

МИНОБРНАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ФИЗИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

УТВЕРЖДАЮ

Декан физического факультета

\_\_\_\_\_ О.Н. Чайковская

" \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 2016 г.

**Рабочая программа дисциплины  
НАНОФАЗНЫЕ И АМОРФНЫЕ МАТЕРИАЛЫ**

Направление подготовки

**03.04.02 – Физика**

Магистерская программа

**«Фундаментальная и прикладная физика»**

Квалификация (степень) выпускника

**Магистр**

Форма обучения

**Очная**

### **1. Код и наименование дисциплины**

Код дисциплины В.6.11 «Нанофазные и аморфные материалы»  
Специализация «Физика конденсированного состояния вещества».

### **2. Место дисциплины в структуре ООП магистратуры**

Дисциплина «Нанофазные и аморфные материалы» относится к вариативной части блока Б1, входит в модуль по выбору "Физика конденсированного состояния вещества". Данная дисциплина обеспечивает профессиональную подготовку магистров.

### **3. Год/годы и семестр/семестры обучения.**

Дисциплина изучается на втором году обучения в третьем семестре.

### **4. Входные требования для освоения дисциплины, предварительные условия (если есть).**

Для изучения и понимания материала данной дисциплины обучающийся должен владеть основными представлениями и понятиями из курсов: Кристаллография, Физика твердого тела, Дефекты в твердых телах, Теория дислокаций. Знать основы современных методов исследования структуры, элементного и фазового состава (рентгеноструктурный анализ, растровая и просвечивающая электронная микроскопия), физических и механических свойств.

**5. Общая трудоемкость дисциплины** составляет 4 зачетные единицы, 144 часа, из которых 34 часа составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (20 часов – занятия лекционного типа, 14 часов – практические занятия семинарского типа), 74 часа составляет самостоятельная работа обучающегося, на подготовку к экзамену отводится 36 часов.

### **6. Формат обучения**

Очная

### **7. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы**

<b>Формируемые компетенции (код компетенции, уровень (этап) освоения)</b>	<b>Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)</b>
ОПК-6, I уровень	З(ОПК-6) –I ЗНАТЬ: современные проблемы физики, основные методы и методики научно-исследовательской работы. У(ОПК-6) –I УМЕТЬ: осмысливать информацию и делать обоснованные выводы из новой научной и учебной литературы для использования в научно-исследовательской работе. В(ОПК-6) –I ВЛАДЕТЬ: навыками работы с научной и учебной литературой.

ПК-1, I уровень	<p>З(ПК-1) –I ЗНАТЬ: методы разработки стратегий исследования в выбранной области физики, критерии эффективности, ограничения применимости.</p> <p>У(ПК-1) –I УМЕТЬ: анализировать альтернативные варианты стратегий и целей исследований в выбранной области физики, критерии их эффективности и ограничения применимости</p> <p>В(ПК-1) –I навыками исследований с помощью современной аппаратуры и информационных технологий.</p>
ПК-2, I уровень	<p>З(ПК-2) –I ЗНАТЬ: разделы физики, составляющие фундамент современной науки и техники, необходимые для решения научно-инновационных задач.</p> <p>У(ПК-2) –I УМЕТЬ: анализировать различные способы решения научно-инновационных задач.</p> <p>В(ПК-2) –I ВЛАДЕТЬ: разделами физики, необходимыми для решения научно-инновационных задач.</p>
ПК-3, I уровень	<p>З(ПК-3) –I ЗНАТЬ: методы и методические подходы анализа, синтеза, оптимизации и прогнозирования качества исследования теоретических и экспериментальных моделей объектов профессиональной деятельности в выбранной области физики.</p> <p>У(ПК-3) –I УМЕТЬ: анализировать сильные и слабые стороны принятых решений, прогнозировать качество исследований теоретических и экспериментальных моделей объектов профессиональной деятельности в выбранной области исследования.</p> <p>В (ПК-3) –I ВЛАДЕТЬ: навыками анализа, синтеза, оптимизации и прогнозирования качества исследования теоретических и экспериментальных моделей объектов профессиональной деятельности в выбранной области физики.</p>

## 8. Содержание дисциплины и структура учебных видов деятельности

Таблица 8.1

№	Наименование разделов и тем	Всего (час.)	Контактная работа		Самостоятельная работа (час.)
			Лекции	Практические занятия	
1	Структура границ зерен.	30	6	4	20
2	Классификация и методы получения наноструктурных материалов.	12	2	2	8
3	Микроструктура НС материалов.	28	4	4	20
4	Физико-механические свойства НС материалов.	18	4	2	12
5	Методы получения, микроструктура и свойства металлических стекол.	20	4	2	14

