

Государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
Московской области «Университет «Дубна»  
(государственный университет «Дубна»)  
Факультет естественных и инженерных наук  
Кафедра Ядерной физики

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по учебно-  
методической работе  
\_\_\_\_\_ /А.С. Деникин/  
*подпись* *Фамилия И.О.*

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г.

**Рабочая программа дисциплины (модуля)**

**ФИЗИКА КОНДЕНСИРОВАННЫХ СРЕД И НАНОСИСТЕМ**

Направление подготовки (специальность)  
**03.03.02 «Физика»**

Уровень высшего образования  
**Бакалавриат**

Направленность (профиль) программы (специализация)  
**Фундаментальная физика**

Форма обучения  
**Очная**

г. Дубна, 2016 г.  
(для набора 2014г.)

Преподаватель (преподаватели):

М.В. Авдеев, д.ф.-м.н., профессор, кафедра ядерной физики \_\_\_\_\_  
Фамилия И.О., должность, ученая степень, ученое звание, кафедра подпись

Рабочая программа разработана в соответствии с требованиями ФГОС ВО с учетом рекомендаций примерной образовательной программы по направлению подготовки (специальности) высшего образования

**03.03.02 «Физика»**

(код и наименование направления подготовки (специальности))

Программа рассмотрена на заседании кафедры ядерной физики

Протокол заседания № \_\_\_\_\_ от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ /Оганесян Ю.Ц./  
подпись Фамилия И.О.

СОГЛАСОВАНО

Заведующий кафедрой фундаментальных проблем физики микромира

Д.В. Фурсаев \_\_\_\_\_  
(Фамилия И.О., подпись)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Эксперт

Балагуров Анатолий Михайлович, доктор физ.-мат. наук, профессор, Объединенный институт ядерных исследований, гл. науч. сотрудник Лаборатории нейтронной физики (ЛНФ ОИЯИ)  
(Ф.И.О., ученая степень, ученое звание, место работы, должность; подпись, заверенная по месту работы)

Подпись А.М.Балагурова заверяю.  
Уч. секретарь ЛНФ ОИЯИ

Д.Худоба

## СОДЕРЖАНИЕ:

1. Цели и задачи освоения дисциплины (модуля) .....	4
2. Объекты профессиональной деятельности при изучении дисциплины (модуля) .....	4
3. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП .....	4
4. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников) .....	4
5. Объем дисциплины (модуля) .....	5
6. Содержание дисциплины (модуля) .....	6
7. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю) и методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модулю) .....	8
8. Применяемые образовательные технологии для различных видов учебных занятий и для контроля освоения обучающимися запланированных результатов обучения .....	9
9. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю) .....	10
10. Ресурсное обеспечение .....	15
11. Язык преподавания .....	16

## **1. Цели и задачи освоения дисциплины (модуля)**

Целями курса «Физика конденсированных сред и наносистем» является:

- знакомство студентов с основными опытными данными и теоретическими моделями физики конденсированных сред;
- ознакомление с основными направлениями современных исследований в области наносистем;

Задачами курса «Физика конденсированных сред и наносистем» является:

- ознакомление с экспериментальными ядерно-физическими методами исследования и диагностики конденсированного состояния вещества, в том числе методами нейтронного и синхротронного рассеяния;
- получение представлений об основных классических экспериментальных подходах в решении задач по структуре и динамически кристаллического состояния;
- ознакомление с различными типами упорядочения, встречаемые в конденсированных состояниях, и их физическими особенностями.

В результате изучения базовой части цикла студент должен:

*Знать:*

- основные понятия, теоретические модели и методы исследования конденсированных сред и наносистем;
- роль основных законов микромира в развитии научно-технического прогресса;

*Уметь:*

- объяснять свойства конденсированных сред и наносистем на основе законов квантовой и статистической физики;

*Владеть:*

- навыками нейтронных и рентгеновских методов исследования, кристаллов и других конденсированных сред;
- опытом деятельности интерпретации экспериментальных данных по свойствам конденсированных сред и наносистем;
- опытом деятельности поиска и критического анализа новой информации по свойствам конденсированных сред и наносистем и новых физических методов, приборов и устройств для их исследования и прикладного применения;

## **2. Объекты профессиональной деятельности при изучении дисциплины (модуля)**

Объектами профессиональной деятельности в рамках изучаемой дисциплины (модуля) являются физические системы различного масштаба и уровней организации, процессы их функционирования.

