Министерство просвещения Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Ульяновский государственный педагогический университет
имени И. Н. Ульянова»
(ФГБОУ ВО «УлГПУ им. И.Н. Ульянова»)

Факультет физико-математического и технологического образования
Кафедра физики и технических дисциплин

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-методической работе
_____ С.Н. Титов
«_25_» __июня___ 2021 г.

СПЕЦКУРС 2 ПОД ВКР

Программа учебной дисциплины модуля
Специальные разделы предметной области

основной профессиональной образовательной программы высшего образования – программы бакалавриата по направлению подготовки
44.03.05 Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки),

направленность (профиль) образовательной программы
Физика. Математика

(очная форма обучения)

Составитель: Алтунин К. К.,
к. ф.-м. н., доцент, доцент кафедры физики и технических дисциплин

Рассмотрено и одобрено на заседании ученого совета факультета физико-математического и технологического образования, протокол от 21 июня 2021г. № 7

Ульяновск, 2021

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 01D77C644FC1E54000000006381D0002
Владелец: Титов Сергей Николаевич
Действителен: с 19.07.2021 до 19.07.2022

Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Спецкурс 2 под ВКР» относится к дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений, Блока 1. Дисциплины (модули) модуля Специальные разделы предметной области учебного плана основной профессиональной образовательной программы высшего образования – программы бакалавриата по направлению подготовки 44.03.05 Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки), направленность (профиль) образовательной программы «Физика. Математика», очной формы обучения.

Дисциплина опирается на результаты обучения, сформированные в рамках школьного курса «Физика» или соответствующих дисциплин среднего профессионального образования, а также ряда дисциплин учебного плана, изученных обучающимися в 3-8 семестрах: Общая и экспериментальная физика, Основы теоретической физики.

1. Перечень планируемых результатов обучения (образовательных результатов) по дисциплине

Целью освоения дисциплины «Спецкурс 2 под ВКР» подготовка бакалавра, владеющего современными теоретическими знаниями, методами научно-исследовательской работы и прикладной деятельности в области физики наноструктур. Дисциплина «Спецкурс 2 под ВКР» призвана помочь в освоении теоретических сведений, необходимых для написания выпускных квалификационных работ научно-исследовательского характера в области теоретической физики и физики наноструктур.

Задачей освоения дисциплины является получение студентами набора знаний, умений и навыков по физике наноструктур, которые обеспечивают полноценное освоение основных понятий и современных представлений, методов и приложений физики наноструктур. Предусматривается получение студентами основных теоретических сведений об физических процессах в наноструктрах.

В результате изучения дисциплины «Спецкурс 2 под ВКР» студент должен:

знать теорию физики наноструктур;

уметь решать задачи физики наноструктур;

владеть теоретическими и вычислительными способами решения задач физики наноструктур.

Процесс изучения дисциплины «Спецкурс 2 под ВКР» направлен на расширение научного кругозора и эрудиции студентов на базе изучения законов физики наноструктур.

В результате освоения программы бакалавриата обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине «Спецкурс 2 под ВКР» (в таблице представлено соотнесение образовательных результатов обучения по дисциплине с индикаторами достижения компетенций):

Компетенция и индикаторы её достижения в дисциплине	Образовательные результаты дисциплины (этапы формирования дисциплины)		
	знает	умеет	владеет
УК-1. Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач УК.1.1. Выбирает источники информации, адекватные поставленным задачам и соответствующие научному мировоззрению УК.1.2. Демонстрирует умение осуществлять поиск информации для решения поставленных задач в рамках научного мировоззрения УК.1.3. Демонстрирует умение	ОР-1 знает теорию физики наноструктур;	ОР-2 умеет решать задачи физики наноструктур;	ОР-3 владеет теоретическими и вычислительными способами решения задач физики наноструктур.

рассматривать различные точки зрения на поставленную задачу в рамках научного мировоззрения УК.1.4. Выявляет степень доказательности различных точек зрения на поставленную задачу в рамках научного мировоззрения УК.1.5. Определяет рациональные идеи для решения поставленных задач в рамках научного мировоззрения ПК-15. Способен определять собственную позицию относительно дискуссионных проблем предметной области (в соответствии с профилем и уровнем обучения) ПК-15.1. проявляет мировоззренческую рефлексию при анализе проблем и тенденций современной физики и математики; ПК-15.2. проявляет способность аргументировано, логические верно и ясно выражать свою позицию по обсуждаемым дискуссионным проблемам в сочетании с готовностью к конструктивному диалогу и толерантному восприятию иных точек зрения; ПК-15.3. выделяет концептуальную основу дискуссий об историческом и современном развитии научных теорий в рамках предметной области.			

2. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Номер семестра	Учебные занятия						Форма промежуточной аттестации
	Всего		Лекции, час	Практические занятия, час	Лабораторные занятия, час	Самостоятельная работа, час	
	Трудоемк.						
	Зач. ед.	Часы					
9	2	72	12	0	20	40	зачёт
Итого:	2	72	12	0	20	40	

3. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

3.1.Указание тем (разделов) и отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

Наименование раздела и тем	Количество часов по формам организации обучения

	Лекционные занятия	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
9 семестр				
Тема 1. Методы и принципы наноэлектроники. Принцип размерного квантования.	4	0	14	18
Тема 2. Физика и технология изготовления полупроводниковых квантово-размерных систем пониженной размерности.	2	0	2	6
Тема 3. Сверхрешётки и размерное квантование.	2	0	2	6
Тема 4. Квантовые эффекты в квантово-размерных системах пониженной размерности.	4	0	2	10
Итого по 9 семестру	**12**	**0**	**20**	**40**
Всего по дисциплине:	**12**	**0**	**20**	**40**

3.2. Краткое описание содержания тем (разделов) дисциплины

Краткое содержание курса (9 семестр)

Тема 1. Методы и принципы наноэлектроники. Принцип размерного квантования.
Наноэлектроника - важнейшее направление развития современной электроники.
Наноэлектроника - методы и принципы работы, достижения и перспективы. История и этапы развития оптоэлектроники и наноэлектроники. Терминология наноэлектроники. Понятийные представления о микромире и наномире. Масштабирование в микро- и наноэлектронике. Основные тенденции развития элементной базы наноэлектроники. Современное состояние, достижения и перспективы микро-, наноэлектроники в контексте развития высоких технологий и устойчивого развития человеческого сообщества. Задачи и проблемы комплексной наноминиатюризации наноэлектронной аппаратуры. Современные высокие технологии, нанотехнологии в физике твёрдого тела и твердотельных структур пониженной размерности.
Классификация квантово-размерных структур, наноструктур и интегральных наносхем по функциональному назначению. Элементы наномира (графен, фуллерены, нанотрубки, дендримеры, нанопроволоки).
Базисные физические уравнения. Особенности приборов КМОП-технологии. Структуры металл-окисел-полупроводник. Вольт-амперные характеристики МОП-транзистора. Физические процессы в каналах МОП-транзистора. Эффекты сильных электрических полей. Диффузно-дрейфовая модель тока в МОП-транзисторе. Транзисторы технологии "кремний-на-изолятооре". Моделирование транзисторов КНИ-технологий. Токи утечки в наноэлектронных структурах. Мезоскопические эффекты в наноэлектронных структурах. Классические и квантовые законы движения частиц.
Энергетический спектр электронов в квантовых ямах. Межзонные квантовые переходы в квантовых ямах.
Основные сведения о размерных эффектах – изменения свойств вещества в состоянии наночастиц, включая физические, химические, механические, биологические характеристики, примеры "классических" и необычных нанообъектов, нанотехнологий вокруг нас, природных объектов.

Размерное квантование. Принцип размерного квантования. Двумерные и квазидвумерные электронные системы и структуры, в которых реализуется размерное квантование. Условия наблюдения квантовых размерных эффектов.

Тема 2. Физика и технология изготовления полупроводниковых квантово-размерных систем пониженной размерности.

