

ГОУ ВПО РОССИЙСКО – АРМЯНСКИЙ (СЛАВЯНСКИЙ) УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДЕНО УС РАУ

Ректор   **А.Р. Дарбинян**

08.08.2020 г., протокол №8

**ПРОГРАММА
ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ «ФИЗИКА КВАНТОВЫХ
НАНОСТРУКТУР» ПО ПРОФИЛЮ ОСНОВНОЙ
ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ
ПРОГРАММЫ «ЭЛЕКТРОНИКА И НАНОЭЛЕКТРОНИКА»**

1. Аннотация

Актуальность программы

Квантовые наноструктуры являются одним из наиболее перспективных кандидатов на роль элементной базы полупроводниковых приборов нового поколения, поэтому исследование этих структур является крайне важной задачей современной электроники.

Преподавание дисциплин, связанных с физическими процессами в квантовых наноструктурах является необходимым фактором в процессе подготовки высококвалифицированных кадров.

Цель реализации программы

Обсуждение и обновление спектра имеющихся знаний слушателей при помощи преподаваемого материала, с учетом последних тенденций в области физики квантовых наноструктур.

Программа повышения квалификации «Физика квантовых наноструктур» направлена на совершенствование и получение новой компетенции в области физики полупроводников, и, в частности, полупроводниковых наноструктур, необходимой для профессиональной деятельности, и повышение профессионального уровня.

Задача реализации программы

Ознакомление круга слушателей с текущим положением реализуемых теоретических и экспериментальных исследований, проводимых передовыми научными центрами с целью дальнейшего включения представленного материала в программы преподаваемых слушателями дисциплин.

2. Уровень образовательной программы – дополнительное профессиональное образование.

3. Вид образовательной программы: **дополнительная** (повышение квалификации).

4. Трудоемкость программы повышения квалификации

Настоящая программа рассчитана на 80 академических часов.

5. Форма обучения - очная с применением дистанционных образовательных технологий в режиме видеоконференц – связи.

6. Срок освоения программы 8 недель по 5 занятиям в неделю.

7. Категориями слушателей для программы повышения квалификации являются лица, имеющие среднее профессиональное или высшее образование.

8. Для приема на обучение предоставляются следующие документы:

8.1 Заполненная в установленной форме заявка.

8.2 Копия документа, удостоверяющего личность.

8.3 Диплом о наличии среднего профессионального или высшего образования лица, имеющие среднее профессиональное и высшее образование.

9. Планируемые результаты обучения:

Знания: современные методы теоретического и экспериментального исследования физических процессов в полупроводниковых квантовых наноструктурах;

Умения: пользоваться современным теоретическим аппаратом и экспериментальными методами исследования физических характеристик квантовых наноструктур (квантовых ям, проволок и точек);

Навыки: использования современных математических и компьютерных методов описания физических процессов, имеющих место квантовых наноструктурах.

10. Описание перечня профессиональных компетенций, формируемых в результате освоения программы повышения квалификации:

- **Научное мышление:** Способность использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности;
- **Исследовательская деятельность:** Способность самостоятельно проводить экспериментальные исследования и использовать основные приемы обработки и представления полученных данных;

- **Владение информационными технологиями:** Способность применять методы поиска, хранения, обработки, анализа и представления в требуемом формате информации из различных источников и баз данных, соблюдая при этом основные требования информационной безопасности;
- **Компьютерная грамотность:** Способность применять современные компьютерные технологии для подготовки текстовой и конструкторско-технологической документации с учетом требований нормативной документации.

11. Форма итоговой аттестации - устный экзамен

12. Распределение объема программы по разделам и/или темам и видам учебной работы

Разделы/темы дисциплины	Всего (ак. часов)	Лекции(ак. часов)	Практ. занятия (ак. часов)	Семина- ры (ак. часов)
1	2=3+4+5	3	4	5
Введение	2			
Раздел 1. Физические процессы в слоистых	23	12	6	5
Тема 1. Одноэлектронные состояния в		2	1	1
Тема 2. Тонкий сферический слой в		2	1	1
Тема 3. Примесные состояния в сферическом		2	1	1
Тема 4. Одноэлектронные состояния в		2	1	1
Тема 5. Цилиндрический нанослой в аксиальном		4	2	1
Раздел 2. Межзонное поглощение в	17	8	4	5
Тема 6. Межзонное поглощение в сферической		2	1	1
Тема 7. Учёт экситонных эффектов при		2	1	1
Тема 8. Магнитопоглощение в цилиндрической		2	1	1
Тема 9. Межзонное поглощение в тонком		2	1	2
Модуль 1.	2			
Раздел 3. Адиабатическое описание	16	8	4	4
Тема 10. Сильно вытянутая(сплюснутая)		2	1	1
Тема 11. Сильно сплюснутая линзообразная		2	1	1
Тема 12. Сильно вытянутая коническая		2	1	1
Тема 13. Тонкий сферический нанослой как		2	1	1
Раздел 4. Коллективные эффекты в	18	10	4	4

Тема 14. Модель атома Мошинского.		2	1	1
Тема 15. Искусственный атом гелия.		2	1	1
Тема 16. Диамагнетизм электронного газа в		2	1	1
Тема 17. Бикситонные состояния в квантовых		4	1	1
Модуль 2.	2			
ИТОГО	80	38	18	18

13. Содержание разделов/тем программы

Раздел 1. Физические процессы в слоистых наноструктурах

Тема 1. Одноэлектронные состояния в сферических нанослоях - В рамках приближения эффективной массы решается одночастичное уравнение Шредингера. Для сферического нанослоя с непроницаемыми стенками.