Экзамен	36			36
Итого	144	20	14	110

### Содержание разделов дисциплины

Таблица 8.2

№	Раздел дисциплины	Содержание раздела дисциплины
1	Структура границ зерен.	<p>Границы зерен (ГЗ). Их роль в формировании микроструктуры и свойств кристаллов. Макроскопические и микроскопические параметры ГЗ.</p> <p>Геометрические модели ГЗ. Вспомогательные решетки: решетка совпадающих узлов; нуль решетка, уравнение для ее базисных векторов. Полная решетка наложений. Специальные границы и границы общего типа.</p> <p>Дефектная структура ГЗ. Зернограничные дислокации (ЗГД) и уступы. Дисклинации в ГЗ. Влияние зернограничных дислокаций и частичных дисклинаций на атомную структуру и параметры ГЗ.</p> <p>Модель структурных единиц. Результаты теоретических расчетов атомной структуры и энергии ГЗ. Полиэдры Бернала. Результаты экспериментального исследования структуры и свойств границ зерен специального и общего типа.</p>
2	Классификация и методы получения наноструктурных материалов.	<p>Наноструктурные (НС) материалы. Классификация их основных структурных типов. Методы получения НС материалов: метод Глейтера; методы интенсивной пластической деформации; кристаллизация из расплавов и метастабильных твердых растворов; ионно-лучевые и ионно-плазменные методы формирования тонких пленок; комбинированные методы синтеза НФ материалов.</p>
3	Микроструктура НС материалов.	<p>Соотношение объемов внутрикристаллической и “зернограничной” фаз. Основные методы экспериментального исследования структуры НС материалов. Гипотеза газоподобного состояния. Результаты исследования микроструктуры ГЗ методами высокоразрешающей электронной микроскопии (прямое разрешение решетки). Особенности структуры ГЗ в нанокристаллических (НК) материалах разного класса (металлы, керамика, металлокерамика), полученных методом Глейтера.</p> <p>Особенности структурного состояния кристалла вблизи границ зерен субмикроструктурных (СМК) материалов, полученных методами интенсивной пластической деформации. Неравновесные ГЗ. Их дислокационные и дисклинационные модели. Особенности дефектной микроструктуры объема зерен в НК и СМК структурных состояниях.</p> <p>Особенности фазовых превращений в процессе трансформации кристаллов в НС состояния. Термодинамическая оценка роли поверхностной энергии в изменении диаграммы состояния.</p> <p>Условия формирования, микроструктура и свойства</p>

		фуллерена, нанотрубок, графена и алмазоподобных углеродных покрытий. Микроструктура и методы получения квазикристаллов. Ориентационный дальний порядок (определение) и экспериментальные методы его обнаружения.
4	Физико-механические свойства НС материалов.	Механические свойства НК и СМК материалов: упругие модули; прочность; пластичность; изменение соотношения Холла-Петча. “Высокоскоростная” и “низкотемпературная” сверхпластичность. Современные представления о механизмах деформации в НК и СМК структурных состояниях. Зернограничное проскальзывание и движение зерен. Механизмы этих явлений и их влияние на свойства НК и СМК материалов.
5	Методы получения, микроструктура и свойства металлических стекол.	Методы получения металлических стекол: закалка из расплава; конденсация из газовой фазы и электролитическое осаждение; ионная имплантация и ионное перемешивание; интенсивная пластическая деформация. Структура аморфных материалов. Топологический и композиционный ближний порядок. Экспериментальные методы и результаты исследования микроструктуры аморфного состояния. Структурные модели аморфного состояния: модель Бернала; кластерная модель; субнанокристаллическая модель. Физические свойства аморфных материалов: электросопротивление; магнитные свойства; теплоемкость; температура Кюри и Дебая; диффузионная проницаемость. Механические свойства: упругие модули; прочность; пластичность; механизмы деформации.

#### **9. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине и методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.**

Самостоятельная работа студента включает:

- углубленное теоретическое изучение разделов курса при подготовке к лекционным и практическим занятиям;
- подготовку к обсуждению материала, в том числе самостоятельный поиск необходимых источников информации, включая научно-образовательные ресурсы сети Интернет;
- подготовку к экзамену.

#### **10. Форма промежуточной аттестации и фонд оценочных средств, включающий:**

**Перечень компетенций выпускников образовательной программы, в формировании которых участвует дисциплина**

- Перечень компетенций выпускников образовательной программы, в формировании которых участвует дисциплина, и их карты: см. ФОС к дисциплине.
- Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения, характеризующих этапы формирования компетенций: см. ФОС к дисциплине.
- Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов

обучения: см. ФОС к дисциплине.

- Промежуточная аттестация подразумевает проведение экзамена в устной форме, который предусматривает дифференцированное оценивание ответа. Экзаменационный билет включает 2 вопроса.

## 11. Ресурсное обеспечение

Перечень основной и дополнительной учебной литературы.

