

**ГОУ ВПО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ**

Кафедра Теоретической физики и нанотехнологий

**УТВЕРЖДАЮ:**

проректор по научно-методической  
и учебной работе

\_\_\_\_\_ Е. В. Скафа  
«01» июля 2020



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**РАЗМЕРНЫЕ ЭФФЕКТЫ В НАНОМАТЕРИАЛАХ**

|                            |   |
|----------------------------|---|
| Направление подготовки:    | 28.04.03 Наноматериалы                              |
| Магистерская программа:    | Наноматериалы и нанотехнологии                      |
| Образовательная программа: | академическая магистратура                          |
| Квалификация:              | магистр   |
| Форма обучения:            | <u>очная</u> , <u>очно-заочная</u> , <u>заочная</u> |

Донецк 2020



**УТВЕРЖДАЮ:**

И.о. декана физико-технического  
факультета

С.А.Фоменко

«24» июня 2020 г.

МП

Программа составлена с учетом Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – магистратура направления подготовки 28.04.03 Наноматериалы, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 22 сентября 2017 г. № 966; на основании Государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования Донецкой Народной Республики (ГОС ВПО ДНР) направления подготовки 28.04.03 Наноматериалы (квалификация: «магистр»), утвержденного приказом Министерства образования и науки ДНР от 28 мая 2020 г. № 85-нп; Порядка организации учебного процесса в образовательных организациях высшего профессионального образования Донецкой Народной Республики, утвержденного приказом Министерства образования и науки ДНР № 1171 от «10» ноября 2017 г.; учебного плана и основной образовательной программы Наноматериалы и нанотехнологии направления подготовки 28.04.03 Наноматериалы, разработанных в ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет».

Разработчик:

Профессор, доктор физ-мат наук,  
профессор кафедры теоретической  
физики и нанотехнологий

Юрченко В.М.

Программа учебной дисциплины утверждена на заседании кафедры теоретической физики и нанотехнологий

Протокол № 19 от «11» июня 2020 г.

Зав. кафедры теоретической физики и нанотехнологий

Варюхин В.Н.

Программа учебной дисциплины одобрена учебно-методической комиссией физико-технического факультета

Протокол № 6 от «23» июня 2020 г.

Председатель учебно-методической  
комиссии факультета

Котенко В.Н.

## 1. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ И МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ:

Дисциплина «Размерные эффекты в наноматериалах» относится к обязательной части Блока 1 «Дисциплины (модули)» по направлению подготовки 28.04.03 Наноматериалы (магистерская программа: наноматериалы и нанотехнологии).

Дисциплина реализуется на физико-техническом факультете кафедрой теоретической физики и нанотехнологий.

Для изучения данной учебной дисциплины необходимы знания, умения и навыки, сформированные в процессе изучения предметов «Моделирование микро- и нано структур», «Физика гетероэпитаксиальных наноструктур», «Материалы и методы нанотехнологий» на предыдущем уровне образования.

Состоит из модуля: «Размерные эффекты в наноматериалах».

Полученные знания используются студентами во время выполнения научно-исследовательской работы при написании магистерской диссертации.

## 2. СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

| <i>Характеристика учебной дисциплины</i>                              |                                |                        |
|---|--------------------------------|------------------------|
| Направление подготовки  | 28.04.03 Наноматериалы         |                        |
| Магистерская программа  | Наноматериалы и нанотехнологии |                        |
| Образовательная программа   | академическая магистратура     |                        |
| Квалификация  | магистр                        |                        |
| Количество содержательных модулей                                     | 1                              |                        |
| Дисциплина обязательной / вариативной части образовательной программы | Дисциплина обязательной части  |                        |
| Формы контроля (МК, экзамен, зачет)                                   | Экзамен, модульный контроль    |                        |
| Показатели  | очная форма обучения           | заочная форма обучения |
| Количество зачетных единиц (кредитов)                                 | 5                              | 5                      |
| Год подготовки  | 1                              | 1                      |
| Семестр   | 2                              |                        |
| Количество часов  | 180                            | 180                    |
| - лекционных  | 16                             | 2                      |
| - практических, семинарских   | 32                             | 4                      |
| - лабораторных  |                                |                        |
| - самостоятельной работы  | 132                            | 174                    |
| в т.ч. индивидуальное задание   |                                |                        |
| Недельное количество часов,   | 3                              | 6                      |
| в т.ч. аудиторных   | 3                              | 6                      |

## 3. ОПИСАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Цели и задачи.

**Цель** – заключается в получении углубленных знаний в области физических основ формирования структуры и «особых» свойств наноразмерных и наноструктурированных материалов: формировании у будущих специалистов умений для использования этих эффектов для создания новых функциональных материалов и технологий их изготовления.

