

Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Донецкий государственный университет»

Физико-технический факультет
Кафедра теоретической физики и нанотехнологий



П.А. Машаров

«29» марта 2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ДЕФЕКТЫ В ТВЕРДЫХ ТЕЛАХ

Укрупненная группа направлений
подготовки

28.00.00 Нанотехнологии и наноматериалы

Программа высшего образования

Программа бакалавриата

Направление подготовки

28.03.03 Наноматериалы

Профиль подготовки

Наноматериалы

Квалификация

Бакалавр

Форма обучения

Очная

Рабочая программа адаптирована для лиц
с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Донецк 2024

Рабочая программа дисциплины «Дефекты в твердых телах» для обучающихся по направлению подготовки 28.03.03 Наноматериалы (Профиль подготовки: Наноматериалы), составлена на основании Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки 28.03.03 Наноматериалы, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 22 сентября 2017 г. № 968 (с изм. и доп.), Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры, утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 06 апреля 2021 г. № 245 (с изм. и доп.), в соответствии с учебным планом, утвержденным Ученым советом ФГБОУ ВО «ДонГУ» для набора 2024 года.

Разработчик:
профессор кафедры теоретической физики
и нанотехнологий,
канд. физ.-мат. наук



Н.П. Иваницын

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры теоретической физики и нанотехнологий.

Протокол от 26.03.2024 г. № 16

Заведующий кафедрой



А.Г. Петренко

СОГЛАСОВАНО:

Декан физико-технического факультета
28.03.2024 г.

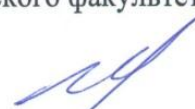


С.А. Фоменко

Учебно-методическая комиссия физико-технического факультета.

Протокол от 27.03.2024 г. № 2

Председатель



В. Н. Котенко

Руководитель основной профессиональной
образовательной программы,
д-р физ.-мат. наук, проф.
26.03.2024 г.



А.Г. Петренко

1. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

1.1. Требования к предварительной подготовке обучающихся, предшествующие и сопутствующие дисциплины, на которых основывается изучение данной:

дисциплины программы бакалавриата: Математический анализ, Механика и молекулярная физика, Аналитическая геометрия и линейная алгебра.

1.2. Дисциплины, курсовые работы и практики, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее:

Дифракционные методы исследования вещества, Курсовая работа по "Дифракционным методам исследования вещества", Производственная практика: научно-исследовательская работа.

2. ОПИСАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

2.1. Общая характеристика

Наименование показателя	Значение показателя
Название образовательной программы	28.03.03 Наноматериалы (Профиль подготовки: Наноматериалы)
Шифр и название в соответствии с учебным планом	Б1.В.ДВ.3.2 Дефекты в твердых телах
Часть образовательной программы	Вариативная часть: выбор обучающегося
Количество зачетных единиц / всего часов	3/ 108

2.2. Распределение часов по формам и периодам обучения

Форма обучения	курс	семестр	Общее количество часов					Форма контроля
			лекционных	лабораторных	практических	самостоятельной работы + контроль	всего	
Очная	2	4	15	–	15	78	108	зачет

3. ЦЕЛИ ДИСЦИПЛИНЫ

Углубление знаний студентов в области реального строения кристаллических веществ: классификацией дефектов в кристаллах (точечные дефекты (вакансии и атомы внедрения), линейные дефекты - дислокации различного типа, планарные дефекты), механизмами образования и свойствами дефектов, а также с влиянием дефектов на физические и химические свойства кристаллов.

4. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ КОМПОНЕНТА ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ, ИХ ИНДИКАТОРЫ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Компетенции	Индикаторы	Результаты обучения
ПК-2. Способен предлагать рациональное	ПК-2.5. Использует знания влияния дефектов	ПК-2.5.1. Знает классификацию дефектов в кристаллах, строение, механизмы и условия образования точечных дефектов и дислокаций, механизмы диффузии в кристаллах

