

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.

МП

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

НОВЫЕ МАГНИТНЫЕ, ОПТИЧЕСКИЕ И ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Укрупненная группа направлений подготовки	03.00.00 Физика и астрономия
Программа высшего образования	Программа бакалавриата
Направление подготовки	03.03.02 Физика
Профиль подготовки	Физика
Квалификация	Бакалавр
Форма обучения	Очная

Рабочая программа адаптирована для лиц
с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Донецк 2024

Рабочая программа дисциплины «Новые магнитные, оптические и полупроводниковые материалы» для обучающихся по направлению подготовки 03.03.02 Физика (Профиль: Физика), составлена на основании Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки 03.03.02 Физика, утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 07.08.2020 № 891 (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,
докт. физ.-мат. наук

В.М. Юрченко

Рабочая программа утверждена 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

Руководители основной профессиональной
образовательной программы:
кандидат физико-математических наук

А. В. Безус

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, Аналитическая геометрия и линейная алгебра. Теория групп, Общая и экспериментальная физика (Механика), Общая и экспериментальная физика (Молекулярная физика. Термодинамика).

1.2. Дисциплины, курсовые работы и практики, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее: Структурообразование и явления переноса в кристаллах и тонких пленках, Физика диэлектриков, Производственная: преддипломная практика.

2. ОПИСАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

2.1. Общая характеристика

Наименование показателя	Значение показателя
Название образовательной программы	03.03.02 Физика (Профиль: Физика)
Шифр и название в соответствии с учебным планом	Б1.В.ДВ.4.2 Новые магнитные, оптические и полупроводниковые материалы
Часть образовательной программы	Вариативная часть: выбор обучающегося
Количество зачетных единиц / всего часов	2 / 72

2.2. Распределение часов по периодам обучения

Форма обучения	курс	семестр	Общее количество часов					Форма контроля
			лекционных	лабораторных	практических	самостоятельной работы+ контроль	всего	
Очная	4	7	39			33	72	зачет

3. ЦЕЛИ ДИСЦИПЛИНЫ

Формирование знаний и физических представлений современной физики наносистем и наноматериалов; предоставить студентам необходимую для самостоятельной работы совокупность знаний в области новых наноматериалов; ознакомить студентов с современными проблемами физики наноматериалов.

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

Компетенции	Индикаторы	Результаты обучения
ПК-3. Способен проводить и управлять	ПК-3.11. Использует знания в области новых	ПК-3.11.1. Знает общие свойств магнитных наноматериалов; основные идеи и физические

результатами научных исследований и опытно-конструкторских работ в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта.	наноматериалов при решении научно-исследовательских задач	явления спиновой электроники; основные идеи и физику явлений фотоники и магноники. ПК-3.11.2. Умеет объяснить особенности свойств магнитных наноматериалов. ПК-3.11.3. Владеет навыками свободного обращения с современными прикладными компьютерными программами для решения задач в области спинтроники, фотоники, магноники
	ПК-3.12. Проводит научные исследования в избранной области физических исследований	ПК-3.12.1. Знает основные свойства новых полупроводников ПК-3.12.2. Умеет объяснить основные идеи фотоники и магноники ПК-3.12.3. Владеет навыками работы с физическим оборудованием

5. ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Название темы	Краткое содержание темы (вопросы темы)
Раздел 1. Новые магнитные, оптические и полупроводниковые материалы	
Основные понятия магнетизма. Классификация природных магнитных структур.	Основные понятия магнетизма. Классификация природных магнитных структур. Диполь – дипольное, спин – орбитальное и обменное взаимодействия. Пара-, диа- и ферромагнетики; ферримагнетики. Виды взаимодействия в ферромагнетике. Доменные структуры магнетиков.
Магнетики. Магноны.	Магнетики. Магноны. Взаимодействие магнонов. Спиновые волны в магнитных средах: ферромагнетиках, антиферромагнетиках и ферритах. Солитоны в магнетиках (нелинейные спиновые волны). Магнитные полупроводники. Наномагниты. Магнитные свойства изолированных наночастиц и нанокристаллических порошков.
Электромагнитное поле.	Электромагнитное поле. Внутрикристаллическое поле. Метод действующего поля. (Отражение и преломление плоской волны. Элементы теории интерференции и дифракции.)
Экситоны и поляритоны в кристалле. Фотонные кристаллы.	Экситоны и поляритоны в кристалле. Экситонные поляритоны в атомарных криокристаллах. Фотонные кристаллы.