**Задача:** предполагает получение углубленных знаний в области физических и физико-химических основ формирования структуры и свойств наноразмерных систем; систематизацию способов и приемов получения наноструктурированных материалов, обзор их функциональных свойств, подходов и примеров разработок новых функциональных материалов, основанных на специфике свойств нанообъектов и

наноструктурированных систем; предоставление сведений об основных перспективных технологиях.

**Требования к результатам освоения дисциплины:** Процесс изучения дисциплины «Размерные эффекты в наноматериалах» направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО РФ по направлению подготовки 28.04.03 Наноматериалы и основной образовательной программы высшего профессионального образования направления подготовки 28.04.03 Наноматериалы (магистерская программа: наноматериалы и нанотехнологии):

**а) универсальных (УК):**

Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий (УК-1);

Способен организовывать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной цели (УК-3);

Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном(ых) языке(ах), для академического и профессионального взаимодействия(УК-4);

Способен анализировать и учитывать разнообразие культур в процессе межкультурного взаимодействия (УК-5);

Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки (УК-6).

**б) общепрофессиональных (ОПК):**

Способен ставить и решать инженерные и научно-технические задачи в области получения и исследования наноматериалов и новых междисциплинарных направлений с использованием естественнонаучных и математических моделей (ОПК-1);

Способен управлять жизненным циклом создания инженерных продуктов в области нанотехнологий и наноматериалов с учетом экономических, экологических, социальных и других ограничений (ОПК-3);

Способен выполнять исследования при решении инженерных и научно-технических задач, включая планирование и постановку сложного эксперимента, критическую оценку и интерпретацию результатов (ОПК-4);

Способен использовать инструментарий формализации инженерных, научно-технических задач, прикладное программное обеспечение для моделирования и проектирования объектов, систем и процессов (ОПК-5);

Способен разрабатывать и актуализировать научно-техническую документацию в области получения наноматериалов (ОПК-7).

**в) профессиональных (ПК):**

**научно-исследовательская деятельность:**

Способен формулировать задачи, связанные с реализацией профессиональных функций (ПК-1);

Способен самостоятельно проводить научно-исследовательские работы по созданию, исследованию и применению наносистем и наноматериалов(ПК-2);

Способен к анализу и обобщению результатов научно-исследовательских работ, поиску и анализу научной и технической информации в области нанотехнологий и смежных дисциплин для научной, патентной и маркетинговой поддержки проводимых исследований, к самостоятельной подготовке публикаций в отечественных и зарубежных изданиях (ПК-3);

Способен к академической мобильности, активному партнерскому участию в работе зарубежных научно-исследовательских лабораторий во время научных

стажировок, а также путем презентации стендовых и устных докладов на научных конференциях (ПК-4);

Способен представлять исторические этапы развития нанотехнологий, важнейшие открытия отечественных ученых, наиболее актуальные проблемы, связанные с созданием и применением наносистем и наноматериалов в Российской Федерации и в мире (ПК-5);

***производственно-технологическая деятельность:***

Способен к профессиональной эксплуатации современного оборудования и приборов (в соответствии с целями магистерской программы) (ПК-6);

Способен к составлению методических документов (в том числе лабораторного журнала) при проведении научно-исследовательских и лабораторных работ (ПК-7);

Способен участвовать в оптимизации существующих методик создания и применения наносистем и наноматериалов для успешной конкуренции на рынке идей и технологий (ПК-8);

***организационно-управленческая деятельность:***

Готов к осуществлению организационных мероприятий по реализации запланированных научно-исследовательских работ, способен контролировать соблюдение техники безопасности и регламента выполнения работ (ПК-9);

Способен провести экспертизу научно-исследовательских работ в области нанотехнологий (ПК-10);

Способен руководить курсовыми и другими квалификационными работами обучающихся (бакалавров) и стажеров (ПК-11);

Готов к кооперации с коллегами и работе в коллективе, к организации работы малых коллективов исполнителей (ПК-12);

***проектная деятельность:***

Способен участвовать в разработке бизнес-планов и оценивать экономическую эффективность и возможность коммерциализации наукоемкой продукции – наносистем, наноматериалов и изделий на их основе (ПК-13);

Способен участвовать в подготовке и реализации научных проектов республиканского уровня, а также международных грантов (ПК-14).