Квантовые нити. Квантовые провода. Наноэлектроника на атомных системах: атомные проволоки.
Баллистический транспорт. Баллистическая проводимость квантовых нитей.
Квантовые цепочки. Пористый кремний. Фотолюминесценция полупроводниковых структур. Поляризованная люминесценция.
Квантовые точки.
Состояния электронов в структурах с пониженной размерностью.
Использование металлоорганики. Металлические кластеры в диэлектрической среде.
Применение ионной имплантации.

Тема 3. Сверхрешётки и размерное квантование.

Свойства двумерного электронного газа в МДП-структурах.
Полупроводниковые структуры пониженной размерности и сверхрешётки.
Полупроводниковые сверхрешётки.
Контра- и ковариантные композиционные сверхрешётки, легированные сверхрешётки легирования. Электронная структура легированных сверхрешёток.
Сложенные акустические и оптические фононы. Микроскопическое и макроскопическое описания. Электростатические эффекты в полярных кристаллах. Рамановское рассеяние в сверхрешётках. Модели электрон-фононного взаимодействия в сверхрешётках.
Оптические переходы и явления переноса в сверхрешётках. Минизонные оптические переходы в сверхрешётках.

Тема 4. Квантовые эффекты в квантово-размерных системах пониженной размерности.

Энергетический спектр электронов и плотность состояний в электронных системах с пониженной размерностью. Статистика носителей заряда в низкоразмерных структурах.
Туннельный эффект и его применение в полупроводниковых наноразмерных приборах и устройствах. Резонансно-туннельные диоды.
Туннелирование через квантово-размерные структуры. Квантово-точечные транзисторы и одноэлектронные приборы. Принцип кулоновской блокады. Конструкции одноэлектронного транзистора. Эффект одноэлектронного туннелирования. Реализация одноэлектронных приборов. Многоостровковые одноэлектронные структуры.
Транзисторы с резонансным туннелированием в двухбарьерной квантовой структуре.
Гетеропереходные полевые нанотранзисторы с высокой подвижностью носителей.
Нанотранзистор с двухбарьерной квантовой структурой.
Новые неравновесные квантовые эффекты, межэлектронное и электрон-фононное взаимодействия в полупроводниковых наноструктурах.
Общее представление о квантовом эффекте Холла.
Квантово-размерный эффект Холла – возможный переворот в квантовой механике.
Целочисленный квантовый эффект Холла.
Квантовый эффект Холла в двумерном электронном газе. Дробный квантовый эффект.
Связь квантового эффекта Холла с квантованием проводимости в квантовых нитях.

4. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Самостоятельная работа студентов является особой формой организации учебного процесса, представляющая собой планируемую, познавательно, организационно и методически направляемую деятельность студентов, ориентированную на достижение конкретного результата, осуществляемую без прямой помощи преподавателя. Самостоятельная работа студентов является составной частью учебной работы и имеет целью закрепление и углубление полученных знаний и навыков, поиск и приобретение новых знаний, а также выполнение учебных заданий, подготовку к предстоящим занятиям и

зачёту. Она предусматривает, как правило, разработку рефератов, написание и защиту докладов или проектов, выполнение творческих, индивидуальных заданий в соответствии с учебной программой (тематическим планом изучения дисциплины). Тема для такого выступления может быть предложена преподавателем или избрана самим студентом, но материал выступления не должен дублировать лекционный материал. Реферативный материал служит дополнительной информацией для работы на лабораторных занятиях. Основная цель данного вида работы состоит в обучении студентов методам самостоятельной работы с учебным материалом. Для полноты усвоения тем, вынесенных на лабораторные занятия, требуется работа с первоисточниками. Курс предусматривает самостоятельную работу студентов со специальной научной литературой. Следует отметить, что самостоятельная работа студентов результативна лишь тогда, когда она выполняется систематически, планомерно и целенаправленно.

Задания для самостоятельной работы предусматривают использование необходимых терминов и понятий по проблематике курса. Они нацеливают на практическую работу по применению изучаемого материала, поиск библиографического материала и электронных источников информации, иллюстративных материалов. Задания по самостоятельной работе даются по темам, которые требуют дополнительной проработки.

Общий объём самостоятельной работы студентов по дисциплине включает аудиторную и внеаудиторную самостоятельную работу студентов в течение семестра.

Аудиторная самостоятельная работа осуществляется в форме численного решения теоретических задач по дисциплине. Аудиторная самостоятельная работа обеспечена методическими материалами.

Внеаудиторная самостоятельная работа осуществляется в формах:

- подготовка к устным опросам по теории;
- подготовка к устным докладам по теории;
- численное решение теоретических задач;
- решение домашней контрольной работы;
- подготовка к защите реферата и научных проектов.

Материалы, используемые для текущего контроля успеваемости обучающихся по дисциплине

Контрольное мероприятие – защита научного проекта.

Перечень тем рефератов

1. Методы и принципы наноэлектроники
2. Нанотехнологии и энергетика
3. Нанотехнологии и солнечная энергетика
4. Развитие элементной базы наноэлектроники
5. Твердотельные структуры пониженной размерности
6. Метоллические наночастицы и наноструктурированные материалы в поле оптического излучения
7. Квантово-размерные эффекты и принцип размерного квантования
8. Сверхрешётки
9. Полупроводниковые структуры пониженной размерности
10. Квантовые нити
11. Квантовые провода
12. Квантовые цепочки
13. Пористый кремний
14. Квантовые точки
15. Самоорганизация квантовых точек и нитей
16. Использование металлоорганики. Металлические кластеры в диэлектрической среде
17. Туннельный эффект в наноструктурах
18. Применение численных методов и методов математической физики для решения фундаментальных задач нанофизики
19. Компьютерное моделирование наноструктур и наносистем
20. Два взаимодействующих наношара в поле оптического излучения

21. Оптические уравнения Блоха
22. Оптические размерные резонансы в наноструктурах
23. Эффект локального поля в нанооптике
24. Эффект ближнего поля в нанооптике
25. Компьютерное моделирование физических свойств графена
26. Компьютерное моделирование физических свойств графана
27. Компьютерное моделирование физических свойств монослоя наночастиц при помощи метода решёточных сумм
28. Метод решёточных сумм для системы монослоёв металлических наночастиц
29. Исследование системы монослоёв из атомов
30. Исследование системы монослоёв из наночастиц
31. Исследование физической модель графена на основе уравнения Дирака
32. Исследование физических свойств графена
33. Исследование физических свойств графана
34. Графен в поле оптического излучения
35. Графан в поле оптического излучения
36. Наноэлектроника и материал графан
37. Исследование наноструктурных плёнок и покрытий из графена
38. Исследование приборов на основе графена
39. Высокотемпературная сверхпроводимость графена и графана
40. Углеродные нанотрубки в поле оптического излучения
41. Фуллерены в поле оптического излучения
42. Фуллериты в поле оптического излучения
43. Отражение и пропускание оптических волн метаматериалами
44. Электролюминесценция наноструктур
45. Фотолюминесценция наноструктур
46. Фотолюминесценция квантовых нитей на поверхности пористого кремния
47. Люминесценция системы квантовых точек
48. Люминесценция системы квантовых нитей
49. Металлические наночастицы в наноструктурированных материалах
50. Нанооптика композитных наноматериалов
51. Исследование металлополимерных нанокомпозитов в поле оптического излучения
52. Наноматериалы с единичным показателем преломления
53. Наноматериалы с квазинулевым комплексным показателем преломления
54. Абсолютно прозрачные нанокомпозиты

Перечень тем научных проектов

1. Исследование наночастиц и наноструктурированных материалов
2. Исследование оптических процессов в нанокомпозитных материалах
3. Исследование металлополимерных нанокомпозитов в поле оптического излучения
4. Исследование наноматериалов с единичным показателем преломления
5. Исследование наноматериалов с квазинулевым показателем преломления
6. Исследование абсолютно прозрачных нанокомпозитов
7. Исследование оптического отражения и пропускания метаматериалов.
8. Оптические размерные резонансы в наноструктурах
9. Исследование полупроводниковых наноструктур во внешнем электрическом поле
10. Исследование полупроводниковых наноструктур во внешнем магнитном поле
11. Исследование полупроводниковых наноструктур во внешнем оптическом поле
12. Компьютерное моделирование физических свойств графена
13. Компьютерное моделирование физических свойств графана
14. Компьютерное моделирование физических свойств монослоя наночастиц при помощи метода решёточных сумм
15. Метод решёточных сумм для системы монослоёв металлических наночастиц
16. Исследование системы монослоёв из атомов
17. Исследование системы монослоёв из наночастиц

