

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное учреждение
высшего профессионального образования
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"
Институт физики



УТВЕРЖДАЮ

Проректор
по образовательной деятельности КФУ
Проф. Таюрский Д.А.

_____ 20__ г.

Программа дисциплины

Квантовые электронные свойства наносистем Б1.В.ДВ.8

Направление подготовки: 28.03.01 - Нанотехнологии и микросистемная техника

Профиль подготовки: не предусмотрено

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Автор(ы):

Парфенов В.В.

Рецензент(ы):

Деминов Р.Г.

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий(ая) кафедрой: Воронина Е. В.

Протокол заседания кафедры No ____ от "____" _____ 201__ г

Учебно-методическая комиссия Института физики:

Протокол заседания УМК No ____ от "____" _____ 201__ г

Регистрационный No

Казань
2016

Содержание

1. Цели освоения дисциплины
2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля
4. Структура и содержание дисциплины/ модуля
5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения
6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов
7. Литература
8. Интернет-ресурсы
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины/модуля согласно утвержденному учебному плану

Программу дисциплины разработал(а)(и) профессор, д.н. (доцент) Парфенов В.В. Кафедра физики твердого тела Отделение физики, Viktor.Parfenov@kpfu.ru

1. Цели освоения дисциплины

ознакомление студентов с физическими основами наноэлектроники и нанотехнологий.

2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы высшего профессионального образования

Данная учебная дисциплина включена в раздел " Б1.В.ДВ.8 Дисциплины (модули)" основной образовательной программы 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 4 курсе, 7, 8 семестры.

является дисциплиной по выбору профессионального цикла (блок Б3.ДВ) дисциплин подготовки студентов по направлению подготовки "Нанотехнологии и микросистемная техника".

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ПК-2 (профессиональные компетенции)	готовность проводить экспериментальные исследования по синтезу и анализу материалов и компонентов нано- и микросистемной техники
ПК-3 (профессиональные компетенции)	готовность анализировать и систематизировать результаты исследований, представлять материалы в виде научных отчетов, публикаций, презентаций
ПК-4 (профессиональные компетенции)	способность проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектов
ПК-5 (профессиональные компетенции)	готовность рассчитывать и проектировать компоненты нано- и микросистемной техники
ПК-6 (профессиональные компетенции)	готовность рассчитывать и проектировать основные параметры наноструктурных материалов различного функционального назначения

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

- физические процессы, происходящие в структурах, имеющих размеры 10-100 нм;
- технологические особенности синтеза новых полупроводниковых материалов и построения на их основе наноразмерных структур для электроники;
- физические основы наноэлектроники - условия возникновения размерного квантования электронного газа в полупроводниковых структурах, специфические эффекты, возникающими вследствие такого квантования;
- механизмы переноса носителей заряда в низкоразмерных системах и полупроводниковых приборах на основе таких систем;
- фотоэлектрические, оптические и люминесцентные явления в гетероструктурах;
- применение наноразмерных структур в электронной технике.

2. должен уметь:

измерять на современном оборудовании физические параметры полупроводниковых приборов на основе гетероструктур.

3. должен владеть:

проведением экспериментальных исследований по синтезу и анализу материалов и компонентов нано- и микросистемной техники;
 описанием проводимых исследований, анализом результатов, подготовкой данных для составления обзоров, отчетов и научных публикаций

- системного научного анализа проблем (как природных, так и профессиональных) различного уровня сложности.

4. Структура и содержание дисциплины/ модуля

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных(ые) единиц(ы) 180 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины экзамен в 7 семестре; зачет в 8 семестре.

Суммарно по дисциплине можно получить 100 баллов, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов. Минимальное количество для допуска к зачету 28 баллов.

86 баллов и более - "отлично" (отл.);

71-85 баллов - "хорошо" (хор.);

55-70 баллов - "удовлетворительно" (удов.);

54 балла и менее - "неудовлетворительно" (неуд.).

