

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«Приднестровский государственный университет им. Т. Г. Шевченко»

Физико-технического институт
Физико-математический факультет

Кафедра фундаментальной физики, электроники и систем связи



Директор физико-технического института

Калошин Д. Н.

2022 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

на 2025–2026 учебный год

Учебной ДИСЦИПЛИНЫ

«Физика многослойных структур»

Направление подготовки:

03.03.02 – Физика

Профиль подготовки:

Физическое образование в школе

Год набора: **2022**

Квалификация выпускника

Бакалавр

Форма обучения:

Очная

Тирасполь, 2024

Рабочая программа дисциплины **Б1.В.ДВ.04.01 «Физика многослойных структур»** разработана в соответствии с требованиями Государственного образовательного стандарта ВО по направлению подготовки 03.03.02 «Физика» и основной профессиональной образовательной программы (учебного плана) по профилю подготовки «Физическое образование в школе».

Составитель рабочей программы
профессор

 Берил С. И.

Рабочая программа утверждена на заседании кафедры фундаментальной физики, электроники и систем связи «30» августа 2024 г. протокол № 1

Зав. кафедрой, отвечающей за реализацию дисциплины

«30» 08 2024 г.  Берил С. И., профессор, д-р ф.-м. наук

Зав. выпускающей кафедрой фундаментальной физики, электроники и систем связи

«30» 08 2024 г.  Берил С. И., профессор, д-р ф.-м. наук

1. Цели и задачи дисциплины

Целями освоения дисциплины «Физика многослойных структур» являются:

– качественные знания новейших достижений физики многослойных структур, их роли и значения в развитии науки, техники и технологии, применения в производстве современных материалов и устройств нанوفизики и нанoeлектроники.

Задачами курса являются:

– освоение самостоятельного поиска информации по основным направлениям развития физики многослойных структур применения ее новейших достижений в промышленности и науке.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.ДВ.04.01 «Физика многослойных структур» относится к дисциплинам по выбору вариативной части учебного плана для направления подготовки 03.03.02 – *Физика*.

3. Требования к результатам освоения дисциплины

Изучение дисциплины направлено на формирование компетенций, приведенных в таблице ниже

Категория компетенций	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения универсальной компетенции
Универсальные компетенции и индикаторы их достижения		
Системное и критическое мышление	УК-1. Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	ИД-1 _{УК-1} : знает: - методики поиска, сбора и обработки информации; - актуальные российские и зарубежные источники информации в сфере профессиональной деятельности; - метод системного анализа. ИД-2 _{УК-1} : умеет: - применять методики поиска, сбора и обработки информации; - осуществлять критический анализ и синтез информации, полученной из разных источников; - применять системный подход для решения поставленных задач. ИД-3 _{УК-1} : владеет: - методами поиска, сбора и обработки, критического анализа и синтеза информации; - методикой системного подхода для решения поставленных задач.
Разработка и реализация проектов	УК-2. Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их	ИД-1 _{УК-2} : знает: - виды ресурсов и ограничений для решения профессиональных задач; - основные методы оценки разных способов решения задач; - действующее законодательство и правовые нормы, регулирующие профессиональную деятельность.

	решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений	ИД-2_{УК-2}: умеет: - проводить анализ поставленной цели и формулировать задачи, которые необходимо решить для ее достижения; - анализировать альтернативные варианты для достижения намеченных результатов; - использовать нормативно-правовую документацию в сфере профессиональной деятельности. ИД-3_{УК-2}: владеет: - методиками разработки цели и задач проекта; - методами оценки потребности в ресурсах, продолжительности и стоимости проекта; - навыками работы с нормативно-правовой документацией.
Профессиональные компетенции и индикаторы их достижения		
	ПК-6. Способен проводить научные исследования в области физики и связанных с ней видах деятельности.	ИД-1_{ПК-6}: - обрабатывает и анализирует научно-техническую информацию и результаты исследований; ИД-2_{ПК-6}: - выполняет эксперименты и оформляет результаты исследований и разработок; ИД-3_{ПК-6}: - подготавливает элементы документации, проектов планов и программ проведения отдельных этапов работ.

