

ГОУ ВПО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ФИЗИКО - ТЕХНИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра теоретической физики и нанотехнологий



УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по научно-методической  
и учебной работе

*Е.И. Скафа* Е.И. Скафа

апреля 2020 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

### Электронная микроскопия

Направление подготовки: 28.03.03 Наноматериалы

Профиль подготовки:

Образовательная программа: бакалавриат

Квалификация: академический бакалавр

Форма обучения: очная, очно-заочная, заочная

Донецк 2020

УТВЕРЖДАЮ:

Декан физико-технического факультета

С.А.Фоменко

«17» апреля 2020 г.

МП

Программа учебной дисциплины «Электронная микроскопия» составлена на основании Государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования (ГОС ВПО) Донецкой Народной Республики (ДНР) по направлению подготовки 28.03.03 Наноматериалы, утвержденного приказом Министерства образования и науки ДНР от 28 сентября 2016 г. № 987; 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 высшего профессионального образования направления подготовки 28.03.03 Наноматериалы, разработанных в ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет».

Разработчик:

Профессор кафедры

теоретической физики и нанотехнологий



Н.П. Иваницын

Программа учебной дисциплины утверждена на заседании кафедры теоретической физики и нанотехнологий

Протокол №15 от «02» апреля 2020 г.

Заведующий кафедрой



В.Н.Варюхин

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

Протокол № 5 от «15» апреля 2020 г.

Председатель учебно-методической  
комиссии факультета



В.Н.Котенко

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

«Электронная микроскопия» является дисциплиной базовой части Профессионального Блока по направлению подготовки 28.03.03 Наноматериалы. Для изучения данной учебной дисциплины необходимы знания, умения и навыки, сформированные в процессе изучения предметов «Основы кристаллографии», «Физика атома и атомного ядра», «Электродинамика», «Электричество и магнетизм», «Электротехника», «Оптика и физпрактикум», «Физика твердого тела» на предыдущем уровне образования. Полученные знания используются студентами во время выполнения учебной и производственной практики, при написании выпускной квалификационной работы.

## 2. СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

<i>Характеристика учебной дисциплины</i>		
Направление подготовки	28.03.03 Наноматериалы	
Профиль		
Образовательная программа	бакалавриат	
Квалификация	академический бакалавр	
Количество содержательных модулей	1	
Дисциплина базовой / вариативной части образовательной программы	дисциплина базовой части	
Формы контроля (МК, экзамен, зачет)	МК, экзамен	
Показатели	очная форма обучения	заочная форма обучения
Количество зачетных единиц (кредитов)	4	4
Год подготовки	3	3
Семестр	6	
Количество часов	144	144
- лекционных	16	2
- практических, семинарских		
- лабораторных	48	10
- самостоятельной работы	80	132
в т.ч. индивидуальное задание		
Недельное количество часов,	4	12
в т.ч. аудиторных	4	12

## 3. ОПИСАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Цели и задачи

**Цель** изучения дисциплины «Электронная микроскопия» заключается в получении углубленных знаний в области физических основ метода дифракции электронов для исследования структуры наноструктурированных материалов.

**Задача** изучения дисциплины «Электронная микроскопия» предусматривает получение углубленных знаний в области физических методов исследования структуры материалов; систематизацию способов и приемов анализа дифракционных картин, полученных в электронах, усвоение методик определения качественного и количественного фазового анализа, характеристики особенностей структуры нанокристаллических

материалов, полученных по различным технологиям, определение типа и концентрации структурных дефектов.

**Требования к результатам освоения дисциплины.** Процесс изучения дисциплины «Электронная микроскопия» направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ГОС ВПО ДНР по направлению подготовки 28.03.03 Наноматериалы и основной образовательной программы высшего профессионального образования направления подготовки 28.03.03 Наноматериалы.