**В результате изучения дисциплины студент должен**

**Знать:**

- физические основы формирования материалов с нетрадиционными структурами: фрактальных агрегатов; фуллеренов и фуллерита; кластеров и кластерных систем; наноразмерных частиц, аморфных и нанокристаллических материалов;
- механизм формирования дефектов в нанокристаллических материалах;
- причины, вызывающие формирование зернограницной сегрегации.
- технологические основы формирования нанокристаллических материалов;
- физические основы перспективных нанотехнологий;
- методы анализа и исследования наноструктур;

**Уметь:**

- выбирать методы контроля структуры и дефектности наноматериалов;
- выбирать технологии получения наночастиц, пленок, массивных наноматериалов соответственно поставленной задачи;
- выбирать условия силового нанотестирования для заданных образцов;
- определять тип зернограницных сегрегаций.

- подбирать необходимую для проектирования материалов с заданными свойствами справочную литературу:
- обоснованно выбирать наноматериалы и рационально их использовать.

**Владеть:** основами анализа свойств наноматериалов и методами их получения

#### 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ И ФОРМЫ ОРГАНИЗАЦИИ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА

| Порядковый номер и тема  | Краткое содержание темы  |
|--|--|
| <i><b>Содержательный модуль «Размерные эффекты в наноматериалах»</b></i> |  |
| <b>Тема 1.</b> Особенности структуры наноматериалов.                     | Классификация веществ по агрегатным состояниям и размерным характеристикам. Терминологические подходы к описанию понятия «наноматериал». Критический размер существования нанокристаллического материала. Доля границ раздела в общем объеме наноматериала. Возникновение новых качеств при уменьшении объема вещества                                   |
| <b>Тема 2.</b> Типы наноразмерных систем.                                | Наноизделия. Микроизделия. Массивные наноматериалы: однофазные и многофазные. Композиты с компонентами из наноматериалов.  |
| <b>Тема 3.</b> Наноматериалы и их свойства.                              | Особенности свойств наноматериалов.  |
| <b>Тема 4.</b> Нанотехнологии.   | Фуллерены, фуллериты, нанотрубки. Основные области применения наноматериалов и нанотехнологий: конструкционные материалы, инструментальные материалы, производственные технологии, триботехника, военное дело, ядерная энергетика, электромагнитная и электронная техника, защита поверхности материалов, медицина и биотехника                          |
| <b>Тема 5.</b> Проблемы наноматериаловедения.                            | Слипание наночастиц при формировании изделий из нанопорошков. Нестабильность структуры наноматериалов. Коррозия наноструктурных конструкционных материалов.  |
| <b>Тема 6.</b> Аморфные металлические сплавы (Часть 1).                  | Структура и свойства жидких металлов и сплавов. Методы получения металлических сплавов в аморфном состоянии. Методы исследования структуры металлических стекол.   |
| <b>Тема 7.</b> Аморфные металлические сплавы.(Часть 2)                   | Рентгенографические методы анализа аморфных и нанокомпозитных структур. Применение метода малоуглового рассеяния рентгеновских лучей для анализа структуры аморфных сплавов и нанофазных композитов. Электронно микроскопические методы исследования структуры сплавов с аморфной и аморфно-кристаллической структурой.                                  |
| <b>Тема 8.</b> Аморфные металлические сплавы.(Часть 3)                   | Эффективные коэффициенты диффузии, контролирующие кристаллизацию стекол. Механические свойства металлических стекол. Механизмы диффузии в неупорядоченных структурах. Механизмы и кинетика процессов структурной релаксации в металлических стеклах. Влияние релаксационных процессов на структуру и свойства аморфных сплавов. Стеклообразный переход в |

|  |  |  |
|--|--|--|
|  |  | расплавах и стеклах.   |
| <b>Тема 9.</b><br>Механизмы и кинетика кристаллизации аморфных сплавов.                      |  | Механизмы и кинетика кристаллизации аморфных сплавов.<br>Механизмы зарождения кристаллов в расплавах и стеклах.<br>Механизмы процессов роста кристаллов в аморфных сплавах.<br>Методы исследования кристаллизации аморфных фаз.  |
| <b>Тема 10.</b><br>Термодинамика процессов зарождения и роста кристаллов в аморфной матрице. |  | Термодинамические и кинетические параметры, контролирующие зарождение и рост кристаллов в аморфных сплавах. Закономерности формирования нанокристаллических фаз в аморфных сплавах. Магнитные и механические свойства сплавов с нанокомпозитной структурой. Эвтектическая кристаллизация расплавов и стекол. Механизмы стационарного и нестационарного процесса роста. |