### Основная литература

1. Андриевский Р.А. Основы наноструктурного материаловедения. Возможности и проблемы. М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. - 252 с. ISBN 978-5-9963-1445-4. [монография]
2. Рыжонков Д. И. , Лёвина В. В., Дзидзигури Э. Л. Наноматериалы: учебное пособие М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2014. 367 с. ISBN: 978-5-9963-2531-3
3. Кац Е.А. Фуллерены, углеродные нанотрубки и нанокластеры: Родословная форм и идей. № 10. Изд.стереотип. URSS. 2014. 296 с. Мягкая обложка. ISBN 978-5-397-04164-5.
4. Глезер А.М., Пермякова И.Е. Нанокристаллы, закаленные из расплава. 2012. 360 с. Твердый переплет. ISBN 978-5-9221-1373-1.
5. Коч К., Овидько И., Сил С., Вепрек С. Конструкционные НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИЕ материалы. Научные основы и предложения. Пер. с англ. 2012. 448 с. Твердый переплет. ISBN 978-5-9221-1395-3.

### Дополнительная литература

1. Гусев А.И. Наноматериалы, структуры, технологии. – 2-е изд., испр.: ФИЗМАТЛИТ, 2007. – 416 с.
2. Андриевский Р.А, Рагуля А.В. Наноструктурные материалы. М.: Издательский центр "Академия", 2005. – 192 с.
3. Орлов А. Н., Переверзнецов В. Н., Рыбин В. В. Границы зерен в металлах. Изд. "Металлургия". - Москва, 1980. - 156 с. Главы I - III.
4. Синтез и свойства нанокристаллических и субструктурных материалов / Под ред. А.Д. Коротаева. - Томск: Изд-во Том. ун-та, 2007. –368 с.
5. Валиев Р.З., Александров И.В. Объемные наноструктурные металлические материалы пластической деформацией. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2007. – 398 с.
6. Валиев Р. З., Корзников А. В., Мулюков Р. Р. Структура и свойства металлических материалов с субмикроструктурной структурой. // Физика металлов и материаловедение, 1992, Т. 73, №4, с. 373-384.
7. Валиев Р. З., Мусалимов Р. Ш. Электронная микроскопия высокого разрешения нанокристаллических материалов. // Физика металлов и материаловедение, 1994, Т. 78, №6, с. 114-122.
8. Переверзнецов В. Н. Современные представления о природе структурной сверхпластичности. // Сб. научных трудов: Вопросы теории дефектов в кристаллах. Ленинград: Изд. "Наука", 1987, с. 85-100.
9. Лихачев В.А., Шудегов В.Е. Принципы организации аморфных структур. – СПб.: Издательство С.-Петербургского университета, 1999. – 228 с.
10. Глезер А. М., Молотилев Б. В. Структура аморфных сплавов. // Физика металлов и материаловедение. 1990, № 2, с. 5-28.
11. Глезер А. М., Молотилев Б. В., Утевская О. Л. Механические свойства аморфных сплавов. // Металлофизика. 1983, Т. 5, № 1, с. 29-45.

12. Коротаев А. Д., Тюменцев А. Н. Аморфизация металлов методами ионной имплантации и ионного перемешивания. // Изв. вузов. Физика, 1994, № 8, с. 3-31.
13. Бабанов Ю.А., Благинина Л.А., Головщикова И.В. и др. Дефекты в нанокристаллическом палладии // Физика металлов и металловедение. 1997, Т. 83, № 4, с. 167-175.
14. Братковский А. М., Данилов Ю. А., Кузнецов Г. И. Квазикристаллы. // Физика металлов и металловедение. 1989, Т. 68, № 6, с. 1045-1095.
15. Лариков Л. Н. Диффузионные процессы в нанокристаллических материалах. // Металлофизика и новейшие технологии. 1995, Т. 17, № 1, с. 3-29.
16. Клоцман С. М. Диффузия в нанокристаллических материалах. // Физика металлов и металловедение. 1993, Т. 75, № 4, с. 5-18.
17. Аморфные металлические сплавы. Под ред. Ф. Е. Любарского. М.: Металлургия, 1987, 571 с. Главы 1, 2, 4, 5, 11.