4. Структура и содержание дисциплины (модуля)

4.1. Распределение трудоемкости в з. е. / часах по видам аудиторной и самостоятельной работы студентов по семестрам

Се- мestr	Количество часов						Форма итог. контроля
	Трудо- емкость, з. е. / часы	В том числе					
		Аудиторных				Сам. работа	
		Всего	Лекций	Лаб. раб.	Практ. занятия		
7	3/108	80	34	—	46	28	Зачет с оценкой

4.2. Распределение видов учебной работы и их трудоемкости по разделам дисциплины

№ раз- дела	Наименование разделов	Количество часов				
		Всего	Аудиторная работа			Внеауд. работа (СР)
			Л	ПЗ	ЛР	
1	Введение в физику многослойных структур.	38	16	10		12
2	Основы современной физики многослойных структур.	70	18	36		16
Итого:		108	34	46		28

4.3. Тематический план по видам учебной деятельности

Лекции

№ п/п	Раздел дисциплины	Объем часов	Тема лекции	Учебно- наглядные пособия
Введение в физику многослойных структур				
1	I	2	Идеальная поверхность.	Учебно- методическое пособие
2		2	Методы исследования поверхностей.	
3		2	Элементарная теория состояния Тамма.	
4		2	Особенности проявления таммовских состояний.	
5		2	Методы исследования таммовских состояний.	
6			Элементарная теория автоэлектронной эмиссии.	
7		2	Адсорбция.	
8		2	Тонкие полупроводниковые пленки.	
Итого по разделу часов		16		
Основы современной физики многослойных структур				
9	II	2	Метод туннельной спектроскопии.	Учебно- методическое пособие
10		2	Двумерный электронный газ на поверхности полупроводника.	
11		2	Квантовый эффект Холла.	
12		2	Полупроводниковые многослойные структуры.	
13		2	Композиционные сверхрешетки. Легированные сверхрешетки.	
14		2	Энергетический спектр сверхрешеток и их свойства.	
15		2	Теория Бардина–Купера–Шриффера.	
16		2	Теория биполяронов.	
17		2	Перспективы микроэлектроники.	
Итого по разделу часов		18		
Итого:		34		

Практические и семинарские занятия

№ п/п	Раздел дисциплины	Объем часов	Тема практического занятия	Учебно- наглядные пособия
Введение в физику многослойных структур				
1	I	2	Методы исследования поверхностей.	Учебно- методическое пособие
2		2	Методы исследования таммовских состояний.	
3		2	Элементарная теория автоэлектронной эмиссии.	
4		2	Адсорбция.	
5		2	Тонкие полупроводниковые пленки.	
Итого по разделу часов		10		
Основы современной физики многослойных структур				
6	II	2	Экспериментальное обнаружение квантового размерного эффекта.	Учебно- методическое пособие
7		2	Определение параметров энергетического спектра электронов.	

8		2	Метод туннельной спектроскопии.
9		2	Магнитное квантование в условиях квантового размерного эффекта.
10		2	Двумерный электронный газ на поверхности полупроводника.
11		2	Условия квантования спектра электронов в слоях пространственного заряда.
12		2	Энергетический спектр электронов в области пространственного заряда в условиях КРЭ.
13		2	Квантовый эффект Холла.
14		2	КРЭ в одиночных квантовых ямах.
15		2	Свойства двумерного электронного газа в гетеропереходах.
16		2	Полупроводниковые многослойные структуры.
17		2	Композиционные сверхрешетки.
18		2	Легированные сверхрешетки.
19		2	Технология получения сверхрешеток.
20		2	Энергетический спектр сверхрешеток и их свойства.
21		2	Теория Бардина–Купера–Шриффера.
22		2	Теория биполяронов.
23		2	Перспективы микроэлектроники.
Итого по разделу часов		36	
Итого:		46	

Самостоятельная работа студента

№ п/п	Раздел дисципли- ны	Объем часов	Тема и вид СРС
Введение в физику многослойных структур			
1	I	2	Идеальная поверхность. Свойства поверхности (<i>ИДЛ</i>).
2		2	Элементарная теория состояния Тамма (<i>ИДЛ</i>).
3		2	Методы исследования таммовских состояний (<i>ИДЛ</i>).
4		2	Элементарная теория автоэлектронной эмиссии (<i>ИДЛ</i>).
5		2	Адсорбция (<i>ИДЛ</i>).
6		2	Тонкие полупроводниковые пленки (<i>ИДЛ</i>).
Итого по разделу часов		12	
Основы современной физики многослойных структур			
7	II	2	Экспериментальное обнаружение квантового размерного эффекта (<i>ИДЛ</i>).
8		2	Двумерный электронный газ на поверхности полупроводника (<i>ИДЛ</i>).
9		2	Условия квантования спектра электронов в слоях пространственного заряда (<i>ИДЛ</i>).
10		2	КРЭ в одиночных квантовых ямах (<i>ИДЛ</i>).
11		2	Свойства двумерного электронного газа в гетеропереходах (<i>ИДЛ</i>).

12		2	Технология получения сверхрешеток <i>(ИДЛ)</i> .
13		2	Теория Бардина–Купера–Шриффера <i>(ИДЛ)</i> .
14		2	Теория биполяронов <i>(ИДЛ)</i> .
Итого по разделу часов		16	
Итого:		28	

Примечание: ДЗ – домашнее задание; СИТ – самостоятельное изучение темы, ИДЛ – изучение дополнительной литературы.