### Тематический план

| Содержательные модули : 1-« <i>Размерные эффекты в наноматериалах</i> » |                      |        |              |              |                        |                       |                        |        |              |              |                        |                       |
|---|----------------------|--------|--------------|--------------|------------------------|-----------------------|------------------------|--------|--------------|--------------|------------------------|-----------------------|
| Названия содержательных модулей и тем                                   | Количество часов     |        |              |              |                        |                       |                        |        |              |              |                        |                       |
|   | Очная форма обучения |        |              |              |                        |                       | Заочная форма обучения |        |              |              |                        |                       |
|   | всего                | в т.ч. |              |              |                        |                       | всего                  | в т.ч. |              |              |                        |                       |
|   |                      | лекции | практические | лабораторные | самостоятельная работа | индивидуальная работа |                        | лекции | практические | лабораторные | самостоятельная работа | индивидуальная работа |
| Тема 1. Особенности структуры наноматериалов.                           | 18                   | 2      | 3            |              | 13                     |                       | 18                     | 0,2    | 0,4          |              | 17,4                   |                       |
| Тема 2. Типы наноразмерных систем.                                      | 20                   | 2      | 4            |              | 14                     |                       | 18                     | 0,2    | 0,4          |              | 17,4                   |                       |
| Тема 3. Наноматериалы и их свойства.                                    | 18                   | 2      | 3            |              | 13                     |                       | 18                     | 0,2    | 0,4          |              | 17,4                   |                       |
| Тема 4. Нанотехнологии.   | 20                   | 2      | 4            |              | 14                     |                       | 18                     | 0,2    | 0,4          |              | 17,4                   |                       |
| Тема 5. Проблемы наноматериаловедения.                                  | 18                   | 2      | 3            |              | 13                     |                       | 18                     | 0,2    | 0,4          |              | 17,4                   |                       |
| Тема 6. Аморфные металлические сплавы (Часть 1).                        | 19                   | 1      | 4            |              | 14                     |                       | 18                     | 0,2    | 0,4          |              | 17,4                   |                       |
| Тема 7. Аморфные металлические сплавы.(Часть 2)                         | 17                   | 1      | 3            |              | 13                     |                       | 18                     | 0,2    | 0,4          |              | 17,4                   |                       |
| Тема 8. Аморфные металлические сплавы.(Часть 3)                         | 19                   | 1      | 4            |              | 14                     |                       | 18                     | 0,2    | 0,4          |              | 17,4                   |                       |
| Тема 9. Механизмы и кинетика кристаллизации                             | 14                   | 2      | 2            |              | 12                     |                       | 18                     | 0,2    | 0,4          |              | 17,4                   |                       |

|   |            |           |           |  |            |  |            |          |          |  |            |  |
|---|------------|-----------|-----------|--|------------|--|------------|----------|----------|--|------------|--|
| аморфных сплавов.   |            |           |           |  |            |  |            |          |          |  |            |  |
| <b>Тема 10.</b> Термодинамика процессов зарождения и роста кристаллов в аморфной матрице. | 15         | 1         | 2         |  | 12         |  | 18         | 0,2      | 0,4      |  | 17,4       |  |
| <b>Итого по содержательному модулю</b>  | <b>180</b> | <b>16</b> | <b>32</b> |  | <b>132</b> |  | <b>180</b> | <b>2</b> | <b>4</b> |  | <b>174</b> |  |
| <b>Всего часов по модулю</b>  | <b>180</b> | <b>16</b> | <b>32</b> |  | <b>132</b> |  | <b>180</b> | <b>2</b> | <b>4</b> |  | <b>174</b> |  |

## 5.МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ЛЕКЦИОННЫХ, ПРАКТИЧЕСКИХ И ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ.