18. Исследование физической модель графена на основе уравнения Дирака
19. Исследование физических свойств графена
20. Исследование физических свойств графана
21. Наноэлектроника и материал графан
22. Исследование наноструктурных плёнок и покрытий из графена
23. Исследование приборов на основе графена
24. Исследование высокотемпературной сверхпроводимости графена и графана
25. Исследование физических свойств углеродных нанотрубок
26. Электролюминесценция наноструктур
27. Фотолюминесценция наноструктур
28. Фотолюминесценция пористого кремния
29. Люминесценция квантовых точек
30. Люминесценция квантовых нитей
31. Компьютерное моделирование поля рассеяния когерентных оптических фотонов в ближней зоне квантово-размерных структур из диполь-дипольно взаимодействующих атомов с учётом эффекта ближнего поля в области оптических размерных резонансов
32. Физические особенности оптической микроскопии ближнего поля рассеяния лазерного излучения в ближней зоне наноструктурных островковых плёнок Ge на Si в области оптических размерных резонансов
33. Оптическая микроскопия поверхности наноструктур в ближней зоне поля рассеяния лазерного излучения
34. Исследование квантовых эффектов в зависимости от степени защиты сложных систем для схем квантовой криптографии в линиях связи на каналах с шумом, блоком коррекции ошибок и оценки квантовой сложности в численных расчётах
35. Оптический эффект Штарка в квантовых вычислениях
36. Эффект Зеемана в квантовых вычислениях
37. Решение уравнений Шрёдингера и Дирака для трёхмерного и двумерного атомов водорода
38. Проблема двух электронов в квантовой механике, резонансное взаимодействие водородоподобных атомов во внешнем поле оптических фотонов и реалистические схемы квантовых компьютеров
39. Решение уравнения Дирака для атома водорода
40. Решение уравнения Шрёдингера для атома гелия
41. Численное моделирование однокубитовых логических элементов CNOT на электронных спинах системы электронов из резонансно взаимодействующих примесных ридберговских атомов, охлаждённых лазерным излучением
42. Конденсация Бозе-Эйнштейна и квантовые вычисления
43. Исследование волновых функций системы электронов из двумерных водородоподобных атомов в топологических квантовых компьютерах на оптических квантовых переходах
44. Исследование моделей полупроводниковых квантовых компьютеров на системе электронных спинов в переменном магнитном поле
45. Резонансное диполь-дипольное взаимодействие атомов во внешнем поле оптических фотонов и метод интегральных уравнений с учётом эффекта ближнего поля
46. Квантовые компьютеры на когерентных состояниях ридберговских атомов
47. Квантовый компьютер на атоме водорода в оптическом поле
48. Квантовые вычисления и электроника на спинах
49. Исследование алгоритмов квантовых вычислений
50. Исследование алгоритмов квантовой криптографии
51. Исследование волновых функций электрона в двумерном атоме водорода в модели квантового компьютера на системе атомных электронов в поле оптических фотонов
52. Оптическая бистабильность в квантовых компьютерах
53. Эффект ближнего поля и оптические размерные резонансы в квантовых компьютерах
54. Когерентная передача энергии между атомами в наноразмерных процессорах
55. Динамика лазерно-охлаждённых атомов с приложением к квантовым вычислениям

56. Квантовые вычисления на биэкситонах в полупроводниковых квантовых нитях
57. Квантовый бит на основе джозефсоновского контакта обычного и высокотемпературного сверхпроводников

Перечень вопросов для самоконтроля обучающимися

1. Что такое размерные эффекты?
2. Чем отличаются классические и квантовые размерные эффекты?
3. Каковы условия наблюдения квантовых размерных эффектов?
4. Что такое наноструктура?
5. Какие приборы можно отнести к категории наноэлектронных приборов?
6. Как выглядит энергетический спектр электрона в однородном 3D-пространстве?
7. Какие квантовые числа характеризуют стационарные состояния электрона однородном 3D-пространстве? Укажите вид его волновых функций.
8. Как изменится энергетический спектр электрона в случае ограничения его движения в одном, двух и трёх направлениях?
9. Какие квантовые числа характеризуют состояния электрона в 2D-, 1D-, 0D-системах? Укажите примерный вид волновых функций в координатном представлении.
10. Что такое туннельный эффект?
11. Как выглядит энергетический спектр и волновые функции электрона в системе из двух туннельно-связанных квантовых ям?
12. Нарисуйте энергетический спектр системы из периодически чередующихся потенциальных ям.
13. Что такое блоховские волновые функции и как они изменяются при трансляции на произвольный вектор прямой решетки?
14. Что такое зона Бриллюэна и какие квантовые числа характеризуют состояния электрона в 1D-, 2D-, 3D-решётках?
15. Что такое резонансное туннелирование в системах с потенциальными барьерами?
16. Что такое плотность энергетических состояний и какова её размерность?
17. Изобразите плотность состояний как функцию энергии в 3D-, 2D-, 1D-, 0D-системах.
18. Что такое локальная плотность состояний?
19. Каков физический смысл распределения Ферми-Дирака?
20. Что такое одночастичный спектр возбуждений в многочастичной системе в приближении Хартри?
21. Изобразите возможные типы полупроводниковых гетероструктур.
22. Что такое kp-теория возмущений и эффективный kp-гамильтониан для гетероструктуры?
23. Как выглядит уравнение Шрёдингера для электрона и дырки в наногетероструктуре в приближении эффективной массы в k-представлении?
24. Как выглядит уравнение Шрёдингера для электрона и дырки в наногетероструктуре в приближении эффективной массы в узельном представлении?
25. Как выглядит уравнение Шрёдингера для электрона и дырки в наногетероструктуре в приближении эффективной массы в x-представлении?
26. Какие граничные условия накладываются на огибающую волновую функцию в x-представлении на гетерогранице?
27. Запишите выражение для локальной плотности состояний в кристалле.
28. Что такое усредненная по элементарной ячейке плотность состояний в кристалле?
29. Что такое усредненная по элементарной ячейке плотность состояний в наногетероструктуре?
30. Запишите выражение, определяющее пространственное распределение носителей заряда в наногетероструктуре.
31. Для чего необходимо самосогласованное решение уравнений Шрёдингера и Пуассона?
32. Как рассчитать профиль концентрации носителей заряда и распределение потенциала в наногетероструктуре, легированной донорами?
33. Как рассчитать профиль концентрации носителей заряда и распределение потенциала в наногетероструктуре, легированной акцепторами?
34. Что такое метод инвариантов?

35. Как построить эффективный гамильтониан для электронов и дырок в гетероструктуре?
36. Чем отличается kp-гамильтониан объемного полупроводника от kp-гамильтониана наногетероструктуры?
37. Как определяется матричный элемент для оптических переходов в полупроводниковых гетероструктурах?
38. Напишите формулу, связывающую вероятность оптических переходов в единицу времени с матричным элементом.
39. Что такое межзонные оптические переходы?
40. Что такое внутризонные оптические переходы?
41. Что такое 2D-, 1D-, 0D-экситоны?

Для самостоятельной подготовки к занятиям по дисциплине рекомендуется использовать учебно-методические материалы:

1. Алтунин, К. К. Оптика наноструктур и наноматериалов : учебное пособие / К. К. Алтунин. - 2-е изд. - М. : Директ-Медиа, 2014. - Ч. 1. Микроскопические уравнения электродинамики. - 82 с. - ISBN 978-5-4475-0322-2 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=240553.
2. Алтунин, К. К. Оптика наноструктур и наноматериалов : учебное пособие / К. К. Алтунин. - 2-е изд. - М. : Директ-Медиа, 2014. - Ч. 2. Уравнения для атомных переменных. - 61 с. - ISBN 978-5-4475-0323-9 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=240554.