расходование основных, вспомогательных и расходных материалов в производственном процессе	структуры на формирование свойств кристаллов	ПК-2.5.2. Умеет объяснить влияние дефектов на различные физические и химические процессы в кристаллах ПК-2.5.3. Владеет методиками, позволяющими оценить концентрацию и подвижность дефектов в кристаллах и предсказать условия их образования
	ПК-2.6. Сравнивает результаты влияния дефектов на формирование свойств кристаллов	ПК-2.6.1. Знает механизмы пластической деформации и разрушения кристаллов ПК-2.6.2. Умеет сравнивать результаты влияния дефектов на формирование свойств кристаллов ПК-2.6.3. Владеет навыками грамотной интерпретации результатов влияния дефектов на свойства кристаллов

5. ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Название темы	Краткое содержание темы (вопросы темы)
Раздел 1. Точечные и линейные дефекты в кристаллах	
Точечные дефекты в кристаллах.	Энергия образования точечных дефектов. Оценка концентрации точечных дефектов
Дислокации в кристаллах	Виды дислокаций. Общее определение дислокации. Контур Бюргерса и его построение. Дислокации в кристаллах кубической структуры. Понятие дислокационных сеток
Поля напряжений около дислокаций	Тензоры напряжения и деформации. Обобщенный закон Гука. Дислокации в теории упругости
Взаимодействие между дефектами	Сила, которая действует на дислокацию. Механизмы взаимодействия между дислокациями. Простая двухдислокационной модель пластично деформированного кристалла
Раздел 2. Влияние дефектов на физические процессы в кристаллах	
Источники дислокаций и упрочнения кристаллов	Динамические теории размножения дислокаций. Источники Франка-Рида. Источники дислокаций при деформации. Остаточная деформация при сдвиге. Упрочнение деформированных кристаллов
Кристаллическая структура	Типы границ и оценка энергии границ. Экспериментальные данные проверки. Влияние температуры на дефекты в кристаллах.
Структурно-чувствительные свойства кристаллов	Механические свойства, электрическое сопротивление и теплопроводность в материалах. Магнитное сопротивление дислокаций, ЯМР и оптические свойства кристаллов. Энергия, которая запасается в

	процессе деформации, облучения и закаливании
Структурные переходы в кристаллах	Фазовые переходы 1 и 2 рода. Структурные фазовые переходы в реальных материалах

6. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Форма обучения – очная, курс – 2, семестр – 4

Наименования разделов и тем	Количество часов				
	Лекц.	Лабор.	Практ.	СРС+К	Всего
Раздел 1. Точечные и линейные дефекты в кристаллах	4		4	40	48
Точечные дефекты в кристаллах.	1		1	10	12
Дислокации в кристаллах	1		1	10	12
Поля напряжений около дислокаций	1		1	10	12
Взаимодействие между дефектами	1		1	10	12
Раздел 2. Влияние дефектов на физические процессы в кристаллах	11		11	38	60
Источники дислокаций и упрочнения кристаллов	3		3	10	16
Кристаллическая структура	3		3	10	16
Структурно-чувствительные свойства кристаллов	3		3	10	16
Структурные переходы в кристаллах	2		2	8	12
ИТОГО ПО КОМПОНЕНТУ ОПОП	15	–	15	78	108

7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ (СРЕДСТВА) ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

7.1. Контрольные вопросы

Раздел 1

1. Определение атомного дефекта.
2. Причины образования дефектов.
3. Классификация дефектов по причинам их образования.
4. Классификация дефектов по размерности.
5. Точечные дефекты (простые и сложные).
6. Равновесие дефектов.
7. Дефекты Шоттки, дефекты Френкеля.
8. Связанные и резонансные дефектные состояния.
9. Идеальные и неидеальные дефекты.
10. Линейные дефекты.
11. Типы дислокаций.
12. Смешанные дислокации.
13. Скольжение и переползание дислокаций.
14. Вектор Бюргерса.

Раздел 2

15. Барьер Пайерлса.
16. Размножение и аннигиляция дислокаций.
17. Влияние дислокаций на электронные и рекомбинационные свойства полупроводников.

18. Двумерные дефекты.
19. Дефекты упаковки.
20. Поверхность полупроводника.
21. Двойники.
22. Объемные дефекты.
23. Мелкие и глубокие состояния в полупроводниках.
24. Уравнение электронейтральности.
25. Уровень зарядовой нейтральности (локальный химпотенциал).
26. Законы стехиометрии.