### Темы лекционных занятий

| <b>№<br/>п/п</b> | <b>Название темы</b>  | <b>Количество часов</b> |
|------------------|---|-------------------------|
| 1                | Особенности структуры наноматериалов.                                     | 2                       |
| 2                | Типы наноразмерных систем.  | 2                       |
| 3                | Наноматериалы и их свойства.  | 2                       |
| 4                | Нанотехнологии.   | 2                       |
| 5                | Проблемы наноматериаловедения.  | 2                       |
| 6                | Аморфные металлические сплавы .   | 3                       |
| 7                | Механизмы и кинетика кристаллизации аморфных сплавов.                     | 2                       |
| 8                | Термодинамика процессов зарождения и роста кристаллов в аморфной матрице. | 1                       |
|                  | <b>ВСЕГО</b>  | <b>16</b>               |

### Темы практических занятий

| <b>№<br/>п/п</b> | <b>Название темы</b>   | <b>Количество часов</b> |
|------------------|--|-------------------------|
| 1                | Кристаллические структуры и типы кристаллов. Решетки Браве: коэффициент упаковки, индексы Миллера и элементы симметрии.                              | 2                       |
| 2                | Излучения трех типов и закон Брэгга. Метод Лауэ. Метод вращения кристалла. Метод порошка   | 2                       |
| 3                | Обратная решетка. Зоны Бриллюэна. Структурный фактор базиса и атомный фактор или форм – фактор.  | 2                       |
| 4                | Температурная зависимость линий отражения - фактор Дебая – Уоллера.  | 2                       |
| 5                | Кристаллы инертных газов. Силы Ван – дер – Вальса – Лондона. Равновесные постоянные решетки. Энергия связи. Сжимаемость и объемный модуль упругости. | 2                       |



|    |   |           |
|----|---|-----------|
| 6  | Ионные кристаллы. Энергия Маделунга или электростатическая энергия. Постоянная Маделунга. Объемный модуль упругости   | 2         |
| 7  | Ковалентные кристаллы. Гомополярная связь. Роль спина и принцип Паули. Роль взаимной ориентации спинов в формировании кулоновской энергии - обменная энергия. | 2         |
| 8  | Кристаллы с водородными связями. Основные понятия молекулярной генетики: тимин, аденин, цитазин, гуанин.  | 2         |
| 9  | Металлическая связь. Модель Друде. Функция распределения ферми частиц. Ферми- и Бозе- частицы. Электростатическая энергия Эвальда                             | 2         |
| 10 | Кинетическое уравнение в металлах   | 2         |
| 11 | Проводимость и теплопроводность   | 2         |
| 12 | Эффект Холла и квантовый эффект Холла.  | 2         |
| 13 | Термоэлектрические явления и принцип Онзагера   | 2         |
| 14 | Спиновый парамагнетизм. Квантование уровней свободного электрона в магнитном поле. Диамагнетизм Ландау.   | 3         |
| 15 | Нормальный и аномальный скин – эффекты.   | 3         |
|    | <b>ВСЕГО</b>  | <b>32</b> |

#### 6. Методические рекомендации по организации самостоятельной работы студентов.

### ОРГАНИЗАЦИЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

| <b>№<br/>п/п</b> | <b>Название темы</b>   | <b>Количество<br/>часов</b> |
|------------------|--|-----------------------------|
| 1                | Терминологические подходы к описанию понятия «наноматериал».   | 12                          |
| 2                | Критический размер существования нанокристаллического материала.   | 12                          |
| 3                | Доля границ раздела в общем объеме наноматериала.  | 12                          |
| 4                | Возникновение новых качеств при уменьшении объема вещества.  | 12                          |
| 5                | Упругие деформации в наносистемах: - постоянные упругой податливости и упругой жесткости   | 12                          |
| 6                | Плотность упругой энергии.<br>Объемный модуль упругости и сжимаемость  | 12                          |
| 7                | Уравнения колебаний в наноматериалах. Групповая и фазовая скорости распространения фононов в упругих средах. Акустические и оптические колебания фононов | 12                          |
| 8                | Точечные или нуль – мерные дефекты. Вакансии и их комплексы, атомы замещения и атомы внедрения. Сегрегация и уравнения Фика. Явление диффузии            | 12                          |
| 9                | Дислокации и краудины как примеры одномерных дефектов. Краевые и винтовые дислокации. Вектор Бюргерса.   | 12                          |
| 10               | Границы раздела в нанокристаллах: межфазные и межкристаллитные (или межзеренные) границы – двумерные или поверхностные дефекты                           | 12                          |

|    |   |            |
|----|---|------------|
| 11 | Поры и трещины. Модели Ирвина, Орована и Гриффитса.<br>Представление Баренблатта. | 12         |
|    | <b>ВСЕГО</b>  | <b>132</b> |

