

**ГОУ ВПО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ**

Кафедра Теоретической физики и нанотехнологий

**УТВЕРЖДАЮ:**

проректор по научно-методической  
и учебной работе

«01» июля 2020 г. Р.И. Скафа



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**  
**ПРОЦЕССЫ ПОЛУЧЕНИЯ НАНОЧАСТИЦ И НАНОМАТЕРИАЛОВ**

Направление подготовки:	28.04.03 Наноматериалы
Магистерская программа:	Наноматериалы и нанотехнологии
Образовательная программа:	академическая магистратура
Квалификация:	магистр
Форма обучения:	<u>очная</u> , очно-заочная, <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 «Процессы получения наночастиц и наноматериалов» относится к вариативной 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 наноструктур», «Физика гетероэпитаксиальных наноструктур», «Материалы и методы нанотехнологий» на предыдущем уровне образования.

Состоит из модуля: «Процессы получения наночастиц и наноматериалов».

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 вариативной части	
Формы контроля (МК, экзамен, зачет)	Экзамен, модульный контроль	
Показатели	очная форма обучения	заочная форма обучения
Количество зачетных единиц (кредитов)	6	6
Год подготовки	1	1
Семестр	2	
Количество часов	216	216
- лекционных	16	2
- практических, семинарских	32	6
- лабораторных		
- самостоятельной работы	168	208
в т.ч. индивидуальное задание		
Недельное количество часов,	3	8
в т.ч. аудиторных	3	8

## 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 «Процессы получения наночастиц и наноматериалов» 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
<b><i>Содержательный модуль «Процессы получения наночастиц и наноматериалов»</i></b>	
<b>Тема 1.</b> Введение. Нанотехнологии методы получения наноматериалов и изделий с наноструктурой.	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> Базовые понятия основ физики твердого тела.	Кристаллические структуры. Трехмерные и двумерные решетки Браве – примитивная и элементарная ячейки. Дальний и ближний порядок. Ячейки Вороного. Элементы теории симметрии. Типы связей в материалах: молекулярная и ионная связи; спин как основа ковалентной связи; кристаллы с водородной связью; металлическая связь и модель Друде.
<b>Тема 3.</b> Типы наноразмерных систем.	Наноизделия. Микроизделия. Массивные наноматериалы: однофазные и многофазные. Композиты с компонентами из наноматериалов.
<b>Тема 4.</b> Закономерности зарождения и роста нанобъектов.	Гомогенное зародышеобразование. Гетерогенное возникновение источника новой фазы. Скорость нормального роста кристалла. Рост ступенек на поверхности зародыша. Причины различий размеров нанобъектов. Кривые свободной энергии для различных фазовых состояний. Критический размер зародыша в соответствии термодинамической моделью Толпыго К.Б.
<b>Тема 5.</b> Теоретические модели зародышеобразования и кристаллизации.	Модель Колмогорова - Джонсона – Мэла – Аврами. Представление Аррениуса. Термодинамика «размытых» фазовых переходов. Модель идеальных структур. «Фаза пустоты» и «размытый» фазовый переход.
<b>Тема 6.</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 7.</b> Химический синтез нанопорошков и	Золь - гель метод. Гидро- и сольвотермальный синтез. Хемосорбционное наращивание слоев. Метод молекулярного наслаивания. Ионное наслаивание или «слой за слоем». Осаждение

наноструктур.	наночастиц из газовой среды. Плазмохимический метод получения нанообъектов.
<b>Тема 8.</b> Формирование гетероструктур.	Эпитаксиальная самосборка гетероструктур. Граничная поверхность. Поверхностные силы. Адсорбция. Периодический потенциал кристаллов. Электронно – дырочный газ и эффекты Холла. Формирование поверхностных периодических структур.
<b>Тема 9.</b> Методы анализа нанокомпозитных структур.	Рентгенографические методы анализа аморфных и нанокомпозитных структур. Применение метода малоуглового рассеяния рентгеновских лучей для анализа структуры аморфных сплавов и нанофазных композитов. Электронномикроскопические методы исследования структуры сплавов с аморфной и аморфно-кристаллической структурой.
<b>Тема 10.</b> Аморфные метал- лические сплавы.	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 11.</b> Механизмы и кинетика кристаллизации аморфных сплавов.	Механизмы и кинетика кристаллизации аморфных сплавов. Механизмы зарождения кристаллов в расплавах и стеклах. Механизмы процессов роста кристаллов в аморфных сплавах. Методы исследования кристаллизации аморфных фаз.
<b>Тема 12.</b> 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