7.2. Темы письменных работ (типы задач)

- Точечные дефекты в кристаллах
- Дислокации в кристаллах
- Поля напряжений около дислокаций
- Взаимодействие между дефектами
- Источники дислокаций и упрочнения кристаллов
- Кристаллическая структура
- Структурно-чувствительные свойства кристаллов
- Структурные переходы в кристаллах

Контрольная работа по проверке теоретических знаний – по всем темам, с использованием указанных выше контрольных вопросов.

8. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ БАЛЛОВ, КОТОРЫЕ ПОЛУЧАЮТ ОБУЧАЮЩИЕСЯ

Общая оценка знаний обучающихся по дисциплине проводится по 100-балльной шкале исходя из максимума, приведенного в таблице ниже. Организационно-учебная работа в аудитории оценивается на основе таких критериев как посещаемость занятий, своевременное и качественное выполнение домашних заданий, активность во время проведения лекционных и практических занятий (участие в обсуждении текущего и пройденного материала, решение задач и т.п.).

8.1. Семестр 4

Номера разделов	Виды работ	Максимальное количество баллов
1	Организационно-учебная работа в аудитории	20
	Самостоятельная работа	10
	Практические работы	20
	Контрольная работа по теоретическому материалу	10
ИТОГО		60
Зачет		40
Общий итог за семестр		100

Соответствие баллов оценке

Количество баллов из 100	ECTS	Оценка по пятибалльной шкале	
		Экзамен, дифференцированный зачет	Зачет
90-100	A	отлично	зачтено
80-89	B	хорошо	зачтено

75-79	C	удовлетворительно	зачтено
70-74	D		зачтено
60-69	E		зачтено
35-59	FX	неудовлетворительно	не зачтено
0-34	F		не зачтено

9. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ И ИНВАЛИДОВ

В ходе реализации дисциплины используются следующие дополнительные методы обучения, текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся в зависимости от их индивидуальных особенностей:

- 1) для слепых и слабовидящих:
 - лекции оформляются в виде электронного документа, доступного с помощью компьютера со специализированным программным обеспечением;
 - для выполнения задания при необходимости предоставляется увеличивающее устройство; возможно также использование собственных увеличивающих устройств;
 - письменные задания оформляются увеличенным шрифтом.
- 2) для глухих и слабослышащих:
 - лекции оформляются в виде электронного документа;
 - письменные задания выполняются на компьютере в письменной форме;
 - экзамен проводится в письменной форме на компьютере; возможно проведение в форме тестирования.
- 3) для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:
 - лекции оформляются в виде электронного документа, доступного с помощью компьютера со специализированным программным обеспечением;
 - письменные задания выполняются на компьютере;
 - экзамен и зачёт проводятся в устной форме или выполняются в письменной форме на компьютере.

При необходимости предусматривается увеличение времени для подготовки ответа.

Процедура проведения промежуточной аттестации для обучающихся устанавливается с учётом их индивидуальных психофизических особенностей. Промежуточная аттестация может проводиться в несколько этапов.

Проведение процедуры оценивания результатов обучения допускается с использованием дистанционных образовательных технологий.

Обеспечивается доступ к информационным и библиографическим ресурсам в сети Интернет для каждого обучающегося в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

- 1) для слепых и слабовидящих:
 - в печатной форме увеличенным шрифтом;
 - в форме электронного документа;
- 2) для глухих и слабослышащих:
 - в печатной форме;
 - в форме электронного документа.
- 3) для обучающихся с нарушениями опорно-двигательного аппарата:
 - в печатной форме;
 - в форме электронного документа.

10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА

Учебные занятия проводятся в 4 учебном корпусе ДонГУ (г. Донецк, пр. Театральный, 13). Для проведения практических занятий требуется аудитория, оборудованная меловой или маркерной доской, мультимедийный проектор и экран, ноутбук, комплект учебной мебели для студентов, рабочее место преподавателя, выход в Интернет – проводной или с использованием Wi-Fi.

Для самостоятельной работы используются текстовые и электронные ресурсы Научной библиотеки университета и других электронных библиотечных баз данных, учебно-методическое обеспечение, представленное в учебно-методическом кабинете кафедры теоретической физики и нанотехнологий (ауд.256).