	Перемещение фотонов в кристаллах. Оптические процессы в наноструктурах. Метаматериалы. Оптические свойства изолированных наночастиц и нанокристаллических порошков.
Движение электронов в однородном электрическом поле.	Зонная структура германия, кремния и арсенида галлия. Движение электронов в однородном электрическом поле. Понятие дырки. Мелкие примеси в полупроводниках. Движение в слабом магнитном поле. Концентрация электронов в зоне проводимости и дырок в валентной зоне. Концентрация электронов на примесях. Определение положения химического потенциала в полупроводниках.
Рассеяние на длинноволновых фононах	Релаксационные характеристики пробной частицы. Рассеяние на длинноволновых фононах. Рассеяние на деформационном потенциале акустических фононов (ДАРассеяние). Пьезоакустическое рассеяние (ПАРассеяние). Рассеяние на макрополе оптических фононов (ПО - рассеяние). Рассеяние на деформационном потенциале оптических фононов (ДО-рассеяние). Рассеяние на междолинных фононах. Электрон-электронное рассеяние (е-е-рассеяние). Рассеяние на заряженных примесях.
Диффузионно-дрейфовое приближение. Соотношение Эйнштейна.	Диффузионно-дрейфовое приближение. Соотношение Эйнштейна. Время жизни неравновесных носителей. Уравнение непрерывности. Фотопроводимость. Квазиуровни Ферми. Амбиполярная диффузия и амбиполярный дрейф. Длина дрейфа.
Механизмы поглощения света в полупроводниках.	Механизмы поглощения света в полупроводниках. Поглощение на свободных носителях. Межзонное поглощение света. Экситонные эффекты в поглощении света. Поглощение света в непрямозонных полупроводниках. Эффект Бурштейна-Мосса. Эффект Франца-Келдыша. Примесное поглощение. Решеточное поглощение. Испускание света полупроводниками. Оптические свойства низкоразмерных систем. Гетеропереходы. Квантовые ямы, квантовые провода и квантовые точки. Модуляторы света на квантовых ямах. Фотоприемники на квантовых ямах. Квантово-каскадный лазер.
Контактная разность потенциалов.	Контактная разность потенциалов. Формула Ричарсона-Дэшмана. Контакт Шоттки. Вольт-амперная характеристика контакта Шоттки. Омический контакт.

6. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Форма обучения – очная, курс – 4, семестр – 7

Наименования разделов и тем	Количество часов				
	Лекц.	Лабор.	Практ.	СРС	Всего
Раздел 1. Новые магнитные, оптические и полупроводниковые материалы	39			33	72
Основные понятия магнетизма. Классификация природных магнитных структур.	4			4	8
Магнетики. Магноны.	4			4	8
Электромагнитное поле.	4			4	8
Экситоны и поляритоны в кристалле. Фотонные кристаллы.	4			4	8
Движение электронов в однородном электрическом поле.	4			4	8
Рассеяние на длинноволновых фонах	4			4	8
Диффузионно-дрейфовое приближение. Соотношение Эйнштейна.	5			3	8
Механизмы поглощения света в полупроводниках.	5			3	8
Контактная разность потенциалов.	5			3	8
ИТОГО ПО КОМПОНЕНТУ ОПОП	39			33	72