### **Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети Интернет:**

1. Издательство «Лань» [Электронный ресурс] : электрон.-библиотечная система. – Электрон. дан. – СПб., 2010- . – URL: <http://e.lanbook.com/>
2. Издательство «Юрайт» [Электронный ресурс] : электрон.-библиотечная система. – Электрон. дан. – М., 2013- . URL: <http://www.biblio-online.ru/>
3. Электронно-библиотечная система Znanium.com [Электронный ресурс] / Научно-издательский центр Инфра-М. – Электрон. дан. – М., 2012- . URL: <http://znanium.com/>
4. Электронно-библиотечная система Консультант студента [Электронный ресурс] / ООО «Политехресурс». - М, 2012- . – URL: <http://www.studentlibrary.ru/>
5. Электронная библиотека (репозиторий) ТГУ [Электронный ресурс] . – Электрон. дан. – Томск, 2011-. URL: <http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Index>
6. Электронный каталог [Электронный ресурс] / НИ ТГУ, Научная библиотека ТГУ. – Электрон. дан. – Томск, 2008-2016. – URL: <http://chamo.lib.tsu.ru/search/query?theme=system>
7. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – М., 2000- . – URL: <http://elibrary.ru/defaultx.asp?>
8. КонсультантПлюс [Электронный ресурс]: справ. правовая система. – Электрон. дан. – М., 1992- . – Доступ из локальной сети Науч. б-ки Том. гос. ун-та.
9. Гарант [Электронный ресурс] : информ.-правовое обеспечение / НПП «Гарант-Сервис». – Электрон. дан. – М., 2016. – Доступ из локальной сети Науч. б-ки Том. гос. ун-та.
10. ScienceDirect [Electronic resource] / Elsevier B.V. – Electronic data. – Amsterdam, Netherlands, 2016. – URL: <http://www.sciencedirect.com/>
11. SpringerLink [Electronic resource] / Springer International Publishing AG, Part of Springer Science+Business Media. – Electronic data. – Cham, Switzerland, [s. n.]. – URL: <http://link.springer.com/>
12. ProQuest Ebook Central [Electronic resource] / ProQuest LLC. – Electronic data. – Ann Arbor, MI, USA, [s. n.]. – URL: <https://ebookcentral.proquest.com/lib/tomskuniv-ebooks/home.action>

### **Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса, включая**

Обучение по дисциплине ведется как с применением традиционных методов, так и с использованием инновационных подходов: активное участие магистрантов в научных семинарах, представление докладов на научные конференции, подготовка научных статей, подготовка презентаций по литературе и по теме диссертации, освоение новых средств автоматизации и компьютеризации выполняемых научных исследований.

Виды самостоятельной работы: в домашних условиях, в читальном зале библиотеки, на компьютерах с доступом к базам данных и ресурсам Интернет, в лабораториях с доступом к лабораторному оборудованию и приборам.

Самостоятельная работа подкрепляется учебно-методическим **программное обеспечение, информационные справочные системы (при необходимости)** и информационным обеспечением, включающим учебники, учебно-методические пособия, конспекты лекций, учебное и научное программное обеспечение, ресурсы Интернет.

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

Все виды материально-информационной базы Научной библиотеки ТГУ. Мультимедийное оборудование физического факультета ТГУ. Сеть Интернет. Программное обеспечение курсов, предшествующих изучению представленной дисциплины.

Аудитории, оснащенные компьютером с проектором, обычной и интерактивной досками – для проведения семинаров, лекционных и практических занятий.

### **12. Язык преподавания**

Русский

### **13. Преподаватель (преподаватели)**

Авторы доцент И.А. Дитенберг, профессор А.Н. Тюменцев

Рецензент профессор А.Д. Коротаев

Программа одобрена на заседании учебно-методической комиссии физического факультета

30.06.2016 года, протокол № 6-16.



МИНОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ФИЗИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

УТВЕРЖДАЮ

Декан физического факультета

\_\_\_\_\_ О.Н. Чайковская

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2016 г.

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ  
ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ  
НАНОФАЗНЫЕ И АМОРФНЫЕ МАТЕРИАЛЫ**

Направление подготовки

**03.04.02 – Физика**

Профиль подготовки

**Физика металлов**

Магистерская программа

**«Фундаментальная и прикладная физика»**

Форма обучения

**Очная**

Томск — 2016

## **1. Перечень компетенций выпускников образовательной программы, в формировании которых участвует дисциплина**

В результате освоения дисциплины «Нанофазные и аморфные материалы» у обучающегося формируются следующие компетенции:

- ОПК-6 (I уровень): Способность использовать знания современных проблем и новейших достижений физики в научно-исследовательской работе.
- ПК-1 (I уровень): Способность свободно ставить конкретные задачи научных исследований в области физики и решать их с помощью современной аппаратуры и информационных технологий с использованием новейшего российского и зарубежного опыта.
- ПК-2 (I уровень): Способность свободно владеть разделами физики, необходимыми для решения научно-инновационных задач и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности.
- ПК-3 (I уровень): Способность принимать участие в разработке новых методов и методических подходов в научно-инновационных исследованиях и инженерно-технической деятельности.

