

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  
« 12 » 06 2024 г.

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

Учебная программа подготовки аспиранта и соискателя  
ДИСЦИПЛИНА: 2.1.1 Оптические свойства размерно-квантованных систем

1.3.11  
-Шифр

Физика полупроводников  
наименование научной специальности

Программа одобрена на заседании  
кафедры

протокол № 11 от 07 июня 2024 г.

Утверждена Ученым Советом ИФИ

протокол № 38 от 11 июня 2024 г.

Заведующий кафедрой

канд. физ.-мат. наук, доц. Д.Б. Айрапетян  
И.О.Ф, ученая степень, звание

Разработчик программы

канд. физ.-мат. наук, доц. Д.Б. Айрапетян  
И.О.Ф, ученая степень, звание



Ереван 2024

## **Общие положения**

Настоящая рабочая программа обязательной дисциплины «**Оптические свойства размерно-квантованных систем**» образовательной программы послевузовского профессионального образования (ООП ППО) ориентирована на аспирантов университета, уже прослушавших курс оптики и электродинамики в рамках «Курса общей физики», основы теоретической физики, физики полупроводников, квантовой теории твердого тела.

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

Целью изучения дисциплины «**Оптические свойства размерно-квантованных систем**» является ознакомление с современной теорией межзонного и внутризонного поглощения света в размерно-квантованных полупроводниковых системах. Тема лекций является актуальными и охватывают большой класс теоретических и прикладных задач.

Дисциплина «**Оптические свойства размерно-квантованных систем**» относится к циклу обязательных 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:**

- основы электродинамик сплошных сред;
- основы квантовой механики и в частности, теорию квантовых переходов;
- основы физики полупроводниковых наноструктур.

#### **- Уметь:**

- решать одночастичные уравнения Шредингера для наноструктур различных размерностей;
- для анализа спектров поглощения наноструктур аспирант должен свободно пользоваться различными пакетами численного моделирования и описания наноструктур;

- осуществлять детальный анализ полученных спектров межзонного и внутризонного поглощения.

**- Владеть:**

- основами квантовой механики
- основами физики твердого тела
- основами физики полупроводниковых наноструктур

### 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	Классификация гетероструктур	1
2	Общие соотношения для коэффициента поглощения в одноэлектронном приближении	1
3	Внутризонные оптические переходы в квантовых ямах	1
4	Межподзонные переходы электронов	1
5	Влияние электрического поля на спектр внутризонного поглощения	1
6	Фотоионизация квантовых ям	0.5
7	Межподзонные переходы дырок	0.5

8	Внутриподзонное поглощение света	0.5
9	Оптические переходы между минизонами в сверхрешетках	1
10	Межзонные оптические переходы в квантовых ямах	0.5
Всего:		8

#### 4.2 Семинарские занятия

№ п/п	Содержание	Кол-во уч. часов
1	Рассмотрение типов гетероструктур	1
2	Расчет коэффициента поглощения в одноэлектронном приближении	1
3	Расчет внутризонного поглощения для квантовых ям	2
4	Расчет межподзонных переходов для электронов в квантовых точках	2
5	Рассмотрение влияния электрического поля на спектр внутризонного поглощения	2
6	Расчет фотоионизации для симметричной и асимметричной квантовых ям	2
7	Расчет межподзонных переходов тяжелых дырок в квантовых точках	2
8	Расчет внутриподзонного поглощения света	2
9	Рассмотрение оптических переходов между минизонами в сверхрешетках	2
10	Расчет межзонного оптического поглощения для квантовых ям	2
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 методов расчета коэффициентов поглощения при различных квантовых переходах.	2
3	Усвоение методов графической иллюстрации спектров оптического поглощения с помощью программы Mathematica 6.0	2
4	Всесторонний качественный и количественный анализ полученных физических результатов.	2
5	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. Уравнения Максвелла. Волновое уравнение.

2. Поглощение, отражение и испускание света диэлектриками и полупроводниками.
3. Коэффициент поглощения и мнимая часть диэлектрической проницаемости.
4. Оптические свойства твердых тел обусловленные прямыми и не прямыми межзонными переходами.
5. Плотность комбинированных состояний для систем с различной размерностью.
6. Межзонные переходы в квантовых ямах.
7. Межзонное поглощение в квантовых проволоках.
8. Межзонное поглощение в квантовых точках.
9. Влияние внешнего магнитного поля на характер межзонного поглощения в квантовой яме.
10. Электропоглощение в квантовой точке.
11. Эффект Франца-Келдыша.
12. Фотоионизация квантовой ямы.
13. Внутризонные переходы в квантовых ямах.
14. Поглощение в сверхрешетках.