4.1 Структура и содержание аудиторной работы по дисциплине/ модулю

Тематический план дисциплины/модуля

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Некоторые вопросы технологии получения совершенных гетероструктур.	7	1	2	2	0	устный опрос
2.	Тема 2. Молекулярно-лучевая эпитаксия и металл-органическая газофазная эпитаксия.	7	2	1	2	0	устный опрос

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
3.	Тема 3. Графен - двумерный кристалл. Перспективы применения в электронике.	7	3	2	2	0	устный опрос
4.	Тема 4. Методы исследование поверхности гетероструктур.	7	4	2	2	0	устный опрос
5.	Тема 5. Размерное квантование электронного газа. Условия наблюдения квантовых размерных эффектов.	7	5	2	2	0	устный опрос
6.	Тема 6. Электрон в прямоугольной и треугольной потенциальных ямах.	7	6	2	2	0	устный опрос
7.	Тема 7. Туннелирование электрона и надбарьерный перенос электронов через потенциальные барьеры наноразмеров.	7	7	1	2	0	устный опрос
8.	Тема 8. Перенос электронов в двухбарьерной квантовой структуре (ДБКС).	7	8	1	2	0	устный опрос
9.	Тема 9. Проблема достижения высокой подвижности носителей. Междолинный перенос в арсениде галлия и твердых растворах на его основе.	7	9	1	2	0	устный опрос
10.	Тема 10. Рассеяние электронов на ионизированных примесях. Пространственное разделение подвижных носителей и ионизированных примесей. Дельта-легирование.	7	10	2	2	0	устный опрос

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
11.	Тема 11. Сверхрешетки. Размерное квантование фононного спектра в сверхрешетках. Рассеяние электронов на оптических фононах в сверхрешетках.	7	11	2	2	0	устный опрос
12.	Тема 12. Баллистический транспорт в наноструктурах. Временной и пространственный overshoot. Условия реализации и наблюдения.	7	12	2	2	0	устный опрос
13.	Тема 13. Низкоразмерный электронный газ в квантующем магнитном поле. Целочисленный квантовый эффект Холла.	7	13	2	2	0	устный опрос
14.	Тема 14. Дробный квантовый эффект Холла. Коллективные электронные возбуждения квазичастицы с дробным зарядом и тета-статистикой.	7	14	2	2	0	устный опрос
15.	Тема 15. Транзисторные наноструктуры: полевые транзисторы с высокой подвижностью электронов (HEMT), транзисторы с резонансным туннелированием через квантовую точку (RHET) и др. Устройство и принцип действия. Рабочий диапазон частот.	7	15	2	2	0	устный опрос

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
16.	Тема 16. Применение наноразмерных структур в оптоэлектронных приборах. Инжекционные лазеры на гетероструктурах. Лазеры на квантовых точках. Лавинные фотодиоды на сверхрешетках.	7	16	2	2	0	устный опрос
17.	Тема 17. Одноэлектроника. Условия наблюдения одноэлектронного туннелирования. Кулоновская лестница?	7	17	1	2	0	устный опрос
18.	Тема 18. Принципы построения логических элементов с использованием одноэлектронных приборов.	7	18	1	2	0	устный опрос
19.	Тема 19. Все разделы	7		0	0	0	
20.	Тема 20. Лаб. работа "Спектры плазмонного резонанса наночастиц серебра"	8	1-2	0	0	6	
21.	Тема 21. Лаб. работа "Спектры светодиодов на гетероструктурах"	8	3-4	0	0	6	
22.	Тема 22. Лаб. работа "Туннельный диод"	8	5-6	0	0	6	
	Тема . Итоговая форма контроля	7		0	0	0	экзамен
	Тема . Итоговая форма контроля	8		0	0	0	зачет
	Итого			30	36	18	

4.2 Содержание дисциплины

Тема 1. Некоторые вопросы технологии получения совершенных гетероструктур.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Физические свойства основных материалов для формирования гетероструктур полупроводниковых соединений A₃B₅, A₂B₆, A₄B₆. Некоторые вопросы технологии получения совершенных гетероструктур. Гетероструктуры 1 и 2 типов.

практическое занятие (2 часа(ов)):

Тема 2. Молекулярно-лучевая эпитаксия и металл-органическая газофазная эпитаксия.

лекционное занятие (1 часа(ов)):

Молекулярно-лучевая эпитаксия. Метод магнетронного и ионно-плазменного напыления тонких пленок. Ионная имплантация как метод модификации физических свойств. Ионно-лучевой синтез. Получение гетероструктур методом МОГФЭ.

практическое занятие (2 часа(ов)):

Тема 3. Графен - двумерный кристалл. Перспективы применения в электронике.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Графен - двумерный кристалл. Зонная структура. Электроны с "нулевой" массой и высокой подвижностью. Перспективы применения в электронике. Графеноподобные двумерные кристаллы.