## Карты компетенций

Шифр и название КОМПЕТЕНЦИИ:

**ОПК-6 (I уровень): Способность использовать знания современных проблем и новейших достижений физики в научно-исследовательской работе.**

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОМПЕТЕНЦИИ

Тип КОМПЕТЕНЦИИ:

**Общепрофессиональная** компетенция выпускника программы магистратуры по направлению подготовки 03.04.02 Физика.

Для того чтобы формирование данной компетенции было возможно, обучающийся, приступивший к освоению программы магистратуры, должен:

- **ЗНАТЬ:** специфику научного знания, современные проблемы физики, приемы самообразования.
- **УМЕТЬ:** приобретать систематические знания в выбранной области физики, анализировать возникающие в процессе научного исследования проблемы с точки зрения современных научных парадигм, осмысливать и делать обоснованные выводы из новой научной и учебной литературы.
- **ВЛАДЕТЬ:** навыками научного анализа и методологией научного подхода в научно-исследовательской и практической деятельности.

**ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИИ (ОПК-6-1) И КРИТЕРИИ ИХ ОЦЕНИВАНИЯ**

Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенции)	Критерии оценивания результатов обучения				
	1	2	3	4	5
<p><b>ЗНАТЬ:</b> современные проблемы физики, основные методы и методики научной исследовательской работы.</p> <p>Шифр: З (ОПК-6) -1</p>	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания современных проблем физики, основных методов и методик научной исследовательской работы	Неполные знания современных проблем физики, основных методов и методик научной исследовательской работы	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания современных проблем физики, основных методов и методик научной исследовательской работы	Сформированные и систематические знания современных проблем физики, основных методов и методик научной исследовательской работы
<p><b>УМЕТЬ:</b> осмысливать информацию и делать обоснованные выводы из новой научной и учебной литературы для использования в научной исследовательской работе</p> <p>Шифр: У (ОПК-6) -1</p>	Отсутствие умений	Фрагментарное следование основным принципам выбора методов ведения научной исследовательской работы	В целом успешное, но не систематическое следование основным принципам выбора методов ведения научной исследовательской работы	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение выбирать эффективные методы ведения научной исследовательской работы	Успешное и систематическое следование принципам выбора эффективных методов ведения научной исследовательской работы
<p><b>ВЛАДЕТЬ:</b> навыками работы с научной и учебной литературой</p> <p>Шифр: В (ОПК-6) -1</p>	Не владеет	Фрагментарное владение понятийным аппаратом, не владеет навыками научного анализа при работе с научной и учебной литературой	В целом успешное, но не систематическое применение навыков научного анализа при работе с научной и учебной литературой, нуждается в помощи преподавателя или научного руководителя	Владеет навыками приобретения умений и знаний при работе с научной и учебной литературой	Свободно владеет понятийным аппаратом и навыками научного анализа научной и учебной литературой

Шифр и название КОМПЕТЕНЦИИ:

**ПК-1(I уровень): Способность самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области физики и решать их с помощью современной аппаратуры и информационных технологий с использованием новейшего российского и зарубежного опыта.**

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОМПЕТЕНЦИИ

Тип КОМПЕТЕНЦИИ:

**Профессиональная** компетенция выпускника программы магистратуры по направлению подготовки 03.04.02 Физика.

Для того чтобы формирование данной компетенции было возможно, обучающийся, приступивший к освоению программы

магистратуры, должен:

- ЗНАТЬ: основные стратегии исследований в выбранной области физики.
- УМЕТЬ: выделять и систематизировать основные цели исследований в выбранной области физики.
- ВЛАДЕТЬ: методами разработки стратегий исследований в выбранной области физики навыками исследований с помощью современной аппаратуры и информационных технологий.

**ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИИ (ПК-1) И КРИТЕРИИ ИХ ОЦЕНИВАНИЯ**

<b>Планируемые результаты обучения</b> (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	<b>Критерии оценивания результатов обучения</b>				
	1	2	3	4	5
<b>ЗНАТЬ:</b> методы разработки стратегий исследования в выбранной области физики, критерии эффективности, ограничения применимости  Шифр: З (ПК-1) -1	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания методов разработки стратегий исследования в выбранной области физики, критериев эффективности, ограничений применимости	Общие, но не структурированные знания методов разработки стратегий исследования в выбранной области физики, критериев эффективности, ограничений применимости	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания основных методов разработки стратегий исследования в выбранной области физики, критериев эффективности, ограничений применимости	Сформированные систематические знания методов разработки стратегий исследования в выбранной области физики, критериев эффективности, ограничений применимости
<b>УМЕТЬ:</b> анализировать альтернативные варианты стратегий и целей исследований в выбранной области физики, критерии их эффективности и ограничения применимости  Шифр: У (ПК-1)	Отсутствие умений	Частично освоенное умение анализировать альтернативные варианты стратегий и целей исследований в выбранной области физики, критерии их эффективности и ограничения применимости	В целом успешно, но не систематически осуществляемые анализ альтернативных вариантов стратегий и целей исследований в выбранной области физики, критериев их эффективности и ограничения применимости	В целом успешный, но содержащий отдельные пробелы анализ альтернативных вариантов стратегий и целей исследований в выбранной области физики, критериев их эффективности и ограничения применимости	Сформированное умение анализировать альтернативные варианты стратегий и целей исследований в выбранной области физики, критерии их эффективности и ограничения применимости

