

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.»

Кафедра «Физика»

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

по дисциплине

Б1.В.ДВ3.1– Квантово-размерные структуры

направление подготовки

11.06.01 – Электроника, радиотехника и системы связи

Направленность – Твердотельная электроника, радиоэлектронные
компоненты, микро- и нанoeлектроника, приборы на квантовых эффектах

Квалификация – исследователь, преподаватель- исследователь

форма обучения – очная
курс – 4
семестр – 7
зачетных единиц – 2
часов в неделю – 1
всего часов – 72
в том числе:
лекции – 18
коллоквиумы – нет
практические занятия – нет
лабораторные занятия – нет
самостоятельная работа – 72
зачет – 7 семестр
экзамен – нет
РГР - нет
курсовая работа – нет
курсовой проект – нет

Рабочая программа обсуждена на заседании
кафедры «Физика»
« 29 » сентября 2015 года, протокол № 3
Зав. кафедрой _____ /Д.А. Зимняков/

Рабочая программа утверждена на заседании УМКН
« 29 » сентября 2015 года, протокол № 2
Председатель УМКН _____ /В.В. Астахов/

Саратов, 2015

1. Цели и задачи дисциплины

Цель преподавания дисциплины:

1) формирование у аспирантов комплекса профессиональных знаний и умений (владений) и усвоение материала в области физики и технологии квантово-размерных структур, основных свойств, присущих квантово-размерным структурам, и физических явлений в квантово-размерных структурах, лежащих в основе работы приборов твердотельной электроники;

2) приобретение аспирантами знаний и выработка навыков в исследованиях свойств квантово-размерных структур;

3) приобретение аспирантами знаний в области создания современной элементной базы твердотельной микро- и нанoeлектроники.

Задачи изучения дисциплины:

1) формирование и углубление знаний в теории физики квантово-размерных структур, о физических явлениях в квантово-размерных структурах и основных характеристиках приборов на их основе;

2) формирование умений обеспечивать технологическую и конструктивную реализацию методов определения основных параметров квантово-размерных структур;

3) овладение сведениями об основных тенденциях развития электронной компонентной базы.

Программа ориентирована на формирование у аспиранта теоретических знаний в части описания и анализа физики квантово-размерных структур, а также на практическую подготовку аспиранта к использованию полученных знаний в области создания новых приборов твердотельной электроники в рамках микро- и нанoeлектронных технологий.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

- **Знать:** весь комплекс теоретических и практических методов и подходов к описанию и созданию квантово-размерных структур.

- **Уметь:** применять экспериментальные методы и технологии микро- и нанoeлектроники для формирования квантово-размерных структур.

- **Владеть:** методами теоретического описания и анализа свойств квантово-размерных структур и технологическими подходами к их формированию в рамках микро- и нанотехнологий, навыками публичного представления полученных теоретических и экспериментальных результатов в форме научных отчетов, статей, докладов на семинарах и конференциях.

2. Место дисциплины в структуре ООП ВО

Профессиональная ориентированность и задачи будущей деятельности аспирантов предполагает изучение круга проблем, связанных с созданием и применением квантово-размерных структур, изготовленных в рамках микро-и нанотехнологий.

Программа дисциплины Б1.В.ДВ3.1 «Квантово-размерные структуры» относится к дисциплинам по выбору вариативной части образовательного цикла основной профессиональной образовательной программы послевузовского профессионального образования по специальности 11.06.01 - "Электроника, радиотехника и системы связи" (направленность «Твердотельная электроника, радиоэлектронные компоненты, микро- и нанoeлектроника, приборы на квантовых эффектах»).

В соответствии с учебным планом подготовки аспиранта читается на 4 году обучения аспиранта (7 семестр).

Входные знания, умения и компетенции, необходимые для изучения данного курса, формируются в процессе изучения таких дисциплин, как физика, математика, физика твердого тела.