## 7. ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ.

**Темы для выполнения индивидуальной работы (темы рефератов, семинаров)**

1. Терминологические подходы к описанию понятия «наноматериал».
2. Критический размер существования нанокристаллического материала.
3. Доля границ раздела в общем объеме наноматериала.
4. Возникновение новых качеств при уменьшении объема вещества
5. Наноизделия. Микроизделия.
6. Массивные наноматериалы: однофазные и многофазные.
7. Композиты с компонентами из наноматериалов.
8. Особенности свойств наноматериалов .

## 8. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

1. Классификация веществ по агрегатным состояниям и размерным характеристикам.
2. Терминологические подходы к описанию понятия «наноматериал».
3. Критический размер существования нанокристаллического материала.
4. Доля границ раздела в общем объеме наноматериала.
5. Возникновение новых качеств при уменьшении объема вещества.
6. Наноизделия.
7. Микроизделия.
8. Массивные наноматериалы: однофазные и многофазные.
9. Композиты с компонентами из наноматериалов.
10. Особенности свойств наноматериалов.
11. Фуллерены, фуллериты, нанотрубки.
12. Основные области применения наноматериалов и нанотехнологий.
13. Слипание наночастиц при формировании изделий из нанопорошков.
14. Нестабильность структуры наноматериалов.
15. Коррозия наноструктурных конструкционных материалов.
16. Структура и свойства жидких металлов и сплавов.
17. Рентгенографические методы анализа аморфных и нанокомпозитных структур.
18. Механизмы диффузии в неупорядоченных структурах.
19. Механизмы и кинетика кристаллизации аморфных сплавов.
20. Термодинамика процессов зарождения и роста кристаллов в аморфной матрице.

## 9. ОБРАЗЕЦ МОДУЛЬНОГО КОНТРОЛЯ

*(образец варианта и критерии оценивания)*

**ГОУ ВПО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Физико-технический факультет

*Направление подготовки:*

**28.04.03 Наноматериалы**

*Магистерская программа:*

**наноматериалы и нанотехнологии**

*Программа подготовки:*

**магистратура**

*Семестр*

**2**

*Учебная дисциплина*

**РАЗМЕРНЫЕ ЭФФЕКТЫ В НАНОМАТЕРИАЛАХ**

## МОДУЛЬНАЯ КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА ВАРИАНТ №1

1. Наноизделия.
2. Особенности свойств наноматериалов.
3. Фуллерены, фуллериты, нанотрубки

Утверждено на заседании кафедрой теоретической физики и нанотехнологий,  
протокол № \_\_\_\_ от “\_\_” \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_

Преподаватель \_\_\_\_\_

### Критерии оценивания модульного контроля

| <i>Номер задания</i> | <i>Количество баллов</i> |
|----------------------|--------------------------|
| Задание 1            | 10                       |
| Задание 2            | 10                       |
| Задание 3            | 10                       |
|                      |                          |
| <b><i>Всего</i></b>  | <b><i>30</i></b>         |

## 10. ОБРАЗЕЦ ЭКЗАМЕНАЦИОННОГО БИЛЕТА

(теоретические вопросы к экзамену, образец билета и критерий оценивания)

### *Теоретические вопросы к экзамену*

1. Классификация веществ и материалов по размерам систем.
2. Двумерные и трехмерные решетки Браве.
3. Элементы симметрии в наносистемах и кристаллах.
4. Критический размер существования нанокристаллического материала.
5. Доля границ раздела в общем объеме наноматериала.
6. Методы получения металлических сплавов в аморфном состоянии.
7. Методы исследования структуры металлических стекол.
8. Структура и свойства жидких металлов и сплавов.
9. Методы получения металлических сплавов в аморфном состоянии. Методы исследования структуры металлических стекол.
10. Методы получения металлических сплавов в аморфном состоянии. Методы исследования структуры металлических стекол.
11. Механизмы диффузии в неупорядоченных структурах.
12. Влияние релаксационных процессов на структуру и свойства аморфных сплавов.
13. Механизмы зарождения кристаллов в расплавах и стеклах.
14. Эвтектическая кристаллизация расплавов и стекол.
15. Механизмы стационарного и нестационарного процесса роста.
16. Групповая и фазовая скорости распространения фононов в упругих средах.
17. Типы связей в наноматериалах.
18. Ионные и молекулярные системы.
19. Ковалентные и водородные кристаллы.
20. Металлическая связь.
21. Нормальный и аномальный скин – эффекты.

