

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

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

по дисциплине Б1.В.ДВ2.1

«Физика низкоразмерных структур»

направления подготовки

11.06.01 «Электроника, радиотехника и системы связи»

(Твердотельная электроника, радиоэлектронные компоненты, микро- и нано-
электроника, приборы на квантовых эффектах)

квалификация «Исследователь. Преподаватель-исследователь»

форма обучения - очная
курс – 3
семестры – 6
зачетных единиц – 2
всего часов – 72,
в том числе:
лекции –18
коллоквиумы – нет
практические занятия – нет
лабораторные занятия - нет
самостоятельная работа – 54
часов в неделю – 2
зачет – 6 семестр

1. Цели и задачи дисциплины:

Целью специальной дисциплины «Физика низкоразмерных структур» является ознакомление студентов с новейшими достижениями и направлениями развития в современной междисциплинарной области практических научных знаний.

Задачи дисциплины:

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Данная учебная дисциплина входит в вариативную часть дисциплин учебного плана подготовки аспирантов по направлению 11.06.01 «Электроника, радиотехника и системы связи».

Для изучения дисциплины необходимы компетенции, сформированные в результате изучения курсов «Нано- и микроэлектроника», «Физика твердого тела», «Преподавательская деятельность в ВУЗе», «Профессионально-ориентированная коммуникация в системе высшего образования».

Компетенции, сформированные при изучении данной дисциплины, используются при изучении следующих дисциплин: «Нанофотоника / Оптоэлектроника», «Применение микро- и нанoeлектроники в сенсорике/Квантово-размерные структуры», «Физика и техника наноструктур», «Исследование и моделирование функциональных и эксплуатационных характеристик приборов микро- и нанoeлектроники».

Компетенции, сформированные при изучении данной дисциплины, могут быть полезны при прохождении Научно-исследовательской деятельности.

3. Требования к результатам освоения дисциплины:

Изучение дисциплины «Физика низкоразмерных структур» направлено на формирование следующих компетенций.

3.1 Профессиональными компетенциями:

готовность к проведению теоретических и экспериментальных исследований физических явлений и процессов с использованием современных математических и физических методов, в том числе в междисциплинарных областях (ПК-1);

способность к разработке феноменологических и конструктивных моделей исследуемых физических явлений и процессов (ПК-2);

готовность к применению современных компьютерных методов обработки и анализа данных и систем автоматизации эксперимента в физических исследованиях (ПК-3);

способность к нахождению и использованию аналогий между различными физическими явлениями применительно к анализу исследуемых физических явлений и процессов (ПК-4);

3.2 общепрофессиональными компетенциями (ОПК):

способностью самостоятельно осуществлять научно – исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий (ОПК-1);

В результате освоения дисциплины "Физика низкоразмерных структур":

Аспирант должен знать:

Физические свойства систем с пониженной размерностью, методы их создания; особенности проявления квантовых эффектов в базовых элементах полупроводниковой электроники, их классификацию;

Аспирант должен уметь:

Оценивать пределы применимости классического подхода, роль и важность квантовых эффектов при описании физических процессов в элементах полупроводниковой электроники; применять методы расчета параметров и характеристики приборов полупроводниковой электроники; применять методы расчета параметров и характеристик приборов полупроводниковой электроники;

Аспирант должен владеть:

Методами квантово-механического описания простейших квантовых систем, входящих в состав элементов полупроводниковой электроники; сведениями и технологиями их изготовления.

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

№ недели	№ темы	Наименование темы	Часов					
			Всего	лек.	кол.л.	л.з.	пр.з.	СРС
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1-6	1	Электронные и фотонные состояния в низкоразмерных структурах	24	6	-	-	-	18
7-12	2	Физический свойства сверхрешеток	24	6	-	-	-	18

13-18	3	Резонансное туннелирование электронов в многобарьерных структурах	24	6	-	-	-	18
Всего			72	18	-	-	-	54

