тела

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных единицы 72 часа.

.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

СФ БашГУ

	минимума

5. Содержание дисциплины

5.1 Содержание лекционных занятий

№ п/п	Содержание	Кол-во уч.часов
1	Рентгеноструктурные исследования твердых тел . Рентгеновские лучи. Получение рентгеновского излучения. Устройство рентгеновских трубок. История открытия рентгеновских лучей. Работа Ж.Кюри, Рентгена, Лауэ и др.Дифрактометры. Принципиальная схема устройства дифрактометра. Способы регистрации рентгеновского излучения.Спецпрактикум. Приготовление образцов. Съемка на дифрактометре ДРОН-4.07, индицирование рентгенограмм. Определение типа сингонии. Расчет параметров элементарной ячейки. Определение рентгеновской плотности.	6
2	Методы нейтронографических исследований твердых тел. Получение нейтронных пучков, пригодных для исследования. Устройство установок для исследуемых материалов с помощью нейтронных пучков.	6
3	Синтез неорганических материалов.. Монокристаллы. Методы получения монокристаллов. Применение монокристаллов.	4
4	Ядерно-магнитный резонанс. Ядерно-магнитный резонанс. Ядерный гамма-резонанс. Применение ЯМР и ЯГР для исследования твердых тел.	4
5	Твердые электролиты. Классификация твердых электролитов. Структура и свойства твердых электролитов. Методы исследования ионных проводников. Применение ионных проводников в технике.	6
6	Спектроскопия твердых тел. Устройство спектрометров. Рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия. Оже - электронная спектроскопия.	4
7	Фазовые переходы в сверхпроводниках. Явление сверхпроводимости. Исследование сверхпроводников. Криогенная техника. Получение низких температур. Применение сверхпроводников.	6
Всего:		36

5.2. Самостоятельная работа аспиранта

№ п/п	Виды самостоятельной работы	Кол-во уч.часов
1	Повторение лекционного материала, работа в научно-исследовательской лаборатории	6
2	Повторение лекционного материала, работа в научно-исследовательской лаборатории	6
3	Повторение лекционного материала, работа в научно-исследовательской лаборатории	4
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	4

7	Повторение лекционного материала, работа в научно-исследовательской лаборатории	4
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 $CaTiO_3$.

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

СФ БашГУ

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. Ферримагнетики. Магнитная структура ферримагнетиков.

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. Сопровождение лабораторных работ показом фильма с использованием учебно-методический программный комплекс.

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 библио-теке СФ БашГУ	Число обучающихся, воспитанников, одновременно изучающих дисциплину
1	Практика рентгеноструктурного анализа	Я. С. Семенов, М. П. Лебедев, Изд-во: Academia, 2008 г.	1	6
2	Магнитно-резонансная спектроскопия	Под редакцией Г. Е. Труфанова, Л. А. Тютина, Изд-во: ЭЛБИ-СПб, 2008 г.	1	6

8.2. Дополнительная литература

№ п/п	Наименование учебной литературы	Автор, место издания, издательство год	Количество экземпляров в библио-теке СФ БашГУ	Число обучающихся, воспитанников, одновременно изучающих дисциплину
1	Рассеяние нейтронов сегнетоэлектриками	Аксенов В.Л., Плакида Н.М., Стаменкович С..М: Энергоатомиздат, 1984.	1	6
2	EXAFS-спектроскопия – новый метод структурных исследований	Боровский И.Б., Ведринский Р.В., Крайзман В.Л., Успехи физических наук Саченко В.П. , т. 49, с. 275, 1986	1	6
3	Нейтроны и твердое тело	,ред. Р.П. Озеров Т.1. Нозик Ю.З., ОзеровР.П., Хенниг К. Структурная нейтронография, Атомиздат. 1979.	1	6

4	Синхротронное излучение и его применение	Тернов И.М., Михайлин В.В., Халилов В.Р.,. ИзвоМГУ, 1985.	1	6
5	Кристаллография, рентгенография и электронная микроскопия	Уманский Я.С., Скаков Ю.А., Иванов А.Н., Расторгуев Л.Н.. – М., Металлургия, 1982.	1	6

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
6	«ZNANIUM.COM» (тестовый доступ до 01.06.2013)	http://znanium.com/	Организация-владелец: «Научно-издательский центр ИНФРА-М»

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

СФ БашГУ

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.

N 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 конденсированного состояния	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

СФ БашГУ