3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины «Квантово-размерные структуры» направлен на формирование следующих компетенций:

общепрофессиональные (ОПК):

- владение методологией теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности (ОПК-1);

профессиональные (ПК):

- готовность к проведению научно-исследовательских работ в области разработки и исследования новых и совершенствования традиционных приборов твердотельной электроники, радиоэлектронных компонентов, изделий микро- и нанoeлектроники, приборов на квантовых эффектах, включая оптоэлектронные приборы и преобразователи физических величин (сенсоры) (ПК-1);

- готовность к выполнению работ по исследованию и моделированию функциональных и эксплуатационных характеристик изделий микро- нанoeлектронике, включая вопросы качества, долговечности, надежности и стойкости к внешним воздействующим факторам, а также вопросы эффективного применения (ПК-4).

В результате освоения дисциплины аспирант должен

- **знать:** физические свойства систем с пониженной размерностью и методы их создания;

- **уметь:** оценивать пределы применимости классического подхода роль и важность квантовых эффектов при описании физических процессов в элементах твердотельной электроники; применять методы расчета параметров и характеристик приборов твердотельной электроники; квалифицированно представлять

результаты своей научно-исследовательской деятельности на русском и английском языках в форме публикаций в научных журналах и докладов на семинарах и конференциях; осуществлять научно-исследовательскую и преподавательскую деятельность в области своей специализации;

- **владеть:** методами квантово-механического описания простейших квантовых систем, входящих в состав элементов твердотельной электроники; сведениями о технологии их изготовления; навыками организации и проведения научных исследований в области профессиональной деятельности в научно-исследовательских и научно-образовательных учреждениях.

4. Распределение трудоемкости (час.) дисциплины по темам и видам занятий

№ модуля	№ недели	№ раздела	Раздел дисциплины	Часы/из них в интерактивной форме				
				Всего	лек.	лаб. з.	Колл.	СРС
1	2	3	4	4	5	6	7	8
1	1-17	1	Квантово-размерные структуры	72/9	18/9	0	0	54/0

5. Содержание лекционного курса

№ темы	Всего часов	№ лекции	Тема лекции. Вопросы, отрабатываемые на лекции	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3	4	5
1	2	1	Размерное квантование. Двумерные, одномерные и нульмерные электронные системы и структуры. Оптические явления в структурах с квантовыми ямами.	Раздел 15 рабочей программы
2	2	2	Электрические гальваномагнитные явления в двумерных структурах.	Раздел 15 рабочей программы
3	2	3	Гетероструктуры с селективным допированием. Гетероструктуры с инжекцией горячих электронов. Гетероструктуры с квантовыми ямами и сверхрешетками. Гетероструктуры с квантовыми нитями и квантовыми точками.	Раздел 15 рабочей программы
4	2	4	Формирование квантово-размерных структур «традиционными методами». Формирование квантово-размерных структур на основе наноразмерных атомных кластеров. Спонтанное упорядочение полупроводниковых наноструктур.	Раздел 15 рабочей программы
5	2	5	Энергетическая структура 3-х и 2-х мерных полупроводниковых кристаллов. Энергетическая структура 1- и 0-мерных полупроводниковых кристаллов.	Раздел 15 рабочей программы
6	2	6	Область пространственного заряда в низкоразмерных структурах.	Раздел 15 рабочей программы
7	2	7	Экситоны в квантово-размерных полупроводниковых кристаллах.	Раздел 15 рабочей программы
8	2	8	Размерное квантование при надбарьерном пролете электронов. Прохождение электронов над потенциальной ямой.	Раздел 15 рабочей программы
9	2	9	Приборные структуры одноэлектроники. Применение одноэлектронных приборов.	Раздел 15 рабочей программы