5. Примерные оценочные материалы для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

Организация и проведение аттестации студента

ФГОС ВО в соответствии с принципами Болонского процесса ориентированы преимущественно не на сообщение обучающемуся комплекса теоретических знаний, но на выработку у бакалавра компетенций – динамического набора знаний, умений, навыков и личностных качеств, которые позволят выпускнику стать конкурентоспособным на рынке труда и успешно профессионально реализовываться.

В процессе оценки бакалавров используются как традиционные, так и инновационные типы, виды и формы контроля. При этом постепенно традиционные средства совершенствуются в русле компетентностного подхода, а инновационные средства адаптированы для повсеместного применения в российской вузовской практике.

Цель проведения аттестации – проверка освоения образовательной программы дисциплины через сформированность образовательных результатов.

Типы контроля:

Текущая аттестация: представлена следующими работами: отчётность по лабораторным занятиям.

Промежуточная аттестация осуществляется в конце семестра и завершает изучение дисциплины; помогает оценить более крупные совокупности знаний и умений, формирование определённых компетенций.

Оценочными средствами текущего оценивания являются: устные опросы по теории, решение задач, физические диктанты, эвристическая беседа по теме занятия, групповое обсуждение темы занятия, защита реферата или проекта, контрольная работа. Контроль усвоения материала ведётся регулярно в течение всего семестра на лабораторных занятиях.

№ п/п	**СРЕДСТВА ОЦЕНИВАНИЯ,** используемые для текущего оценивания показателя формирования компетенции	Образовательные результаты дисциплины
1	**Оценочные средства для текущей аттестации** **ОС-1** устный опрос по теории, **ОС-2** разноуровневые задачи и задания, **ОС-3** физический диктант, **ОС-4** эвристическая беседа, **ОС-5** групповое обсуждение, **ОС-6** защита реферата или проекта,	ОР-1 знает теорию физики наноструктур; ОР-2 умеет решать задачи физики наноструктур; ОР-3 владеет теоретическими и вычислительными способами

	ОС-7 контрольная работа	решения задач физики наноструктур.
2	**Оценочные средства для промежуточной аттестации** **зачёт** **ОС-8** зачёт в форме устного собеседования по вопросам	

Описание оценочных средств и необходимого оборудования (демонстрационного материала), а так же процедуры и критерии оценивания индикаторов достижения компетенций на различных этапах их формирования в процессе освоения образовательной программы представлены в Фонде оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине «Спецкурс 2 под ВКР».

Материалы, используемые для текущего контроля успеваемости обучающихся по дисциплине

Материалы для организации текущей аттестации представлены в п. 5 программы.

Материалы, используемые для промежуточного контроля успеваемости обучающихся по дисциплине

ОС-8 Зачёт в форме устного собеседования по вопросам

Перечень вопросов к зачёту

1. Базисные физические уравнения. Особенности приборов КМОП-технологии.
2. Структуры металл-окисел-полупроводник. Вольт-амперные характеристики МОП-транзисторов. Физические процессы в каналах МОП-транзиторах.
3. Эффекты сильных электрических полей. Диффузно-дрейфовая модель тока в МОП-транзисторе.
4. Транзисторы технологии "кремний-на-изолятооре". Моделирование транзисторов КНИ-технологий.
5. Токи утечки в наноэлектронных структурах. Мезоскопические эффекты в наноэлектронных структурах.
6. Основные сведения о размерных эффектах – изменения свойств вещества в состоянии наночастиц, включая физические, химические, механические, биологические характеристики, примеры "классических" и необычных нанообъектов, нанотехнологий вокруг нас, природных объектов.
7. Методы и принципы наноэлектроники. Принцип размерного квантования. Условия наблюдения квантовых размерных эффектов.
8. Классические и квантовые законы движения частиц.
9. Частица в потенциальной яме с бесконечно высокими стенками. Волновые функции и энергетический спектр.
10. Частица в прямоугольной потенциальной яме конечной глубины. Волновые функции и энергетический спектр.
11. Энергетические состояния в прямоугольной потенциальной яме сложной формы.
12. Энергетический спектр электронов в квантовых ямах. Межзонные квантовые переходы в квантовых ямах.
13. Двумерные и квазидвумерные электронные системы и структуры, в которых реализуется размерное квантование.
14. Физика полупроводниковых квантово-размерных систем пониженной размерности. Энергетический спектр электронов и плотность состояний в электронных системах с пониженной размерностью. Статистика носителей заряда в низкоразмерных структурах.
15. Квантовые нити. Квантовые провода. Состояния электронов в структурах с пониженной размерностью. Наноэлектроника на атомных системах: атомные проволоки.
16. Баллистический транспорт. Баллистическая проводимость квантовых нитей.
17. Квантовые цепочки. Пористый кремний. Фотолюминесценция полупроводниковых структур. Поляризованная люминесценция.
18. Квантовые точки. Состояния электронов в структурах с пониженной размерностью.

19. Использование металлоорганики. Металлические кластеры в диэлектрической среде. Применение ионной имплантации.
20. Свойства двумерного электронного газа в МДП-структурах.
21. Сверхрешётки и размерное квантование. Полупроводниковые структуры пониженной размерности и сверхрешётки. Полупроводниковые сверхрешётки.
22. Контра- и ковариантные композиционные сверхрешётки, легированные сверхрешётки легирования. Электронная структура легированных сверхрешёток.
23. Сложенные акустические и оптические фононы. Микроскопическое и макроскопическое описания. Электростатические эффекты в полярных кристаллах. Рамановское рассеяние в сверхрешётках. Модели электрон-фононного взаимодействия в сверхрешётках.
24. Оптические переходы и явления переноса в сверхрешётках. Минизонные оптические переходы в сверхрешётках.
25. Энергетический спектр электронов и плотность состояний в электронных системах с пониженной размерностью. Статистика носителей заряда в низкоразмерных структурах.
26. Туннельный эффект и его применение в полупроводниковых наноразмерных приборах и устройствах. Резонансно-туннельные диоды. Туннельный эффект в наноструктурах.
27. Туннелирование через квантово-размерные структуры. Квантово-точечные транзисторы. Принцип кулоновской блокады.
28. Эффект одноэлектронного туннелирования. Реализация одноэлектронных приборов. Конструкции одноэлектронного транзистора. Многоостровковые одноэлектронные структуры. Одноэлектронные приборы.
29. Транзисторы с резонансным туннелированием в двухбарьерной квантовой структуре
30. Гетеропереходные полевые нанотранзисторы с высокой подвижностью носителей. Нанотранзистор с двухбарьерной квантовой структурой.
31. Рассеяние частиц на потенциальном рельефе. Особенности движения частиц над потенциальным рельефом.
32. Движение частиц в двухбарьерных квантовых структурах.
33. Новые неравновесные квантовые эффекты, межэлектронное и электрон-фононное взаимодействия в полупроводниковых наноструктурах.
34. Квантовые эффекты в квантово-размерных системах пониженной размерности. Общее представление о квантовом эффекте Холла. Квантовый эффект Холла – возможный переворот в квантовой механике.
35. Квантовый эффект Холла в двумерном электронном газе. Дробный квантовый эффект.
36. Связь квантового эффекта Холла с квантованием проводимости в квантовых нитях.

В конце изучения дисциплины подводятся итоги работы студентов на лекционных и лабораторных занятиях путём суммирования заработанных баллов в течение семестра.

Критерии оценивания знаний обучающихся по дисциплине

Формирование балльно-рейтинговой оценки работы обучающихся

Семестр		Посещение лекций	Посещение лабораторных занятий	Работа на лабораторных занятиях и текущий контроль	Зачёт
9	Разбалловка по видам работ	6 * 1 = 6 баллов	10 * 1 = 10 баллов	152 балла	32 балла
	Суммарный максимальный балл	6 баллов	16 баллов	168 балла	200 баллов

По результатам промежуточных аттестаций студенту засчитывается трудоёмкость в зачётных единицах. Студент по учебной дисциплине получает отметку согласно следующей таблице:

	Баллы (2 зачётные единицы)
«зачтено»	101-200

«не зачтено»	0-100

6. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Успешное изучение курса требует от студентов посещения лекций, активной работы на лабораторных занятиях, выполнения всех учебных заданий преподавателя, ознакомления с базовыми учебниками, основной и дополнительной литературой.