Тема 2. Тонкий сферический слой в электрическом поле. - На основе теории возмущений обсуждается эффект Штарка для электронолокализованного в тонком сферическом нанослое.

Тема 3. Примесные состояния в сферическом нанослое. - Представлена точно решаемая модель примесных состояний в сферическом нанослое с ограничивающим потенциалом Кратцера.

Тема 4. Одноэлектронные состояния в цилиндрическом нанослое. - Для непроницаемого ограничивающего потенциала изучаются одноэлектронные состояния в кольцеобразной квантовой точке, имеющей форму цилиндрического нанослоя.

Тема 5. Цилиндрический нанослой в аксиальном магнитном поле. - Обсуждается эффект Ааронова-Бома в указанной системе.

Литература:

1. Xin Tong, Zhiming M. Wang. Core shell quantum dots. Lecture Notes in Nanoscale Science and Technology Springer 2020.
2. В.П. Драгунов, И.Г. Неизвестный, В.А. Гридчин, /Основы нанозлектроники. Новосибирск 2004.

Раздел 2. Межзонное поглощение в квантовых точках

Тема 6. Для режима сильного размерного квантования изучается межзонное поглощение света в сферической квантовой точке с бесконечно высокими прямоугольными стенками.

Тема 7. В рамках адиабатического приближения исследуется экситонная поправка к коэффициенту межзонного поглощения в сферической квантовой точке с непроницаемыми стенками.

Тема 8. Для цилиндрической квантовой точки представлена теория межзонного магнитного поглощения с учетом экситонных эффектов.

Тема 9. Для тонкого сферического нанослоя, в рамках модели сферического ротатора, изучено электропоглощение с учетом межзонных переходов между основными уровнями радиального квантования.

Литература:

1. ISSN 1068-3372, Journal of Contemporary Physics (Armenian Academy of Sciences), 2007, Vol. 42, No. 4, pp. 145–150. © Allerton Press, Inc., 2007.
2. Original Russian Text © E.M. Kazaryan, A.A. Kostanyan, H.A. Sarkisyan, 2007, published in Izvestiya NAN Armenii, Fizika, 2007, Vol. 42, No. 4, pp. 218–226.

Раздел 3. Адиабатическое описание квантовых точек с нетривиальной геометрией

Тема 10. В рамках адиабатического приближения изучаются одноэлектронные состояния в сильно вытянутой (сплюснутой) квантовой точке.

Тема 11. В аксиальном магнитном поле изучаются одноэлектронные состояния в квантовой точке, имеющие форму сплюснутой линзы. При этом потенциал, ограничивающей квантовую линзы, рассматривается бесконечно высоким.

Тема 12. В аксиальном электрическом поле рассмотрено поведение электромагнитной квантовой точки. При этом аксиальное движение рассматривается "медленным" по сравнению с радиальным.

Тема 13. В рамках модели тонкого сферического нанослоя в режиме сильного радиального квантования изучаются одноэлектронные состояния. Показано, что энергетический спектр одночастичных состояний обладает подзонным характером.

Литература:

1. В.М. Галицкий, Б.М.Карнарвон , В.И.Коган,
2. Задачи по квантовой механике /учетное пособие.- М.: Наука, главная редакция физико-математической литературы, 1981
3. D.B. Hayrapetyan, E.M.Kazaryan, H.A. Sarkisyan. Magneto-absorption in conical quantum dot ensemble: Possible applications for QD LED, /Optics Communications 371(2016 г.) 138-143
4. Eduard M. Kazaryan, Vanik A. Shahnazaryan, Hayk A. Sarkisyan, Quantum ring on sphere: Electron states on spherical segment, / Physica E 52 (2013) 122–126

Раздел 4. Коллективные эффекты в квантовых точках

Тема 14. Изучается многочастичная модель атома гармониаума.

Тема 15. В рамках теории возмещения исследуется двухэлектронное строение состояния в параболической квантовой точке и показывается возможность гибкой манипуляции времени обмена состояниями благодаря изменению геометрических размеров квантовой точки.

Тема 16. Для слабо взаимодействующего электронного газа в рамках Больцмановского приближения изучаются диамагнитные характеристики электронного газа локализованного в цилиндрической квантовой точке.

Тема 17. В рамках адиабатического приближения изучаются биэкситонные и трионные состояния в сильно сплюснутой эллипсоидальной квантовой точке.

Литература:

1. D.A. Baghdasaryan, E.M. Kazaryan, H.A. Sarkisyan, Two-electron states and state exchange time control in parabolic quantum dot, / Physica E 58 (2014) 67–72
2. D.B. Hayrapetyan, Y.Y. Bleyan, D.A. Baghdasaryan, H.A. Sarkisyan, S. Baskoutas, E.M. Kazaryan, Biexciton, negative and positive triions in strongly oblate ellipsoidal quantum dot, / Physica E: Low-dimensional Systems and Nanostructures 105 (2019) 47–55
3. H. Ts. Ghaltaghchyan, E. M. Kazaryan, H. A. Sarkisyan, Diamagnetism In The Cylindrical Quantum Dot With Parabolic Confinement Potential, / Proceedings Of The Yerevan State University, 2016, No 3, P. 20–24

14. Лицам, успешно освоившим соответствующую дополнительную профессиональную программу и прошедшим итоговую аттестацию, выдается удостоверение о повышении квалификации.

15. Программа составлена кафедрами: **Общей физики и квантовых наноструктур, Технологии материалов и структур электронной техники, Квантовой и оптической электроники РАУ** и одобрена Советом Инженерно-физического института РАУ.