6. Содержание коллоквиумов
Не предусмотрены

7. Перечень практических занятий
Не предусмотрены

8. Перечень лабораторных работ
Не предусмотрены

9. Задания для самостоятельной работы

№ темы	Всего часов	Вопросы для самостоятельного изучения (задания)	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3	4
1	4	Плотность состояний. Распределение носителей заряда по энергиям.	Раздел 15 рабочей программы
1	4	Механизм последовательного туннелирования. Энергетический спектр электрона в квантовой яме.	Раздел 15 рабочей программы
2	4	Влияние рассеяния носителей заряда на время жизни электрона и ширину уровня энергии в квантовой яме. Инерционность резонансного туннелирования.	Раздел 15 рабочей программы
3	4	Зонные диаграммы и вольтамперные характеристики резонансно-туннельных диодов.	Раздел 15 рабочей программы
4	4	Структура, эквивалентная схема и вольтамперные характеристики горизонтально-интегрированных резонансно-туннельных диодов.	Раздел 15 рабочей программы
5	4	Структура, эквивалентная схема и вольтамперные характеристики вертикально-интегрированных резонансно-туннельных диодов.	Раздел 15 рабочей программы
6	4	Биполярные резонансно-туннельные транзисторы. Зонные диаграммы.	Раздел 15 рабочей программы
6	4	Полевые резонансно-туннельные транзисторы. Интерференция электронных волн в двухканальной квантовой структуре.	Раздел 15 рабочей программы
7	4	Спектры поглощения квантово-размерных структур. Экситонный механизм поглощения оптического излучения в квантово-размерных гетероструктурах.	Раздел 15 рабочей программы
7	4	Применение квантово-размерных структур в оптоэлектронике. Бистабильные оптические устройства на основе квантово-ограниченных структур.	Раздел 15 рабочей программы
8	4	Полупроводниковые лазеры с квантово-размерными структурами.	Раздел 15 рабочей программы
8	4	Фотоприемники ИК-диапазона на основе квантово-размерных структур.	Раздел 15 рабочей программы
9	6	Теоретические основы одноэлектроники	Раздел 15 рабочей программы

10. Расчетно-графическая работа
Не предусмотрена

11. Курсовая работа
Не предусмотрена

12. Курсовой проект – нет

13. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

В процессе освоения образовательной программы при изучении дисциплины Б1.В.ДВ3.1 «Квантово-размерные структуры» формируются следующие компетенции:
-общепрофессиональная ОПК- 1: владение методологией теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности
через прослушивание лекций и участие в дискуссиях на семинарах, участие в олимпиадах, подготовка и сдача зачета;

профессиональные ПК-1: - готовность к проведению научно-исследовательских работ в области разработки и исследования новых и совершенствования традиционных приборов твердотельной электроники, радиоэлектронных компонентов, изделий микро- и наноэлектроники, приборов на квантовых эффектах, включая оптоэлектронные приборы и преобразователи физических величин (сенсоры), ПК-4: готовность к выполнению работ по исследованию и моделированию функциональных и эксплуатационных характеристик изделий микро- наноэлектронике, включая вопросы качества, долговечности, надежности и стойкости к внешним воздействующим факторам, а также вопросы эффективного применения через участие в научно-практических конференциях с докладами профессионального значения, применение современных методов исследования физико-химических объектов и явлений, использование современных аналитических средств.

Формирование компетенций происходит в ходе всего курса изучения дисциплины Б1.В.ДВ3.1 «Квантово-размерные структуры». Успешное освоение компетенций достигается путем выполнения теоретического отчета (40 %), освоения методики эксперимента (20 %), проведения обработки результатов эксперимента (40 %).

Составляющие компетенций

ОПК- 1: *владение методологией теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности*

ПК-1: *готовность к проведению научно-исследовательских работ в области разработки и исследования новых и совершенствования традиционных приборов твердотельной электроники, радиоэлектронных компонентов, изделий микро- и наноэлектроники, приборов на квантовых эффектах, включая оптоэлектронные приборы и преобразователи физических величин (сенсоры),*

ПК-4: *готовность к выполнению работ по исследованию и моделированию функциональных и эксплуатационных характеристик изделий микро- наноэлектронике, включая вопросы качества, долговечности, надежности и стойкости к внешним воздействующим факторам, а также вопросы эффективного применения*