## **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:**

- Ramiro, I., Kundu, B., Dalmases, M., Özdemir, O., Pedrosa, M. and Konstantatos, G., 2020. Size-and temperature-dependent intraband optical properties of heavily n-doped pbs colloidal quantum dot solid-state films. ACS nano, 14(6), pp.7161-7169.

- Nasa, S. and Purohit, S.P., 2020. Linear and third order nonlinear optical properties of GaAs quantum dot in terahertz region. *Physica E: Low-Dimensional Systems and Nanostructures*, 118, p.113913.
- Elamathi, M., John Peter, A. and Lee, C.W., 2020. Pressure-dependent nonlinear optical properties in a group III–V/II–VI core/shell quantum dot. *Phase Transitions*, pp.1-13.
- Ji, B., Koley, S., Slobodkin, I., Remennik, S. and Banin, U., 2020. ZnSe/ZnS core/shell quantum dots with superior optical properties through thermodynamic shell growth. *Nano letters*, 20(4), pp.2387-2395.
- Kirak, M. and Yilmaz, S., 2020. Electronic and optical properties of double ring-shaped quantum dot. *Journal of Nanophotonics*, 14(1), p.016013.
- Shriram, S.R., Gazi, S.A., Kumar, R., Saha, J., Panda, D., Mandal, A. and Chakrabarti, S., 2020, April. Study on optical properties and strain distribution of InAs/InGaAs sub-monolayer quantum dot heterostructure with multiple stacking layers. In *Nanophotonics VIII* (Vol. 11345, p. 113452X). International Society for Optics and Photonics.
- Molaei, M.J., 2020. The optical properties and solar energy conversion applications of carbon quantum dots: A review. *Solar Energy*, 196, pp.549-566.
- Л.Е. Воробьев, Л.Е. Голуб, С.И. Данилов, Е.Л. Ивченко, Д.А. Фирсов, В.А. Шалыгин, *Оптические явления в полупроводниковых квантово-размерных структурах*. Издательство СИБГТУ, Санкт-Петербург (2000).
- А.И. Ансельм, *Введение в теорию полупроводников*, Изд. Наука, Москва (1978).
- Э.М. Казарян, С.Г. Петросян, *Физические основы наноэлектроники* (на армянском языке). Изд. РАУ, Ереван (2005).
- Fu Ying, Qui Min. *Optical properties of nanostructures*, Pan Stanford Publishing (2011).
- M.L. Sadowski, M. Potemski, M. Grynberg. *Optical Properties of Semiconductor Nanostructures*. Springer (2000)
- В.П. Драгунов, И.Г. Неизвестный, В.А. Гридчин, *Основы наноэлектроники*. Изд. НГТУ, Новосибирск (2004).

## 7.2. Дополнительная литература

- В.М. Галицкий, Б.М. Карнаков, В.И. Коган, *Задачи по квантовой механике*, Изд. Наука, Москва (1981).
- Л. Ландау, Е. Лифшиц, *Квантовая механика*, Наука, Москва (1989).
- S. Flugge. *Practical Quantum Mechanics Part 2*. Springer, Germany (1971).
- Энциклопедия ЮНЕСКО “Нанонаука и нанотехнологии”. Изд. Магистр-пресс, Москва (2011).

## 7.3. Интернет-ресурсы

- <http://www.nature.com/srep/index.html>
- <http://www.scholar.google.com>

- <http://bookboon.com/en/textbooks/nanotechnology>
- <http://www.e-booksdirectory.com/listing.php?category=238>
- <http://www.glennfishbine.com/course.htm>
- <http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/physics/quantum.htm>
- <http://www.nanotech-now.com/nanotechnology-books.htm>
- [http://www.nnin.org/nnin\\_edu.html](http://www.nnin.org/nnin_edu.html)
- <http://www.nist.gov/nanotechnology-portal.cfm>
- <http://www.nanowerk.com/>

## **8 Материально-техническое обеспечение**

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