## **3. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП**

Данная дисциплина относится к циклу Б1.В.ДВ.4.1: дисциплины вариативной части. Тип дисциплины (модуля) по характеру ее освоения: дисциплина по выбору для освоения на четвертом году обучения в 8 семестре.

Курс опирается на знания бакалавров, приобретенные ранее при изучении курса «Общая физика», в частности, раздел «Атомная физика», и курс «Теоретическая физика», в частности, разделы «Квантовая теория» и «Физика конденсированного состояния, термодинамика, статистическая физика, физическая кинетика». В качестве входных знаний студенты должны владеть основными законами квантовой физики. Особенно важно для понимания данного раздела курса общей физики знать роль строения атомов в объяснении физических свойств конденсированного состояния вещества.

**Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)**

Формируемые компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций
<p>ПК-2 способностью проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта</p>	<p>З (ПК-2) –I Знать: Современное состояние экспериментальных и (или) теоретических физических исследований в избранной области                      У1 (ПК-2) –I Уметь: использовать современную приборную базу (в том числе сложное физическое оборудование) при проведении научного исследования в избранной области                      У2 (ПК-2) –I Уметь: Уметь использовать информационные технологии при проведении научного исследования в избранной области                      У3 (ПК-2) –I Уметь: Уметь учитывать отечественный и зарубежный опыт при проведении исследования в избранной области                      В1 (ПК-2)–I Владеть: информационными технологиями, применяемыми избранной области исследований                      В2 (ПК-2)–I Владеть: теоретическими и экспериментальными методами исследования, применяемыми в избранной области</p>
<p>ПК-11 способностью применять на практике профессиональные знания и умения, полученные при освоении профильных физических дисциплин.</p>	<p>З1 (ПК-11)–I Знать: профильные физические дисциплины, в объеме необходимом для начала профессиональной деятельности или продолжения обучения в магистратуре                      У1 (ПК-11) –I Уметь: применять на практике профессиональные знания и умения, полученные при освоении профильных физических дисциплин                      В1 (ПК-11)–I профессиональными знаниями и умениями, полученными при освоении профильных физических дисциплин</p>

**4. Объем дисциплины (модуля)**

Объем дисциплины (модуля) составляет 2 зачетные единицы, всего 72 часа, из которых:

**46 часов составляет контактная работа обучающегося с преподавателем:**

24 часа – лекционные занятия;

22 часа – практические занятия;

Мероприятия текущего контроля успеваемости –дифференцированный зачет (зачет с оценкой)

**26 часов составляет самостоятельная работа обучающегося.**

## 5. Содержание дисциплины (модуля)

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля)	Всего (часы)	В том числе:										
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них							Самостоятельная работа обучающегося, часы, из них			
		Лекционные занятия	Семинарские занятия	Практические занятия	Лабораторные занятия	Групповые консультации	Индивидуальные консультации	Учебные занятия, направленные на проведение текущего контроля успеваемости (коллоквиумы, практические контрольные занятия и др.)*	Всего	Выполнение домашних заданий	Подготовка рефератов и т.п.	Всего
<b>8 семестр</b>												
Раздел 1. Строение кристаллов		6		6				Текущий контроль успеваемости реализуется в рамках практических занятий	12			5
Раздел 2. Динамика и термодинамика кристаллов		6		4					10			5
Раздел 3. Электронные состояния в твердых телах		4		4					8			5
Раздел 4. Магнитные свойства твердых тел		4		4					8			5
Раздел 5. Кластерное состояние вещества		4		4					8			6
Промежуточная аттестация <b>Зачет с оценкой</b>												
<b>Итого</b>	72	24		22					46			26

### Содержание разделов дисциплины:

#### Раздел 1. Строение кристаллов

**Конденсированное состояние вещества и нанотехнологии.** Классификация конденсированных состояний вещества: твердое тело (кристаллы и аморфные вещества); жидкость; мезоморфное состояние; кластерное состояние. Дальний и ближний порядок. Нанотехнологии. Диагностика наноматериалов.

