

МИНОБРНАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ФИЗИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

УТВЕРЖДАЮ

Декан физического факультета

\_\_\_\_\_ О.Н. Чайковская

" \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 2016 г.

**Рабочая программа дисциплины**

**НЕРАВНОВЕСНАЯ ТЕРМОДИНАМИКА**

Направление подготовки

**03.04.02 – Физика**

Магистерская программа

**«Фундаментальная и прикладная физика»**

Квалификация (степень) выпускника

**Магистр**

Форма обучения

**Очная**

Томск–2016

### 1. Код и наименование дисциплины

Код дисциплины В.6.13 «Неравновесная термодинамика»

Специализация «Физика конденсированного состояния вещества».

### 2. Место дисциплины в структуре ООП магистратуры

Дисциплина «Неравновесная термодинамика» 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: Классической термодинамики, Классической механики, Основ классической теории поля, Элементов тензорного исчисления, Дифференциальных уравнений, Термодинамики фазовых равновесий, Кинетики фазовых превращений.

5. **Общая трудоемкость дисциплины** составляет 3 зачетные единицы, 108 часов, из которых 34 часа составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (20 часов – занятия лекционного типа, 14 часов – практические занятия семинарского типа), 38 часов 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<br/>(код компетенции,<br/>уровень (этап)<br/>освоения)</b> | <b>Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)</b>  |
|---|--|
| ОПК-6, I уровень  | З(ОПК-6) –I<br>ЗНАТЬ: современные проблемы физики, основные методы и методики научно-исследовательской работы.<br>У(ОПК-6) –I<br>УМЕТЬ: осмысливать информацию и делать обоснованные выводы из новой научной и учебной литературы для использования в научно-исследовательской работе.<br>В(ОПК-6) –I<br>ВЛАДЕТЬ: навыками работы с научной и учебной литературой. |

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

## 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 | Основные понятия теории поля | 19           | 5                 | 4                    | 10                            |
| 2 | Уравнения баланса            | 10           | 2                 | 2                    | 6                             |
| 3 | Термодинамика континуума     | 19           | 5                 | 4                    | 10                            |
| 4 | Вариационные принципы        | 24           | 8                 | 4                    | 12                            |
|   | Экзамен                      | 36           |                   |                      |                               |
|   | Итого                        | 108          | 20                | 14                   | 38                            |

## Содержание разделов дисциплины

Таблица 8.2

| № | Раздел дисциплины            | Содержание раздела дисциплины   |
|---|------------------------------|---|
| 1 | Основные понятия теории поля | Деформация. Непрерывность. Движение. Материальное и пространственное описание. Уравнение непрерывности материи и массы. Материальная и пространственная форма уравнения непрерывности. Многокомпонентный континуум.   |
| 2 | Уравнения баланса            | Общее уравнение баланса. Локальные уравнения баланса. Субстанциональные уравнения баланса. Уравнение баланса массы. Уравнение баланса заряда. Уравнение движения континуума. Уравнение баланса импульса. Механическое равновесие. Уравнение баланса момента количества движения. Уравнение баланса кинетической энергии. Уравнение баланса потенциальной энергии. Уравнение баланса механической энергии.   |
| 3 | Термодинамика континуума     | Локальные формы первого и второго закона термодинамики. Условия локального равновесия. Обобщенное соотношение Гиббса. Сохранение энергии и уравнение баланса внутренней энергии. Уравнение баланса энтропии и производства энтропии. Линейные кинематические конститутивные уравнения. Принцип Кюри. Соотношение взаимности Онсагера-Казимира.  |
| 4 | Вариационные принципы        | <p>Принцип минимального рассеяния энергии.</p> <p>Неравновесные потенциальные функции. Локальные формы принципа. Представления через потоки. Представление через силы. Универсальная локальная форма принципа. Гауссова форма локального принципа. Применение локального принципа для проблем принуждения. Частные формы принципа.</p> <p>Принцип минимального производства энтропии.</p> <p>Стационарные состояния не непрерывных систем. Формулировка принципа для непрерывных систем. Связь между принципами Онсагера и Пригожина. Стационарные состояния термодиффузионных реагирующих систем.</p> <p>Интегральный принцип термодинамики</p> <p>Вывод уравнения Фурье. Энергетическое представление. Энтропийное представление. Обобщенное «Г»-представление. Формулировка интегрального принципа. Вывод уравнения Фика для изотермической диффузии. Вывод общего уравнения движения гидродинамики. Вывод уравнений переноса в общем виде. Соотношение между интегральным принципом и принципом Гамильтона в механике. Термодинамика в каноническом виде.</p> |