5. Содержание лекционного курса

№ темы	Всего часов	№ лекции	Тема лекции. Вопросы, отрабатываемые на лекции.	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3	4	5
6-ый семестр.				
1	6	1-6	условия наблюдения квантово-размерных эффектов. Потенциал Кроннинга-Пенни. Минизоны в сверхрешетках. Классификация сверхрешеток. Типы сверхрешеток. Композитные, модулированные сверхрешетки. Модели разрывов зон и барьеров Шоттки. Комплексная зонная структура. Методы расчета. Комплексная зонная структура алмазоподобных соединений, зависимость от гетерограницы. Электронные состояния в квантовых ямах, проволоках, точках. Примесные состояния мелких центров в квантовых ямах. Энергетический спектр электронов в низкоразмерных структурах в присутствии постоянного магнитного поля. Штарковская локализация электронов в квантовых ямах сверхрешеток в сильном электрическом поле. Макроскопический и микроскопический подходы для описания колебательных состояний в сверхрешетках. Интерфейсные электронные и фотонные состояния в гетероструктурах.	[1]-[3],[5]
2	6	7-12	Продольный и поперечный транспорт носителей. ОДП в сверхрешетках. Оптические свойства квантовых ям и сверхрешеток. Влияние колебаний решетки, примесей и несовершенств гетерограницы на свойства гетероструктур. Квантовый эффект Холла. Феноменологические результаты. Условия наблюдения. Целочисленный эффект Холла, одноэлектронная теория, влияние беспорядка. Роль многоэлектронных корреляций в нецелочисленном эффекте Холла.	[2]-[4],[5],[9]
3	6	13-18	Туннелирование электронов через одну границу, один барьер, двухбарьерную структуру. Условия возникновения резонансных пиков. Методы матриц перехода и рассеяния, их свойства. Формула Брейта-Вигнера. Модели сшивания волновых функций на границах. Квазистационарные состояния. Открытая квантовая яма, времена жизни резонансов, полуширина пика. Эффекты междолинного смешивания электронных состояний на гетерогранице. Фано-резонансы, их проявления в электрических и оптических характеристиках.	[1]-6,[10]

6. Содержание коллоквиумов

Коллоквиумы не предусмотрены.

7. Перечень практических занятий.

Практические занятия не предусмотрены.

8. Перечень лабораторных работ.

Лабораторные работы не предусмотрены

9. Задания для самостоятельной работы аспирантов.

№ темы	Всего часов	Вопросы для самостоятельного изучения (задания)	Учебно-методическое обеспечение
1-2	18	Влияние однородного электрического поля на движение электронов через прямоугольный потенциальный барьер. Квантовые состояния в системах повышенной размерности. Распределение плотности состояний в двумерных	[1]-[5],[11-21]

		системах (квантовых ямах). Область пространственного заряда в квантово-размерных полупроводниковых кристаллах. Оптические свойства квантово-размерных структур.	
3-6	34	Применение квантово-размерных структур в оптоэлектронике. Горячие носители заряда в гетероструктурах с селективным легированием. Транзисторы с инжекцией горячих электронов. Транзисторы на горячих электронах с переносом заряда в пространстве. Спонтанное упорядочение полупроводниковых наноструктур. Концентрационные упругие домены в твердых растворах полупроводников. Периодически фасетированные поверхности. Поверхностные структуры плоских упругих доменов	[3],[6]-[9],[11-21]
7-8	20	Упорядоченные массивы трехмерных когерентно напряженных островков. Массивы вертикально связанных квантовых точек. Туннелирование электронов через двухбарьерную квантовую структуру. Механизм последовательного туннелирования. Сечение Ферми. Микроэлектронные приборы на основе ДБКС. Структура, эквивалентная схема и вольт-амперные характеристики горизонтально интегрированных резонансно-туннелированных диодов (РТД). Одноэлектронный транспорт. Теоретические основы одноэлектроники. Теория кулоновской блокады.	[5],[6]-[8],[11-21]
<i>Всего часов:54</i>			

10. Расчетно-графическая работа – нет.

11. Курсовая работа – нет.

12. Курсовой проект – нет.

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

Карта компетенций дисциплины «Физика низкоразмерных структур»					
Компетенции		Перечень компонентов	Технологии и формирования	Форма оценочного средства	Ступени уровней освоения компетенции
Индекс	Формулировка				
ОПК-1	способностью самостоятельно осуществлять научно – исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий (ОПК-1)	<p><u>Знать:</u> Основные разделы современной Физики низкоразмерных структур</p> <p><u>Уметь:</u> Сформулировать цель и задачи исследования. Анализировать и делать выводы на основе материала приводимого в учебной и научной литературе.</p> <p><u>Владеть:</u> Навыком самостоятельной работы в области учебной и научной работы. Навыком применения знаний полученных в ходе лекционных и практических занятий.</p>	Лекции, СРС.	1. Устный ответ. 2. Зачет.	<p><u>Пороговый (удовлетворительно)</u> <u>Знает:</u> основные физические понятия, основные методы решения типовых задач и умеет их применять на практике <u>Умеет:</u> пользоваться методической и вспомогательной литературой для осуществления решения задач. <u>Владеет:</u> Навыком самостоятельной работы в области учебной работы.</p> <p><u>Продвинутый (хорошо)</u> <u>Знает:</u> понимает связи между различными физическими понятиями; аргументирует выбор метода решения задачи; составляет план решения задачи</p>