практическое занятие (2 часа(ов)):

Тема 4. Методы исследование поверхности гетероструктур.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Методы элементного анализа. Исследование поверхности методами электронной спектроскопии. Сканирующая зондовая, сканирующая силовая и магнитно-силовая микроскопия.

практическое занятие (2 часа(ов)):

Тема 5. Размерное квантование электронного газа. Условия наблюдения квантовых размерных эффектов.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Размерное квантование электронного газа. Двумерный, одномерный (квантовые нити) и нуль-мерный (квантовые точки) электронный газ. Условия наблюдения квантовых размерных эффектов.

практическое занятие (2 часа(ов)):

Тема 6. Электрон в прямоугольной и треугольной потенциальных ямах.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Решение уравнения Шредингера для прямоугольной и треугольной потенциальных ям. Волновые функции и энергии электрона в ямах. Особенности образования потенциальных ям в МОП и гетероструктурах.

практическое занятие (2 часа(ов)):

Тема 7. Туннелирование электрона и надбарьерный перенос электронов через потенциальные барьеры наноразмеров.

лекционное занятие (1 часа(ов)):

Туннелирование электрона через потенциальные барьеры различной формы. Условия, необходимые для наблюдения туннелирования. Надбарьерный перенос электронов через потенциальные барьеры наноразмеров.

практическое занятие (2 часа(ов)):

Тема 8. Перенос электронов в двухбарьерной квантовой структуре (ДБКС).

лекционное занятие (1 часа(ов)):

Перенос электронов в двухбарьерной квантовой структуре (ДБКС). Пути управления коэффициентом прозрачности ДБКС.

практическое занятие (2 часа(ов)):

Тема 9. Проблема достижения высокой подвижности носителей. Междолинный перенос в арсениде галлия и твердых растворах на его основе.

лекционное занятие (1 часа(ов)):

Проблема достижения высокой подвижности носителей. Междолинный перенос в арсениде галлия и твердых растворах на его основе.

практическое занятие (2 часа(ов)):

Тема 10. Рассеяние электронов на ионизированных примесях. Пространственное разделение подвижных носителей и ионизированных примесей. Дельта-легирование.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

электронов на ионизированных примесях. Пространственное разделение подвижных носителей и ионизированных примесей. Дельта-легирование.

практическое занятие (2 часа(ов)):

Тема 11. Сверхрешетки. Размерное квантование фононного спектра в сверхрешетках. Рассеяние электронов на оптических фононах в сверхрешетках.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Сверхрешетки. Размерное квантование фононного спектра в сверхрешетках. Рассеяние электронов на оптических фононах в сверхрешетках

практическое занятие (2 часа(ов)):

Тема 12. Баллистический транспорт в наноструктурах. Временной и пространственный overshoot. Условия реализации и наблюдения.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Баллистический транспорт в наноструктурах. Временной и пространственный overshoot. Условия реализации и наблюдения.

практическое занятие (2 часа(ов)):

Тема 13. Низкоразмерный электронный газ в квантующем магнитном поле. Целочисленный квантовый эффект Холла.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Низкоразмерный электронный газ в квантующем магнитном поле. Целочисленный квантовый эффект Холла.

практическое занятие (2 часа(ов)):

Тема 14. Дробный квантовый эффект Холла. Коллективные электронные возбуждения квазичастицы с дробным зарядом и тета-статистикой.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Дробный квантовый эффект Холла. Коллективные электронные возбуждения квазичастицы с дробным зарядом и тета-статистикой.

практическое занятие (2 часа(ов)):

Тема 15. Транзисторные наноструктуры: полевые транзисторы с высокой подвижностью электронов (HEMT), транзисторы с резонансным туннелированием через квантовую точку (RHET) и др. Устройство и принцип действия. Рабочий диапазон частот.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Транзисторные наноструктуры: полевые транзисторы с высокой подвижностью электронов (HEMT), транзисторы с резонансным туннелированием через квантовую точку (RHET) и др. Устройство и принцип действия. Рабочий диапазон частот.

практическое занятие (2 часа(ов)):

Тема 16. Применение наноразмерных структур в оптоэлектронных приборах. Инжекционные лазеры на гетероструктурах. Лазеры на квантовых точках. Лавинные фотодиоды на сверхрешетках.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Применение наноразмерных структур в оптоэлектронных приборах. Инжекционные лазеры на гетероструктурах. Лазеры на квантовых точках. Лавинные фотодиоды на сверхрешетках.

