

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Уральский федеральный университет
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»

Физико-технологический институт
Кафедра экспериментальной физики

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по науке
В.В. Кружаев

« ___ » _____ 2015 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ФИЗИКА КОНДЕНСИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ

Перечень сведений о рабочей программе дисциплины	Учетные данные
Образовательная программа Приборы и методы экспериментальной физики	Код ОП 03.06.01
Направление подготовки Физика и астрономия	Код направления и уровня подготовки 03.06.01
Уровень подготовки подготовка кадров высшей квалификации	
ФГОС ВО 03.06.01 Физика и астрономия	Реквизиты приказа Минобрнауки РФ об утверждении ФГОС ВО: 30.07.2014 № 867 с изменениями и дополнениями от 30.04.2015 г. № 464

СОГЛАСОВАНО
УПРАВЛЕНИЕ ПОДГОТОВКИ
КАДРОВ ВЫСШЕЙ
КВАЛИФИКАЦИИ

Екатеринбург 2015

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№ п/п	ФИО	Ученая степень, ученое звание	Должность	Структурное подразделение	Подпись
1	Пустоваров Владимир Алексеевич	д-р физ.-мат. наук, профессор	профессор	кафедра экспериментальной физики	

Рекомендовано учебно-методическим советом физико-технологического института

Председатель учебно-методического совета

В.В. Зверев

Согласовано:

Начальник ОПНПК

О.А. Неволина

1 ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДИСЦИПЛИНЫ ФИЗИКА КОНДЕНСИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ

1.1 Аннотация содержания дисциплины

Изучение дисциплины «Физика конденсированного состояния» направлено на теоретическое и экспериментальное исследование природы кристаллических и аморфных, неорганических и органических веществ в твердом и жидком состояниях и изменение их физических свойств при различных внешних воздействиях. Курс предполагает наличие у аспирантов знаний основ физики конденсированного состояния в объеме специалитета или магистерских программ высшего образования. Знания и навыки, полученные аспирантами при изучении данного курса, необходимы при подготовке и написании научно-квалификационной работы по направленности Приборы и методы экспериментальной физики.

1.2. Язык реализации дисциплины

Реализуется на русском языке.

1.3 Планируемые результаты обучения по дисциплине

Результатом обучения в рамках дисциплины является формирование у аспиранта следующих компетенций:

- способность проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии науки (УК-2);
- способность разрабатывать новые принципы и методы измерений физических величин, основанных на современных достижениях в различных областях физики и позволяющих существенно увеличить точность, чувствительность и быстродействие измерений (ПК-2);
- способность исследовать фундаментальные ограничения на точность измерений (ПК-4);
- способность применять квантовую теорию измерений в исследовательской деятельности (ПК-5);
- способность разрабатывать методы математической обработки экспериментальных результатов, моделировать физические явления и процессы (ПК-6);
- способность научно обоснованно оценивать новые решения в области современного физического эксперимента, формировать и аргументировано представлять научные гипотезы (ПК-9);
- способность создавать и редактировать тексты научно-технического содержания, владеть иностранным языком при работе с научной литературой (ПК-11).

В результате освоения дисциплины аспирант должен:

Знать:

- физические свойства, явления и процессы в металлах и их сплавах, неорганических и органических соединениях, диэлектриках и, в том числе, материалах световодов как в твердом, так и в аморфном состоянии в зависимости от их химического, изотопного состава, температуры и давления; основы физических свойств неупорядоченных неорганических и органических систем, включая классические и квантовые жидкости, стекла различной природы и дисперсные системы; основы технических и технологических приложений физики конденсированного состояния.

Уметь:

- разрабатывать математические модели построения фазовых диаграмм состояния и прогнозирования изменения физических свойств конденсированных веществ в зависимости от внешних условий их нахождения; развивать экспериментальные методы изучения физических свойств и физические основы промышленных технологий получения материалов с определенными свойствами.

Иметь навыки:

- применения методов экспериментального исследования конденсированных веществ (сильное сжатие, ударные воздействия, изменение гравитационных полей, низкие температуры), фазовых переходов в них и их фазовых диаграмм состояния; методами экспериментального и теоретического исследования воздействия различных видов излучений, высокотемпературной плазмы на природу изменений физических свойств конденсированных веществ.