Содержательный модуль : « Процессы получения наночастиц и наноматериалов»											
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
<b>Тема 1.</b> Введение. Нанотехнологии методы получения наноматериалов и изделий с наноструктурой.	20	2	4		14		17,6	0,1	0.5		17

<b>Тема 2.</b> Базовые понятия основ физики твердого тела.	20	2	4		14		17,6	0,1	0.5		17	
<b>Тема 3.</b> Типы наноразмерных систем.	20	2	4		14		17,6	0,1	0.5		17	
<b>Тема 4.</b> Закономерности зарождения и роста нанобъектов.	17	1	2		14		17,6	0,1	0.5		17	
<b>Тема 5.</b> Теоретические модели зародышеобразования и кристаллизации.	17	1	2		14		17,6	0,1	0.5		17	
<b>Тема 6.</b> Нанотехнологии.	17	1	2		14		17,6	0,1	0.5		17	
<b>Тема 7.</b> Химический синтез нанопорошков и наноструктур.	17	1	2		14		17,6	0,1	0.5		17	
<b>Тема 8.</b> Формирование гетероструктур.	17	1	2		14		17,6	0,1	0.5		17	
<b>Тема 9.</b> Методы анализа нанокompозитных структур.	20	2	4		14		17,6	0,1	0.5		17	
<b>Тема 10.</b> Аморфные металлические сплавы.	17	1	2		14		17,6	0,1	0.5		17	
<b>Тема 11.</b> Механизмы и кинетика кристаллизации аморфных сплавов.	17	1	2		14		17,6	0,1	0.5		17	
<b>Тема 12.</b> Термодинамика процессов зарождения и роста кристаллов в аморфной матрице.	17	1	2		14		22,4	0,9	0,5		21	
<b>Итого по содержательному модулю</b>	<b>216</b>	<b>16</b>	<b>32</b>		<b>168</b>		<b>216</b>	<b>2</b>	<b>6</b>		<b>208</b>	
<b>Всего часов по модулю</b>	<b>216</b>	<b>16</b>	<b>32</b>		<b>168</b>		<b>216</b>	<b>2</b>	<b>6</b>		<b>208</b>	

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

### Темы лекционных занятий

<b>№ п/п</b>	<b>Название темы</b>	<b>Количество часов</b>
1	Введение. Нанотехнологии методы получения наноматериалов и изделий с наноструктурой.	2
2	Базовые понятия основ физики твердого тела.	2
3	Типы наноразмерных систем.	2
4	Закономерности зарождения и роста нанобъектов.	1
5	Теоретические модели зародышеобразования и кристаллизации.	1

6	Нанотехнологии.	1
7	Химический синтез нанопорошков и наноструктур.	1
8	Формирование гетероструктур.	1
9	Методы анализа нанокompозитных структур.	2
10	Аморфные металлические сплавы.	1
11	Механизмы и кинетика кристаллизации аморфных сплавов.	1
12	Термодинамика процессов зарождения и роста кристаллов в аморфной матрице.	1
	<b>ВСЕГО</b>	<b>16</b>