**Симметрия кристаллов.** Симметрия кристаллов. Решетки Бравэ. Пространственные группы симметрии. Методы выращивания кристаллов

**Дифракция на кристаллах.** Обратная решетка. Зоны Бриллюэна. Дифракция на периодических структурах. Закон Брэгга-Вульфа. Диагностика атомной структуры кристаллов дифракцией рентгеновских лучей и нейтронов. Исследование кристаллических материалов со специальными свойствами.

**Типы связи в кристаллах.** Энергия связи. Вандерваальсово взаимодействие. Ковалентная связь. Обменное взаимодействие. Структуры со смешанными ковалентными и вандерваальсовыми связями. Ионная связь. Смешанные ионно-ковалентные связи. Водородная связь. Металлическая связь. Классификация типов связи в твердых телах

#### Раздел 2. Динамика и термодинамика кристаллов

**Динамика кристаллов.** Колебательные моды одноатомного кристалла. Акустические ветви. Колебательные моды кристалла с многоатомным базисом. Акустические и оптические ветви.

**Термодинамика кристаллов.** Нормальные координаты. Фононы. Функция плотности фононных состояний. Фононная теплоемкость. Модели Эйнштейна и Дебая. Температура Дебая. Взаимодействие фононов. Тепловое расширение. Теплопроводность. Неупругое рассеяние нейтронов на фононах.

Раздел 3. Электронные состояния в твердых телах

**Зонная теория твердых тел.** Зонная теория твердых тел. Приближения слабой и сильной связи. Эффективная масса. Заполнение зон. Классификация кристаллов по проводимости с точки зрения зонной теории: проводники, диэлектрики, полупроводники.

**Металлы.** Модель свободных электронов. Термодинамика свободных электронов. Парамагнетизм Паули. Проводимость (модель Зоммерфельда). Закон Ома. Теплопроводность. Закон Видемана-Франца. Эффект Холла. Контактные эффекты. Эмиссионные эффекты. Функция плотности электронных состояний. Методы определения поверхности Ферми.

**Полупроводники.** Собственная и примесная проводимость. Термодинамика полупроводников. Контактные явления. p-n переход. Зонная структура полупроводников.

Раздел 4. Магнитные свойства твердых тел

**Диамагнетизм, парамагнетизм, ферромагнетизм, антиферромагнетизм, ферримагнетизм.** Основные магнитные состояния твердых тел: диамагнетизм, парамагнетизм, ферромагнетизм, антиферромагнетизм, ферримагнетизм. Модель Вейса. Модель Гейзенберга. Магнитные домены. Спиновые волны. Магноны. Магнитная нейтронная дифракция. Рассеяние нейтронов на магнонах.

**Наноструктурные магнитные материалы.** Суперпарамагнетизм. Способы производства магнитных наночастиц. Магнитные жидкости. Малоугловое рассеяние неполяризованных и поляризованных нейтронов. Синтез и структурные исследования магнитных жидкостей.

**Слоистые магнитные структуры.** Типы магнитного упорядочения в слоистых магнитных структурах. Спинтроника. Синтез и структурные исследования слоистых магнитных структур. Нейтронная рефлектометрия в исследованиях слоистых магнитных структур.

Раздел 5. Кластерное состояние вещества

**Структура кластеров.** Масштабная инвариантность. Фрактальный подход в описании структур кластеров. Фрактальная размерность.