1.4 Объем дисциплины

Очная форма обучения

№ п/п	Виды учебной работы	Объем дисциплины		Распределение объема дисциплины по семестрам (час.)
		Всего часов	В т.ч. контактная работа (час.)	5
1.	Аудиторные занятия	4	4	4
2.	Лекции	4	4	4
3.	Практические занятия	0	0	0
4.	Лабораторные работы	0	0	0
5.	Самостоятельная работа аспирантов, включая все виды текущей аттестации	100	0,6	100
6.	Промежуточная аттестация	Зачет	0,25	<i>Зачет, 4 ч.</i>
7.	Общий объем по учебному плану, час.	108	4,85	108
8.	Общий объем по учебному плану, з.е.	3		3

СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины	Содержание
1	Раздел 1. Силы связи в твердых телах.	<p>Электронная структура атомов. Химическая связь и валентность. Типы сил связи в конденсированном состоянии: Ван дер Ваальсова связь, ионная связь, ковалентная связь, металлическая связь.</p> <p>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, NaCl, типа перовскита CaTiO₃. Основные свойства ковалентной связи. Структура веществ с ковалентными связями. Гибридизация атомных орбиталей в молекулах и кристаллах. Структура типа алмаза и графита.</p>
2	Раздел 2. Симметрия твердых тел.	<p>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.</p> <p>Элементы симметрии кристаллов: повороты, отражения, инверсия, инверсионные повороты, трансляции. Операции (преобразования) симметрии. Элементы теории групп, группы симметрии. Пространственные и точечные группы (кристаллические классы). Классификация решеток Браве.</p>
3	Раздел 3. Дефекты в твердых телах.	<p>Точечные дефекты, классификация. Энергия образования. Дефекты Френкеля и Шоттки. Механизмы образования радиационно-индуцированных дефектов. Люминесценция. Линейные дефекты. Краевые и винтовые дислокации. Роль дислокаций в пластической деформации.</p>
4	Раздел 4. Дифракция в кристаллах.	<p>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.</p>
5	Раздел 5. Колебания решетки.	<p>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. Экспериментальные методы исследования колебаний кристаллической решетки.</p>
6	Раздел 6. Тепловые свойства твердых тел.	<p>Теплоемкость твердых тел. Решеточная теплоемкость. Электронная теплоемкость. Температурная зависимость решеточной и электронной теплоемкости. Классическая и квантовая теория теплоемкости. Температура Дебая. Температурное расширение твердых тел. Ангармонизм.</p>
7	Раздел 7. Электронные свойства твердых тел.	<p>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. Энергетический спектр электрона в кристалле</p>

		<p>Приближение сильно связанных электронов. Закон дисперсии. Метод эффективной массы. Приближение почти свободных электронов. Заполнение энергетических зон электронами. Поверхность Ферми. Плотность состояний. Металлы, диэлектрики и полупроводники. Методы исследования электронной структуры твердых тел.</p>
8	Раздел 8. Магнитные свойства твердых тел.	<p>Намагниченность и восприимчивость. Диамагнетики, парамагнетики и ферромагнетики. Законы Кюри и Кюри – Вейсса. Парамагнетизм и диамагнетизм электронов проводимости. Природа ферромагнетизма. Фазовый переход в ферромагнитное состояние. Точка Кюри и восприимчивость ферромагнетика. Ферромагнитные домены. Антиферромагнетики. 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.</p>
9	Раздел 9. Оптические свойства твердых тел.	<p>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 полупроводников и диэлектриков из оптических исследований. Магнитооптические эффекты (эффекты Фарадея, Фохта и Керра). Оптические методы исследований конденсированного состояния.</p>
10	Раздел 10. Сверхпроводимость.	<p>Сверхпроводимость. Критическая температура. Высокотемпературные сверхпроводники. Эффект Мейсснера. Критическое поле и критический ток. Сверхпроводники первого и второго рода, магнитные свойства. Вихри Абрикосова. Эффект Джозефсона. Куперовское спаривание. Энергетическая щель.</p>

4 ОРГАНИЗАЦИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ, САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

4.1 Лабораторные работы

Не предусмотрено

4.2 Практические занятия

Не предусмотрено

4.3 Примерная тематика самостоятельной работы

4.3.1 Примерный перечень тем домашних работ

Не предусмотрено.