**а) общекультурных (ОК):**

способностью к самоорганизации и самообразованию (ОК-7);

способностью к культурному мышлению, к обобщению, анализу, восприятию информации, постановке цели и выбору путей ее достижения (ОК-10);

**б) общепрофессиональных (ОПК):**

способность использовать в профессиональной деятельности базовые естественнонаучные знания, включая знания о предмете и объектах изучения, методах исследования, современных концепциях, достижениях и ограничениях естественных наук (прежде всего химии, биологии, экологии, наук о земле и человеке) (ОПК-1);

способность использовать в профессиональной деятельности базовые знания фундаментальных разделов математики, создавать математические модели типовых профессиональных задач и интерпретировать полученные результаты с учетом границ применимости моделей (ОПК-2);

способность применять основы методов исследования, анализа, диагностики и моделирования свойств наноматериалов и наносистем неорганической и органической природы, в твердом, жидком, гелеобразном, аэрозольном состоянии, включая нанопленки и наноструктурированные покрытия, внутренние и внешние границы раздела фаз, а также физических и химических процессов в них или с их участием (ОПК-4);

**в) профессиональных (ПК):**

**научно-исследовательская и проектная деятельность:**

- способность использовать современные информационно-коммуникационные технологии, глобальные информационные ресурсы в научно-исследовательской деятельности в области материаловедения и технологии наноматериалов и наносистем (ПК-1);

- способность использовать на практике современные представления наук о свойствах веществ и материалов при переходе их в наноразмерное состояние (ноль, одно и двухмерное), о влиянии размера на свойства веществ и материалов, взаимодействии наноматериалов и наносистем с окружающей средой (ПК-2);

- способность применять навыки использования (под руководством) методов моделирования, оценки, прогнозирования и оптимизации технологических процессов и свойств наноматериалов, стандартизации и сертификации материалов и процессов (ПК-4);

**научно-инновационная деятельность:**

- способность применять основные типы наноматериалов и наносистем неорганической (металлических и неметаллических) и органической (полимерных и углеродных) природы (твердых, жидких, гелеобразных, аэрозольных), включая нанопленки и наноструктурированные покрытия, для решения производственных задач, владением навыками выбора этих материалов для заданных условий эксплуатации с учетом требований технологичности, экономичности, надежности и долговечности, экологических последствий их применения (ПК-5);

- способность применять навыки использования технических средств для измерения и контроля основных параметров технологических процессов получения и свойств

нанообъектов (кластеров, наночастиц, фуллеренов, нанотрубок), наносистем, наноматериалов и изделий из них (ПК-7).

**В результате изучения учебной дисциплины студент должен:**

**знать:**

- Принципы формирования электронных дифракционных картин от поликристаллических, монокристаллических и аморфных материалов;
- Механизм формирования двойной дифракции, линий Кикучи, картин муара;
- Прямые, полупрямые и косвенные методы электронно-микроскопического исследования материалов;
- Теорию формирования дифракционного контраста на дефектах структуры материалов;
- Принципы действия и основные характеристики электронных просвечивающих и растровых микроскопов;
- Общие принципы дифракции электронов на материалах и возможности использования ее для анализа структуры наноматериалов;
- Теорию формирования дифракционных картин на дефектах структуры наноматериалов;
- Явления, протекающие при взаимодействии электронов с наноматериалами и положенные в основу анализа их структуры;
- Факторы, влияющие на точность структурного анализа;
- Особенности структурных преобразований, протекающих при пластической деформации и отжиге наноматериалов.

**уметь:**

- Определять качественный фазовый состав материалов по электронной дифракционной картине;
- Определять тип и степень усовершенствования текстуры;
- Определять уровень макронапряжений в материалах;
- Определять размеры блоков мозаики и величину микродеформаций по размытию дифракционных максимумов;
- Определять тип дефектов упаковки по электронно-микроскопическими изображениями и их концентрацию по сдвигу и размытию дифракционных максимумов;
- Определять степень кристалличности по электронограмме и кристаллографическую ориентацию пленок;
- Получать образцы для электрономикроскопического и электронографического анализов;
- Определять вектор Бюргерса дислокаций;
- Определять структурные изменения в деформированных и отожженных наноматериалах.

**владеть:**

методами определения качественного фазового состава материалов по электронной дифракционной картине, типа и степени усовершенствования текстуры, размеров блоков мозаики и величину микродеформаций по размытию дифракционных максимумов, степени кристалличности по электронограмме и кристаллографическую ориентацию пленок, вектора Бюргерса дислокаций, структурных изменений в деформированных и отожженных наноматериалах.