### ТЕМЫ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

<b>№ п/п</b>	<b>Название темы</b>	<b>Количество часов</b>
1	Уравнения Ланжевена и нанотрибология. Stick – slip процессы.	2
2	Карбин, графен и графан, графит	2
3	Кристаллические структуры и типы кристаллов. Решетки Браве: коэффициент упаковки, индексы Миллера и элементы симметрии.	2
4	Излучения трех типов и закон Брэгга. Метод Лауэ. Метод вращения кристалла. Метод порошка.	2
5	Обратная решетка. Зоны Бриллюэна. Структурный фактор базиса и атомный фактор или форм – фактор	2
6	Температурная зависимость линий отражения - фактор Дебая – Уоллера.	2
7	Кристаллы инертных газов. Силы Ван – дер – Вальса – Лондона. Равновесные постоянные решетки. Энергия связи. Сжимаемость и объемный модуль упругости.	2
8	Ионные кристаллы. Энергия Маделунга или электростатическая энергия. Постоянная Маделунга. Объемный модуль упругости.	2
9	Ковалентные кристаллы. Гомополярная связь. Роль спина и принцип Паули. Роль взаимной ориентации спинов в формировании кулоновской энергии - обменная энергия.	2
10	Кристаллы с водородными связями. Основные понятия молекулярной генетики: тимин, аденин, цитазин, гуанин.	2
11	Металлическая связь. Модель Друде. Функция распределения ферми частиц. Ферми- и Бозе- частицы. Электростатическая энергия Эвальда.	2
12	Связанные объекты <b>nD</b> – нанообъектов.	2
13	Хаос, шум, эргодичность, перемешивание	2
14	Когерентность и локализация. Мезоскопические флуктуации.	2
15	Тепловые и квантовые флуктуации. Модель среднего поля и уравнения Гинзбурга – Ландау. Моноэлектронные эффекты. Холловская жидкость	2
16	Уравнение Лапласа и фрактальные кластеры. Фазовые переходы в нанокластерах.	2

	<b>ВСЕГО</b>	<b>32</b>
--	--------------	-----------

## 6. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ.

### Организация самостоятельной работы студентов

<i>№ п/п</i>	<i>Название темы</i>	<i>Количество часов</i>
1	Квазичастицы. Фононы в нанокристаллах. Локситоны. Нанокластеры.	11
2	Критический размер существования нанокристаллического материала.	11
3	Самоорганизация и фракталы.	11
4	Функция спектра сингулярностей.	11
5	Упругие деформации в наносистемах: - постоянные упругой податливости и упругой жесткости	11
6	Плотность упругой энергии. Объемный модуль упругости и сжимаемость	11
7	Уравнения колебаний в наноматериалах. Групповая и фазовая скорости распространения фононов в упругих средах. Акустические и оптические колебания фононов	11
8	Точечные или нуль – мерные дефекты. Вакансии и их комплексы, атомы замещения и атомы внедрения. Сегрегация и уравнения Фика. Явление диффузии.	11
9	Динамика дислокаций. Дислокации и краудионы как примеры одномерных дефектов. Краевые и винтовые дислокации. Вектор Бюргерса.	11
10	Границы раздела в нанокристаллах: межфазные и межкристаллитные (или межзеренные) границы – двумерные или поверхностные дефекты	11
11	Поры и трещины. Модели Ирвина, Орована и Гриффитса. Представление Баренблатта.	11
12	Фуллерены, фуллериты и фуллероиды. Углеродные нанотрубки.	11
13	Наноматериалы и их применение. Дефекты, прочность и пластичность	11
14	Усталостное разрушение. Наноккомпозиты.	11
15	Интенсивная пластическая деформация. Масштабные уровни деформаций.	14
	<b>ВСЕГО</b>	<b>168</b>

## 7. ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ.

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

1. Виды плазмонов. Плазмонные состояния.
2. Фотонные кристаллы. Дифракционная оптика.
3. Перемещение фотонов в кристаллах. Акустические и оптические колебания.
4. Оптические процессы в наноструктурах.
5. Метаматериалы.
6. Перекрестные термические эффекты.

7. Порошковая металлургия. Аморфизация.
8. Технология обработки поверхности.
9. Наноматериалы и их применение.
10. Взаимодействие спина с магнитным полем. Основы теории магнетизма.
11. Наноизделия. Микроизделия.
12. Массивные наноматериалы: однофазные и многофазные.
13. Композиты с компонентами из наноматериалов.
14. 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. Кристаллические структуры.
7. Трехмерные и двумерные решетки Браве – примитивная и элементарная ячейки.
8. Дальний и ближний порядок.
9. Ячейки Вороного.
10. Элементы теории симметрии.
11. Типы связей в материалах: молекулярная и ионная связи; спин как основа ковалентной связи; кристаллы с водородной связью; металлическая связь и модель Друде.
12. Наноизделия.
13. Микроизделия.
14. Массивные наноматериалы: однофазные и многофазные. Композиты с компонентами из наноматериалов.
15. Гомогенное зародышеобразование.
16. Гетерогенное возникновение источника новой фазы.
17. Скорость нормального роста кристалла.
18. Рост ступенек на поверхности зародыша.
19. Причины различий размеров нанообъектов. Кривые свободной энергии для различных фазовых.
20. Модель Колмогорова - Джонсона – Мэла – Аврами.
21. Представление Аррениуса.
22. Термодинамика «размытых» фазовых переходов.
23. Модель идеальных структур. «Фаза пустоты» и «размытый» фазовый переход.
24. Фуллерены, фуллериты, нанотрубки.
25. 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.
26. Золь - гель метод.
27. Гидро- и сольвотермальный синтез.
28. Хемосорбционное наращивание слоев.
29. Метод молекулярного наслаивания.
30. Ионное наслаивание или «слой за слоем».
31. Осаждение наночастиц из газовой среды. Плазмохимический метод получения нанообъектов.
32. Эпитаксиальная самосборка гетероструктур.
33. Граничная поверхность.

