

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ  
МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ, НАУКИ, КУЛЬТУРЫ И СПОРТА РА  
Г О У В П О Р О С С И Й С К О - А Р М Я Н С К И Й  
У Н И В Е Р С И Т Е Т

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

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по науке

П.С. Аветисян

« 30 » апреля 2025 г.

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

Учебная программа подготовки аспиранта и соискателя  
ДИСЦИПЛИНА: 2.1.8.1 Современные вопросы квантовой механики

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

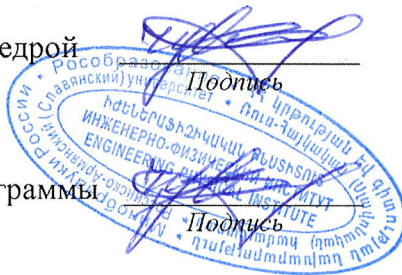
д-р. физ.-мат. наук, доц. Д.Б. Айрапетян

И.О.Ф., ученая степень, звание

Разработчик программы

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

И.О.Ф., ученая степень, звание



Ереван 2025

## **Общие положения**

Настоящая рабочая программа обязательной дисциплины **«Современные вопросы квантовой механики»** образовательной программы послевузовского профессионального образования (ООП ППО) ориентирована на аспирантов университета, уже прослушавших курсы по электродинамике, квантовой механике, тензорной алгебре и анализу, математической физике.

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

Целью изучения дисциплины **«Современные вопросы квантовой механики»** - является ознакомление аспирантов с современными методами решения одночастичных и многочастичных квантомеханических задач. Представлены примеры решения многопараметрических уравнений Шредингера в рамках вариационного, адиабатического методов, теории возмущений с учетом вырождения уровней, метода Боголюбова. Обсуждаются также вопросы, связанные с эффектами скрытой симметрии в ряде квантовых систем.

Дисциплина **«Современные вопросы квантовой механики»** 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:**

- методы решения уравнений математической физики;
- теорию атома водорода в низкоразмерных структурах

#### **- Уметь:**

- применять различные приближенные методы решения уравнения Шредингера;
- на основе простых вычислений давать численные оценки для различных физических параметров (энергия, сила осцилляторов, частота переходов и т.п.) квантовых систем.

**- Владеть:**

- владеть аппаратом стационарного и нестационарного адиабатического приближения.

**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	Вариационный метод определения энергии квантовой системы.	2
2	Задача атома водорода в электрическом поле (параболические координаты).	2
3	Геометрическая адиабатика. Задача сильно вытянутой эллиптической ямы. Слоистые наноструктуры.	2
4	Скрытая симметрия атома водорода. Квантовый аналог вектора Рунге-Ленца. Группа $O(4)$ .	2
Всего:		8

*4.2 Семинарские занятия*

№ п/п	Содержание	Кол-во уч.часов
1	Атом водорода в параболической трехмерной яме.	3

2	Теория возмущений при наличии вырождения.	3
3	Теория возмущений для близких уровней. Штарк-эффект для близких уровней.	3
4	Адиабатическое описание атома водорода в сильном магнитном поле.	3
5	Скрытая симметрия сферического осциллятора. Группа $U(3)$ .	3
6	Связь симметрии с правилами отбора для квантовых переходов.	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 научной литературой.	2
2	Усвоение различных приближенных методов квантомеханических задач как в отсутствие так и при наличии внешних полей.	3
3	Всесторонний качественный и количественный анализ полученных физических результатов.	3
4	Приобретение навыков вычисления степени вырождения энергетических уровней различных квантомеханических систем.	2
Всего:		10

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

Перечень вопросов к экзаменам кандидатского минимума:

1. Вариационный метод решения уравнения Шредингера. Поиск пробных вариационных функций.
2. Определение основного уровня атома водорода в параболической квантовой яме.
3. Теория возмущений для вырожденных состояний. Секулярное уравнение.
4. Линейный эффект Штарка для атома водорода.
5. Эффект Штарка для близких уровней.
6. Грубое адиабатическое приближение. Быстрая и медленная подсистемы.
7. Атом водорода в сильном магнитном поле.
8. Электрон в сильно вытянутой эллиптической яме. Геометрическая адиабатика.
9. Сферический и цилиндрический квантовые слои. Приближение пространственного и плоского ротаторов.
10. Задача атома водорода в параболических координатах. Главное квантовое число.

11. Симметрия гамильтониана атома водорода. Порядок вырождения уровней атома водорода.
12. Гамильтониан сферического осциллятора. Порядок вырождения уровней энергии сферического осциллятора.

## **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:**

- Sewell, G., 2021. Quantum mechanics and its emergent macrophysics. Princeton University Press.
- Pastras, G., 2020. Applications in Quantum Mechanics. In The Weierstrass Elliptic Function and Applications in Classical and Quantum Mechanics (pp. 57-69). Springer, Cham.
- Dürr, D. and Lazarovici, D., 2020. Understanding quantum mechanics: The world according to modern quantum foundations. Springer Nature.
- Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц, Квантовая механика, Москва, Наука (1989).
- А.С. Давыдов. Квантовая механика, Изд. Наука, Москва (1973).
- Г. Бете Квантовая механика. Москва, Мир (1965).
- S. Flugge. Practical Quantum Mechanics Part 2. Springer, Germany (1971).
- В.М. Галицкий, Б.М. Карнаков, В.И. Коган, Задачи по квантовой механике, Изд. Наука, Москва (1981).
- П.А.М. Дирак, Принципы квантовой механики, Москва, Наука (1979).

### **7.2. Дополнительная литература**

- И.И. Гольдман, В.Д. Кривченков, Сборник задач по квантовой механике. Москва, ГИТТЛ, (1957).
- И.В. Савельев, Основы теоретической физики, Изд. Наука, Москва (1991).
- А.А.Соколов, И.М. Тернов, В.Ч. Жуковский, Квантовая механика. Москва, Наука (1979).

### **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.