Основной формой изложения материала курса являются лекции. Как правило, на лекции выносится основной программный материал курса. Часть материала выносятся для самостоятельного изучения студентами с непременным, сообщением им литературных источников и методических разработок. На практических занятиях рассматривают фрагменты теории, требующие сложных математических выкладок, различные методы решения задач и наиболее типичные задачи. Для закрепления материала, рассматриваемого на практических занятиях, студенты получают домашние задания в виде ряда задач из соответствующих задачников.

На лекциях изучается материал по основополагающим вопросам дисциплины, раскрывается их практическая значимость. В ходе проведения лекции используются приемы и методы проблемного обучения. На практических занятиях рассматриваются методы решения прикладных задач, проводится анализ полученных результатов. В ходе практического занятия одновременно преследуется цель расширения и углубления знаний, полученных на лекции.

При изложении теоретического материала на лекции, а также при решении задач на практических занятиях для демонстрации графиков, обучающих программ и т.п. рекомендуется использовать компьютерную мультимедийную установку.

Запись **лекции** – одна из форм активной самостоятельной работы студентов, требующая навыков и умения кратко, схематично, последовательно и логично фиксировать основные положения, выводы, обобщения, формулировки. В конце лекции преподаватель оставляет время (5 минут) для того, чтобы студенты имели возможность задать уточняющие вопросы по изучаемому материалу. Из-за недостаточного количества аудиторных часов некоторые темы не удается осветить в полном объеме, поэтому преподаватель, по своему усмотрению, некоторые вопросы выносит на самостоятельную работу студентов, рекомендуя ту или иную литературу. Кроме этого, для лучшего освоения материала и систематизации знаний по дисциплине, необходимо постоянно разбирать материалы лекций по конспектам и учебным пособиям. В случае необходимости обращаться к преподавателю за консультацией.

Рекомендуется после каждой лекции оформлять конспект лекций. Перед каждой лекцией прочитывать конспект предыдущей лекции, что способствует лучшему восприятию нового материала.

Лекции имеют в основном обзорный характер и нацелены на освещение наиболее трудных и дискуссионных вопросов, а также призваны способствовать формированию навыков работы с научной литературой. Предполагается также, что студенты приходят на лекции, предварительно проработав соответствующий учебный материал по источникам, рекомендуемым программой.

Наиболее важные разделы курса выносятся на практические занятия. На каждом занятии предлагается несколько задач. Часть задач решается на занятии с подробным обсуждением метода и полученных результатов. Остальные задачи студент решает самостоятельно. Для зачёта контрольной работы студент должен защитить все задания. Предусмотрена защита реферата.

Практическое занятие – важнейшая форма самостоятельной работы студентов над научной, учебной и периодической литературой. Именно на практическом занятии каждый студент имеет возможность проверить глубину усвоения учебного материала, показать знание категорий, положений и инструментов профессиональной деятельности. Участие в практическом занятии позволяет студенту соединить полученные теоретические знания с решением конкретных практических задач и моделей в области профессиональной деятельности. Практические занятия в равной мере направлены на совершенствование индивидуальных навыков решения теоретических и прикладных задач, выработку навыков

интеллектуальной работы, а также ведения дискуссий. Конкретные пропорции разных видов работы в группе, а также способы их оценки, определяются преподавателем, ведущим занятия.

Подготовка к практическим занятиям.

При подготовке к практическим занятиям студент должен изучить теоретический материал по теме занятия (использовать конспект лекций, изучить основную литературу, ознакомиться с дополнительной литературой, при необходимости дополнить конспект, делая в нем соответствующие записи из литературных источников). В случае затруднений, возникающих при освоении теоретического материала, студенту следует обращаться за консультацией к преподавателю. Идя на консультацию, необходимо хорошо продумать вопросы, которые требуют разъяснения.

В начале практического занятия преподаватель знакомит студентов с темой, оглашает план проведения занятия, выдает задания. В течение отведенного времени на выполнение работы студент может обратиться к преподавателю за консультацией или разъяснениями. В конце занятия проводится прием выполненных заданий, собеседование со студентом.

Лабораторное занятие – важнейшая форма аудиторной работы студентов над научной, учебной и периодической литературой. Именно на лабораторном занятии каждый студент имеет возможность проверить глубину усвоения учебного материала, показать знание категорий, положений и инструментов профессиональной деятельности. Участие в практическом занятии позволяет студенту соединить полученные теоретические знания с решением конкретных физических задач и моделей в области профессиональной деятельности. Лабораторные занятия в равной мере направлены на совершенствование индивидуальных навыков решения теоретических и прикладных задач, выработку навыков интеллектуальной работы, а также ведения дискуссий. Конкретные пропорции разных видов работы в группе, а также способы их оценки, определяются преподавателем, ведущим занятия.

Результаты выполнения практических заданий оцениваются в баллах, в соответствии с балльно-рейтинговой системой университета.

Основным методом обучения является самостоятельная работа студентов с учебно-методическими материалами и научной литературой.

Рекомендованная преподавателями литература и учебные пособия служат информационной основой и позволяют регулярно занимающимся студентам усваивать лекционный материал. Для обеспечения терминологической однозначности учебное пособие содержит словарь основных терминов, используемых в нём. Кроме того, программа курса лекций содержит вопросы для самоконтроля.

Самостоятельная работа студентов подразумевает выполнение студентами домашнего задания в виде решения необходимого минимума задач из сборника для практических занятий, консультаций и анализа их решения совместно с преподавателем.

Контроль самостоятельной (внеаудиторной) работы – написание и защита реферата, выступление с докладом на практических занятиях, решение контрольной работы.

В процессе оценивания письменных контрольных и самостоятельных работ при разделении задания на действия при оценивании за основание берётся следующая процентная шкала:

90-100 % от числа пунктов – оценка "5",
74-89 % от числа пунктов – оценка "4",
60-73 % от числа пунктов – оценка "3",
40-59 % от числа пунктов – оценка "2",
0-39 % от числа пунктов – оценка "1".

Студенту можно поставить оценку выше, если студентом оригинально выполнена работа.

Основным методом обучения является самостоятельная работа студентов с учебно-методическими материалами и научной литературой.

Основным методом обучения является самостоятельная работа студентов с учебно-методическими материалами и научной литературой.

Рекомендации для студента включают в себя следующее:

- обязательное посещение лекций ведущего преподавателя; лекции – основное методическое руководство при изучении дисциплины, наиболее оптимальным образом структурированное и скорректированное на современный материал; в лекции глубоко и подробно, аргументировано и методологически строго рассматриваются главные проблемы темы; в лекции даются необходимые разные подходы к исследуемым проблемам;
- подготовку и активную работу на практических занятиях; подготовка к практическим занятиям включает проработку материалов лекций, рекомендованной учебной литературы, а также выполнение заданий на самостоятельное решение задач.

Методические рекомендации по подготовке к практическим занятиям. Практическое занятие включает в себя два вида работ: подготовку сообщения и участие в обсуждении проблемы, затронутой сообщением. Основной вид работы на занятии – участие в обсуждении проблемы.

Выступления на практических занятиях должны быть по возможности компактными и в то же время вразумительными. На практическом занятии идёт проверка степени проникновения в суть материала, обсуждаемой проблемы. Поэтому беседа будет идти не по содержанию прочитанных работ; преподаватель будет ставить проблемные вопросы.

По окончании практического занятия к нему следует обратиться ещё раз, повторив сделанные выводы, проследив логику их построения, отметив положения, лежащие в их основе – для этого в течение занятия следует делать небольшие пометки. Таким образом, практическое занятие не пройдёт даром, закрепление результатов занятия ведёт к лучшему усвоению материала изученной темы и лучшей ориентации в структуре курса. Вышеприведённая процедура должна практиковаться регулярно – стабильная и прилежная работа в течение семестра будет залогом успеха на сессии.