4.3.2 Примерный перечень тем рефератов (эссе, творческих работ)

Не предусмотрено

4.3.3 Примерная тематика индивидуальных или групповых проектов

Не предусмотрено

4.3.4. Примерная тематика контрольных работ

Не предусмотрено

4.3.5 Примерная тематика коллоквиумов

Не предусмотрено

5 СООТНОШЕНИЕ РАЗДЕЛОВ, ТЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ПРИМЕНЯЕМЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ОБУЧЕНИЯ

Код раздела, темы дисциплины	Активные методы обучения						Дистанционные образовательные технологии и электронное обучение					
	Проектная работа	Кейс-анализ	Деловые игры	Проблемное обучение	Командная работа	Дискуссия и публичные выступления	Сетевые учебные курсы	Виртуальные практикумы и тренажеры	Вебинары и видеоконференции	Асинхронные web-конференции и семинары	Совместная работа и разработка контента	Самостоятельное изучение ресурсов ЭБС
Раздел 1				*		*						
Раздел 2				*		*						
Раздел 3				*		*						
Раздел 4				*		*						
Раздел 5				*		*						
Раздел 6				*		*						
Раздел 7				*		*						
Раздел 8				*		*						
Раздел 9				*		*						
Раздел 10				*		*						

6 ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (Приложение)

7 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

7.1 Рекомендуемая литература

7.1.1. Основная литература

1. Павлов П.В., Хохлов А.Ф. Физика твердого тела. 3 издание. М.: Высшая школа, 2000. - 494 с.
2. Киттель Ч. Введение в физику твердого тела. М.: Мир, 1978. - 791 с.
3. Физика твердого тела. Учебное пособие для ВУЗов. Под редакцией И.К.Верещагина. М.: Высшая школа, 2001. - 237 с.
4. Матюхин В.Л., Ермаков В.Л. Физика твердого тела. 3 издание. М.: Высшая школа, 2010. - 224 с. Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=262
5. В.А. Пустоваров Люминесценция твердых тел: учебное пособие. Екатеринбург, Издательство Уральского университета. 2017. -128 с. (На кафедре ЭФ – 25 экз.) Режим доступа: http://elar.urfu.ru/bitstream/10995/48987/1/978-5-7996-2088-2_2017.pdf, <http://hdl.handle.net/10995/48987>

7.1.2. Дополнительная литература

1. Ашкрофт Н., Мермин Н. Физика твердого тела. М.: Мир, 1979. Том 1 и 2.

2. Займан Дж. Принципы теории твердого тела. М.: Мир, 1982.
3. В.А. Пустоваров Люминесценция и релаксационные процессы в диэлектриках. Учебное пособие. ЭОР УрФУ №13420 от 12.12.2015. - 113 с. Режим доступа: <http://study.urfu.ru/Aid/ViewMeta/13420>
4. В.А. Пустоваров. Спектроскопия редкоземельных ионов. Учебное пособие. ЭОР УрФУ №13485 от 06.04.2016. - 70 с. Режим доступа: <https://study.urfu.ru/Aid/ViewMeta/13485>
5. А.Ф. Зацепин, В.А. Пустоваров. Атомная структура и дефекты кристаллических твердых тел: Учебное пособие / Екатеринбург: УрФУ, 2012. - 112 с. (На кафедре ЭФ – 25 экз.).
6. Ван, Бюрен. Дефекты в кристаллах / Б. Ван ; пер. с англ. под ред. А. Н. Орлова, В. Р. Регеля .— М. : Изд-во иностр. лит., 1962 .— 584 с. : ил. — Библиогр.: с. 532-564 .— 3-47.— 57-00.
7. Келли, А. Кристаллография и дефекты в кристаллах / А. Келли, Г. Гровс ; пер. с англ. С. Н. Горина [и др.] ; под ред. [и с предисл.] М. П. Шаскольской .— Москва : Мир, 1974 .— 496 с., [4] л. ил. : черт. ; 22 см .— Библиогр. в конце гл .— Предм. указ.: с. 486-492.
8. Зацепин Анатолий Федорович. Атомная структура и дефекты кристаллических твердых тел: учеб. пособие / А.Ф. Зацепин, В.А. Пустоваров; - Екатеринбург, УрФУ. 2012. - 112 с. ISBN 978-5-0000. .
9. Шмидт, Вадим Васильевич. Введение в физику сверхпроводников / В.В. Шмидт; Испр. и доп. В.В. Рязанова, М.В. Фейгельмана .— 2-е изд., испр. и доп. — М. : НЦНМО, 2000 .— XIV, 402 с. : ил. ; 22 см .— (Современные лекционные курсы) .— Библиогр.: с. 379-393 (198 назв.). - Предм. указ.: с. 394-397. — без грифа .— ISBN 5-900916-68-5 : 109.00.
10. Абрикосов, Алексей Алексеевич. Основы теории металлов : [учеб. пособие] / А. А. Абрикосов ; [под ред. Л. А. Фальковского] .— 2-е изд., доп. и испр. — Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2010 .— 600 с. : ил. ; 21 см .— Предм. указ.: с. 595-598. — Тираж 1000 экз. — Библиогр.: с. 581-594. — ISBN 978-5-9221-1097-6.
11. Квантовый эффект Холла / [Кейдж М., Чэнг А., Гирвин С. и др.] ; под ред. Р. Пренджа, С. Гирвина ; пер. с англ. под ред. Г. Е. Пикуса .— Москва : Мир, 1989 .— 404 с. : ил. — Авт. указаны на обороте тит. л. — Библиогр.: с. 9-10 (39 назв.), 385-396 (451 назв.) .— Предм. указ.: с. 397-400 .— ISBN 5-03-001047-5.
12. Пустоваров, Владимир Алексеевич. Термостимулированная люминесценция твердых тел : Учеб. пособие / В. А. Пустоваров; Науч. ред. Б. В. Шульгин; Урал. гос. техн. ун-т - УПИ .— Екатеринбург : УГТУ-УПИ, 2003 .— 41 с. : ил. ; 21 см .— Авт. указан на обороте тит. л. — Библиогр.: с. 40 (8 назв.). — ISBN 5-321-00300-9 : 25.00.
13. Соломонов, Владимир Иванович. Импульсная катодолюминесценция и ее применение для анализа конденсированных веществ / В. И. Соломонов, С. Г. Михайлов; Рос. акад. наук. Урал. отд-ние. Ин-т электрофизики, Междунар. науч.-техн. центр .— Екатеринбург : УрО РАН, 2003 .— 182 с. : ил. ; 21 см .— Библиогр.: с. 173-180 (138 назв.). — ISBN 5-7691-1357-X : 50.00.