					<p><u>Умеет:</u> Применять методы решения задач в различных ситуациях; умеет корректно выразить и аргументировано обосновывать положения предметной области знания. Пользоваться научной литературой для осуществления расчетов. Пользоваться данными экспериментальных исследований для осуществления расчетов.</p> <p><u>Владеет:</u> Навыком самостоятельной работы в области научной и учебной работы.</p> <p><u>Высокий (отлично)</u> <u>Знает:</u> Устанавливает связи между физическими идеями, теориями.</p> <p><u>Умеет:</u> Пользоваться научной литературой для осуществления расчетов. Оценивать достоверность полученного решения задачи; оценивает различные методы решения задачи и выбирает оптимальный метод. Анализировать и делать выводы на основе материала приводимого в научной литературе.</p> <p><u>Владеет:</u> Навыком передавать результат проведенных исследований в виде конкретных рекомендаций в терминах предметной области знания. Навыком применения знаний полученных в ходе лекционных, практических занятий.</p>
ПК-1	готовность к проведению теоретических и экспериментальных исследований физических явлений и	<u>Знать</u> Основные методы теоретических и экспериментальных исследований, применяемые в	Лекции, СРС.	1. Устный ответ. 2. Зачет.	<u>Пороговый (удовлетворительно)</u> <u>Знает:</u> основные физические понятия, основные методы решения типовых задач в

	<p>процессов с использованием современных математических и физических методов, в том числе в междисциплинарных областях</p>	<p>современной физике низкоразмерных структур.</p> <p><u>Уметь</u> Выполнять расчеты параметров динамических систем.</p> <p><u>Владеть</u> Математическим аппаратом, используемым при проведении расчетов в нелинейной физической механике и смежных областях.</p>			<p>области физики низкоразмерных структур.</p> <p><u>Умеет:</u> пользоваться методической и справочной литературой для решения задач задач в области физики низкоразмерных структур.</p> <p><u>Владеет:</u> Навыком самостоятельного решения задач, приведенных в учебной литературе.</p> <p><u>Продвинутый (хорошо)</u> <u>Знает:</u> понимает связи между различными физическими понятиями физики низкоразмерных структур; аргументирует выбор метода решения задачи; составляет план решения задачи.</p> <p><u>Умеет:</u> Применять методы решения задач в различных ситуациях; умеет корректно выражать и аргументировано обосновывать положения изучаемой дисциплины. Пользоваться научной литературой для осуществления расчетов. Пользоваться данными экспериментальных исследований для осуществления расчетов.</p> <p><u>Высокий (отлично)</u> <u>Знает:</u> Устанавливает связи между физическими идеями из области физики низкоразмерных структур.</p> <p><u>Умеет:</u> Пользоваться научной литературой для осуществления расчетов. Оценивать достоверность полученного решения</p>
--	---	--	--	--	---

					<p>задачи; оценивает различные методы решения задач в области физики низкоразмерных структур.</p> <p>Анализировать и делать выводы на основе материала приводимого в научной литературе.</p> <p><u>Владеет:</u></p> <p>Навыком передавать результат проведенных исследований в виде конкретных рекомендаций в терминах предметной области знания, а также навыком использования полученных результатов в междисциплинарных областях.</p>
ПК-2	<p>способность к разработке феноменологических и конструктивных моделей исследуемых физических явлений и процессов</p>	<p><u>Знает</u></p> <p>Математические и физические методы, используемые при построении феноменологических и конструктивных моделей исследуемых физических явлений и процессов.</p> <p><u>Умеет</u></p> <p>Подобрать феноменологические параметры для адекватного описания исследуемого явления, или процесса.</p> <p><u>Владеет</u></p> <p>Навыками построения дифференциальных уравнений, устанавливающих связи между основными феноменологическими параметрами.</p>	<p>Лекции, Практические занятия, СРС.</p>	<p>1. Устный ответ. 2. Зачет.</p>	<p><u>Пороговый (удовлетворительно)</u></p> <p><u>Знает</u></p> <p>Примеры феноменологических и конструктивных моделей, которые используются в предметной области.</p> <p><u>Умеет</u></p> <p>Обосновать выбор феноменологических параметров в наиболее часто используемых моделях.</p> <p><u>Владеет</u></p> <p>Навыками для решения Дифференциальных уравнений и их систем, которые используются в предметной области.</p> <p><u>Продвинутый (хорошо)</u></p> <p><u>Знает</u></p> <p>Математические методы необходимые для построения простых моделей в предметной области</p> <p><u>Умеет</u></p> <p>Подобрать параметры необходимые для описания простых явлений в предметной области.</p> <p><u>Владеет</u></p> <p>Навыками построения дифференциальных</p>