## **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. Панин В.Е. Физическая мезомеханика материалов. – Томск: Издательский дом ТГУ, 2015. – Т 1. – 460 с.
2. Панин В.Е. Физическая мезомеханика материалов. – Томск: Издательский дом ТГУ, 2015. – Т2. – 462 с.
3. Бахарева И.Ф. Нелинейная неравновесная термодинамика. – М.: Книга по требованию, 2012.
4. Базаров И.П. Заблуждения и ошибки в термодинамике. – М.: Едиториал УРСС, 2015.

### **Дополнительная литература**

1. Климонтович Ю.Л. Критерий относительной упорядоченности открытых систем. Успехи физических наук, 1996, том 166, N11, с.1145-1170. Дмитренко А.В., Попов В.Г. Введение в феноменологическую неравновесную термодинамику. – М.: МАТИ, 2007. – 180 с.
2. Егорушкин В.Е. Физика неравновесных явлений. – Томск: Изд-во НТЛ, 2010. – 208 с.
3. Дьярмати И. Неравновесная термодинамика Теория поля и вариационные принципы. – М.: Мир, 1974.334С.
4. Де Гроот С., Мазур П. Неравновесная термодинамика. -М.: Мир, 1964.
5. Гленсдорф П., Пригожин И. Термодинамическая теория структуры устойчивости и флуктуаций. - М.: Мир, 1973.
6. Хакен Г. Синергетика. - М.: Мир, 1980.

7. Эбелинг В. Образование структур при необратимых процессах. - М.: Мир, 1979.
8. Лоскутов А.Ю., Михайлов А.С. Введение в синергетику. - М.: Наука, 1990.
9. Берже П., Помо И., Видаль. Порядок в хаосе. - М.: Мир, 1991.
10. Николис Дж. Динамика иерархических систем. - М.: Мир, 1989.
11. Пригожин И., Стенгерс И. Порядок из хаоса.- М.: Мир, 1986.
12. Кадомцев Б.Б. Динамика и информация. Успехи физических наук, 1994, том 164, № 5, с. 449-530.

### **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>
13. [https://www.youtube.com/playlist?list=PLgEpoT7yA19VZFY1jhpv\\_64K15VxbrXkp](https://www.youtube.com/playlist?list=PLgEpoT7yA19VZFY1jhpv_64K15VxbrXkp) – курс видеолекций ФИАН по курсу «Неравновесные системы»
14. [http://www.vixri.com/d/Orlov%20V.A.%20%20\\_Ravnovesnaja%20i%20neravnovesnaja%20termodinamika.pdf](http://www.vixri.com/d/Orlov%20V.A.%20%20_Ravnovesnaja%20i%20neravnovesnaja%20termodinamika.pdf) – равновесная и неравновесная термодинамика (учебное пособие)
15. <https://www.youtube.com/watch?v=tfxVCJ5JTUQ> – видеолекция С.К. Годунова «Термодинамика и уравнения математической физики»
16. <https://www.youtube.com/watch?v=zcRxVmYeiRE> – видеолекция "Явления переноса в термодинамически неравновесных системах"
17. <http://www.pereplet.ru/obrazovanie/stsoros/779.html> - обзорная статья Соросовского образовательного журнала, часть 2 «Неравновесная термодинамика»
18. <http://www.imp.uran.ru/sites/default/files/mono/files/bikkinlyapilin.pdf> - неравновесная термодинамика и физическая кинетика (учебное пособие)

19. <http://www.myshared.ru/slide/729130/> - презентация «Доклассическая термодинамика, классическая термодинамика, современная термодинамика»
20. [http://sharifulin.pstu.ru/27\\_yaf.pdf](http://sharifulin.pstu.ru/27_yaf.pdf) - лекция «Основы термодинамики неравновесных процессов»
21. [https://fen.nsu.ru/posob/phys\\_ch/neravnoves.pdf](https://fen.nsu.ru/posob/phys_ch/neravnoves.pdf) - лекции по термодинамике неравновесных процессов для химиков (учебное пособие)

**Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса, включая программное обеспечение, информационные справочные системы (при необходимости)**

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 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 В.М. Кузнецов, доцент М.Ф. Жоровков

Рецензент доцент И.Ю. Литовченко

Программа одобрена на заседании учебно-методической комиссии физического факультета  
Томского государственного университета

30.06.2016 года, протокол № 6-16.