Методические указания по организации и проведению самостоятельной работы формулируются в виде заданий для самостоятельной работы, предусматривающих использование необходимых терминов и понятий по проблематике курса. Они нацеливают на практическую работу по применению изучаемого материала, поиск библиографического материала и электронных источников информации, иллюстративных материалов. Эти задания также ориентируют на написание контрольных работ, рефератов. Задания по самостоятельной работе даются по темам, которые требуют дополнительной проработки.

Подготовка к **устному докладу**.

Доклады делаются по каждой теме с целью проверки теоретических знаний обучающегося, его способности самостоятельно приобретать новые знания, работать с информационными ресурсами и извлекать нужную информацию.

Доклады заслушиваются в начале практического занятия после изучения соответствующей темы. Продолжительность доклада не должна превышать 5 минут. Тему доклада студент выбирает по желанию из предложенного списка.

При подготовке доклада студент должен изучить теоретический материал, используя основную и дополнительную литературу, обязательно составить план доклада (перечень рассматриваемых им вопросов, отражающих структуру и последовательность материала), подготовить раздаточный материал или презентацию. План доклада необходимо предварительно согласовать с преподавателем.

Выступление должно строиться свободно, убедительно и аргументировано. Преподаватель следит, чтобы выступление не сводилось к простому воспроизведению текста, не допускается простое чтение составленного конспекта доклада. Выступающий также должен быть готовым к вопросам аудитории и дискуссии.

Текущий контроль успеваемости и качества подготовки обучаемых может проводиться как на практических, так и лекционных занятиях. Проверку качества усвоения материала можно проводить в виде письменного или устного опроса, теста или коллоквиума по вопросам, сформулированным на основе учебных вопросов теоретического курса дисциплины.

Самостоятельная работа предполагает: самостоятельное изучение отдельных вопросов по литературе, предложенной преподавателем; подготовку к выполнению лабораторных

работ; решение задач, задаваемых на дом; подготовку к выполнению заданий в компьютерном классе.

Основными видами аудиторной работы студентов являются:

• запись, усвоение, обсуждение лекций;
• выполнение заданий лабораторных занятиях;
• защита отчётов по лабораторным занятиям;
• решение задач;
• защита реферата или проекта;
• защита самостоятельных и контрольных работ;
• сдача зачёта.

Организация самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа предполагает: самостоятельное изучение отдельных вопросов по литературе, предложенной преподавателем; подготовку к выполнению лабораторных работ; решение задач, задаваемых на дом; подготовку к выполнению заданий в компьютерном классе.

Самостоятельная работа студентов без участия преподавателей

Основными видами самостоятельной работы студентов без участия преподавателей являются:

• усвоение лекционного материала на базе рекомендованной лектором учебной литературы, включая информационные образовательные ресурсы (электронные учебники, электронные библиотеки и др.);
• подготовка к лабораторным работам, их оформление;
• подготовка и написание рефератов на заданные темы (студенту предоставляется право выбора темы);
• составление аннотированного списка статей из соответствующих журналов по отраслям знаний; перевод научных статей; подбор и изучение литературных источников;
• выполнение научных исследований;
• подготовка к участию в научно-технических конференциях.

Самостоятельная работа студентов с участием преподавателей

Основными видами самостоятельной работы студентов с участием преподавателей являются:

• текущие консультации;
• получение допуска и защита лабораторных работ (во время проведения лабораторных работ);
• выбор темы реферата (в часы консультаций);
• выполнение учебно-исследовательской работы (руководство, и консультирование).
• подготовка к участию в научно-технических конференциях (руководство, и консультирование).

Общие сведения об организации самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа студентов проводится в объёмах, предусмотренных учебным планом, и регламентируется выдачей тем рефератов или научных докладов на лекционных и лабораторных занятиях с проверкой исполнения на последующих занятиях или консультациях. При выполнении рефератов руководство самостоятельной работой студентов осуществляется в форме консультаций.

Основное назначение методических рекомендаций – дать возможность каждому студенту перейти от деятельности, выполняемой под руководством преподавателя, к деятельности, организуемой самостоятельно, а также к полной замене контроля со стороны преподавателя самоконтролем. Цель самостоятельной работы студентов – научить студента осмысленно и самостоятельно работать сначала с учебным материалом, затем с научной информацией, заложить основы самоорганизации и самовоспитания с тем, чтобы привить умение в дальнейшем непрерывно повышать свою квалификацию.

Лекционный курс (9 семестр)

Лекция 1. Методы и принципы наноэлектроники.

Наноэлектроника - важнейшее направление развития современной электроники. Наноэлектроника - методы и принципы работы, достижения и перспективы. История и этапы развития оптоэлектроники и наноэлектроники. Терминология наноэлектроники. Понятийные представления о микромире и наномире. Масштабирование в микро- и наноэлектронике. Основные тенденции развития элементной базы наноэлектроники. Современное состояние, достижения и перспективы микро-, наноэлектроники в контексте развития высоких технологий и устойчивого развития человеческого сообщества. Задачи и проблемы комплексной наноминиатюризации наноэлектронной аппаратуры. Современные высокие технологии, нанотехнологии в физике твёрдого тела и твердотельных структур пониженной размерности.
Классификация квантово-размерных структур, наноструктур и интегральных наносхем по функциональному назначению. Элементы наномира (графен, фуллерены, нанотрубки, дендримеры, нанопроволоки).
Базисные физические уравнения. Особенности приборов КМОП-технологии. Структуры металл-окисел-полупроводник. Вольт-амперные характеристики МОП-транзистора. Физические процессы в каналах МОП-транзистора. Эффекты сильных электрических полей. Диффузно-дрейфовая модель тока в МОП-транзисторе. Транзисторы технологии "кремний-на-изолятооре". Моделирование транзисторов КНИ-технологий. Токи утечки в наноэлектронных структурах. Мезоскопические эффекты в наноэлектронных структурах.

Лекция 2. Принцип размерного квантования.
Классические и квантовые законы движения частиц.
Энергетический спектр электронов в квантовых ямах. Межзонные квантовые переходы в квантовых ямах.
Основные сведения о размерных эффектах – изменения свойств вещества в состоянии наночастиц, включая физические, химические, механические, биологические характеристики, примеры "классических" и необычных нанообъектов, нанотехнологий вокруг нас, природных объектов.
Размерное квантование. Принцип размерного квантования. Двумерные и квазидвумерные электронные системы и структуры, в которых реализуется размерное квантование.
Условия наблюдения квантовых размерных эффектов.

Лекция 3. Физика и технология изготовления полупроводниковых квантово-размерных систем пониженной размерности.
Квантовые нити. Квантовые провода. Наноэлектроника на атомных системах: атомные проволоки.
Баллистический транспорт. Баллистическая проводимость квантовых нитей.
Квантовые цепочки. Пористый кремний. Фотолюминесценция полупроводниковых структур. Поляризованная люминесценция.
Квантовые точки.
Состояния электронов в структурах с пониженной размерностью.
Использование металлоорганики. Металлические кластеры в диэлектрической среде.
Применение ионной имплантации.

Лекция 4. Сверхрешётки и размерное квантование.
Свойства двумерного электронного газа в МДП-структурах.
Полупроводниковые структуры пониженной размерности и сверхрешётки.
Полупроводниковые сверхрешётки.
Контра- и ковариантные композиционные сверхрешётки, легированные сверхрешётки легирования. Электронная структура легированных сверхрешёток.
Сложенные акустические и оптические фононы. Микроскопическое и макроскопическое описания. Электростатические эффекты в полярных кристаллах. Рамановское рассеяние в сверхрешётках. Модели электрон-фононного взаимодействия в сверхрешётках.
Оптические переходы и явления переноса в сверхрешётках. Минизонные оптические переходы в сверхрешётках.

Лекция 5. Квантовые эффекты в квантово-размерных системах пониженной размерности.