5. Курсовые работы не предусмотрены.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

6.1. Обеспечение обучающихся учебниками, учебными пособиями

№ п/п	Наименование учебника, учебного пособия	Автор	Год издания	Кол-во экз.	Электронная версия	Место размещения электронной версии
Основная литература						
1	Физика полупроводниковых наноструктур: учебное пособие	Борисенко С. И.	2010	1	+	https://thelib.net/1729236-fizika-poluprovodnikov-yh-nanostruktur.html
2	Физика наноструктур. Учебное пособие	Федоров А.В. и др.	2014	1	+	https://books.ifmo.ru/file/pdf/1643.pdf
Дополнительная литература						
1	Электродинамика многослойных цилиндрических направляющих	Мительман Ю. Е.	2013	1	+	https://fileskachat.com/view/95694_6e923945f29e75acabc1180c792259b1.html
2	Полупроводниковые сверхрешетки: Пер. с англ.	Херман М.	1989	1	+	https://libcats.org/dl/750153/6eae83
3	Основы анализа поверхности и тонких пленок	Фельдман Л., Майер Д.	1989	1	+	https://booksee.org/dl/542020/16696e
4	Электронная микроскопия тонких кристаллов	Хирш П.	1968	1	+	https://djvu.online/download1/y9dCddmQfvL1M
Итого по дисциплине: % печатных изданий – 100; % электронных – 100						

6.2. Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

<https://fizika.sgu.ru/ru/articles/issledovanie-mnogosloynnyh-struktur-na-osnove-plenok-lengmyura-blodzhett-soderzhashchih>
<https://www.magn.ru/diploma/Mukhin.pdf>
<http://www.ipmr.ru/upload/iblock/007/uqze1fyvfkha9634xx2yfj43cifamxig.pdf>
<https://earchive.tpu.ru/bitstream/11683/75533/1/TPU1462409.pdf>

6.3. Методические указания и материалы по видам занятий

1. Берил С. И., Старчук А. С. Физика многослойных структур: Учебно-методическое пособие. – Тирасполь: Изд-во Приднестр. ун-та, 2011. – 184 с. – (в обл.).
2. Берил С. И., Старчук А. С. Физика многослойных структур. Ч. 1: Методические указания к решению задач. – Тирасполь: Изд-во Приднестр. ун-та, 2010. – 16 с. (в обл.).
3. Оптические свойства многослойных пленочных структур $\text{BaTiO}_3/\text{SiO}_2$, сформированных золь-гель-методом // ФТТ. – 2019. – Т. 61. – вып. 3. – С. 528–532
4. Попов Н. Л., Успенский Ю. А. и др. Определение параметров многослойных наноструктур с помощью двухволновой рентгеновской рефлектометрии // ФТП. – 2003. – Т. 37. – Вып. 6. – С. 700–705.
5. Лозовик Ю. Е., Меркулова С. П., Соколик А. А. Коллективные электронные явления в графене // УФН. – 2008. – Т. 178. – № 7. – С. 757–776.
6. Литинский А. О., Та Динь Хиен. Энергетический спектр электронов наночастиц графеноводородов и боронитридоводородов с дефектами взаимоструктурного замещения // Наноструктуры. Математическая физика и моделирование. – 2011. – Т. 4. – № 1. – С. 23–31.
7. Леденцов Н. Н. и др. Гетероструктуры с квантовыми точками: получение, свойства, лазеры // ФТП. – 1998. – Т. 32. – № 4. – С. 385.
8. Аронзон Б. А., Варфоломеев А. Е., Ковалев Д. Ю. и др. Проводимость, магнитосопротивление и эффект Холла в гранулированных пленках Fe-SiOr // ФТТ. – 1999. – Т. 41. – Вып. 6. – С. 944–950.

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Реализация данной учебной дисциплины осуществляется с использованием материально-технической базы, обеспечивающей проведение всех видов учебных занятий, предусмотренных программой учебной дисциплины и соответствующей действующим санитарным и противопожарным правилам и нормам.

8. Методические рекомендации по освоению дисциплины

Студентам рекомендуется посещать все занятия и вести подробный конспект; работать с основной и дополнительной литературой, пользоваться Интернет-ресурсами. Студент обязан в полном объеме использовать время самостоятельной работы, предусмотренное настоящей рабочей программой, для изучения соответствующих разделов дисциплины, и своевременно обращаться к преподавателю в случае возникновения затруднений при выполнении самостоятельной работы.

9. Технологическая карта дисциплины

Курс IV, группа ФМ21ДР62ФИ1 (407)

семестр 7, 2024-2025 учебный год

Преподаватель-лектор: проф. Берил С. И.

Преподаватель, ведущий практические занятия: проф. Берил С. И.

Кафедра Фундаментальной физики, электроники и систем связи