# ГОУ ВПО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Физико-технический факультет

Направление подготовки: **23.04.03 Наноматериалы**  
 Магистерская программа: **наноматериалы и нанотехнологии**  
 Программа подготовки: **магистратура**  
 Семестр: **2**  
 Учебная дисциплина: **РАЗМЕРНЫЕ ЭФФЕКТЫ В НАНОМАТЕРИАЛАХ**

## БИЛЕТ №1

1. Механизмы диффузии в неупорядоченных структурах.
2. Элементы симметрии в наносистемах и кристаллах.
3. Металлическая связь.

Утверждено на заседании кафедрой теоретической физики и нанотехнологий,  
 протокол № \_\_\_\_ от “\_\_” \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_

Экзаменатор \_\_\_\_\_

### Критерии оценивания экзамена

| Номер задания | Количество баллов |
|---------------|-------------------|
| Задание 1     | 15                |
| Задание 2     | 15                |
| Задание 3     | 20                |
| <b>Всего</b>  | <b>50 баллов</b>  |

## 12. КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ

По курсу «Размерные эффекты в наноматериалах» предполагается проведение промежуточной аттестации в виде модульного контроля, выполнение индивидуальной работы и экзамена. Экзамен сдают студенты с целью повышения рейтинга.

### Распределение баллов, которые могут получить студенты в процессе изучения дисциплины

| Организационно<br>учебная работа<br>студента | СРС                      |                       |                                     | Всего      |
|--|--------------------------|-----------------------|-------------------------------------|------------|
|  | Индивидуальная<br>работа | Модульный<br>контроль | Индивидуальная<br>творческая работа |            |
| Мах 10 баллов                                | мак 5 баллов             | мак 30<br>баллов      | мак 5 баллов                        | 100 баллов |

### Шкала соответствия баллов национальной шкале

| Оценка<br>по шкале<br>ECTS | Оценка по<br>100-балльной<br>шкале | Оценка по государственной шкале<br>(экзамен, дифференцированный зачет) | Оценка по<br>государственной<br>шкале (зачет) |
|----------------------------|------------------------------------|--|---|
| <b>A</b>                   | 90-100                             | 5 (отлично)  | зачтено                                       |
| <b>B</b>                   | 80-89                              | 4 (хорошо)   | зачтено                                       |
| <b>C</b>                   | 75-79                              | 4 (хорошо)   | зачтено                                       |

|           |       |   |            |
|-----------|-------|---|------------|
| <b>D</b>  | 70-74 | 3 (удовлетворительно)   | зачтено    |
| <b>E</b>  | 60-69 | 3 (удовлетворительно)   | зачтено    |
| <b>FX</b> | 35-59 | 2 (неудовлетворительно)<br>с возможностью повторной сдачи   | не зачтено |
| <b>F</b>  | 0-34  | 2 (неудовлетворительно)<br>с возможностью повторной сдачи при условии<br>обязательного набора дополнительных баллов | не зачтено |

### 13. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА.

Лекционные и практические занятия по учебной дисциплине «Размерные эффекты в наноматериалах» проводятся в учебной лаборатории №015 «Микро и нано структуры». Оборудована комплектом учебной мебели на 12 посадочных мест, комплект рабочего места преподавателя, фломастерная доска, масс-спектрометр (МИ 1201АТ-01), микроскоп электронный растровый РЭМ-106 И, установка для изучения оптических свойств тонких пленок (п/п диэлектриков), 1 компьютер для снятия и обработки данных с лицензионным программным обеспечением, доступом к сети Интернет.

Самостоятельная работа студентов проходит в читальном зале № 3 авторефератов и диссертаций, укомплектован комплект учебной мебели на 50 посадочных мест, оснащен компьютером в комплекте (2 шт.), расположен по адресу г. Донецк, пр. Театральный, 13, каб. 106.

Индивидуальные и групповые консультации студентам для проведения самостоятельной работы предоставляются в кабинете кафедры теоретической физики и нанотехнологий, укомплектованном комплектом мебели на 12 посадочных мест, оснащенном компьютером в комплекте (1 шт.), принтером, сканером, расположенном по адресу г. Донецк, пр. Театральный 13, ауд. 256.