Энергетический спектр электронов и плотность состояний в электронных системах с пониженной размерностью. Статистика носителей заряда в низкоразмерных структурах.
Туннельный эффект и его применение в полупроводниковых наноразмерных приборах и устройствах. Резонансно-туннельные диоды.
Туннелирование через квантово-размерные структуры. Квантово-точечные транзисторы и одноэлектронные приборы. Принцип кулоновской блокады. Конструкции одноэлектронного транзистора. Эффект одноэлектронного туннелирования. Реализация одноэлектронных приборов. Многоостровковые одноэлектронные структуры.
Транзисторы с резонансным туннелированием в двухбарьерной квантовой структуре.
Гетеропереходные полевые нанотранзисторы с высокой подвижностью носителей.
Нанотранзистор с двухбарьерной квантовой структурой.

Лекция 6. Квантовые эффекты в квантово-размерных системах пониженной размерности.

Новые неравновесные квантовые эффекты, межэлектронное и электрон-фононное взаимодействия в полупроводниковых наноструктурах.
Общее представление о квантовом эффекте Холла.
Квантово-размерный эффект Холла – возможный переворот в квантовой механике.
Целочисленный квантовый эффект Холла.
Квантовый эффект Холла в двумерном электронном газе. Дробный квантовый эффект.
Связь квантового эффекта Холла с квантованием проводимости в квантовых нитях.

План лабораторных занятий (9 семестр)

Лабораторное занятие 1. Методы и принципы наноэлектроники. Принцип размерного квантования.

План:

1. Методы и принципы наноэлектроники.
2. Физические и технологические проблемы и ограничения микроминиатюризации. Нанотехнологии и шкала масштабов.
3. Основные задачи и перспективы, этапы и тенденции развития наноэлектроники и нанотехнологий.
4. Основные этапы развития твердотельной наноэлектроники и нанотехнологий. "Классические" научные дисциплины (физика, химия, математика, биология) и их взаимопроникновение в применении к нанотехнологиям.
5. Физические ограничения в технологии производства электронных компонентов. Ограничения, накладываемые механизмом работы компонентов. Ограничения электрофизических параметров. Ограничения межэлементных связей. Теплофизические ограничения. Использование достигнутых результатов исследований наномира в современной жизни на примере энергетики.
6. Методы описания оптических процессов в квантово-размерных структурах и наноструктурах.

Обсуждение на лабораторном занятии тем, выделенных на лекции.

Лабораторное занятие 2. Методы и принципы наноэлектроники. Принцип размерного квантования.

План:

1. Принцип размерного квантования. Условия наблюдения квантовых размерных эффектов. Частица в потенциальной яме с бесконечно высокими стенками.

Обсуждение на лабораторном занятии тем, выделенных на лекции.

Лабораторное занятие 3. Методы и принципы наноэлектроники. Принцип размерного квантования.

План:

1. Частица в прямоугольной потенциальной яме конечной глубины.

Обсуждение на лабораторном занятии тем, выделенных на лекции.

Лабораторное занятие 4. Методы и принципы наноэлектроники. Принцип размерного квантования.
План:
1. Энергетические состояния в прямоугольной потенциальной яме сложной формы.

Обсуждение на лабораторном занятии тем, выделенных на лекции.
Лабораторное занятие 5. Методы и принципы наноэлектроники. Принцип размерного квантования.
План:
1. Туннельный эффект. Туннельный эффект в наноструктурах.

Обсуждение на лабораторном занятии тем, выделенных на лекции.
Лабораторное занятие 6. Методы и принципы наноэлектроники. Принцип размерного квантования.
План:
1. Рассеяние частиц на потенциальном рельефе.
2. Особенности движения частиц над потенциальным рельефом.

Обсуждение на лабораторном занятии тем, выделенных на лекции.
Лабораторное занятие 7. Методы и принципы наноэлектроники. Принцип размерного квантования.
План:
1. Движение частиц в двухбарьерных квантовых структурах.

Обсуждение на лабораторном занятии тем, выделенных на лекции.
Лабораторное занятие 8. Методы и принципы наноэлектроники. Принцип размерного квантования.
План:
1. Физика полупроводниковых квантово-размерных систем пониженной размерности.
2. Энергетический спектр электронов и плотность состояний в электронных системах с пониженной размерностью.
3. Статистика носителей заряда в низкоразмерных структурах.

Обсуждение на лабораторном занятии тем, выделенных на лекции.
Лабораторное занятие 9. Сверхрешётки и размерное квантование.
План:
1. Сверхрешётки и размерное квантование.

Обсуждение на лабораторном занятии тем, выделенных на лекции.
Лабораторное занятие 10. Квантовые эффекты в квантово-размерных системах пониженной размерности. Квантовый эффект Холла.
План:
1. Квантовые эффекты в квантово-размерных системах пониженной размерности.
2. Квантовый эффект Холла.

Обсуждение на лабораторном занятии тем, выделенных на лекции.

7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, Интернет-ресурсов, необходимых для освоения дисциплины

Основная литература

1. Филиппов, В. В. Физические основы наноэлектроники : учебное пособие / В. В. Филиппов, А. Д. Пашун ; Липецкий государственный педагогический университет им. П. П. Семенова-Тян-Шанского. – Липецк : Липецкий государственный педагогический университет имени П. П. Семенова-Тян-Шанского, 2018. – 163 с. – Режим доступа: по подписке. – URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=576862. – ISBN 978-5-88526-948-3. – Текст : электронный.
2. Дробот, П. Н. Наноэлектроника : учебное пособие / П. Н. Дробот ; Томский Государственный университет систем управления и радиоэлектроники (ТУСУР). – Томск : ТУСУР, 2016. – 286 с. – Режим доступа: по подписке. – URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=480771. – Библиогр.: с. 261-275. – Текст : электронный.

3. Рамбиди, Н. Г. Физические и химические основы нанотехнологий / Н. Г. Рамбиди, А. В. Березкин. – Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2009. - 455 с. - ISBN 978-5-9221-0988-8 ; [Электронный ресурс]. - URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=76611.
4. Корабельников, Д. В. Физика наноструктур : учебное пособие / Д. В. Корабельников, Н. Г. Кравченко, А. С. Поплавной ; Министерство образования и науки РФ, Кемеровский государственный университет. - Кемерово : Кемеровский государственный университет, 2016. - 161 с. - ISBN 978-5-8353-2048-6 ; [Электронный ресурс]. - URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=481557.

Дополнительная литература

1. Драгунов, В. П. Микро- и наноэлектроника / В. П. Драгунов, Д. И. Остертак. - Новосибирск : НГТУ, 2012. - 38 с.: ISBN 978-5-7782-2095-9. - Текст : электронный. - URL: https://znanium.com/catalog/product/547779. – Режим доступа: по подписке.
2. Драгунов, В. П. Специальные главы наноэлектроники : учебное пособие / В. П. Драгунов, Д. И. Остертак. - Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2020. - 104 с. - ISBN 978-5-7782-4272-2. - Текст : электронный. - URL: https://znanium.com/catalog/product/1868875. – Режим доступа: по подписке.
3. Троян, П. Е. Наноэлектроника: учебное пособие / П. Е. Троян, Ю. В. Сахаров. - Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2010. - 88 с.; [Электронный ресурс]. - URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=208663.
4. Неволин, В. К. Квантовая физика и нанотехнологии / В. К. Неволин. - 2-е изд., испр. и доп. - Москва : РИЦ "Техносфера", 2013. - 128 с. - ISBN 978-5-94836-361-5 ; [Электронный ресурс]. - URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=88981.
5. Нанотехнологии в электронике / под ред. Ю. А. Чаплыгина. - Москва : Техносфера, 2013. - 688 с. - ISBN 978-5-94836-353-0 ; [Электронный ресурс]. - URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=443325.