7.2 Методические разработки

1. В.А. Пустоваров Люминесценция твердых тел и релаксация электронных возбуждений. Учебное пособие, Екатеринбург: Изд-во ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2003. -53 с. (На кафедре ЭФ – 25 экз.)
2. В.А. Пустоваров Термостимулированная люминесценция твердых тел. Учебное пособие, Екатеринбург: Изд-во ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2003. 36 с. (На кафедре ЭФ – 25 экз.)
3. Физика твердого тела. Лабораторный практикум по курсу "Физика твердого тела" / В.А. Пустоваров. Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2009. - 63 с. (На кафедре ЭФ – 40 экз.)
4. Пустоваров, В. А. Физика твердого тела / Учебно-методический комплекс. 2007. Режим доступа: http://study.urfu.ru/view/Aid_view.aspx?AidId=2633

7.3 Программное обеспечение

1. В процессе обучения используется бесплатный пакет обработки и представления экспериментальных данных *Origin*, свободно распространяемый в Интернете (Режим доступа: в сети *Internet*: <http://www.twirpx.com/file/252879>).
2. Для выполнения лабораторных работ используются оригинальные разработки лаборатории физики твердого тела кафедры экспериментальной физики: программы управления установками - прикладные программы для измерения: спектров поглощения - VISION, спектров фотолюминесценции – LUMDRIVER, спектров рентгенолюминесценции – SPECTR (режим доступа: в лаборатории Ф-264).
3. Пакет офисных приложений (Word, Excel, Outlook, PowerPoint).

7.4 Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

1. Зональная научная библиотека <http://library.urfu.ru/>
2. Каталоги библиотеки <http://library.urfu.ru/about/department/catalog/rescatalog/>
3. Электронный каталог <http://library.urfu.ru/resources/ec/>
4. Ресурсы <http://library.urfu.ru/resources>
5. Поиск <http://library.urfu.ru/search>;
6. Электронные ресурсы по подписке УрФУ, например, база данных «Техэксперт».
7. Российская электронная научная библиотека. – Режим доступа: <http://www.elibrary.ru>
8. Поисковые системы публикаций отечественных и зарубежных научных изданий: <http://www.sciencedirect.com>, <http://www.ingentaconnect.com>
9. Пакет офисных приложений (Word, Excel, Outlook, PowerPoint).

7.5 Электронные образовательные ресурсы

Все студенты имеют полный доступ к перечисленным ресурсам, в т.ч. через авторизованный доступ из сети интернет:

1. Elsevier V. V. БД Reaxys. Договор № 1-3839832505 от 20.02.2013;
2. ООО «Первое Независимое Рейтинговое Агентство» ИПС FIRAPRO. Договор № 43-12/370-2013 от 23.05.2013;
3. EBSCO Industries, IncБД Business Source Complete. Договор № 624 от 02.07.2013;
4. EBSCO Industries, IncБД EBSCO Discovery Service. Договор № 625 от 02.07.2013;
5. Elsevier V. V. БД Freedom Collection. Договор № 1-4412061361 от 26.04.2013;
6. НП «НЭИКОН», БД компании Thomson Reuters, Web of Science в составе: БД Citation Index Expanded, БД Social Sciences Index, БД Art&Humanities Citation Index, Journal Citation Reports, Conference Proceedings Citation Index. Договор № 43-12/456-2013 от 12.07.2013;
7. ЗАО «КОНЭК», БД компании ProQuest, БД диссертаций ProQuest Didital Dissertations and Theses;
8. БД ebrary компании ProQuest, БД Emerald Journals 95, Emerald eBooks Series, Emerald Engineering. Договор № 43-12/761-2013 от 12.09.2013;
9. EBSCO Industries, Inc, БД Inspec, БД Applied Science & Tech Source (upgrade CASC). Договор № 43-12/762-2013 от 30.08.2013;
10. ООО «Научная электронная библиотека» Система SCIENCEINDEX. Договор № 43-12/615-2013 от 01.08.2013;
11. ООО «Издательство Лань» ЭБС Лань. Договор № 43-12/808-2013 от 13.09.2013;
12. ООО «Директ-Медиа», ЭБС «Университетская библиотека онлайн». Договор № 167-07/13 от 13.09.2013;
13. НП «НЭИКОН» ЭР EBSCO Publishing. Договор № 43-12/1176-2013 от 02.12.2013;

14. НО БФ «Фонд содействия развитию УГТУ-УПИ» ООО Компания «Кодекс-Люкс» Договор № 68/1354 от 25.11.2013;
15. НП «НЭИКОН» БД Questel ORBIT. Договор № 43-12/1099-2013 от 06.11.2013;
16. НП «НЭИКОН» AIP Nature Journals. Договор № 43-12/1354-2013 от 16.12.2013;
17. НП «НЭИКОН», ACS, Cambridge University Press. Договор № 43-12/1474-2013 от 15.11.2013
18. Elsevier V.V. БД Scopus. Договор № 1-5608083155 от 11.11.2013;
19. НП «НЭИКОН», БД JSTOR, БД ACM. Договор № 43-12/1585-2013 от 25.12.2013;
20. НП «НЭИКОН», БД OXFORD REFERENCE ONLINE. Договор № 43-12/1586-2013 от 26.12.2013;
21. ООО «НЭИКОН», ООО «Ивис», ООО «Твинком», ООО «Интегрум Медиа». Договор № 43-12/1226-2013 от 01.11.2013.

8 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием

Аспиранты Физико-технологического института обеспечены специальными помещениями для проведения занятий лекционного и семинарского типа, а также проведения лабораторных и научно-исследовательских работ

№	Аудитория, место нахождения	Характеристика кабинета / аудитории и программного обеспечения
1.	ул.Мира, 21, Ф-136/137	Современная эргономичная мебель для студентов (на 10 человек) Компьютеры -2 Лицензионное ПО: MS Office, Adobe Reader, Kaspersky Antivirus Дифрактометр рентгеновский X'Pert PRO MRD Дифрактометр рентгеновский Shimadzu XRD-7000S
2.	ул.Мира, 21, Ф-128	Современная эргономичная мебель для студентов (на 5 человек); Компьютер; Лицензионное ПО: MS Office, Adobe Reader, Kaspersky Antivirus; Импульсный спектрометр электронного парамагнитного резонанса ELEXSYS E580 (BRUKER BIOSPIN)
3.	ул.Мира, 21, Ф-214	Центр параллельных вычислений Современная мебель для студентов (на 5 человек); Высокопроизводительный вычислительный кластер. - Управляющий узел: Двухпроцессорный двоядерный сервер Sun Fire X4200 M2 2x2216 в комплектации: 2 процессора Opteron 2216, 8 Гб оперативной памяти, 4 диска 146 Гб SAS; - Расчетные узлы: 9 двухпроцессорных двоядерных серверов Sun Fire X4100 M2 2x2216 в комплектации: 2 процессора Opteron 2216, 4 Гб оперативной памяти, 2 диска 73 Гб SAS; 12 двухпроцессорных узлов HP ProLiant DL 145 G2 (Opteron 2 ГГц). Каждый узел содержит 1 Гб оперативной памяти и жесткий диск 80 Гб; - Тип расчетной сети: Gigabit Ethernet; - Операционная система: Rocks

