

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  
И.С. Аветисян  
« 30 » Апрель 2025г.

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

Учебная программа подготовки аспиранта и соискателя  
ДИСЦИПЛИНА: 2.1.8.3 Специальные вопросы физики  
полупроводников

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 **«Специальные вопросы физики полупроводников»** образовательной программы послевузовского профессионального образования (ООП ППО) ориентирована на аспирантов университета, уже прослушавших общие и специальные курсы по теоретической физике, физике твердого тела, твердотельной электронике, физическим основам нанoeлектроники.

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

Целью изучения дисциплины **«Специальные вопросы физики полупроводников»** является ознакомление аспирантов с новыми исследованиями в области физики полупроводников и полупроводниковой электроники, обусловленными использованием различных полупроводниковых гетероструктур, структур с двумерным электронным газом, квантовых нитей и точек для разработки и изготовления принципиально новых полупроводниковых приборов и устройств, воспитание у них умения самостоятельно использовать полученные знания а прикладных разработках для создания новых приборов с необходимыми для практики характеристиками.

Дисциплина **«Специальные вопросы физики полупроводников»** 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:**

- основные темы курса;
- темы, вынесенные на самостоятельную проработку;
- о физических принципах, лежащих в основе процессов, происходящих в наноструктурах и нанoeлектронных приборах;
- о тенденциях развития нанoeлектроники и нанотехнологии в целом;

- о мировом уровне развития наноиндустрии;
- базовую терминологию, относящуюся к наноэлектронным структурам и приборам.

**- Уметь:**

- объяснять физические процессы, происходящие в системах пониженной размерности;
- применять изученные модели и подходы для описания принципов работы наноэлектронных полупроводниковых приборов.
- уметь предложить практические применения изучаемых физических эффектов.

**- Владеть:**

- навыками применения системного анализа и системного подхода по изучению наноструктур ;
- навыками по самостоятельной разработке наносистем.

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

<b>Вид учебной работы</b>	<b>Кол-во зачетных единиц*/уч.часов</b>
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	Современные тенденции развития физики полупроводников и полупроводниковых приборов.	2
2	Рассеяние электронов в квантово-размерных структурах и особенности транспорта носителей заряда в наноразмерных структурах	4
3	Электродинамические свойства двумерного электронного газа.	2
Всего:		8

### 4.2 Семинарские занятия

№ п/п	Содержание	Кол-во уч. часов
1	Общие свойства низкоразмерного электронного газа и фононов в наногетероструктурах.	5
2	Туннельный перенос в наноструктурах	5
3	Физика низкоразмерных контактов	4
4	Двумерные кристаллы	4
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	Использование процессов самоорганизации для формирования наноструктур.	1
2	Изучение электронного транспорта в мезоскопических системах	1
3	Диоды с резонансным туннелированием	1
4	Физические свойства графена	2
5	Лазеры на квантовых точках	2
6	Наноструктурные материалы	1
7	Электродинамические свойства двумерного электронного газа	1
8	Магнитные полупроводники и спинтроника	1
Всего:		10

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

*Перечень вопросов к экзаменам кандидатского минимума:*

1. Общий подход к проблеме экранирования в нозкоразмерных системах. Граничные условия для уравнения Лапласа. Экранирование поля точечного заряда.
2. Контактные явления в двумерном электронном газе. Релаксация заряда. Высокочастотная емкость контактов. Свойства контактов в сильном магнитном поле.
3. Природа углеродной связи, углеродные молекулы и кластеры. Свойства фуллеренов, нанотрубок и графена. Возможности их применений.
4. Акустические и оптические колебания кристаллической решетки в наноструктурах. Локализованные моды. Интерфейсные оптические фононы.
5. Рассеяние двумерных электронов на заряженных примесях.
6. Особенности рассеяния электронов в наноструктурах. Скорость рассеяния электронов на акустических колебаниях в квантовой яме.
7. Рассеяние электронов на объемных оптических фононах в квантовой яме.
8. Параллельный перенос электронов в многослойных наноструктурах.
9. Вольт-амперная характеристика сверхрешеток.
- 10 Туннельное прохождение через структуру с двойным барьером, расчет туннельного тока.
11. Явление многомодового когерентного транспорта в квазиодномерных системах.

## **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:**

1. Щука А.А. Наноэлектроника. – М.: Физматлит, 2007. – 464 с.
2. Драгунов В.П., Неизвестный И.Г., Гридчин В.А. Основы наноэлектроники, Учеб. пособие. 2-е изд., испр. Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2004. – 496 с.
3. Нанотехнологии в полупроводниковой электронике/ Отв. Редактор А.Л. Асеев. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2004. – 368 с.
4. D. K. Ferry, S.M. Goodnick, Transport in Nanostructures, Cambridge Univ. Press., Cambridge, UK, 1997.
5. V. Mitin, V, Kochelap, M. Strascio, Quantum Hetrostructures:Microelectronics and Optoelectronics, Cambridge Univ. Press, 2001.
6. S. Datta, Electronic Transport in Mesoscopic Systems, Cambridge Univ. Press, 1995.
7. П. Харрис, Углеродные нанотрубки и родственные структуры, М., Техносфера, 2003, 336 стр.
8. Ч. Пул, Ф. Оуэнс, Нанотехнологии, Техносфера, М., 2005.
9. M. Dragoman, D. Dragoman, Nanoelectronics. Principles and Devices. Artech House, Boston, 2006.

### **7.2. Дополнительная литература**

1. В. Ф. Гантмахер, И.Б. Левинсон, Рассеяние носителей тока в металлах и полупроводниках, М., Наука, 1984.
2. Гирвин С., Квантовый эффект Холла: необычные возбуждения и нарушенные симметрии, РХД, 2003, 156 стр.
3. D. Vimborg, M. Grundmann, N. Ledentsov, Quantum Dot Heterostrucures, John Wiley and Sons, 1999.
4. В. И. Трефилов и др., Фуллерены-основа материалов будущего, Киев, Изд-во АДЕФ-Украина, 2001, 148 стр.

### **7.3. Интернет-ресурсы**

1. <http://www.microanalysis.ru>
2. <http://nanojournal.ru/>
3. <http://www.nanorf.ru/>

## **8 Материально-техническое обеспечение**

Кафедра располагает материально-технической базой, соответствующей действующим санитарно-техническим нормам и обеспечивающей проведение всех видов теоретической и практической подготовки, предусмотренных учебным планом аспиранта, а также эффективное выполнение диссертационной работы.