Части компонентов	Технологии формирования	Средства и технологии оценки
1	2	3
<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Физические свойства систем с пониженной размерностью, методы их создания, особенности проявления квантовых эффектов в базовых элементах полупроводниковой электроники, их классификацию 	Лекции, СРС.	Зачет
<p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - оценивать пределы применимости классического подхода, роль и важность квантовых эффектов при описании физических процессов в элементах полупроводниковой электроники; - применять методы расчета параметров и характеристик приборов полупроводниковой электроники 	Лекции, СРС.	Зачет
<p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - методами квантово-механического описания простейших квантовых систем, входящих в состав элементов полупроводниковой электроники; - сведениями о технологии их изготовления. 	Участие в научно-практических конференциях с докладами профессионального значения, СРС.	зачет

Уровни освоения компетенций

ОПК- 1: *владение методологией теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности*

ПК-1: *готовность к проведению научно-исследовательских работ в области разработки и исследования новых и совершенствования традиционных приборов твердотельной электроники, радиоэлектронных компонентов, изделий микро- и наноэлектроники, приборов на квантовых эффектах, включая оптоэлектронные приборы и преобразователи физических величин (сенсоры),*

ПК-4: *готовность к выполнению работ по исследованию и моделированию функциональных и эксплуатационных характеристик изделий микро- наноэлектронике, включая вопросы качества, долговечности, надежности и стойкости к внешним воздействующим факторам, а также вопросы эффективного применения*

Ступени уровней освоения компетенции	Отличительные признаки
1	2
Пороговый (удовлетворительный)	<p>Знает физические свойства систем с пониженной размерностью, методы их создания, особенности проявления квантовых эффектов в базовых элементах полупроводниковой электроники, их классификацию, но не знает основные параметры и характеристики, примеры применения.</p> <p>Умеет оценивать пределы применимости классического подхода, роль и важность квантовых эффектов при описании физических процессов в элементах полупроводниковой электроники, но допускает грубые ошибки; применять методы расчета параметров и характеристик.</p> <p>Владеет несвободно методами квантово-механического описания простейших квантовых систем, входящих в состав элементов полупроводниковой электроники; сведениями о технологии их изготовления.</p>
Продвинутый (хороший)	<p>Знает физические свойства систем с пониженной размерностью, методы их создания, особенности проявления квантовых эффектов в базовых элементах полупроводниковой электроники, их классификацию, но не всегда знает объяснение некоторых особенностей, не дает исчерпывающих ответов на уточняющие вопросы.</p> <p>Умеет оценивать пределы применимости классического подхода, роль и важность квантовых эффектов при описании физических процессов в элементах полупроводниковой электроники, но допускает отдельные неточности; применять методы расчета параметров и характеристик.</p> <p>Владеет основными методами квантово-механического описания простейших квантовых систем, входящих в состав элементов полупроводниковой электроники; сведениями о технологии их изготовления.</p>
Высокий (отличный)	<p>Знает физические свойства систем с пониженной размерностью, методы их создания, особенности проявления квантовых эффектов в базовых элементах полупроводниковой электроники, их классификацию.</p> <p>Умеет оценивать пределы применимости классического подхода, роль и важность квантовых эффектов при описании физических процессов в элементах полупроводниковой электроники; применять методы расчета параметров и характеристик.</p> <p>Владеет методами квантово-механического описания простейших квантовых систем, входящих в состав элементов полупроводниковой электроники; сведениями о технологии их изготовления.</p>

Вопросы для зачета

№	Вопросы
1	Особенности энергетического спектра частиц в системах пониженной размерности
2	Рассеяние частиц на потенциальной ступеньке
3	Размерное квантование при надбарьерном пролете электронов
4	Особенности движения частиц над потенциальной ямой
5	Влияние однородного электрического поля на энергетический спектр систем пониженной размерности
6	Энергетический спектр бесконечной и конечной прямоугольных потенциальных ям в однородном электрическом поле
7	Влияние однородного электрического поля на энергетический спектр параболической потенциальной ямы
8	Влияние однородного электрического поля на энергетический спектр туннельно-связанных ям
9	Влияние однородного электрического поля на движение электронов через прямоугольный потенциальный барьер
10	Квантовые состояния в системах пониженной размерности
11	Распределение плотности состояний в двумерных системах (квантовых ямах)
12	Положение уровня Ферми в двумерных системах
13	Распределение плотности состояний в одномерных системах (квантовых проволоках)
14	Распределение плотности состояний в нульмерных системах (квантовых точках)
15	Энергетический спектр мелких примесных состояний в системах пониженной размерности