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

Порядковый номер и тема	Краткое содержание темы
<b><i>Содержательный модуль 1 «Методы электронно-микроскопического исследования»</i></b>	
<b><i>Тема 1.</i></b> Основы электронной оптики.	Предмет спецкурса. История электронной микроскопии. Взаимодействие электронов с веществом. Задачи и особенности электронной микроскопии.

	Основные понятия: оптическая сила линзы, фокусное расстояние, Параксиальные пучки, стигматические изображения и другие. Движение электронов в электрических и магнитных полях. Закон преломления электронов в электрическом поле. Аналогия и разница между световой и электронной оптикой. Электрические и магнитные электронные линзы. Оптические характеристики магнитных электронных линз. Аберрации электронных линз.
<b>Тема 2.</b> Электроннография моно- и поликристаллических объектов.	Электроннография. Геометрия дифракционной картины. Уравнения Лауэ. Уравнения Вульфа-Брега. Применение обратной решетки и построений Эвальда для интерпретации точечных и кольцевых электронограмм. Расчет кольцевых электронограмм. Определение межплоскостных расстояний кристаллов, индексирования электронограмм; определение параметров кристаллических решеток. Получение и индексирования точечных электронограмм. Определение ориентации монокристаллических пленок. Методы уточнения ориентации кристаллов. Исследование структуры аморфных веществ.
<b>Тема 3.</b> Особенности дифракционной картины в электронных лучах.	Дифракция для двойников. Двойная дифракция. Линии Кикучи. Картины муара.
<b>Тема 4.</b> Методы электронно-микроскопического исследования.	Косвенный метод: реплики, оттенения реплик. Полупрямой метод: реплики с включениями. Прямой метод: тонкие пленки и фольги.
<b>Тема 5.</b> Основные параметры электронно-микроскопического изображения.	Контраст в изображении кристаллических объектов.
<b>Тема 6.</b> Кинематическая теория дифракционного контраста.	Основные положения теории. Амплитуда лучей, дифрагированных от совершенного кристалла. Изгибные контуры экстинкции. Контуры толщины экстинкции. Амплитудная фазовая диаграмма. Амплитуда лучей, дифрагированных от несовершенного кристалла.
	<b>Содержательный модуль 2. «Перспективы развития метода электронно-микроскопического исследования»</b>
<b>Тема 7. Изучение дислокационной структуры кристалла.</b>	Особенности контраста в изображении дислокаций. Определение вектора Бюргерса дислокаций, знака дислокаций и их плотности
<b>Тема 8.</b> <b>Анализ дефектов упаковки.</b>	Особенности контраста в изображении дефектов упаковки. Определение энергии дефекта упаковки.
<b>Тема 9.</b>	Основные положения динамической теории Дарвина. Амплитуда

<b>Динамическая теория дифракционного контраста.</b>	волн, которые рассеяны бесконечным плоским слоем вещества. Зависимость амплитуды от толщины кристалла. Учет многократных отражений атомными плоскостями.
<b>Тема 10. Перспективы развития метода электронно-микроскопического исследования.</b>	Новые области применения ПЭС. Прямые изображения кристаллической структуры (фазовый контраст). Высоковольтная ПЭС. ПЭС в сходящемся пучке. ПЭС высокого разрешения. Крио ПЭС. Трехмерная 3D темогграфия.
<b>Тема 11. Электронно-зондовые методы исследования.</b>	Растровая электронная микроскопия (РЭМ). Получение изображений. Качество изображений и разрешающая способность. Формирование контраста. Применение РЭС в материаловедении. Рентгеновский микроанализатор. Сканирующий туннельный микроскоп. Оже-электронная микроскопия и спектроскопия. Дифракция медленных электронов.