МИНОБРНАУКИ 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**

**НЕРАВНОВЕСНАЯ ТЕРМОДИНАМИКА**

Направление подготовки

**03.03.02 – Физика**

Магистерская программа

**«Фундаментальная и прикладная физика»**

Квалификация выпускника

**Магистр**

Форма обучения

**Очная**

## **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<br>(показатели достижения заданного уровня освоения компетенции)   | Критерии оценивания результатов обучения |   |  |  |  |
|--|--|---|--|--|--|
|  | 1  | 2   | 3  | 4  | 5  |
| <p><b>ЗНАТЬ:</b><br/>современные проблемы физики, основные методы и методики научно-исследовательской работы.</p> <p>Шифр: З (ОПК-6) -1</p>  | Отсутствие знаний                        | Фрагментарные знания современных проблем физики, основных методов и методик научно-исследовательской работы | Неполные знания современных проблем физики, основных методов и методик научно-исследовательской работы                       | Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания современных проблемы физики, основных методов и методик научно-исследовательской работы | Сформированные и систематические знания современных проблем физики, основных методов и методик научно-исследовательской работы |
| <p><b>УМЕТЬ:</b><br/>осмысливать информацию и делать обоснованные выводы из новой научной и учебной литературы для использования в научно-исследовательской работе</p> <p>Шифр: У (ОПК-6) -1</p> | Отсутствие умений                        | Фрагментарное следование основным принципам выбора методов ведения научно-исследовательской работы          | В целом успешное, но не систематическое следование основным принципам выбора методов ведения научно-исследовательской работы | В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение выбирать эффективные методы ведения научно-исследовательской работы                   | Успешное и систематическое следование принципам выбора эффективных методов ведения научно-исследовательской работы             |

|  |                   |   |   |   |  |
|--|-------------------|---|---|---|--|
| <p>ВЛАДЕТЬ:<br/> навыками работы с научной и учебной литературой</p> <p>Шифр: В (ОПК-6) -1</p> | <p>Не владеет</p> | <p>Фрагментарное владение понятийным аппаратом, не владеет навыками научного анализа при работе с научной и учебной литературой</p> | <p>В целом успешное, но не систематическое применение навыков научного анализа при работе с научной и учебной литературой, нуждается в помощи преподавателя или научного руководителя</p> | <p>Владеет навыками приобретения умений и знаний при работе с научной и учебной литературой</p> | <p>Свободно владеет понятийным аппаратом и навыками научного анализа научной и учебной литературой</p> |
|--|-------------------|---|---|---|--|

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><br>(показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)  | <b>Критерии оценивания результатов обучения</b> |   |   |  |   |
|--|---|---|---|--|---|
|  | 1   | 2   | 3   | 4  | 5   |
| <b>ЗНАТЬ:</b><br>методы разработки стратегий исследования в выбранной области физики, критерии эффективности, ограничения применимости<br><br>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><br>анализировать альтернативные варианты стратегий и целей исследований в выбранной области физики, критерии их эффективности и ограничения применимости<br><br>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:<br/> 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**