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

7.1. Контрольные вопросы

Раздел 1

1. Основные понятия магнетизма. Классификация природных магнитных структур. Диполь – дипольное, спин – орбитальное и обменное взаимодействия. Пара-, диа- и ферромагнетики; ферримагнетики. Виды взаимодействия в ферромагнетике. Доменные структуры магнетиков.
2. Магнетики. Магноны. Взаимодействие магнонов. Спиновые волны в магнитных средах: ферромагнетиках, антиферромагнетиках и ферритах. Солитоны в магнетиках (нелинейные спиновые волны). Магнитные полупроводники. Наномагниты. Магнитные свойства изолированных наночастиц и нанокристаллических порошков.
3. Электромагнитное поле. Внутрикристаллическое поле. Метод действующего поля. (Отражение и преломление плоской волны. Элементы теории интерференции и дифракции.)
4. Экситоны и поляритоны в кристалле. Экситонные поляритоны в атомарных кристаллах. Фотонные кристаллы. Перемещение фотонов в кристаллах.
5. Оптические процессы в наноструктурах. Метаматериалы. Оптические свойства изолированных наночастиц и нанокристаллических порошков.
6. Зонная структура германия, кремния и арсенида галлия. Движение электронов в однородном электрическом поле. Понятие дырки. Мелкие примеси в полупроводниках. Движение в слабом магнитном поле. Концентрация электронов в зоне проводимости и дырок в валентной зоне. Концентрация электронов на примесях
7. Определение положения химического потенциала в полупроводниках

8. Релаксационные характеристики пробной частицы. Рассеяние на длинноволновых фононах. Рассеяние на деформационном потенциале акустических фононов (ДА-рассеяние). Пьезоакустическое рассеяние (ПА-рассеяние). Рассеяние на макрополе оптических фононов (ПО - рассеяние). Рассеяние на деформационном потенциале оптических фононов (ДО-рассеяние). Рассеяние на междолинных фононах. Электрон-электронное рассеяние (е-е-рассеяние). Рассеяние на заряженных примесях
9. Диффузионно-дрейфовое приближение. Соотношение Эйнштейна
10. Время жизни неравновесных носителей. Уравнение непрерывности. Фотопроводимость. Квазиуровни Ферми. Амбиполярная диффузия и амбиполярный дрейф. Длина дрейфа
11. Механизмы поглощения света в полупроводниках. Поглощение на свободных носителях. Межзонное поглощение света. Экситонные эффекты в поглощении света
12. Поглощение света в непрямозонных полупроводниках. Эффект Бурштейна-Мосса
13. Эффект Франца-Келдыша. Примесное поглощение. Решеточное поглощение. Испускание света полупроводниками. Оптические свойства низкоразмерных систем. Гетеропереходы. Квантовые ямы, квантовые провода и квантовые точки. Модуляторы света на квантовых ямах. Фотоприемники на квантовых ямах. Квантово-каскадный лазер
14. Контактная разность потенциалов. Формула Ричарсона-Дэшмана. Контакт Шоттки. Вольт-амперная характеристика контакта Шоттки. Омический контакт.

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 7

Номера разделов	Виды работ	Максимальное количество баллов
1	Организационно-учебная работа в аудитории	20
	Самостоятельная работа	10
	Контрольная работа по теоретическому материалу	30
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		зачтено
70-74	D	удовлетворительно	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 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. Новые магнитные, оптические и сверхпроводимые наноматериалы [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие / В. М. Юрченко, С. В. Терехов, Н. П. Иваницын, Т. Н. Мельник ; ГОУ ВПО "Донецкий национальный университет". - Донецк : ДонГУ, 2019. - Электронные текстовые данные (1 файл).
2. Агранович, В. М. Кристаллооптика с учетом пространственной дисперсии и теория экситонов : [монография] / В. М. Агранович, В. Л. Гинзбург. - 2 изд. - Москва : Наука, 1979. - 432 с.
3. Ярив, А. Оптические волны в кристаллах / А. Ярив, П. Юх ; Пер. с англ. С. Г. Кривошлыкова, Н. И. Петрова ; Под ред. И. Н. Сисакяна. - М. : Мир, 1987. - 616 с
4. 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

11.2. Дополнительная литература

1. Ашкрофт Н. Физика твердого тела. Т. 1 / Н. Ашкрофт, Н. Мермин ; Пер. с англ. А. С. Михайлова ; Под ред. М. И. Каганова. - М. : Мир, 1979. - 399 с.
2. Ашкрофт Н. Физика твердого тела. Т. 2 / Н. Ашкрофт, Н. Мермин ; Пер. с англ. А. С. Михайлова ; Под ред. М. И. Каганова. - М. : Мир, 1979. - 422 с.
3. Абрикосов, А. А. Основы теории металлов : [учебное пособие] / А. А. Абрикосов ; [под ред. Л. А. Фальковского]. - 2-е изд. - Москва : Физматлит, 2010. - 598 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).