практическое занятие (2 часа(ов)):

Тема 17. Одноэлектроника. Условия наблюдения одноэлектронного туннелирования. Кулоновская ?лестница?.

лекционное занятие (1 часа(ов)):

Одноэлектроника. Условия наблюдения одноэлектронного туннелирования. Кулоновская лестница?

практическое занятие (2 часа(ов)):

Тема 18. Принципы построения логических элементов с использованием одноэлектронных приборов.

лекционное занятие (1 часа(ов)):

Принципы построения логических элементов с использованием одноэлектронных приборов.

практическое занятие (2 часа(ов)):

Тема 19. Все разделы

Тема 20. Лаб. работа "Спектры плазмонного резонанса наночастиц серебра"

лабораторная работа (6 часа(ов)):

Измерение спектров плазмонного резонанса наночастиц серебра в диэлектрической матрице. Расчет размеров наночастиц.

Тема 21. Лаб. работа "Спектры светодиодов на гетероструктурах"

лабораторная работа (6 часа(ов)):

Измерение спектров светодиодов на гетероструктурах. Построение спектральных зависимостей. Анализ результатов.

Тема 22. Лаб. работа "Туннельный диод"

лабораторная работа (6 часа(ов)):

Измерение ВАХ туннельного диода. Анализ результатов.

4.3 Структура и содержание самостоятельной работы дисциплины (модуля)

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
1.	Тема 1. Некоторые вопросы технологии получения совершенных гетероструктур.	7	1	подготовка к устному опросу	4	устный опрос
2.	Тема 2. Молекулярно-лучевая эпитаксия и металл-органическая газофазная эпитаксия.	7	2	подготовка к устному опросу	2	устный опрос
3.	Тема 3. Графен - двумерный кристалл. Перспективы применения в электронике.	7	3	подготовка к устному опросу	4	устный опрос
4.	Тема 4. Методы исследование поверхности гетероструктур.	7	4	подготовка к устному опросу	4	устный опрос
5.	Тема 5. Размерное квантование электронного газа. Условия наблюдения квантовых размерных эффектов.	7	5	подготовка к устному опросу	4	устный опрос

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
6.	Тема 6. Электрон в прямоугольной и треугольной потенциальных ямах.	7	6	подготовка к устному опросу	4	устный опрос
7.	Тема 7. Туннелирование электрона и надбарьерный перенос электронов через потенциальные барьеры наноразмеров.	7	7	подготовка к устному опросу	2	устный опрос
8.	Тема 8. Перенос электронов в двухбарьерной квантовой структуре (ДБКС).	7	8	подготовка к устному опросу	2	устный опрос
9.	Тема 9. Проблема достижения высокой подвижности носителей. Междолинный перенос в арсениде галлия и твердых растворах на его основе.	7	9	подготовка к устному опросу	2	устный опрос
10.	Тема 10. Рассеяние электронов на ионизированных примесях. Пространственное разделение подвижных носителей и ионизированных примесей. Дельта-легирование.	7	10	подготовка к устному опросу	4	устный опрос
11.	Тема 11. Сверхрешетки. Размерное квантование фононного спектра в сверхрешетках. Рассеяние электронов на оптических фононах в сверхрешетках.	7	11	подготовка к устному опросу	4	устный опрос

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
12.	Тема 12. Баллистический транспорт в наноструктурах. Временной и пространственный overshoot. Условия реализации и наблюдения.	7	12	подготовка к устному опросу	4	устный опрос
13.	Тема 13. Низкоразмерный электронный газ в квантующем магнитном поле. Целочисленный квантовый эффект Холла.	7	13	подготовка к устному опросу	4	устный опрос
14.	Тема 14. Дробный квантовый эффект Холла. Коллективные электронные возбуждения квазичастицы с дробным зарядом и тета-статистикой.	7	14	подготовка к устному опросу	4	устный опрос
15.	Тема 15. Транзисторные наноструктуры: полевые транзисторы с высокой подвижностью электронов (HEMT), транзисторы с резонансным туннелированием через квантовую точку (RHET) и др. Устройство и принцип действия. Рабочий диапазон частот.	7	15	подготовка к устному опросу	4	устный опрос
16.	Тема 16. Применение наноразмерных структур в оптоэлектронных приборах. Инжекционные лазеры на гетероструктурах. Лазеры на квантовых точках. Лавинные фотодиоды на сверхрешетках.	7	16	подготовка к устному опросу	4	устный опрос

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
17.	Тема 17. Одноэлектроника. Условия наблюдения одноэлектронного туннелирования. Кулоновская лестница?	7	17	подготовка к устному опросу	2	устный опрос
18.	Тема 18. Принципы построения логических элементов с использованием одноэлектронных приборов.	7	18	подготовка к устному опросу	2	устный опрос
	Итого				60	

5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

лекции, лабораторные и практические занятия, интерактивные методы работы постоянное взаимодействие между преподавателем и студентом в процессе обучения, самостоятельная работа студента (выполнение индивидуальных домашних заданий), консультации.