Интернет-ресурсы

1) biblioclub.ru – ЭБС «Университетская библиотека онлайн» – электронная библиотека, обеспечивающая доступ высших и средних учебных заведений, публичных библиотек и корпоративных пользователей к наиболее востребованным материалам учебной и научной литературы по всем отраслям знаний от ведущих российских издательств. Ресурс содержит учебники, учебные пособия, монографии, периодические издания, справочники, словари, энциклопедии.
2) els.ulspu.ru – сайт ЭБС Научная библиотека Ульяновского государственного педагогического университета имени И. Н. Ульянова, содержащий ссылки на образовательные (электронно-библиотечные системы, каталог библиотечных сайтов, методические рекомендации) и научные ресурсы (научные электронные библиотеки, научные электронные издательства).
3) bibl.ulspu.ru - сайт научной библиотеки Ульяновского государственного педагогического университета имени И. Н. Ульянова, содержащие электронный каталог книг и журналов.
4) Электронная библиотека портала РФФИ http://www.rfbr.ru/,
5) Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам" http://window.edu.ru/,
6) Электронная библиотека механико-математического факультета МГУ http://lib.mexmat.ru/,
7) Образовательный проект А. Н. Варгина http://www.ph4s.ru/book_nano.html,
8) Международный научно-образовательный сайт EqWorld: http://eqworld.ipmnet.ru/,
9) Электронная библиотека издательства "Венец" http://venec.ulstu.ru/lib/.
10) Интернет-версия журнала "Успехи физических наук" http://ufn.ru/.
11) Информационно-справочные и поисковые система http://www.phys.msu.ru/ официальный сайт физического факультета Московского государственного университета,
12) http://www.scirus.com/ поисковая система Scirus,
13) http://www.physics.ru/ сайт по физике интегрирует содержание учебных компьютерных курсов компании ФИЗИКОН, выпускаемых на компакт-дисках, и индивидуальное обучение через Интернет–тестирование и электронные консультации,

14) http://www.physbook.ru/ электронный учебник физики.
15) *Научная электронная библиотека*. Режим доступа: http://elibrary.ru/defaultx.asp.
16) *Журналы института физики*. Режим доступа: http://www.iop.org/EJ/.
17) Журналы американского физического общества. Режим доступа: http://publish.aps.org/.
18) *База данных научных журналов*. Режим доступа: http://www.sciencedirect.com/.
19) *Книги и журналы издательства Шпрингер*. Режим доступа: http://www.springer.com/.
20) *Журналы американского оптического общества*. Режим доступа: http://www.opticsinfobase.org/.
21) *Журналы американского химического общества*. Режим доступа: http://pubs.acs.org/.
22) *Журналы королевского химического общества*. Режим доступа: http://www.rsc.org/Publishing/Journals/Index.asp.
23) *Журнал «Российские нанотехнологии»*. Режим доступа: http://www.nanorf.ru/.
24) Вьюрков В. В., Гридчин В. А., Драгунов В. П. Наноэлектроника. Часть 1. Введение в наноэлектронику. М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2009. - 711 с. Электронная библиотека портала РФФИ. (Электронный ресурс. - Режим доступа: http://www.rfbr.ru/rffi/ru/books/o_27028).
25) Дубровский В. Г. Теоретические основы технологии полупроводниковых наноструктур: Учебное пособие. СПб.: СПбГПУ, 2006. - 347 с. (Электронный ресурс. - Режим доступа: http://window.edu.ru/resource/346/63346).
26) Попов А. М. Вычислительные нанотехнологии: учебное пособие. М.: Издательский отдел факультета ВМиК МГУ им. М. В. Ломоносова; МАКС Пресс, 2009. - 280 с. (Электронный ресурс. - Режим доступа: http://books.google.ru/books?id=IuWHXHpQGKEC&lpg=PA1&hl=ru&pg=PA1&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false).
27) Моисеев С. Г., Виноградов С. В. Основы нанофизики: методические указания к практическим занятиям по дисциплине "Введение в нанофизику". Ульяновск: УлГТУ, 2010. - 40 с. Электронная библиотека полнотекстовых учебных и научных изданий УлГТУ. (Электронный ресурс. - Режим доступа: http://venec.ulstu.ru/lib/disk/2010/Moiseev.pdf).
28) Словарь нанотехнологических и связанных с нанотехнологиями терминов / под ред. С. В. Калюжный. - М.: Физматлит, 2010. - 528 с. - ISBN 978-5-9221-1266-6; То же [Электронный ресурс]. - URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=82805.

Основные научные статьи, обеспечивающие курс

1. Балыкин В. И. Атомная оптика и нанотехнология. // Успехи физических наук. Москва, 2009. Т. 179, № 3. с. 297-305. (Электронный ресурс. - Режим доступа: http://ufn.ru/ufn09/ufn09_3/Russian/r093g.pdf).
2. Гадомский О. Н., Ушаков Н. М., Алтунин К. К. Идеальное оптическое просветление композитных плёнок, активированных сферическими наночастицами. // Письма в ЖЭТФ, 2009. Т. 90, N. 4, с. 273-278.
3. Гадомский О. Н., Алтунин К. К., Ушаков Н. М., Кособудский И. Д., Подвигалкин В. Я., Кульбацкий Д. М. Высокоэффективные просветляющие наноструктурные оптические покрытия для солнечных элементов. // ЖТФ, 2010, Т. 80, выпуск 7, с. 83-89.
4. Алтунин К. К. Гигантское усиление света в металл-полимерных нанокомпозитных пленках, активированных металлическими наночастицами и наноагрегатами. // Наноструктуры и наноматериалы, 2010, N.2, с. 3-8. Издательство "Радиотехника".
5. Altunin K. K., Gadomsky O. N. High-negative effective refractive index of silver nanoparticles system in nanocomposite films. // Optics Communications, 2012, Vol. 285, pp. 816-820.
6. Алтунин К. К. Квантовая теория с применением методов решёточных сумм и интегральных уравнений для объяснения эффекта увеличения когерентного оптического пропускания в нанокомпозитных плёнках с монослоями из наночастиц серебра, находящихся во внешнем поле оптического излучения. // Фундаментальные проблемы радиоэлектронного приборостроения, 2011. Часть 1, с. 7-10. Под редакцией члена-корреспондента РАН А. С. Сигова. Москва: МГТУ МИРЭА – ИРЭ РАН, 2011.

7. Алтунин К. К. Метод решёточных сумм для расчёта оптических характеристик металл-полимерных наноструктурных плёнок на поверхности солнечных панелей во внешнем поле оптического излучения. // Фундаментальные проблемы радиоэлектронного и оптоэлектронного приборостроения, 2010. Часть 1. с. 75-79. 23-27 ноября 2010 г. / Под ред. А. С. Сигова. Москва: Издательство "Энергоатомиздат", 2010.
8. Алтунин К. К. Эффект идеального оптического просветления в новых наноматериалах с квазинулевыми значениями комплексного показателя преломления. // Фундаментальные проблемы радиоэлектронного приборостроения, 2011. Часть 1, с. 11-14. Под редакцией члена-корреспондента РАН А. С. Сигова. Москва: МГТУ МИРЭА – ИРЭ РАН, 2011.
9. Алтунин К. К. Исследование режимов когерентного оптического пропускания и усиления света в металл-полимерных и полимер-полимерных наноструктурах, нанопленках и антибликовых покрытиях из новых наноматериалов с включениями наночастиц из благородных металлов, находящихся во внешнем поле оптического излучения. // Фундаментальные проблемы радиоэлектронного приборостроения, 2011. Часть 2, с. 7-10. Под редакцией члена-корреспондента РАН А. С. Сигова. Москва: МГТУ МИРЭА – ИРЭ РАН, 2011.
10. Алтунин К. К. Эффект идеального оптического просветления в новых наноматериалах с квазинулевыми значениями комплексного показателя преломления. // Фундаментальные проблемы радиоэлектронного приборостроения, 2011. Часть 1, с. 11-14. Под редакцией члена-корреспондента РАН А. С. Сигова. Москва: МГТУ МИРЭА – ИРЭ РАН, 2011.
11. Алтунин К. К. Эффект ближнего поля в квантовых системах. // Межвузовский сборник научных трудов "Радиоэлектронная техника". Ульяновск: УлГТУ, 2010. с. 58-64.