<p>ВЛАДЕТЬ:  навыками  исследований с  помощью современной  аппаратуры и  информационных  технологий</p> <p>Шифр: В (ПК-1) -1</p>	<p>Отсутствие  навыков</p>	<p>Фрагментарное  применение навыков  исследований с помощью  современной аппаратуры  и информационных  технологий</p>	<p>В целом успешное, но  не систематическое  применение навыков  исследований с помощью  современной аппаратуры  и информационных  технологий</p>	<p>В целом успешное, но  содержащее отдельные  пробелы применение  навыков исследований с  помощью современной  аппаратуры и  информационных  технологий</p>	<p>Успешное и  систематическое  применение навыков  исследований с  помощью современной  аппаратуры и  информационных  технологий</p>
---	--------------------------------	--	---	--	---



Шифр и название КОМПЕТЕНЦИИ:

**ПК-2 (I уровень): Способность свободно владеть разделами физики, необходимыми для решения научно-инновационных задач и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности.**

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОМПЕТЕНЦИИ

Тип КОМПЕТЕНЦИИ:

**Профессиональная** компетенция выпускника программы магистратуры по направлению подготовки 03.04.02 Физика.

Для того чтобы формирование данной компетенции было возможно, обучающийся, приступивший к освоению программы магистратуры должен:

- **ЗНАТЬ:** разделы физики, составляющими фундамент современной науки и техники, необходимые для решения научно-инновационных задач.
- **УМЕТЬ:** анализировать различные способы решения научно-инновационных задач.
- **ВЛАДЕТЬ:** разделами физики, необходимыми для решения научно-инновационных задач.

**ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИИ (ПК-2-1) И КРИТЕРИИ ИХ ОЦЕНИВАНИЯ**

<b>Планируемые результаты обучения</b> (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	<b>Критерии оценивания результатов обучения</b>				
	1	2	3	4	5
<b>ЗНАТЬ:</b> разделы физики, составляющие фундамент современной науки и техники, необходимые для решения научно-инновационных задач  Шифр 3 (ПК-2)-1	Отсутствие знаний	Фрагментарные представления о разделах физики, составляющих фундамент современной науки и техники	Неполные представления о разделах физики, составляющих фундамент современной науки и техники.	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы представления о разделах физики, составляющих фундамент современной науки и техники	Сформированные систематические представления о разделах физики, составляющими фундамент современной науки и техники
<b>УМЕТЬ:</b> анализировать различные способы решения научно-инновационных задач  Шифр: У (ПК-2)-1	Отсутствие умений	Фрагментарное умение анализировать различные способы решения научно-инновационных задач	В целом успешное, но не систематическое умение анализировать различные способы решения научно-инновационных задач	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение анализировать различные способы решения научно-инновационных задач	Сформированное умение анализировать различные способы решения научно-инновационных задач
<b>ВЛАДЕТЬ:</b> разделами физики, необходимыми для решения научно-инновационных задач  Шифр: В (ПК-2) -1	Отсутствия навыков	Фрагментарное владение разделами физики, необходимыми для решения научно-инновационных задач	В целом успешное, но не систематическое владение разделами физики, необходимыми для решения научно-инновационных задач	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы владение разделами физики, необходимыми для решения научно-инновационных задач	Успешное и систематическое использование разделов физики, необходимых для решения научно-инновационных задач

Шифр и название КОМПЕТЕНЦИИ:

**ПК-3 (I уровень): Способность принимать участие в разработке новых методов и методических подходов в научно-инновационных исследованиях и инженерно-технической деятельности.**

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОМПЕТЕНЦИИ

Тип КОМПЕТЕНЦИИ:

**Профессиональная** компетенция выпускника программы магистратуры по направлению подготовки 03.04.02 Физика.

Для того чтобы формирование данной компетенции было возможно, обучающийся, приступивший к освоению программы магистратуры, должен:

- **ЗНАТЬ:** методы и методические подходы анализа, синтеза, оптимизации и прогнозирования качества исследования теоретических и экспериментальных моделей объектов профессиональной деятельности в выбранной области физики.
- **УМЕТЬ:** анализировать альтернативные методы и методические подходы анализа, синтеза, оптимизации и прогнозирования качества исследования теоретических и экспериментальных моделей объектов профессиональной деятельности в выбранной области физики и оценивать потенциальные выигрыши/проигрыши реализации этих вариантов.
- **ВЛАДЕТЬ:** навыками анализа, синтеза, оптимизации и прогнозирования качества исследования теоретических и экспериментальных моделей объектов профессиональной деятельности в выбранной области физики.

**ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИИ (ПК-3-1) И КРИТЕРИИ ИХ ОЦЕНИВАНИЯ**

Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения				
	1	2	3	4	5
<p><b>ЗНАТЬ:</b> методы и методические подходы анализа, синтеза, оптимизации и прогнозирования качества исследования теоретических и экспериментальных моделей объектов профессиональной деятельности в выбранной области физики</p> <p align="center">Шифр: 3 (ПК-3) -1</p>	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания методов и методических подходов анализа, синтеза, оптимизации и прогнозирования качества исследования теоретических и экспериментальных моделей объектов профессиональной деятельности в выбранной области физики	Недостаточные знания методов и методических подходов анализа, синтеза, оптимизации и прогнозирования качества исследования теоретических и экспериментальных моделей объектов профессиональной деятельности в выбранной области физики	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания методов и методических подходов анализа, синтеза, оптимизации и прогнозирования качества исследования теоретических и экспериментальных моделей объектов профессиональной деятельности в выбранной области физики	Сформированные и систематические знания особенностей методов и методических подходов анализа, синтеза, оптимизации и прогнозирования качества исследования теоретических и экспериментальных моделей объектов профессиональной деятельности в выбранной области физики
<p><b>УМЕТЬ:</b> анализировать сильные и слабые стороны принятых решений, прогнозировать качество исследований теоретических и экспериментальных моделей объектов профессиональной деятельности в выбранной</p>	Отсутствие умений	Фрагментарное умение анализировать альтернативные методы и методические подходы анализа, синтеза, оптимизации и прогнозирования качества исследования	В целом успешное, но не систематическое умение анализировать альтернативные методы и методические подходы анализа, синтеза,	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение анализировать альтернативные методы и методические подходы анализа, синтеза, оптимизации и	Успешное и систематическое умение анализировать альтернативные методы и методические подходы анализа, синтеза, оптимизации и прогнозирования качества исследования теоретических и экспериментальных

<p>области исследования</p> <p>Шифр: У (ПК-3) -1</p>		<p>теоретических и экспериментальных моделей объектов профессиональной деятельности в выбранной области физики</p>	<p>оптимизации и прогнозирования качества исследования теоретических и экспериментальных моделей объектов профессиональной деятельности в выбранной области физики</p>	<p>прогнозирования качества исследования теоретических и экспериментальных моделей объектов профессиональной деятельности в выбранной области физики</p>	<p>моделей объектов профессиональной деятельности в выбранной области физики</p>
<p><b>ВЛАДЕТЬ:</b> навыками анализа, синтеза, оптимизации и прогнозирования качества исследования теоретических и экспериментальных моделей объектов профессиональной деятельности в выбранной области физики</p> <p>Шифр: В (ПК-3) -1</p>	<p>Отсутствие навыков</p>	<p>Фрагментарное применение навыков анализа, синтеза, оптимизации и прогнозирования качества исследования теоретических и экспериментальных моделей объектов профессиональной деятельности в выбранной области физики</p>	<p>В целом успешное, но не систематическое применение навыков анализа, синтеза, оптимизации и прогнозирования качества исследования теоретических и экспериментальных моделей объектов профессиональной деятельности в выбранной области физики</p>	<p>В целом успешное, но сопровождающееся отдельными ошибками применение навыков анализа, синтеза, оптимизации и прогнозирования качества исследования теоретических и экспериментальных моделей объектов профессиональной деятельности в выбранной области физики</p>	<p>Успешное и систематическое применение навыков анализа, синтеза, оптимизации и прогнозирования качества исследования теоретических и экспериментальных моделей объектов профессиональной деятельности в выбранной области физики</p>

## 2. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов обучения

В курсе «Нанофазные и аморфные материалы» используется балльно-рейтинговая система оценки знаний. Максимальная сумма баллов по дисциплине составляет 100 баллов и формируется следующим образом: 35 баллов по результатам текущей аттестации и 65 баллов по результатам промежуточной аттестации (экзамен). Итоговая оценка по дисциплине складывается из суммы баллов, полученной по итогам текущего контроля и промежуточной аттестации (устного экзамена).

Текущая аттестация включает:

- активность студента на семинарах: 7 семинаров по (0-5 баллов) за каждый, итого 0-35 баллов;

Промежуточная аттестация проводится в форме устного экзамена, который предусматривает дифференцированное оценивание ответа (0-65 баллов). Каждый экзаменационный билет состоит из двух теоретических вопросов, относящихся к различным разделам дисциплины. К экзамену допускаются только студенты, успешно прошедшие текущую аттестацию.