**Производство и диагностика кластеров.** Малоугловое рассеяние на фрактальных структурах. Диагностика кластеров в полимерных и углеродных наноматериалах. Фуллерены и кластеры фуллеренов в растворах. Производство и диагностика наноалмазов.

**7. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю) и методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модулю)**

**7.1. Методические указания к практическим занятиям**

Практические занятия 8-й семестр

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование практических занятий	Количество часов
С1	Раздел 1. Строение кристаллов	Конденсированное состояние вещества и нанотехнологии	2
С2	Раздел 1. Строение кристаллов	Симметрия кристаллов.	2
С3	Раздел 1. Строение кристаллов	Дифракция на кристаллах. Типы связи в кристаллах	2
С4	Раздел 2. Динамика и термодинамика кристаллов	Динамика кристаллов.	2
С5	Раздел 2. Динамика и термодинамика кристаллов	Термодинамика кристаллов.	2
С6	Раздел 3. Электронные состояния в твердых телах	Зонная теория твердых тел.	2
С7	Раздел 3. Электронные состояния в твердых телах	Металлы. Полупроводники	2
С8	Раздел 4. Магнитные свойства твердых тел	Диамagnetизм, парамагнетизм, ферромагнетизм, антиферромагнетизм, ферримагнетизм.	2
С9	Раздел 4. Магнитные свойства твердых тел	Наноструктурные магнитные материалы. Слоистые магнитные структуры.	2
С10	Раздел 5. Кластерное состояние вещества	Структура кластеров.	2
С11	Раздел 5. Кластерное состояние вещества	Производство и диагностика кластеров.	2

**7.2. Методические указания для самостоятельной работы обучающихся**

Рабочей программой дисциплины «Физика конденсированных сред и наносистем» предусмотрена самостоятельная работа студентов в объеме 26 часов.

Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

- изучение отдельных разделов тем дисциплины по материалам лекции и рекомендованной литературе;
- подготовку к практическим занятиям;
- работу с Интернет-источниками;
- подготовку к различным формам контроля.

Планирование времени на самостоятельную работу, необходимого на изучение настоящей дисциплины, студентам лучше всего осуществлять на весь семестр, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников, представленных в рабочей программе.

По каждой из тем для самостоятельного изучения, приведенных в рабочей программе данной дисциплины следует сначала прочитать рекомендованную литературу и при необходимости составить краткий конспект основных положений, терминов, сведений, требующих запоминания и являющихся основополагающими в этой теме и для освоения последующих разделов курса.

Для расширения знаний по дисциплине рекомендуется использовать Интернет-ресурсы: проводить поиск в различных системах и использовать материалы сайтов, рекомендованных преподавателем на лекционных занятиях.

№	Вопросы, выносимые на самостоятельное изучение	Кол-во часов
СРС1	Типы связи в кристаллах. Энергия связи. Вандерваальсово взаимодействие. Ковалентная связь. Обменное взаимодействие. Структуры со смешанными ковалентными и вандерваальсовыми связями. Ионная связь. Смешанные ионно-ковалентные связи. Водородная связь. Металлическая связь. Классификация типов связи в твердых телах	1
СРС2	Термодинамика кристаллов. Нормальные координаты. Фононы. Функция плотности фононных состояний. Фононная теплоемкость. Модели Эйнштейна и Дебая. Температура Дебая. Взаимодействие фононов. Тепловое расширение. Теплопроводность. Неупругое рассеяние нейтронов на фононах.	2
СРС3	Полупроводники. Собственная и примесная проводимость. Термодинамика полупроводников. Контактные явления. p-n переход. Зонная структура полупроводников.	2
СРС4	Слоистые магнитные структуры. Типы магнитного упорядочения в слоистых магнитных структурах. Спинтроника. Синтез и структурные исследования слоистых магнитных структур. Нейтронная рефлектометрия в исследованиях слоистых магнитных структур.	2
СРС5	Производство и диагностика кластеров. Малоугловое рассеяние на фрактальных структурах. Диагностика кластеров в полимерных и углеродных наноматериалах. Фуллерены и кластеры фуллеренов в растворах. Производство и диагностика наноалмазов.	2

#### **8. Применяемые образовательные технологии для различных видов учебных занятий и для контроля освоения обучающимися запланированных результатов обучения**

Образовательные технологии, используемые при реализации различных видов учебной работы и дающие наиболее эффективные результаты освоения дисциплины:

- Посещение лекционных занятий;
- Ответы на теоретические вопросы на практических занятиях;
- Решение практических задач и заданий на практических занятиях;
- Разбор реальных ситуаций.