| Планируемые результаты обучения<br>(показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)   | Критерии оценивания результатов обучения |   |  |   |   |
|--|--|---|--|---|---|
|  | 1  | 2   | 3  | 4   | 5   |
| <p><b>ЗНАТЬ:</b><br/>разделы физики, составляющие фундамент современной науки и техники, необходимые для решения научно-инновационных задач</p> <p>Шифр З (ПК-2)-1</p> | 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 |
| <p><b>УМЕТЬ:</b><br/>анализировать различные способы решения научно-инновационных задач</p> <p>Шифр: У (ПК-2)-1</p>  | Отсутствие умений                        | Фрагментарно 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                            |
| <p><b>ВЛАДЕТЬ:</b><br/>разделами физики, необходимыми для решения научно-инновационных задач</p> <p>Шифр: В (ПК-2) -1</p>  | Отсутствие навыков                       | Фрагментарно 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<br>(показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)   | Критерии оценивания результатов обучения |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|--|
|  | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  |
| <p><b>ЗНАТЬ:</b><br/>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><br/>анализировать сильные и слабые стороны принятых решений, прогнозировать качество исследований теоретических и экспериментальных моделей объектов профессиональной деятельности в выбранной области исследования</p>   | Отсутствие умений                        | Фрагментарное умение анализировать альтернативные методы и методические подходы анализа, синтеза, оптимизации и прогнозирования качества исследования теоретических и экспериментальных  | В целом успешное, но не систематическое умение анализировать альтернативные методы и методические подходы анализа, синтеза, оптимизации и прогнозирования  | В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение анализировать альтернативные методы и методические подходы анализа, синтеза, оптимизации и прогнозирования качества исследования  | Успешное и систематическое умение анализировать альтернативные методы и методические подходы анализа, синтеза, оптимизации и прогнозирования качества исследования теоретических и экспериментальных моделей объектов профессиональной                                 |

|  |                    |  |  |  |   |
|--|--------------------|--|--|--|---|
| Шифр: У (ПК-3) -1  |                    | моделей объектов профессиональной деятельности в выбранной области физики  | качества исследования теоретических и экспериментальных моделей объектов профессиональной деятельности в выбранной области физики  | теоретических и экспериментальных моделей объектов профессиональной деятельности в выбранной области физики  | деятельности в выбранной области физики   |
| <p>ВЛАДЕТЬ:</p> <p>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> | Отсутствие навыков | Фрагментарное применение навыков анализа, синтеза, оптимизации и прогнозирования качества исследования теоретических и экспериментальных моделей объектов профессиональной деятельности в выбранной области физики | 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 | 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 | Успешное и систематическое применение навыков анализа, синтеза, оптимизации и прогнозирования качества исследования теоретических и экспериментальных моделей объектов профессиональной деятельности в выбранной области физики |

## 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 некритичные 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 сто балльной 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,<br>5 неделя,<br>7 неделя,<br>9 неделя,<br>11 неделя,<br>13 неделя,<br>15 неделя, | 35                             |
|         | Экзамен                      |  | 65                             |
|         | Суммарный рейтинг за семестр |  | 100                            |

### Темы практических занятий семинарского типа

Практическое занятие № 1. «Уравнение непрерывности материи и массы».

Практическое занятие № 2. «Многокомпонентный континуум».

Практическое занятие № 3. «Уравнения баланса».

Практическое занятие № 4. «Условия локального равновесия. Обобщенное соотношение Гиббса».

Практическое занятие № 5. «Уравнение баланса энтропии и производства энтропии».

Практическое занятие № 6. «Неравновесные потенциальные функции».

Практическое занятие № 7. «Интегральный принцип термодинамики».

### Перечень вопросов, выносимых на экзамен

1. Основные понятия теории поля (деформация, аксиомой перманентности, движение).
2. Материальное и пространственное описание.
3. Общие уравнения баланса (интегральные и дифференциальные формы).
4. Уравнение баланса массы (в многокомпонентных системах).
5. Уравнения движения. Уравнения баланса импульса.
6. Механическое равновесие.
7. Уравнение баланса момента количества движения.
8. Условие церпенлкулярного (локального) равновесия.
9. Уравнение баланса внутренней энергии.
10. Уравнение баланса энтропии и производство энтропии.
11. Энергетическое и энтропийное представление.
12. Линейные кинематические конститутивные уравнения.
13. Соотношение Онсагера–Каземира.
14. Принцип наименьшего рассеяния энергии. Неравновесные потенциальные функции.
15. Локальные формы принципа рассеяния энергии.
16. Применение локального принципа для проблем принуждения.
17. Интегральные формы принципа наименьшего рассеяния энергии.
18. Принцип минимального производства энтропии.
19. Качественный анализ типов решений дифференциальных уравнений синергетики.
20. Автоколебательные процессы и диссипативные структуры. Критерий относительной упорядоченности диссипативных структур.
21. Мартенситный переход как волна переключения.
22. Принцип избыточного производства энтропии.