16	Энергетический спектр экситонов Ванье-Мотта в квантово-размерных полупроводниковых кристаллах
17	Экранирование электрического поля в структурах пониженной размерности
18	Область пространственного заряда в квантово-размерных полупроводниковых кристаллах
19	Экранирование электрического поля в двумерных системах (квантовых ямах): зависимость длины экранирования (области пространственного заряда) от положения уровня Ферми в зоне проводимости (от степени заполнения подзон зоны проводимости)
20	Экранирование электрического поля в одномерных системах (квантовых проволоках): зависимость длины экранирования (области пространственного заряда) от положения уровня Ферми в зоне проводимости (от степени заполнения подзон зоны проводимости)
21	Оптические свойства квантово-размерных структур
22	Спектры фундаментального поглощения квантово-размерных структур
23	Применение квантово-размерных структур в оптоэлектронике
24	Бистабильные оптические элементы, экситонный механизм поглощения оптического излучения в квантово-размерных гетероструктурах и его использование в бистабильных оптических устройствах
25	Полупроводниковые лазеры на квантово-размерных структурах
26	Фотоприемники ИК-диапазона на основе квантово-размерных структур
27	Гетеропереходы. Селективное легирование. Двумерный электронный газ. Принцип работы полевых транзисторов на гетероструктурах с селективным легированием
28	Горячие носители заряда в гетероструктурах с селективным легированием. Транзисторы с инжекцией горячих электронов. Транзисторы на горячих электронах с переносом заряда в пространстве
29	Сверхрешетки. Композиционные сверхрешетки 1 тип, 2 типа. Легированные сверхрешетки.
30	Методы формирования квантово-размерных структур. Формирование квантово-размерных структур «традиционными методами» (молекулярно-лучевая эпитаксия, ионно-лучевое травление, электронно-лучевая и рентгеновская литография)
31	Спонтанное упорядочение полупроводниковых наноструктур. Концентрационные упругие домены в твердых растворах полупроводников. Периодически фасетированные поверхности. Поверхностные структуры плоских упругих доменов. Упорядоченные массивы трехмерных когерентно напряженных островков. Массивы вертикально связанных квантовых точек.
32	Туннелирование электронов через двухбарьерную квантовую структуру. Механизм последовательного туннелирования. Сечение Ферми.
33	Механизм резонансного туннелирования. «Естественная» ширина уровня энергии в квантовой яме ДБКС. Влияние рассеяния носителей заряда на время жизни электрона и ширину уровня энергии в квантовой яме ДБКС. Прохождение электронной волны через ДБКС вблизи резонанса.
34	Зонные диаграммы и вольтамперные характеристики резонансно-туннельных диодов на основе ДБКС с прямоугольной квантовой ямой.
35	Зонные диаграммы и вольтамперные характеристики резонансно-туннельных диодов на основе ДБКС с параболической квантовой ямой.
36	Инерционность резонансного туннелирования. Время туннелирования через ДБКС. Быстродействие приборов на основе ДБКС
37	Микроэлектронные приборы на основе ДБКС. Структура, эквивалентная схема и вольтамперные характеристики горизонтально интегрированных резонансно-туннельных диодов.
38	Микроэлектронные приборы на основе ДБКС. Структура, эквивалентная схема и вольтамперные характеристики вертикально –интегрированных ориентированных резонансно-туннельных диодов.
39	Биполярные резонансно-туннельные транзисторы. Полевые резонансно-туннельные транзисторы. Вольтамперные характеристики.
40	Одноэлектронный транспорт. Теоретическое основы одноэлектроники. Теория кулоновской блокады.
41	Приборные структуры одноэлектроники
42	Применение одноэлектронных приборов

Вопросы для экзамена

Нет

Тестовые задания по дисциплине

Не предусмотрены

14. Образовательные технологии

Предусмотрено использование в учебном процессе отдельных видов активных и интерактивных форм и методов проведения занятий, учитывающих специфику изучения дисциплины:

- чтение лекций с использованием *мультимедийных технологий*;
- *кейстехнология* (технология дистанционного обучения), т.е. дистанционное повышение уровня освоения аспирантами предмета с помощью учебно-методических комплексов, размещенных в ИОС СГТУ;
- *портфолио* (оценка собственных достижений аспирантов) – результаты участия в различного уровня олимпиадах и научных конференциях, результаты выполнения индивидуальных заданий, предусмотренных преподавателем и др.;
- *модульно-рейтинговая система* оценки успеваемости аспирантов в процессе изучения предмета в течение семестра;
- *технология тестового контроля знаний и умений* (предусматривает проведение входного и выходного контроля при изучении предмета);
- *метод развивающейся кооперации* - групповое решение практических комплексных задач с распределением по отдельным аспирантам решения подзадач.

15. Перечень учебно-методического обеспечения для обучающихся по дисциплине

Основная литература:

1. Научные основы нанотехнологий и новые приборы : учебник-монография / под ред. Р. Келсалла, А. Хамли, М. Геогегана ; пер. с англ. А. Д. Калашникова. - Долгопрудный : ИД "Интеллект", 2011. - 528 с. НТБ СГТУ – 11 экз.
2. Пул Ч. Нанотехнологии : учеб. пособие / Ч. Пул, Ф. мл., Оуэнс ; пер. с англ. под ред. Ю. И. Головина. - 4-е изд., испр. и доп. - М. : Техносфера, 2009. - 336 с. НТБ СГТУ – 10 экз.
3. Пул Ч. Нанотехнологии : учеб. пособие / Ч. Пул, Ф. Оуэнс ; пер. с англ. под ред. Ю. И. Головина. - 5-е изд., испр. и доп. - М. : Техносфера, 2010. - 336 с. НТБ СГТУ – 5 экз.
4. Мартинес-Дуарт Дж. М. Нанотехнологии для микро-и оптоэлектроники / Дж. М. Мартинес-Дуарт, Р. Дж. Мартин-Палма, Ф. Агулло-Руеда ; пер. А. В. Хачоян ; ред. Е. Б. Якимов. - 2-е изд., доп. - М. : Техносфера, 2009. - 368 с. НТБ СГТУ – 21 экз.
5. Нанoeлектроника : теория и практика : учебник / В. Е. Борисенко [и др.]. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013. - 366 с. НТБ СГТУ – 3 экз.
6. Неволин В.К. Квантовый транспорт в устройствах электроники [Электронный ресурс]/ Неволин В.К.— Электрон. текстовые данные.— М.: Техносфера, 2012.— 88 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/16976>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю.
7. Датта С. Квантовый транспорт. От атома к транзистору [Электронный ресурс]/ Датта С.— Электрон. текстовые данные.— Москва, Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика, Ижевский институт компьютерных исследований, 2009.— 532 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/16542>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю.
8. Фостер Линн. Нанотехнологии. Наука, инновации и возможности [Электронный ресурс]: монография/ Фостер Линн— Электрон. текстовые данные.— М.: Техносфера, 2008.— 352 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/13282>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю.
9. Рамбиди Н.Г. Нанотехнологии и молекулярные компьютеры [Электронный ресурс]/ Рамбиди Н.Г.— Электрон. текстовые данные.— М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007.— 255 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/17349>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю.

Дополнительная литература

10. Драгунов В. П. Основы наноэлектроники : учеб. пособие / В. П. Драгунов, И. Г. Неизвестный, В. А. Гридчин. - М. : Логос, 2006. - 496 с. НТБ СГТУ – 10 экз.
11. Дьячков П. Н. Электронные свойства и применение нанотрубок: монография / П. Н. Дьячков. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. - 488 с. НТБ СГТУ – 3 экз.
12. Введение в процессы интегральных микро- и нанотехнологий : в 2 т. : учеб. пособие / ред. Ю. Н. Коркишко. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. Т. 1 : Физико-химические основы технологии микроэлектроники / Ю. Д. Чистяков, Ю. П. Райнова. - 2010. - 392 с. НТБ СГТУ – 1 экз.
13. Неволин В.К. Квантовая физика и нанотехнологии [Электронный ресурс]/ Неволин В.К.— М.: Техносфера, 2013.— 128 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/16975>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю.
14. Погосов В.В. Введение в физику зарядовых и размерных эффектов. Поверхность, кластеры, низкоразмерные системы [Электронный ресурс]/ Погосов В.В.— М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006.— 328 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/17195>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю.
15. Демиховский В. Я. Физика квантовых низкоразмерных структур / В. Я. Демиховский. - М. : Логос, 2000. - 248 с. НТБ СГТУ – 5 экз.