		Cluster Distribution 4.2.1; - Коммуникационная библиотека: Интерфейс Передачи Сообщений MPICH2; - Система управления очередью заданий: Sun Grid Engine; - Компиляторы: GNU C/C++, Fortran 77, 90; - Библиотеки: ACML, BLACS и ScaLapack.
4.	ул.Мира, 21, Ф-264	Учебно-научная лаборатория физики твердого тела Автоматизированные лабораторные стенды с источниками возбуждающего излучения: стенд для измерения рентгенолюминесценции материалов, стенд для измерения фотолюминесценции материалов, стенд для исследования оптического поглощения материалов, стенд для исследования термостимулированной люминесценции материалов
5.	ул.Мира, 21, Ф-275-277	Научно-исследовательская лаборатория спектроскопических измерений Поверочный стенд, экспериментальная установка для исследования радиационно-оптических свойств твердых тел
6.	ул.Мира, 21, Ф-164	Научно-исследовательская лаборатория высокотемпературных воздействий Стенд высокотемпературных воздействий на материалы «Плазмотрон»
7.	ул.Мира, 21, Ф-174	Учебно-научный инновационно-внедренческий центр радиационной модификации свойств материалов Линейный ускоритель электронов, конвейер для подачи материалов в зону облучения, аппаратура радиационного контроля
8.	ул.Мира, 21, Ф-052	Учебно-научная мессбауэровская лаборатория Мессбауровский спектрометр высокого скоростного разрешения, компьютер, контрольно-измерительная аппаратура
9.	ул.Мира, 21, Ф-437	Компьютерная и мультимедийная аудитория Интерактивная доска, Проектор и экран, 15 компьютеров Intel Core i3.
10.	ул.Мира, 21, Ф-405	Лабораторная аудитория Учебно-лабораторный стенд по аналоговой и цифровой электронике National Instruments, Осциллограф OWON, Генератор Tektronik
11.	ул.Мира, 21, Ф-366	Лаборатория отжига материалов Высокотемпературная вакуумная печь
12.	ул.Мира, 21, Ф-318	Специализированная аудитория ИКЛ спектрометр КЛАВИ, Установка термолюминесценции, ОСЛ спектрометр
13.	ул.Мира, 21, Ф-258	Лаборатория спектроскопии Спектрометр оптического поглощения LAMBDA-35, Оптический спектрометр LS-55, УФ спектрометр высокого разрешения.
14.	ул.Мира, 21 Ф-314	Лаборатория рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии Рентгеновской фотоэлектронный спектрометр PHI 5000 VersaProbe.
15.	ул.Мира, 21, Ф-349	Современная эргономичная мебель для студентов (на 40 чел.); Компьютер; Мультимедийный проектор; Выдвижной настенный экран;

		Лицензионное ПО: MS Office, Adobe Reader,
16.	ул.Мира, 21, Ф-372	Современная эргономичная мебель для студентов (на 60 человек); Компьютер; Мультимедийный проектор; Выдвижной настенный экран; Лицензионное ПО: MS Office, Adobe Reader, Kaspersky Antivirus
17.	ул.Мира, 21, Ф-350	Компьютерный класс Современная мебель для студентов (на 12 человек); Компьютер (14 ед.); Лицензионное ПО: MS Office, Adobe Reader, Kaspersky Antivirus, Маркерная доска
18.	ул.Мира, 21, Ф-345 – Ф-347	Учебная лаборатория спектрометрии Стенды, оснащенные контрольно-измерительной аппаратурой, спектрометрами, компьютеры с лицензионным ПО (8 стендов)
19.	ул.Мира, 21, Ф-355	Учебная лаборатория физических полей Стенды, оснащенные контрольно-измерительной аппаратурой, источниками физических полей различной природы (6 стендов)
20.	ул.Мира, 21, Ф-362	Научно-исследовательская лаборатория электроники рентгеновских приборов Источники ионизирующих излучений, контрольно-измерительная аппаратура, спектрометры, компьютеры
21.	ул.Мира, 21, Ф-246	Учебная лаборатория прикладной ядерной физики Лабораторные ядерно-физические стенды, контрольно-измерительная аппаратура, компьютеры (8 стендов)
22.	ул.Мира, 21, Ф-248	Учебная лаборатория дозиметрии Источники ионизирующих излучений, детекторы ионизирующих излучений, дозиметры, радиометры (6 стендов)
23.	ул.Мира, 21, Ф-264	Учебно-научная лаборатория физики твердого тела Автоматизированные лабораторные стенды с источниками возбуждающего излучения, монохроматорами, регистрирующей аппаратурой, устройства получения вакуума и приборы его измерения (4 стенда)
24.	ул.Мира, 21, Ф-263	Вузовско-академическая радоновая лаборатория Стенд для поверки радонометров, радон-монитор «Alpha-Guard», компьютер
25.	ул.Мира, 21, Ф-275-277	Научно-исследовательская лаборатория спектроскопических измерений Поверочный стенд, экспериментальная установка для исследования радиационно-оптических свойств твердых тел
26.	ул.Мира, 21, Ф-149-151	Научно-исследовательская лаборатория электроники рентгеновских приборов Источники ионизирующих излучений, места монтажников радио-измерительной аппаратуры, контрольно-измерительная аппаратура, рентгенофлуоресцентные анализаторы состава вещества, компьютеры
27.	ул.Мира, 21, Ф-164	Научно-исследовательская лаборатория высокотемпературных воздействий