### 14. РЕКОМЕНДОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

| № п/п                      | Наименование  | Кол-во экземпляров в библиотеке ДонНУ | Наличие электронной версии в ЭБС |
|----------------------------|---|---------------------------------------|----------------------------------|
| <i>Основная литература</i> |   |                                       |                                  |
| 1.                         | Юрченко В.М. Размерные эффекты в нанокристаллических материалах [Электронный ресурс]: для студентов, аспирантов, специализирующихся по направлению подготовки 030402 «физика» и специалистов в области физики конденсированных сред, теоретической физики и нанотехнологий. / Н. П. Иваницын, С. В. Терехов, В. М. Юрченко ; ГОУ ВПО "Донецкий национальный университет", Физико-технический факультет, Кафедра теоретической физики и нанотехнологий. - Донецк : ДонНУ, 2019. - Электронные текстовые данные (1 файл). |                                       | +                                |
| 2.                         | Милославский А.Г. Конспект лекций по курсу «Основы процессов микро- и нанотехнологий». – Донецк: ДонНУ, 2018. – 246 с.  | 2                                     |                                  |
| 3.                         | Терехов С. В. Физика нанообъектов: [учебное пособие] / С. В. Терехов, В. Н. Варюхин; ГОУ ВПО «ДонНУ» - Донецк: ДонНУ, 2013. – 418 с.  | 3                                     | +                                |

|                                  |   |   |  |
|----------------------------------|---|---|--|
| 4.                               | Гусев А. И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии / А. И. Гусев. – Изд. 2-е. – Москва: Физматлит, 2009. – 414 с.   | 6 |  |
| 5.                               | Нанотехнологии и специальные материалы : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению подготовки 140140 - Техн. физика / Ю. П. Солнцев, Е. И. Пряхин, С. А. Воложанина, А. П. Петкова ; под ред. Ю. П. Солнцева. - Санкт-Петербург : Химиздат, 2009. - 334, [1] с. | 2 |  |
| <b>Дополнительная литература</b> |   |   |  |
| 6.                               | Новиков, И. И. Дефекты кристаллической решетки металлов / И. И. Новиков. - Москва : Metallurgia, 1968. - 188 с.   | 2 |  |
| 7.                               | Головин, Ю. И. Введение в нанотехнику / Ю. И. Головин. - М. : Машиностроение, 2007. - 493 с.  | 2 |  |
| 8.                               | Получение и исследование наноструктур : лабораторный практикум по нанотехнологиям / [А. А. Евдокимов и др.] ; под ред. А. С. Сигова. - Москва : БИНОМ. Лаб. знаний, 2010. - 146 с.  | 3 |  |
| 9.                               | Суздалев, И. П. Нанотехнология : физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов / И. П. Суздалев. - 2-е изд. - Москва : URSS : Либроком, 2009. - 589 с.  | 1 |  |

### 15. ИНФОРМАЦИОННЫЕ РЕСУРСЫ

(с указанием названия и полного электронного адреса)

1. Научная электронная библиотека [www.elibrary.ru](http://www.elibrary.ru).
2. Сайт компании РОСНАНО <http://www.rusnano.com/>
3. Образовательные ресурсы «Единое окно» <http://window.edu.ru/window/library>
4. Книго-поиск. <http://www.knigo-poisk.ru>

### 16. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ (при наличии)

1. Windows 7 PRO (корпоративная лицензия ДОННУ № 46484614);
2. Microsoft Office (корпоративная лицензия ДОННУ лицензия № 46472919);
3. Microsoft Visual Studio (лицензия программы DreamSpark для высших учебных заведений);
4. Лицензии GPL, Apache, BSD для свободного программного обеспечения: FreeLab, Scilab, Free Pascal, Антивирус Касперского, Adobe Acrobat Reader, xPDF

Рабочая программа рассмотрена и переутверждена на заседании кафедры теоретической физики и нанотехнологий с изменениями (без изменений) на 201\_\_ год.

Протокол № \_\_ от “\_\_” \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_

Рабочая программа рассмотрена и переутверждена на заседании кафедры теоретической физики и нанотехнологий с изменениями (без изменений) на 201\_\_ год.

Протокол № \_\_ от “\_\_” \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_