## 9. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

**Компетенция ПК-2:** способностью проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта

РЕЗУЛЬТАТ ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю)	Уровень освоения компетенции	КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТА ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю) ШКАЛА оценивания					ПРОЦЕДУРЫ ОЦЕНИВАНИЯ
		1	2	3	4	5	
3 (ПК-2) –I Знать: Современное состояние экспериментальных и (или) теоретических физических исследований в избранной области	I – пороговый	Не знает	Имеет поверхностное представление о состоянии экспериментальных и (или) теоретических физических исследований в избранной области	Воспроизводит устаревшую или неполную информацию о состоянии экспериментальных и (или) теоретических физических исследований в избранной области	Демонстрирует знание современного состояния экспериментальных и (или) теоретических физических исследований в избранной области	Хорошо знает современное состояние и перспективы развития экспериментальных и (или) теоретических физических исследований в избранной области	<i>Индивидуальный опрос; зачет.</i>
У1 (ПК-2) –I Уметь: использовать современную приборную базу (в том числе сложное физическое оборудование) при проведении научного исследования в избранной области	I – пороговый	Не умеет	Частично освоенное умение пользоваться сложным физическим оборудованием	В целом успешно освоенное умение использовать физическое оборудование под руководством преподавателя. Не способен самостоятельно проводить исследования в избранной области.	Сформировано умение проводить несложные экспериментальные и (или) теоретические научные исследования в избранной области. Умеет использовать учебное физическое оборудование и информационные технологии.	Сформировано умение проводить экспериментальные и (или) теоретические научные исследования в избранной области. Умеет использовать сложное физическое оборудование и информационные технологии. При проведении исследования учитывает отечественный и зарубежный опыт.	<i>Индивидуальный опрос; зачет.</i>
У2 (ПК-2) –I Уметь: Уметь использовать информационные технологии при проведении научного исследования в избранной области	I – пороговый	Не умеет	Частично освоенное умение пользоваться сложным физическим оборудованием	В целом успешно освоенное умение использовать физическое оборудование под руководством преподавателя. Не способен	Сформировано умение проводить несложные экспериментальные и (или) теоретические научные исследования в избранной области. Умеет	Сформировано умение проводить экспериментальные и (или) теоретические научные исследования в избранной области. Умеет использовать	<i>Индивидуальный опрос; зачет.</i>