### Тематический план

Содержательный модуль 1 «Методы электронно-микроскопического исследования»												
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. Основы электронной оптики.	12	1		4	7		11				11	
Тема 2. Электронография моно- и поликристаллических объектов.	12	1		4	7		13,5	0,5		2	11	
Тема 3. Особенности дифракционной картины в электронных лучах.	12	1		4	7		13			2	11	
Тема 4. Методы электронно-микроскопического исследования.	12	1		4	7		11,5	0.5			11	
Тема 5. Основные параметры электронно-микроскопического изображения.	12	2		4	6		12			1	11	
Тема 6.	12	2		4	6		11				11	

Кинематическая теория дифракционного контраста.												
<b>Итого по содержательному модулю 1</b>	<b>72</b>	<b>8</b>		<b>24</b>	<b>40</b>		<b>72</b>	<b>1</b>		<b>5</b>	<b>66</b>	

### Тематический план

Содержательный модуль 2 «Перспективы развития метода электронно-микроскопического исследования»												
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
<b>Тема 7.</b> Изучение дислокационной структуры кристалла.	15	2		5	8		11				11	
<b>Тема 8.</b> Анализ дефектов упаковки.	15	2		5	8		13,5	0,5		2	11	
<b>Тема 9.</b> Динамическая теория дифракционного контраста.	15	2		5	8		13			2	11	
<b>Тема 10.</b> Перспективы развития метода электронно-микроскопического исследования.	14	1		5	8		11,5	0,5			11	
<b>Тема 11.</b> Электронно-зондовые методы исследования.	13	1		4	8		23			1	22	
<b>Итого по содержательному модулю 2</b>	<b>72</b>	<b>8</b>		<b>24</b>	<b>40</b>		<b>72</b>	<b>1</b>		<b>5</b>	<b>66</b>	
<b>Всего по модулю</b>	<b>144</b>	<b>16</b>		<b>48</b>	<b>80</b>		<b>144</b>	<b>2</b>		<b>10</b>	<b>132</b>	

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

### Темы лекционных занятий

№ п/п	Название темы	Количество часов
1	Основы электронной оптики.	1
2	Электроннография моно- и поликристаллических объектов.	1

3	Особенности дифракционной картины в электронных лучах.	1
4	Методы электронно-микроскопического исследования.	1
5	Основные параметры электронно-микроскопического изображения.	2
6	Кинематическая теория дифракционного контраста.	2
7	Изучение дислокационной структуры кристалла.	2
8	Анализ дефектов упаковки.	2
9	Динамическая теория дифракционного контраста.	2
10	Перспективы развития метода электронно-микроскопического исследования.	1
11	Электронно-зондовые методы исследования.	1
	<b>ВСЕГО</b>	<b>16</b>

### Темы лабораторных занятий

<i>№ п/п</i>	<i>Название темы</i>	<i>Количество часов</i>
1	Изучение построения и режимов работы электронного микроскопа.	5
2	Калибровка электронного микроскопа.	6
3	Изготовление образцов для электронографического анализа	5
4	Определение кристаллической структуры и фазового поликристаллических пленок.	6
5	Индексирование точечных электронограмм. Изучение морфологии и ориентационной связи эпитаксиальных пленок.	5
6	Изготовление и исследования реплик и металлических фольг	6
7	Электронно-фрактографический анализ изломов.	5
8	Изучение методики электронно микроскопических темнопольных исследований.	5
9	Изучение конструкции и принципа действия растрового электронного микроскопа	5
	<b>ВСЕГО</b>	<b>48</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	Оптическая сила линзы, фокусное расстояние, параксиальные пучки, стигматические изображения.	14
2	Существующие виды электронных микроскопов	13
3	Конструкция просвечивающего электронного микроскопа	13
4	Подготовка объектов для исследований просвечивающим электронным микроскопом и особые требования к ним	14
5	Устройство и работа растрового электронного микроскопа	13

