

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ  
МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ, НАУКИ, КУЛЬТУРЫ И СПОРТА РА  
ГОУ ВПО РОССИЙСКО-АРМЯНСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

Составлена в соответствии с федеральными  
Государственными требованиями к структуре  
основной профессиональной образовательной  
программы послевузовского профессионального  
образования (аспирантура)

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по науке

П.С. Аветисян

« 23 » апреля 2025 г.

Институт: Инженерно-Физический  
Кафедра: Общей физики и квантовых наноструктур

Учебная программа подготовки аспиранта и соискателя  
ДИСЦИПЛИНА: 2.1.9.3 Современные методы математической физики

1.3.11  
-Шифр

Физика полупроводников

наименование научной специальности

Программа одобрена на заседании  
кафедры

протокол № 06 от 18 апреля 2025 г.

Утверждена Ученым Советом ИФИ

протокол № 05 от 30 апреля 2025 г.

Заведующий кафедрой

д-р физ.-мат. наук, доц. Д.Б. Айрапетян

И.О.Ф, ученая степень, звание

Разработчик программы

д-р физ.-мат. наук, проф. Саркисян А.А.

И.О.Ф, ученая степень, звание

Ереван 2025

## **Общие положения**

Настоящая рабочая программа обязательной дисциплины (модуля) **«Современные методы математической физики»** образовательной программы послевузовского профессионального образования (ООП ППО) ориентирована на аспирантов университета, уже прослушавших общие и специальные курсы по математическому анализу, аналитической геометрии, линейной алгебре, теоретической физике, математической физике, комплексному анализу.

### **1. Цели изучения дисциплины (модуля)**

Целью изучения дисциплины **«Современные методы математической физики»** является ознакомление аспирантов специализирующихся в области полупроводниковой наноэлектроники с элементами геометрии на кривых поверхностях. Благодаря экспериментальной реализации таких наноструктур как нанотрубки, фуллерены, квантовые нанослои актуальными стали квантомеханические твердотельные задачи описывающие поведение носителей заряда на кривых поверхностях. В рамках планируемых лекций предусмотрено ознакомить аспирантов с методами решения уравнений Шредингера на цилиндрических и сферических поверхностях, особенностям спин-орбитального взаимодействия при учете кривизны поверхности и т.д..

Дисциплина **«Современные методы математической физики»** относится к циклу **элективных дисциплин и входит в состав образовательной составляющей учебного плана по направлению обучения в аспирантуре по специальности 01.04.10 Физика полупроводников.**

### **2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля)**

Аспирант должен

#### **-Знать:**

- дифференциальное и интегральное исчисление;
- аналитическую геометрию и линейную алгебру;
- элементы комплексного анализа;
- основные положения квантовой механики.

**- Уметь:**

- дифференцировать и интегрировать в криволинейных координатах;
- строить коэффициенты Ламэ в сферических и цилиндрических координатах;
- решать уравнение Шредингера в криволинейных системах.

**- Владеть:**

- Аппаратом решения уравнений математической физики;
- Аппаратом точного и приближенных методов решения квантомеханических задач.

### 3. Объем дисциплины (модуля) и количество учебных часов

Вид учебной работы	Кол-во зачетных единиц*/уч.часов
Аудиторные занятия	1/26
Лекции (минимальный объем теоретических знаний)	8
Семинар	18
Практические занятия	-
Другие виды учебной работы (авторский курс, учитывающий результаты исследований научных школ Университета, в т.ч. региональных)	-
Формы текущего контроля успеваемости аспирантов	-
Внеаудиторные занятия:	-
Самостоятельная работа аспиранта	10
<b>ИТОГО</b>	<b>36</b>
Вид итогового контроля	Составляющая экзамена кандидатского минимума <b>зачет</b>

### 4. Содержание дисциплины (модуля)

#### 4.1 Содержание лекционных занятий

№ п/п	Содержание	Кол-во уч.часов
1	Криволинейные координаты. Прямое и обратное преобразования координат.	2
2	Коэффициенты Ламэ. Якобиан преобразования в криволинейных координатах.	2
3	Уравнение Шредингера в сферических, цилиндрических, параболических и эллиптических координатах.	1

4	Представление Лапласиана с учетом кривизны пространства. Одночастичное уравнение Шредингера на цилиндрической и сферической поверхностях.	2
5	Спин-орбитальное взаимодействие с учетом кривизны пространства. Гамильтониан Рашбы на сферической и цилиндрической поверхностях	1
Всего:		6