		Стенд высокотемпературных воздействий «Плазмотрон»
28.	ул.Мира, 21, Ф-165	Учебная лаборатория электронных ускорителей Импульсный ускоритель электронов, контрольно-измерительная аппаратура, вакуумная техника
29.	ул.Мира, 21, Ф-174	Учебно-научный инновационно-внедренческий центр радиационной модификации свойств материалов Линейный ускоритель электронов, конвейер для подачи материалов в зону облучения, аппаратура радиационного контроля
30.	ул.Мира, 21, Ф-052	Учебно-научная мессбауэровская лаборатория Мессбауровский спектрометр высокого скоростного разрешения, компьютер, контрольно-измерительная аппаратура
31.	ул.Мира, 21, Ф-014	Библиотека кафедры экспериментальной физики Литература, современная эргономичная мебель для студентов

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И
ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

**9.1 КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ КОНТРОЛЬНО-ОЦЕНОЧНЫХ
МЕРОПРИЯТИЙ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО
ДИСЦИПЛИНЕ**

Применяются утвержденные на кафедре критерии оценивания достижений аспирантов по каждому контрольно-оценочному мероприятию. Система критериев оценивания опирается на три уровня освоения компонентов компетенций: пороговый, повышенный, высокий.

Компоненты компетенций	Признаки уровня освоения компонентов компетенций		
	пороговый	повышенный	высокий
Знания	Аспирант демонстрирует знание-знакомство, знание-копию: узнает объекты, явления и понятия, находит в них различия, проявляет знание источников получения информации, может осуществлять самостоятельно репродуктивные действия над знаниями путем самостоятельного воспроизведения и применения информации.	Аспирант демонстрирует аналитические знания: уверенно воспроизводит и понимает полученные знания, относит их к той или иной классификационной группе, самостоятельно систематизирует их, устанавливает взаимосвязи между ними, продуктивно применяет в знакомых ситуациях.	Аспирант может самостоятельно извлекать новые знания из окружающего мира, творчески их использовать для принятия решений в новых и нестандартных ситуациях.
Умения	Аспирант умеет корректно выполнять предписанные действия по инструкции, алгоритму в известной ситуации, самостоятельно выполняет действия по решению типовых задач, требующих выбора из числа известных методов, в предсказуемо изменяющейся ситуации	Аспирант умеет самостоятельно выполнять действия (приемы, операции) по решению нестандартных задач, требующих выбора на основе комбинации известных методов, в непредсказуемо изменяющейся ситуации	Аспирант умеет самостоятельно выполнять действия, связанные с решением исследовательских задач, демонстрирует творческое использование умений (технологий)
Личностные качества	Аспирант имеет низкую мотивацию учебной деятельности, проявляет безразличное, безответственное отношение к учебе, порученному делу	Аспирант имеет выраженную мотивацию учебной деятельности, демонстрирует позитивное отношение к обучению и будущей трудовой деятельности, проявляет активность.	Аспирант имеет развитую мотивацию учебной и трудовой деятельности, проявляет настойчивость и увлеченность, трудолюбие, самостоятельность, творческий подход.

9.2 ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

9.1 Критерии оценивания результатов контрольно-оценочных мероприятий текущей и промежуточной аттестации по дисциплине в рамках БРС

Не используется.

9.2 Критерии оценивания результатов промежуточной аттестации при использовании независимого тестового контроля

Не используется.

9.3 Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестации

9.2.1. Примерные задания для проведения мини-контрольных в рамках учебных занятий