6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

Тема 1. Некоторые вопросы технологии получения совершенных гетероструктур.

устный опрос , примерные вопросы:

Физические свойства основных материалов для формирования гетероструктур полупроводниковых соединений A3B5, A2B6, A4B6. Некоторые вопросы технологии получения совершенных гетероструктур.

Тема 2. Молекулярно-лучевая эпитаксия и металл-органическая газофазная эпитаксия.

устный опрос , примерные вопросы:

Молекулярно-лучевая эпитаксия. Метод магнетронного и ионно-плазменного напыления тонких пленок. Ионная имплантация как метод модификации физических свойств. Ионно-лучевой синтез.

Тема 3. Графен - двумерный кристалл. Перспективы применения в электронике.

устный опрос , примерные вопросы:

Графен - двумерный кристалл. Зонная структура. Электроны с ?нулевой? массой и высокой подвижностью. Перспективы применения в электронике.

Тема 4. Методы исследование поверхности гетероструктур.

устный опрос , примерные вопросы:

Методы элементного анализа. Исследование поверхности методами электронной спектроскопии. Сканирующая зондовая, сканирующая силовая и магнитно-силовая микроскопия.

Тема 5. Размерное квантование электронного газа. Условия наблюдения квантовых размерных эффектов.

устный опрос , примерные вопросы:

Размерное квантование электронного газа. Двумерный, одномерный (квантовые нити) и нуль-мерный (квантовые точки) электронный газ. Условия наблюдения квантовых размерных эффектов.

Тема 6. Электрон в прямоугольной и треугольной потенциальных ямах.

устный опрос , примерные вопросы:

Решение уравнения Шредингера для электрона в прямоугольной и треугольной потенциальных ямах. Особенности образования треугольной потенциальной ямы в МОП-структурах и гетероструктурах.

Тема 7. Туннелирование электрона и надбарьерный перенос электронов через потенциальные барьеры наноразмеров.

устный опрос , примерные вопросы:

Туннелирование электрона через потенциальные барьеры различной формы. Надбарьерный перенос электронов через потенциальные барьеры наноразмеров.

Тема 8. Перенос электронов в двухбарьерной квантовой структуре (ДБКС).

устный опрос , примерные вопросы:

Перенос электронов в двухбарьерной квантовой структуре (ДБКС). Пути управления коэффициентом прозрачности ДБКС.

Тема 9. Проблема достижения высокой подвижности носителей. Междолинный перенос в арсениде галлия и твердых растворах на его основе.

устный опрос , примерные вопросы:

Проблема достижения высокой подвижности носителей. Междолинный перенос в арсениде галлия и твердых растворах на его основе.

Тема 10. Рассеяние электронов на ионизированных примесях. Пространственное разделение подвижных носителей и ионизированных примесей. Дельта-легирование.

устный опрос , примерные вопросы:

Рассеяние электронов на ионизированных примесях. Пространственное разделение подвижных носителей и ионизированных примесей. Дельта-легирование.

Тема 11. Сверхрешетки. Размерное квантование фононного спектра в сверхрешетках. Рассеяние электронов на оптических фононах в сверхрешетках.

устный опрос , примерные вопросы:

Сверхрешетки. Размерное квантование фононного спектра в сверхрешетках. Рассеяние электронов на оптических фононах в сверхрешетках.

Тема 12. Баллистический транспорт в наноструктурах. Временной и пространственный overshoot. Условия реализации и наблюдения.

устный опрос , примерные вопросы:

Баллистический транспорт в наноструктурах. Временной и пространственный overshoot. Условия реализации и наблюдения.

Тема 13. Низкоразмерный электронный газ в квантующем магнитном поле. Целочисленный квантовый эффект Холла.