34. Поверхностные силы. Адсорбция.
35. Периодический потенциал кристаллов. Электронно – дырочный газ и эффекты Холла. Формирование поверхностных периодических структур.
36. Рентгенографические методы анализа аморфных и нанокompозитных структур
37. Применение метода малоуглового рассеяния рентгеновских лучей для анализа структуры аморфных сплавов и нанокompозитов.
38. Электронномикроскопические методы исследования структуры сплавов с аморфной и аморфно-кристаллической структурой.
39. Эффективные коэффициенты диффузии, контролирующие кристаллизацию стекол. Механические свойства металлических стекол.
40. Механизмы диффузии в неупорядоченных структурах. Механизмы и кинетика процессов структурной релаксации в металлических стеклах.
41. Влияние релаксационных процессов на структуру и свойства аморфных сплавов. Стеклообразный переход в расплавах и стеклах.
42. Механизмы и кинетика кристаллизации аморфных сплавов.
43. Механизмы зарождения кристаллов в расплавах и стеклах. Механизмы процессов роста кристаллов в аморфных сплавах. Методы исследования кристаллизации аморфных фаз.
44. Термодинамические и кинетические параметры, контролирующие зарождение и рост кристаллов в аморфных сплавах.
45. Закономерности формирования нанокристаллических фаз в аморфных сплавах. Магнитные и механические свойства сплавов с нанокompозитной структурой. Эвтектическая кристаллизация расплавов и стекол.
46. Механизмы стационарного и нестационарного процесса роста

## 9. ОБРАЗЕЦ МОДУЛЬНОГО КОНТРОЛЯ

*(образец варианта и критерии оценивания)*

### ГОУ ВПО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Физико-технический факультет

<i>Направление подготовки:</i>	<b>28.04.03 Наноматериалы</b>
<i>Магистерская программа:</i>	<b>наноматериалы и нанотехнологии</b>
<i>Программа подготовки:</i>	<b>магистратура</b>
<i>Семестр</i>	<b>2</b>
<i>Учебная дисциплина</i>	<b>ПРОЦЕССЫ ПОЛУЧЕНИЯ НАНОЧАСТИЦ И НАНОМАТЕРИАЛОВ</b>

### МОДУЛЬНАЯ КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА

#### ВАРИАНТ №1

1. Рентгенографические методы анализа аморфных и нанокompозитных структур.
2. Граничная поверхность.
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. Элементы симметрии в наносистемах и кристаллах.
3. Критический размер существования нанокристаллического материала.
4. Доля границ раздела в общем объеме наноматериала.
5. Методы получения металлических сплавов в аморфном состоянии. Методы исследования структуры металлических стекол.
6. Структура и свойства жидких металлов и сплавов. Массивные наноматериалы: однофазные и многофазные.
7. Методы получения металлических сплавов в аморфном состоянии. Методы исследования структуры металлических стекол.
8. Механизмы диффузии в неупорядоченных структурах.
9. Влияние релаксационных процессов на структуру и свойства аморфных сплавов.
10. Механизмы зарождения кристаллов в расплавах и стеклах. Эвтектическая кристаллизация расплавов и стекол.
11. Механизмы стационарного и нестационарного процесса роста.
12. Групповая и фазовая скорости распространения фононов в упругих средах.
13. Типы связей в наноматериалах. Ионные и молекулярные системы.
14. Ковалентные и водородные кристаллы. Металлическая связь. Нормальный и аномальный скин – эффекты.
15. Классификация дефектов в низкоразмерных материалах.
16. Наноматериалы и их применение. Дефекты, прочность и пластичность.
17. Термодинамические и кинетические параметры, контролирующие зарождение и рост кристаллов в аморфных сплавах.
18. Интенсивная пластическая деформация. Масштабные уровни деформаций.
19. Уравнение Лапласа и фрактальные кластеры. Фазовые переходы в нанокластерах.