### Критерии формирования оценки на промежуточной аттестации (экзамен)

Количество баллов	Результат, продемонстрированный студентом на экзамене
50-65	Выставляется студенту, твердо знающему материал, грамотно и по существу излагающему его, умеющему применять полученные знания на практике, способному самостоятельно принимать и обосновывать решения, оценивать их эффективность.
35-49	Выставляется студенту, твердо знающему материал, грамотно и по существу излагающему его, умеющему применять полученные знания на практике, но допускающему незначительные неточности в ответе
16-34	Выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, недостаточно точно формулирующему базовые понятия.
0-15	Выставляется студенту, который не знает большей части основного содержания дисциплины, допускает грубые ошибки в формулировках основных понятий дисциплины

Соответствие рейтинговой оценки по стобалльной шкале пятибалльной шкале:

- 0-50 балла – «неудовлетворительно»;
- 51-70 баллов – «удовлетворительно»;
- 71-80 баллов – «хорошо»;
- 81-100 баллов – «отлично».

### Распределение текущего контроля по семестру

Семестр	Форма контроля	Срок отчетности	Максимальное количество баллов
1	Семинар	3 неделя, 5 неделя, 7 неделя, 9 неделя, 11 неделя, 13 неделя, 15 неделя	35
	Экзамен		65
	Суммарный рейтинг за семестр		100

### Темы практических занятий семинарского типа

Практическое занятие № 1. «Структура границ зерен, геометрические и атомные модели».

Практическое занятие № 2. «Квазикристаллы: методы получения, микроструктура и свойства»

Практическое занятие № 3. «Наноструктурные материалы: методы получения».

Практическое занятие № 4. «Наноструктурные материалы: микроструктура и свойства».

Практическое занятие № 5. «Микроструктура и свойства аморфных материалов».

Практическое занятие № 6. «Фазовые превращения в углероде. Алмазоподобные покрытия, фуллерены, нанотрубки, графен – методы получения, микроструктура и свойства»

Практическое занятие № 7. «Методы получения, микроструктура и свойства нанокompозитных сверхтвердых и ультратвердых покрытий»

### Перечень вопросов, выносимых на экзамен

1. Границы зерен (ГЗ) и их роль в формировании микроструктуры и свойств кристаллов. Макроскопические и микроскопические параметры ГЗ.
2. Геометрические модели границ зерен. Вспомогательные решетки: Решетка совпадающих узлов. Специальные границы и границы общего типа (определение).
3. Принципы моделирования атомной структуры границ зерен (ГЗ). Полная решетка наложений. Специальные границы и границы общего типа (определение).
4. Зернограничные дислокации (ЗГД) и уступы. Собственные и внесенные зернограничные дислокации. Моделирование границ общего типа с использованием этих дефектов.
5. Структура границ зерен (ГЗ) общего типа. Модель структурных единиц. Результаты теоретических расчетов атомной структуры ГЗ.
6. Геометрические модели границ зерен. Нуль решетка, уравнение для ее базисных векторов. Специальные границы и границы общего типа (определение).
7. Понятие неравновесных границ зерен. Дислокационные и дисклинационные модели их дефектной микроструктуры.
8. Определение границ зерен (ГЗ) специального и общего типа. Диполи частичных дисклинаций в ГЗ. Дисклинационная модель ГЗ общего типа.

9. Особенности дефектной микроструктуры объема субмикро- и нанокристаллов. Структурные состояния с высокой кривизной кристаллической решетки в субмикрокристаллических состояниях. Критические размеры бездислокационных нанокристаллов.
10. Классификация (по Глейтеру) основных структурных типов нанофазных материалов. Нанокристаллические, и субмикрокристаллические материалы. Основные структурные факторы, определяющие их особые свойства.
11. Структурная сверхпластичность. Феноменология. Механизмы деформации. “Высокоскоростная” и “низкотемпературная” сверхпластичность.
12. Механические свойства наноструктурных металлических материалов: упругие модули; прочность; пластичность; изменение соотношения Холла-Петча.
13. Фазовые превращения в наноструктурных состояниях. Роль поверхностной энергии в процессе таких превращений при уменьшении размеров наночастиц (термодинамический подход).
14. Микроструктура СМК металлических материалов, полученных методами интенсивной пластической деформации. Дислокационная и дисклинационная структура в объеме и на границах зерен. Структура приграничных зон.
15. Квазикристаллы. Структура, понятие ориентационного дальнего порядка, условия образования, методы получения.
16. Методы получения нанокристаллических и субмикрокристаллических материалов: метод Глейтера, интенсивная пластическая деформация; кристаллизация металлических стекол и др.
17. Фазовые превращения в ультрадисперсных средах. Фуллерены, алмазоподобные покрытия (условия их образования методами cluster beam deposition – молекулярных пучков).
18. Методы получения и структурные модели металлических стекол. Модель Бернала, Дисклинационная модель. Кластерные модели.