устный опрос , примерные вопросы:

Низкоразмерный электронный газ в квантующем магнитном поле. Целочисленный квантовый эффект Холла.

Тема 14. Дробный квантовый эффект Холла. Коллективные электронные возбуждения квазичастицы с дробным зарядом и тета-статистикой.

устный опрос , примерные вопросы:

Дробный квантовый эффект Холла. Коллективные электронные возбуждения квазичастицы с дробным зарядом и тета-статистикой.

Тема 15. Транзисторные наноструктуры: полевые транзисторы с высокой подвижностью электронов (HEMT), транзисторы с резонансным туннелированием через квантовую точку (RHET) и др. Устройство и принцип действия. Рабочий диапазон частот.

устный опрос , примерные вопросы:

Транзисторные наноструктуры: полевые транзисторы с высокой подвижностью электронов (HEMT), транзисторы с резонансным туннелированием через квантовую точку (RHET) и др. Устройство и принцип действия. Рабочий диапазон частот.

Тема 16. Применение наноразмерных структур в оптоэлектронных приборах. Инжекционные лазеры на гетероструктурах. Лазеры на квантовых точках. Лавинные фотодиоды на сверхрешетках.

устный опрос , примерные вопросы:

Применение наноразмерных структур в оптоэлектронных приборах. Инжекционные лазеры на гетероструктурах. Лазеры на квантовых точках. Лавинные фотодиоды на сверхрешетках.

Тема 17. Одноэлектроника. Условия наблюдения одноэлектронного туннелирования. Кулоновская ?лестница?.

устный опрос , примерные вопросы:

Одноэлектроника. Условия наблюдения одноэлектронного туннелирования. Кулоновская ?лестница?.

Тема 18. Принципы построения логических элементов с использованием одноэлектронных приборов.

устный опрос , примерные вопросы:

Принципы построения логических элементов с использованием одноэлектронных приборов.

Тема 19. Все разделы

Тема 20. Лаб. работа "Спектры плазмонного резонанса наночастиц серебра"

Тема 21. Лаб. работа "Спектры светодиодов на гетероструктурах"

Тема 22. Лаб. работа "Туннельный диод"

Тема . Итоговая форма контроля

Тема . Итоговая форма контроля

Примерные вопросы к зачету и экзамену:

лабораторные работы по разделам дисциплины, рефераты, доклады.

7.1. Основная литература:

Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии, Гусев, Александр Иванович, 2009г.

Наноэлектроника, Щука, Александр Александрович; Гуляев, Ю. В., 2007г.

Нанотехнологии, Пул, Ч.; Оуэнс, Френк; Головин, Ю. И.; Лучинин, В. В., 2006г.

4. Лозовский В.И., Константинова Г.С., Лозовский С.В. Нанотехнология в электронике. М., Лань, 2008.

7.2. Дополнительная литература:

Нанотехнологии в электронике, Гаврилов, С. А.; Боргардт, Николай Иванович; Герасименко, Николай Николаевич; Чаплыгин, Юрий Александрович, 2005г.

Наноэлектроника, Ч. 1. Введение в наноэлектронику, , 2009г.

1. Парфенов В.В. Квантово-размерные структуры в электронике: оптоэлектроника, КГУ, 2007.

2. Парфенов В.В. Квантово-размерные структуры в электронике: транзисторные структуры и клеточные автоматы, КГУ, 2007

7.3. Интернет-ресурсы:

гетероструктуры - http://femto.com.ua/articles/part_1/0743.html

гетероструктуры на основе AlN, GaN - http://www.kit-e.ru/articles/svch/2008_2_138.php

графен и его применения - <http://ru.wikipedia.org/wiki/%C3%F0%E0%F4%E5%ED>

квантовый эффект холла -

http://dic.academic.ru/dic.nsf/enc_physics/3462/%D0%9A%D0%92%D0%90%D0%9D%D0%A2%D0%9E

лазер на квантовых точках - <http://www.nanometer.ru/2009/03/22/12377431214279.html>

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля)

Освоение дисциплины "Квантовые электронные свойства наносистем" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и с учетом рекомендаций ПрООП ВПО по направлению и профилю подготовки Нанотехнологии и микросистемная техника.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 28.03.01 "Нанотехнологии и микросистемная техника" и профилю подготовки не предусмотрено .

Автор(ы):

Парфенов В.В. _____

"__" _____ 201__ г.

Рецензент(ы):

Деминов Р.Г. _____

"__" _____ 201__ г.