6	Конструкция зеркального электронного микроскопа	13
	<b>ВСЕГО</b>	<b>80</b>

### 7. ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ *(не предусмотрено рабочим планом)*

### 8. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

1. История электронной микроскопии. Взаимодействие электронов с веществом. Задачи и особенности электронной микроскопии.
2. Движение электронов в электрических и магнитных полях. Закон преломления электронов в электрическом поле. Аналогия и разница между световой и электронной оптикой.
3. Электрические и магнитные электронные линзы. Оптические характеристики магнитных электронных линз. Аберрации электронных линз.
4. Электронография. Геометрия дифракционной картины. Уравнения Лауэ. Уравнения Вульфа-Брега.
5. Применение обратной решетки и построений Эвальда для интерпретации точечных и кольцевых электронограмм.
6. Расчет кольцевых электронограмм.
7. Определение межплоскостных расстояний кристаллов, индексирования электронограмм; определение параметров кристаллических решеток.
8. Получение и индексирования точечных электронограмм.
9. Определение ориентации монокристаллических пленок. Методы уточнения ориентации кристаллов.
10. Исследование структуры аморфных веществ.
11. Дифракция для двойников. Двойная дифракция.
12. Линии Кикучи. Картины муара.
13. Косвенный метод: реплики, оттенения реплик.
14. Полупрямой метод: реплики с включениями. Прямой метод: тонкие пленки и фольги.
15. Контраст в изображении кристаллических объектов.
16. Амплитуда лучей, дифрагированных от совершенного кристалла. Изгибные контуры экстинкции. Контуры толщины экстинкции.
17. Амплитудная фазовая диаграмма. Амплитуда лучей, дифрагированных от несовершенного кристалла.

### 9. ОБРАЗЕЦ МОДУЛЬНОГО КОНТРОЛЯ

*(образец варианта и критерии оценивания)*

#### ГОУ ВПО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Факультет физико-технический

Направление подготовки: **28.03.03 Наноматериалы**

Профиль:

Программа подготовки:

**бакалавриат**

Семестр

**6**

Учебная дисциплина

**Электронная микроскопия**

#### МОДУЛЬНАЯ КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА

#### ВАРИАНТ №1

1. Косвенный метод: реплики, оттенения реплик.

2. Электрические и магнитные электронные линзы.
3. Амплитуда лучей, дифрагированных от совершенного кристалла.

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

Заведующий 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*

1. История электронной микроскопии. Взаимодействие электронов с веществом. Задачи и особенности электронной микроскопии.
2. Основные понятия: оптическая сила линзы, фокусное расстояние, Параксиальные пучки, стигматические изображения и другие.
3. Движение электронов в электрических и магнитных полях. Закон преломления электронов в электрическом поле. Аналогия и разница между световой и электронной оптикой.
4. Электрические и магнитные электронные линзы. Оптические характеристики магнитных электронных линз. Аберрации электронных линз.
5. Электронография. Геометрия дифракционной картины. Уравнения Лауэ. Уравнения Вульфа-Брега.
6. Применение обратной решетки и построений Эвальда для интерпретации точечных и кольцевых электронограмм.
7. Расчет кольцевых электронограмм.
8. Определение межплоскостных расстояний кристаллов, индексирования электронограмм; определение параметров кристаллических решеток. Получение и индексирования точечных электронограмм.
9. Определение ориентации монокристаллических пленок.
10. Методы уточнения ориентации кристаллов.
11. Исследование структуры аморфных веществ.
12. Дифракция для двойников.
13. Двойная дифракция.
14. Линии Кикучи.
15. Картины муара.
16. Косвенный метод: реплики, оттенения реплик.
17. Полупрямой метод: реплики с включениями.
18. Прямой метод: тонкие пленки и фольги.

19. Контраст в изображении кристаллических объектов.
20. Амплитуда лучей, дифрагированных от совершенного кристалла.
21. Изгибные контуры экстинкции. Контуры толщины экстинкции.
22. Амплитудная фазовая диаграмма. Амплитуда лучей, дифрагированных от несовершенного кристалла.
23. Особенности контраста в изображении дислокаций. Определение вектора Бюргерса дислокаций, знака дислокаций и их плотности
24. Особенности контраста в изображении дефектов упаковки. Определение энергии дефекта упаковки.
25. Основные положения динамической теории Дарвина.
26. Амплитуда волн, которые рассеяны бесконечным плоским слоем вещества.
27. Зависимость амплитуды от толщины кристалла. Учет многократных отражений атомными плоскостями.
28. Новые области применения ПЭС. Прямые изображения кристаллической структуры (фазовый контраст). Высоковольтная ПЭС. ПЭС в сходящемся пучке. ПЭС высокого разрешения. Крио ПЭС. Трехмерная 3D темогграфия.
29. Растровая электронная микроскопия (РЭМ). Получение изображений. Качество изображений и разрешающая способность. Формирование контраста.
30. Применение РЭС в материаловедении. Рентгеновский микроанализатор. Сканирующий туннельный микроскоп.
31. Оже-электронная микроскопия и спектроскопия.
32. Дифракция медленных электронов.