Не предусмотрено

9.2.2. Примерные контрольные задачи в рамках учебных занятий

Не предусмотрено

9.2.3. Примерные контрольные кейсы

Не предусмотрено

9.2.4. Перечень примерных вопросов для зачета

Не предусмотрено

9.2.5. Перечень примерных вопросов для экзамена

1. Теория симметрии. Точечные группы. Неприводимые представления точечных групп и классификация терминов. Таблицы характеров. Правила отбора. Примеры представлений.
2. Связь между симметрией кристаллической структуры, точечной симметрией и физическими свойствами кристаллов.
3. Типы сил связи, их особенности. Энергия кристаллической решетки. Структурные типы. Элементарная ячейка, координационное число, координационные сферы. Плотнейшие упаковки.
4. Кристаллическая структура твердых тел. Типичные структуры металлических и полупроводниковых фаз.
5. Дифракция волн в кристаллах и основные методы исследования кристаллических структур, принцип, возможности и особенности.
6. Оптические свойства кристаллов и точечная симметрия. Классификация кристаллов по оптическим свойствам.
7. Электроны в металле. Модель свободных электронов. Поверхности Ферми металлов. Остаточное электросопротивление. Магнитосопротивление и эффект Холла.
8. Полупроводники. Электронный спектр полупроводников. Собственная проводимость. Примесное состояние. Дефектные уровни и зоны.
9. Оптика кристаллов. Показатель преломления и поляризуемость. Двойное лучепреломление в кристалле.
10. Спектры поглощения и люминесценции кристаллов. Фотопроводимость. Оптические свойства кристаллов с дефектами.
11. Нелинейные оптические явления: вынужденное комбинационное рассеяние, генерация гармоник, самофокусировка.
12. Экситоны Ванье-Мотта (водородоподобные экситоны в 3-х и 2-х мерных полупроводниковых системах).

13. Электронно-дырочная жидкость в полупроводниках. Фазовая диаграмма: экситонный газ - ЭДЖ. Экспериментальные методы изучения электронно-дырочной жидкости.
14. Парамагнетизм Ланжевена. Замораживание орбитальных моментов в кристаллическом поле. Парамагнетизм ионов группы железа и редких земель. Спин-орбитальное взаимодействие. Анизотропия g-фактора парамагнитных ионов в твердых телах. Ядерный парамагнетизм.
15. Непереходные металлы. Парамагнетизм Паули. Диамагнетизм Ландау. Эффект Гааза - Ван Альфена.
16. Ферромагнетизм, антиферромагнетизм. Термодинамическая теория. Поведение вблизи точки Кюри. Магнитная симметрия. Обменное взаимодействие. Энергия магнитной анизотропии, магнитострикция. Энергетический спектр магнетиков. Спиновые волны. Домены и доменные границы. Теория технической кривой намагничивания.
17. Размерное квантование в квазидвумерных системах. Подзоны. Экранирование. Рассеяние квазидвумерных электронов.
18. Примеры квазидвумерных систем в полупроводниках: гетероструктуры, МДП-структуры. Квазидвумерные системы в квантующем магнитном поле. Тензоры проводимости и электросопротивления.
19. Целочисленный квантовый эффект Холла. Экспериментальные аспекты и метрологические возможности. Роль дефектов и локализация. Представление Бюттикера.
20. Термодинамические условия фазовых равновесий в одно- и многокомпонентных системах. Правило фаз. Функции состояния. Химические потенциалы. Фазовые переходы I и II рода.
21. Типы фаз в твердых телах. Химические соединения. Твердые растворы внедрения и замещения. Промежуточные фазы. Упорядоченные твердые растворы. Фазы Юм-Розери, фазы Лавеса. Фазы внедрения.
22. Диаграммы состояния. Типы фазовых диаграмм. Диаграммы состояния, базовый и структурный состав твердых тел.
23. Кинетика фазовых превращений в твердых телах. Стабильные и нестабильные фазы. Фазовые превращения, сопровождающиеся изменением состава фаз. Превращения без изменения состава фаз. Кооперативные и некооперативные фазовые превращения. Особенности механизма кинетики кооперативных фазовых превращений в твердых телах.
24. Связь между фазовым составом, микроструктурой и физическими свойствами твердых тел. Основные методы исследования фазовых превращений в твердых телах.
25. Точечные дефекты. Вакансии. Атомы внедрения. Их образование и движение. Реакции точечных дефектов, электронные свойства точечных дефектов. Комбинации атомных дефектов.
26. Дислокации. Энергия дислокации. Пластическая деформация как результат движения дислокации. Процессы размножения дислокации, источники дислокации. Вектор Бюргенрса.
27. Геометрические характеристики дислокации. Упругие поля дислокации. Атомная структура ядер дислокации. Частичные дислокации и дефекты упаковки.
28. Экспериментальные методы изучения дислокации.
29. Влияние дислокации на физические свойства кристаллов (электрические, оптические, тепловые).
30. Спектроскопические методы исследования свойств твердого тела; абсорбционная спектроскопия, люминесцентная спектроскопия, термоактивационная спектроскопия, спектроскопия в рентгеновском диапазоне, EXAFS – спектроскопия. Спектроскопия редкоземельных ионов.