				самостоятельно проводить исследования в избранной области.	использовать учебное физическое оборудование и информационные технологии.	сложное физическое оборудование и информационные технологии. При проведении исследования учитывает отечественный и зарубежный опыт.	
У3 (ПК-2) –I Уметь: Уметь учитывать отечественный и зарубежный опыт при проведении исследования в избранной области	I – пороговый	Не умеет	Частично освоенное умение пользоваться сложным физическим оборудованием	В целом успешно освоенное умение использовать физическое оборудование под руководством преподавателя. Не способен самостоятельно проводить исследования в избранной области.	Сформировано умение проводить несложные экспериментальные и (или) теоретические научные исследования в избранной области. Умеет использовать учебное физическое оборудование и информационные технологии.	Сформировано умение проводить экспериментальные и (или) теоретические научные исследования в избранной области. Умеет использовать сложное физическое оборудование и информационные технологии. При проведении исследования учитывает отечественный и зарубежный опыт.	<i>Индивидуальный опрос; зачет.</i>
В1 (ПК-2)-I Владеть: информационными технологиями, применяемыми избранной области исследований	I – пороговый	Отсутствие знаний	Слабое, фрагментарное знание. Допускает множественные грубые ошибки.	В целом успешные, но неструктурированные знания. Допускает достаточно серьезные отдельные ошибки.	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы, знания. Допускает отдельные негрубые ошибки.	Демонстрирует свободно и уверенное знание предмета. Не допускает ошибок.	<i>Индивидуальный опрос; зачет.</i>
В2 (ПК-2)-I Владеть: теоретическими и экспериментальными методами исследования, применяемыми в избранной области	I – пороговый	Не владеет простейшими методами исследования в избранной области	Демонстрирует не вполне сформированные навыки исследования в избранной области	В состоянии продемонстрировать отдельные навыки исследования в избранной области	Демонстрирует сформированные навыки исследования в избранной области, а также достаточный уровень владения информационными технологиями.	Успешное и систематическое применение теоретических и экспериментальных методов исследования и высокий уровень владения информационными технологиями в избранной области	<i>Индивидуальный опрос; зачет.</i>
<b>Компетенция ПК-2 итоговый контроль</b>	I – пороговый	Отсутствие знаний	Слабое, фрагментарное знание. Допускает множественные	В целом успешные, но неструктурированные знания. Допускает достаточно	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы, знания. Допускает	Демонстрирует свободно и уверенное знание предмета. Не допускает ошибок.	<i>Зачет</i>

			с грубые ошибки.	серьезные единичные ошибки	отдельные негрубые ошибки		
--	--	--	---------------------	----------------------------------	---------------------------------	--	--

**Компетенция ПК-11:** способностью проводить математическое моделирование процессов и объектов на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и исследований

РЕЗУЛЬТАТ ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю)	Уровень освоения компетенции	КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТА ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю) ШКАЛА оценивания					ПРОЦЕДУРЫ ОЦЕНИВАНИЯ
		1	2	3	4	5	
31 (ПК-11)-I Знать: профильные физические дисциплины, в объеме необходимом для начала профессиональной деятельности или продолжения обучения в магистратуре	I – пороговый	Не знает	Воспроизводит учебный материал с большими пробелами, логически несвязанно.	Воспроизводит материал с недостаточной степенью научной точности и полноты.	Знает материал профильных физических дисциплин с отдельными незначительным и пробелами	Демонстрирует знание профильных физических дисциплин в объеме, необходимом для начала профессиональной деятельности или продолжения обучения в магистратуре	<i>Индивидуальный опрос; зачет.</i>
У1 (ПК-11) –I Уметь: применять на практике профессиональные знания и умения, полученные при освоении профильных физических дисциплин	I – пороговый	Не умеет	Частично освоенное умение применять некоторые профильные знания и умения для решения типичных задач	Испытывает некоторые затруднения при использовании профильных знаний и умений для решения типичных задач	В целом успешно, но с отдельными ошибками применяет профильные знания и умения для решения типичных задач	Успешно применяет профильные профессиональные знания и умения для решения типичных задач на основе воспроизведения стандартных алгоритмов	<i>Индивидуальный опрос; зачет.</i>
В1 (ПК-11)-I профессиональными знаниями и умениями, полученными при освоении профильных физических дисциплин	I – пороговый	Не владеет	Не способен применять на практике профессиональные знания и умения, полученные при освоении профильных физических дисциплин	Неуверенно применяет на практике отдельные профессиональные знания и умения, полученные при освоении профильных физических дисциплин	Хорошо владеет профильными профессиональными знаниями и умениями при освоении профильных физических дисциплин	Уверенно владеет профильными профессиональным и знаниями и умениями; способен применять их в профессиональной деятельности или при обучении в магистратуре	<i>Индивидуальный опрос; зачет..</i>
<b>Компетенция ПК-11 итоговый контроль</b>	I – пороговый	Отсутствие знаний	Слабое, фрагментарное знание. Допускает множественны	В целом успешные, но неструктурированные знания. Допускает	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы, знания.	Демонстрирует свободно и уверенное знание предмета. Не допускает ошибок.	<i>Зачет</i>