## ГОУ ВПО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Физико-технический факультет

Направление подготовки:  
Магистерская программа:  
Программа подготовки:

**23.04.03 Наноматериалы  
наноматериалы и нанотехнологии  
магистратура**

Семестр  
Учебная дисциплина  
**НАНОМАТЕРИАЛОВ**

**2**  
**ПРОЦЕССЫ ПОЛУЧЕНИЯ НАНОЧАСТИЦ И**

**БИЛЕТ №1**

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

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

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_

Экзаменатор \_\_\_\_\_

**Критерии оценивания экзамена**

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

**11. КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ**

По курсу «Процессы получения наночастиц и наноматериалов» 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**

<b>Организационно учебная работа студента</b>	<b>СРС</b>			<b>Всего</b>
	<b>Индивидуальная работа</b>	<b>Модульный контроль</b>	<b>Индивидуальная творческая работа</b>	
Мах 10 баллов	мак 5 баллов	мак 30 баллов	мак 5 баллов	100 баллов

**Шкала соответствия баллов национальной шкале**

<b>Оценка по шкале ECTS</b>	<b>Оценка по 100-балльной шкале</b>	<b>Оценка по государственной шкале (экзамен, дифференцированный зачет)</b>	<b>Оценка по государственной шкале (зачет)</b>
<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) с возможностью повторной сдачи	не зачтено
<b>F</b>	0-34	2 (неудовлетворительно) с возможностью повторной сдачи при условии	не зачтено

		обязательного набора дополнительных баллов	
--	--	--------------------------------------------	--

## 12. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА.

Лекционные и практические занятия по учебной дисциплине «Процессы получения наночастиц и наноматериалов» проводятся в учебной лаборатории «Физика диэлектриков» № 013, оборудованной комплектом учебной мебели на 18 посадочных мест, комплект рабочего места преподавателя, меловая доска, 1 установка для измерения кристаллических свойств материалов, 1 Измерительный комплекс Р2-23А, 1 ноутбук с лицензионным программным обеспечением, доступом к сети Интернет, 1 мультимедийный проектор, 1 экран переносной.

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.

## 13. РЕКОМЕНДОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

№ п/п	Наименование	Кол-во экземпляров в библиотеке ДонНУ	Наличие электронной версии в ЭБС
<i><b>Основная литература</b></i>			
1.	Юрченко В.М. Процессы получения наночастиц и наноматериалов/ В.М. Юрченко, С. В. Терехов, Т.Н.Мельник ; ГОУ ВПО "Донецкий национальный университет", Физико-технический факультет, Кафедра теоретической физики и нанотехнологий. - Донецк : ДонНУ, 2020. - 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.	Варюхин, В. Н. Наноматериалы [Электронный ресурс] : [учеб. пособие] / В. Н. Варюхин, С. В. Терехов ; Донецкий нац. ун-т ; Донецкий физ.-техн. ин-т им. А. А. Галкина. - Донецк : ДонНУ, 2016. - Электронные данные (1 файл).		+
<i><b>Дополнительная литература</b></i>			
6.	Варюхин В. Н. Наноматериалы-основа современных технологий / В. Н. Варюхин // "Донецкие чтения 2016.	1	

	Образование, наука и вызовы современности", Международная научная конференция (1 ; 2016 ; Донецк). Донецкие чтения 2016. Образование, наука и вызовы современности : материалы конференции ..., 16-18 мая 2016 / [под общ. ред. С. В. Беспаловой] ; Донецкий национальный университет ; Международная славянская академия наук, образования, искусств и культуры. - Ростов-на-Дону, 2016. - Т. 1 : Физико-математические, технические науки и экология. - С.19-21.		
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	

#### 14. 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>

#### 15. 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 20\_\_ год.

Протокол № \_\_ от "\_\_" \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_

Рабочая программа рассмотрена и переутверждена на заседании кафедры теоретической физики и нанотехнологий с изменениями (без изменений) на 20\_\_ год.

Протокол № \_\_ от "\_\_" \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_