Обучающиеся имеют возможность использовать учебные материалы по дисциплине, размещенные на платформе Moodle Центра дистанционного образования ФГБОУ ВО «ДонГУ». При изучении дисциплины применяются электронное обучение и дистанционные образовательные технологии.

С использованием ресурсов платформы дистанционного образования осуществляется текущий контроль знаний обучающихся на основе тестирования и проверки результатов самостоятельной работы.

11. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

11.1. Основная литература

1. Дефекты в твердых телах и их моделирование на ЭВМ : [сб. ст.] / АН СССР, Физ.-техн. ин-т им. А.Ф. Иоффе ; [отв. ред. Ю.А. Осипьян]. - Ленинград : Наука, Ленингр. отд-ние, 1980. - 213 с.
2. Новиков, И. И. Кристаллография и дефекты кристаллической решетки : [Учебник для вузов по специальности "Металловедение, оборуд. и технология терм. обраб. металлов"] / И. И. Новиков, К. М. Розин. - М. : Металлургия, 1990. - 336 с.
3. Иванов-Шиц, А. К. Ионика твердого тела : [В 2 т.]. Т. 1 / А. К. Иванов-Шиц, И. В. Мурин ; С.-Петерб. гос. ун-т ; Ин-т кристаллографии РАН. - СПб. : Изд-во С.-Петерб. ун-та, 2000. - 616 с.
4. Хирт, Д. П. Теория дислокаций : Пер. с англ. / Д. П. Хирт, И. Лоте ; Под ред. Э. М. Надгорного, Ю. А. Осипьяна. - М. : Атомиздат, 1972. - 599 с.

11.2. Дополнительная литература

1. Гинзбург, И. Ф. Введение в физику твердого тела. Основы квантовой механики и статистической физики с отдельными задачами физики твердого тела : учеб. пособие / И.Ф. Гинзбург. - СПб. : Лань ; М.; Краснодар, 2007. - 537 с.
2. Миркин, Лев И. Рентгеноструктурный анализ : Справочное руководство / Л. И. Миркин. - М. : Наука, 1976. - 326 с.

12. ИНФОРМАЦИОННЫЕ РЕСУРСЫ

1. **Национальная электронная библиотека (НЭБ):** федеральная государственная информационная система / Министерство Культуры РФ; Российская государственная библиотека. – Москва, 2019- . – URL: <https://rusneb.ru/> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: свободный, подписка. Необходима установка программного обеспечения. – Текст: электронный.
2. **eLIBRARY.RU:** научная электронная библиотека: сайт. – Москва, 2000- . – URL: <https://elibrary.ru> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: для авторизов. пользователей. –Текст: электронный.

3. Научная электронная библиотека «КиберЛенинка»: сайт / Ассоциация «Открытая наука». – Москва, 2014- . – URL: <https://cyberleninka.ru/>. – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.

4. Электронно-библиотечная система «Лань»: [сайт]. – URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: для авторизов. пользователей. – Текст: электронный.

5. ЭБС Юрайт: электронная библиотечная система: сайт. – Москва, 2013. – URL: <https://biblio-online.ru> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: для авторизов. пользователей. – Текст: электронный.

6. Электронно-библиотечная система ДонГУ: сайт / ФГБОУ ВО «ДонГУ». – Донецк, 2016- . – URL: <http://library.donnu.ru/> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.

7. Электронный каталог Научной библиотеки ДонГУ: раздел сайта / НБ ДонГУ. – Текст: электронный // ЭБС ДонГУ: сайт. – URL: <http://library.donnu.ru/catalog/> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: поиск свободный, электронные документы – для пользователей ДонГУ.

8. Электронный архив ДонГУ: раздел сайта / НБ ДонГУ. – Текст: электронный // ЭБС ДонГУ: сайт. – URL: <http://repo.donnu.ru/> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: свободный.

13. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

1. Windows 7 PRO (корпоративная лицензия ДонГУ № 46484614)
2. Microsoft Office (корпоративная лицензия ДонГУ № 46472919)
3. Microsoft Visual Studio (лицензия программы Dream Spark для высших учебных заведений)
4. Антивирус Касперского, Adobe Acrobat Reader, xPDF (лицензии GPL, Apache, BSD для свободного программного обеспечения).