			с грубые ошибки.	достаточно серьезные единичные ошибки	Допускает отдельные негрубые ошибки		
--	--	--	---------------------	--	--	--	--

## *Материалы, необходимые для оценки результатов обучения*

### **Перечень вопросов, выносимых на зачет**

1. Классификация конденсированных состояний вещества: твердое тело (кристаллы и аморфные вещества); жидкость; мезоморфное состояние; кластерное состояние. Дальний и ближний порядок.
2. Нанотехнологии. Диагностика наноматериалов.
3. Симметрия кристаллов. Решетки Бравэ.
4. Пространственные группы симметрии.
5. Методы выращивания кристаллов.
6. Обратная решетка. Зоны Бриллюэна.
7. Дифракция на периодических структурах. Закон Брэгга-Вульфа.
8. Диагностика атомной структуры кристаллов дифракцией рентгеновских лучей и нейтронов.
9. Исследование кристаллических материалов со специальными свойствами.
10. Энергия связи.
11. Ван-дер-Ваальсово взаимодействие.
12. Ковалентная связь. Обменное взаимодействие.
13. Структуры со смешанными ковалентными и ван-дер-Ваальсовыми связями.
14. Ионная связь. Смешанные ионно-ковалентные связи.
15. Водородная связь.
16. Металлическая связь.
17. Классификация типов связи в твердых телах.
18. Колебательные моды одноатомного кристалла. Акустические ветви.
19. Колебательные моды кристалла с многоатомным базисом. Акустические и оптические ветви.
20. Нормальные координаты. Фононы
21. Функция плотности фононных состояний
22. Фононная теплоемкость. Модели Эйнштейна и Дебая. Температура Дебая
23. Взаимодействие фононов. Тепловое расширение. Теплопроводность
24. Неупругое рассеяние нейтронов на фононах
25. Зонная теория твердых тел
26. Приближения слабой и сильной связи
27. Эффективная масса
28. Заполнение зон
29. Классификация кристаллов по проводимости с точки зрения зонной теории: проводники, диэлектрики, полупроводники
30. Модель свободных электронов. Термодинамика свободных электронов. Парамагнетизм Паули
31. Проводимость (модель Зоммерфельда). Закон Ома
32. Теплопроводность. Закон Видемана-Франца
33. Эффект Холла. Контактные эффекты
34. Эмиссионные эффекты
35. Функция плотности электронных состояний
36. Методы определения поверхности Ферми
37. Собственная и примесная проводимость. Термодинамика полупроводников
38. Контактные явления. p-n переход.
39. Зонная структура полупроводников.
40. Основные магнитные состояния твердых тел: диамагнетизм, парамагнетизм, ферромагнетизм, антиферромагнетизм, ферримагнетизм
41. Модель Вейса. Модель Гейзенберга
42. Магнитные домены
43. Спиновые волны. Магноны
44. Магнитная нейтронная дифракция. Рассеяние нейтронов на магнонах
45. Суперпарамагнетизм

46. Способы производства магнитных наночастиц
47. Магнитные жидкости
48. Малоугловое рассеяние неполяризованных и поляризованных нейтронов
49. Синтез и структурные исследования магнитных жидкостей
50. Типы магнитного упорядочения в слоистых магнитных структурах
51. Спинтроника
52. Синтез и структурные исследования слоистых магнитных структур
53. Нейтронная рефлектометрия в исследованиях слоистых магнитных структур
54. Масштабная инвариантность.
55. Фрактальный подход в описании структур кластеров. Фрактальная размерность.
56. Малоугловое рассеяние на фрактальных структурах.
57. Диагностика кластеров в полимерных и углеродных наноматериалах.
58. Фуллерены и кластеры фуллеренов в растворах.
59. Производство и диагностика наноалмазов.