### ГОУ ВПО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Факультет физико-технический

*Направление подготовки:* **28.03.03 Наноматериалы**

*Профиль:*

*Программа подготовки:* **бакалавриат**

*Семестр* **6**

*Учебная дисциплина* **Электронная микроскопия**

#### БИЛЕТ №1

1. Зависимость амплитуды от толщины кристалла. Учет многократных отражений атомными плоскостями.
2. Контраст в изображении кристаллических объектов.
3. Новые области применения ПЭС.

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

Заведующий 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 «Электронная микроскопия» 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 учебная работа студента	СРС		Всего
	Индивидуальная работа	Модульный контроль	
max 10 баллов	max 10 баллов	max 30 баллов	100

*Шкала соответствия баллов национальной шкале*

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

## 12. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА

Лекционные и практические занятия по учебной дисциплине «Электронная микроскопия» проводятся в учебной лаборатории №016 «Физика полупроводников». Лаборатория оснащена комплектом учебной мебели на 18 посадочных мест, флوماстерной доской, 1 ноутбук с лицензионным программным обеспечением, доступом к сети Интернет, 1 мультимедийный проектор, 1 экран переносной, 1Вакуумный универсальный пост -2К, 1 Форвакуумный насос, 1 Спектрометр СМ - 4А. В учебной лаборатории «Электронной микроскопии» №313, оборудованной комплектом учебной мебели на 6 посадочных мест, комплект рабочего места преподавателя, 1 ноутбук с лицензионным программным обеспечением, доступом к сети Интернет, 1 Электронный микроскоп вакуумный-100ЛМ, 1 Микроскоп металлографический-7, 1 Вакуумметр ионизационно-термопарный-2АП, 1Вакуумный универсальный пост-4.

Самостоятельная работа студентов проходит в читальном зале справочно-библиографической информационной работы (ауд. № 102: г. Донецк, пр. Гурова, 6), помещение оснащено комплектом учебной мебели на 23 посадочных места, компьютер в комплекте (1 шт); в зале электронной информации (Донецк, пр. Гурова, 6, № 104-а.).

Помещение оснащено комплектом учебной мебели на 40 посадочных мест, компьютер в комплекте (6 шт);

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
<b>Основная литература</b>			
1.	Иваницын, Н. П. 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.	Буравлев, Ю. М. Основы инженерии поверхности металлических деталей и конструкций : [учебное пособие] / Ю. М. Буравлев, Н. П. Иваницын, А. Г. Милославский ; ГОУ ВПО Донецкий национальный университет. - Донецк : ГОУ ВПО "ДонНУ", 2017. - 251 с.	6	
3.	Электронная микроскопия тонких кристаллов : пер. с англ. / под ред. Л. М. Утевского. - Москва : Мир, 1968. - 574 с.	1	
<b>Дополнительная литература</b>			
4.	Васильева, Л. А. Электронная микроскопия в металловедении цветных металлов : Справочник / А. А. Васильева, Л. М. Малашенко, Р. Л. Тофпенек ; Под ред. С. А. Астапчика ; АН БССР, Физ.-техн. ин-т. - Минск : Наука и техника, 1989. - 208 с.	3	
5.	Дюков, В. Г. Электронная микроскопия локальных потенциалов / В. Г. Дюков, С. А. Непийко, Н. Н. Седов ; АН УССР, Ин-т физики. - К. : Наук. думка, 1991. - 198 с.	3	

### 14. ИНФОРМАЦИОННЫЕ РЕСУРСЫ

<http://donnu.ru/> – сайт ДонНУ.

<http://library.donnu.ru/> – сайт библиотеки

**15. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ**

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.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

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

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

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_