Периодические издания

16. Физика твердого тела : РАН.- СПб. : Наука, 1997-2016.- №1-12. Электронный ресурс: <http://journals.ioffe.ru/ftt/>. Режим доступа – свободный на территории РФ.
17. Физика и техника полупроводников : РАН.- СПб. : Наука, 1997-2016.- №1-12. Электронный ресурс: <http://journals.ioffe.ru/ftp/>. Режим доступа – свободный на территории РФ.

18. Журнал экспериментальной и теоретической физики: РАН. – М.: Наука, 2006-2012 г. - № 1-6.- ISSN 0044-4510. Электронный ресурс: <http://www.jetp.ac.ru/cgi-bin/r/index>. Режим доступа – свободный на территории РФ.
19. Письма в Журнал экспериментальной и теоретической физики : РАН. – М.: Наука.- № 1-12.- ISSN 0370-274X. Электронный ресурс: <http://www.jetpletters.ac.ru/ru/info.shtml>. Режим доступа – свободный на территории РФ.
20. Журнал технической физики : РАН. - СПб. : Наука, 2006-1012. - № 1-12. - ISSN 0044-4642. Электронный ресурс: <http://journals.ioffe.ru/jtf/#EVersion>.
Режим доступа – свободный на территории РФ.
21. Письма в "Журнал технической физики" : РАН. - СПб. : Наука, 1975 - № 1-12. ISSN 0320-0116. Электронный ресурс: <http://journals.ioffe.ru/pjtf/>. Режим доступа – свободный на территории РФ.

Интернет-ресурсы

22. ИОС СГТУ. Режим доступа <https://portal3.sstu.ru>, по паролю.
23. Научно-техническая библиотека СГТУ. Режим доступа <http://lib.sstu.ru/>, по паролю.
24. Энциклопедия физики и техники. Режим доступа www.femto.com.ua.

16. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Предусмотрено сопровождение лекционного курса натурными лекционными демонстрациями и мультимедийными презентациями, подготовленными в среде Microsoft Office PowerPoint.

17. Особенности организации педагогического процесса для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

Для аспирантов с ограниченными возможностями здоровья предусмотрены следующие формы организации педагогического процесса и контроля знаний:

- для слабовидящих:

обеспечивается индивидуальное равномерное освещение не менее 300 люкс;
для выполнения контрольных заданий при необходимости предоставляется увеличивающее устройство;
задания для выполнения, а также инструкция о порядке выполнения контрольных заданий оформляются увеличенным шрифтом (размер 16-20);

- для глухих и слабослышащих:

обеспечивается наличие звукоусиливающей аппаратуры коллективного пользования, при необходимости аспирантам предоставляется звукоусиливающая аппаратура индивидуального пользования;

- для лиц с тяжелыми нарушениями речи, глухих, слабослышащих:

все контрольные задания по желанию аспирантов могут проводиться в письменной форме.

Основной формой организации педагогического процесса является интегрированное обучение инвалидов, т.е. все аспиранты обучаются в смешанных группах, имеют возможность постоянно общаться со сверстниками, легче адаптируются в социуме.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС (уровень аспирантуры).

Проф. каф. «Физика» _____/Сысоев В. В./

18. Дополнения и изменения в рабочей программе

Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры
« ____ » _____ 201 ____ года, протокол № _____

Зав. кафедрой _____ /

Внесенные изменения утверждены на заседании УМКН
« ____ » _____ 201 __ года, протокол № _____

Председатель УМКН _____ /