## **10. Ресурсное обеспечение**

### **Перечень основной и дополнительной учебной литературы**

#### *Основная учебная литература*

1. Ю.А. Стрекалов, Н.А. Тенякова. Физика твердого тела. [Электронный ресурс] : учебное пособие / Ю.А. Стрекалов, Н.А. Тенякова. - М.: ИЦ РИОР: НИЦ Инфра-М, 2013. - 307 с. ЭБС «Znanium.com». <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=363421> Режим доступа ограниченный по логину и паролю.
2. Займан, Д.М. Электроны и фононы. Теория явлений переноса в твердых телах / Д.М. Займан ; под ред. В.Д. Бонч-Бруевича. - Москва : Изд-во иностр. лит., 1962. - 485 с. - ISBN 978-5-4475-0282-9 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=239443>

#### *Дополнительная учебная литература*

1. Блейкмор, Дж. Физика твердого тела / Блейкмор Дж.; Пер.с англ. под ред. Д.Г. Андрианова, В.И. Фистуля. - М. : Мир, 1988. - 608с. - Предм.указ.:с.599. - ISBN 5-03-001256-7.
2. М.В. Авдеев, В.Л. Аксенов, «Малоугловое рассеяние нейтронов в структурных исследованиях магнитных жидкостей. Обзор», УФН, т. 180, №10, с. 1009-1034, 2010
3. Физика твердого тела: Учеб. пособие для втузов/И. К. Верещагин, С. М. Кокин, В. А. Никитенко, В. А. Селезнев, Е. А. Серов; под ред. И. К. Верещагина. - М.: Высшая школа, 2001.- 237 с.

#### *Периодические издания*

1. Атомная Энергия.
2. Физика Элементарных Частиц и Атомного Ядра(ЭЧАЯ)
3. Письма в ЭЧАЯ
4. IEEE Transactions on Nuclear Science(Particle Accelerators Conference)
5. Particles Accelerators
6. Revue of Scientific Instruments(RSI)
7. Nuclear Instruments and Methods(NIM).

### **Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»**

#### *Электронно-библиотечные системы и базы данных*

1. ЭБС Лань
2. ЭБС Университетская библиотека онлайн
3. ЭБС Znanium.com
4. Архивы научных журналов
5. Базы данных компании EBSCO Publishing

6. Информационно-образовательная программа Росметод
7. Национальная электронная библиотека
8. Словари Оксфордского университета (Oxford Reference Online)
9. Электронная библиотека диссертаций РГБ
10. East View
11. Elibrary.ru. Научная электронная библиотека (РУНЭБ)

#### ***Научные поисковые системы***

National Nuclear Data Center <http://www.nndc.bnl.gov/>

Центр Данных Фотоядерных Экспериментов <http://cdfe.sinp.msu.ru/>

NRV База знаний по низкоэнергетической ядерной физике <http://nrv.jinr.ru/nrv/>

[Google Scholar](#)

[ArXiv.org](#)

[Math-Net.Ru](#)

#### ***Профессиональные ресурсы сети «Интернет»***

<http://www.nndc.bnl.gov/>

National Nuclear Data Center

<http://cdfe.sinp.msu.ru/>

Центр Данных Фотоядерных Экспериментов

<http://nrv.jinr.ru/nrv/>

NRV База знаний по низкоэнергетической ядерной физике

#### **Описание материально-технической базы**

Специальные помещения представляют собой учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, практических занятий, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы и помещения для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования.

Для проведения занятий лекционного типа имеются наборы демонстрационного оборудования и учебно-наглядных пособий, обеспечивающие тематические иллюстрации, соответствующие примерным программам дисциплин (модулей), рабочим учебным программам дисциплин (модулей).

Для проведения практических занятий требуется аудитория, оборудованная устройством доступа к сети Интернет, компьютер, проектор и экран.

### **11. Язык преподавания**

Преподавание осуществляется на государственном языке Российской Федерации – русском языке. Часть учебных материалов (периодические издания, информационные ресурсы в сети Интернет) предоставляется на иностранном языке.