#### 4.2 Семинарские занятия

№ п/п	Содержание	Кол-во уч. часов
1	Координатные линии, координатные поверхности, ортогональные координаты.	3
2	Способы задания гладкой дуги. Локальные координаты $R^n$ .	3
3	Кривизна поверхности. Метрический тензор.	3
4	Уравнение Шредингера в сферических, цилиндрических, параболических и эллиптических координатах.	3
5	Представление Лапласиана с учетом кривизны пространства. Одночастичное уравнение Шредингера на цилиндрической и сферической поверхностях.	3
6	Спин-орбитальное взаимодействие с учетом кривизны пространства. Гамильтониан Рашбы на сферической и цилиндрической поверхностях	3
Всего:		18

#### 4.3 Практические занятия

*Практические занятия не предусмотрены учебным планом*

#### 4.4 Другие виды учебной работы

*Другие виды учебной работы не предусмотрены учебным планом*

#### 4.5 Самостоятельная работа аспиранта

№ п/п	Виды самостоятельной работы	Кол-во уч. часов
1	Ознакомление с учебной и обзорной литературой.	2
2	Усвоение методов решения одночастичных задач на кривых пространствах.	3
3	Детальный анализ квантомеханического поведения частицы на сферических и цилиндрических поверхностях.	3
4	Усвоение навыков оформления научных статей.	2
Всего:		10

## 5 Перечень контрольных мероприятий и вопросы к экзаменам кандидатского минимума

*Перечень вопросов к экзаменам кандидатского минимума:*

1. Сферические координаты. Якобиан преобразования в сферических координатах.

2. Цилиндрические координаты. Якобиан преобразования в цилиндрических координатах.
3. Координатные поверхности и координатные линии в сферических координатах.
4. Координатные поверхности и координатные линии в цилиндрических координатах.
5. Коэффициенты Ламэ и набла-оператор в сферических координатах.
6. Коэффициенты Ламэ и набла-оператор в цилиндрических координатах.
7. Вычисление длины дуги на кривой поверхности.
8. Применение метода разделения переменных к уравнению Шредингера в криволинейных координатах (сферической, цилиндрической, параболической, эллиптической).
9. Одночастичное уравнение Шредингера на сферической поверхности.
10. Одночастичное уравнение Шредингера на сферической поверхности.
11. Спин-орбитальное взаимодействие на кривых поверхностях.

## **6 Образовательные технологии**

В процессе обучения применяются следующие образовательные технологии:

1. Сопровождение лекций показом визуального материала.
2. Проведение лекций с использованием интерактивных методов обучения.

## **7 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)**

Учебно-методические и библиотечно-информационные ресурсы обеспечивают учебный процесс и гарантируют качественное освоение аспирантом образовательной программы. Университет располагает обширной библиотекой, включающей научную литературу по физике, научные журналы и труды научно-практических конференций по основополагающим проблемам науки и практики управления.

### **7.1. Основная литература:**

- С. П. Новиков, А. Т. Фоменко. Элементы дифференциальной геометрии и топологии. Москва, Наука, (1987).
- П.К. Рашевский, Риманова геометрия и тензорный анализ, Москва, Наука (1967).
- Речкалов В.Г. Векторная и тензорная алгебра для будущих физиков и техников. Челябинск: ИИУМЦ Образование (2008).

- Энциклопедия ЮНЕСКО “Нанонаука и нанотехнологии”. Изд. Магистр-пресс, Москва (2011).
- В.М. Галицкий, Б.М. Карнаков, В.И. Коган, Задачи по квантовой механике, Изд. Наука, Москва (1981).

## **7.2. Дополнительная литература**

- А.А. Саркисян, В.В. Эвоян, К.П. Саакян. Элементы математического аппарата теоретической физики, Ереван, Издательство РАУ (2009).
- L.I. Magarill, A.V. Chaplik, M.V. Entin, “Spectrum and kinetics of electrons in curved nanostructures”, Physics Uspekhi, Volume 48, Issue 9, pp. 953-958 (2005).
- И.В. Савельев, Основы теоретической физики, Изд. Наука, Москва (1991).

## **7.3. Интернет-ресурсы**

1. <http://www.scholar.google.com>
2. <http://adsabs.harvard.edu>
3. <http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/mathematics/difgeometry.htm>

## **8 Материально-техническое обеспечение**

Кафедра располагает соответствующим компьютерным оборудованием позволяющим проводить численные расчеты. Можно также использовать компьютерный кластер кафедры теоретической физики ЕГУ.