					<p>уравнений, необходимых для описания простейших процессов.</p> <p><u>Высокий (отлично) Знает:</u> Математические и физические методы необходимые для построения сложных моделей в предметной области</p> <p><u>Умеет</u> Подобрать феноменологические параметры необходимые для описания сложных явлений в предметной области.</p> <p><u>Владеет</u> Навыками построения дифференциальных уравнений, необходимых для описания сложных явлений и процессов.</p>
ПК-3	<p>готовность к применению современных компьютерных методов обработки и анализа данных и систем автоматизации эксперимента в физических исследованиях</p>	<p><u>Знает</u> Современные компьютерные методы обработки и анализа данных.</p> <p><u>Умеет</u> Применять на практике компьютерные методы обработки и анализа данных.</p> <p><u>Владеет</u> Навыками автоматизации эксперимента в физических исследованиях</p>	<p>Лекции, Практические занятия, СРС.</p>	<p>1. Устный ответ. 2. Зачет.</p>	<p><u>Пороговый (удовлетворительно) Знает</u> Основные математические методы, используемые при обработке экспериментальных данных.</p> <p><u>Умеет</u> Использовать специальные функции ввода данных из файла на диске и вывода данных в файл, используемые в Matlab.</p> <p><u>Владеет</u> Навыками первичной обработки данных, состоящей в отыскании максимального и минимального значения выборки, а также в построении вариационного ряда и определения размаха варьирования.</p> <p><u>Продвинутый (хорошо) Знает</u></p>

					<p>Основные математические методы, используемые при обработке экспериментальных данных, а также важнейшие понятия математической статистики.</p> <p><u>Умеет</u> Использовать специальные функции ввода данных из файла на диске и вывода данных в файл, используемые в Matlab. Находить числовые характеристики выборки и строить эмпирические распределения</p> <p><u>Владеет</u> Навыками первичной обработки данных, состоящей в отыскании максимального и минимального значения выборки, а также в построении вариационного ряда и определения размаха варьирования, а также группировки и графического представления (построения гистограмм) с использованием Matlab.</p> <p><u>Высокий (отлично)</u> <u>Знает:</u> Основные математические методы, используемые при обработке экспериментальных данных, а также важнейшие понятия математической статистики и методы получения точечных оценок.</p> <p><u>Умеет</u> Использовать специальные функции ввода данных из файла на диске и вывода данных в файл, используемые в Matlab. Находить числовые характеристики выборки и строить</p>
--	--	--	--	--	--

					<p>эмпирические распределения, а также находить точечные оценки параметров равномерного распределения.</p> <p><u>Владеет</u> Навыками первичной обработки данных, состоящей в отыскании максимального и минимального значения выборки, а также в построении вариационного ряда и определения размаха варьирования, а также группировки и графического представления (построения гистограмм).</p>
ПК-4	<p>способность к нахождению и использованию аналогий между различными физическими явлениями применительно к анализу исследуемых физических явлений и процессов</p>	<p><u>Знает</u> Примеры аналогий между различными физическими явлениями.</p> <p><u>Умеет</u> Использовать аналогии между различными физическими явлениями и процессами на практике.</p> <p><u>Владеет</u> Навыками построения математической модели физического явления, основанной на аналогии с ранее изученными явлениями.</p>	<p>Лекции, Практические занятия, СРС</p>	<p>1. Устный ответ. 2. Зачет.</p>	<p><u>Пороговый (удовлетворительно)</u> <u>Знает</u> Примеры аналогий между различными явлениями из одной предметной области.</p> <p><u>Умеет</u> Использовать аналогии между различными физическими явлениями и процессами в рамках одной предметной области на практике.</p> <p><u>Владеет</u> Навыками построения математической модели физического явления, основанной на аналогии с ранее изученными явлениями в рамках одной предметной области.</p> <p><u>Продвинутый (хорошо)</u> <u>Знает</u> Примеры аналогий между различными явлениями из одной предметной области, а также близких предметных областей.</p> <p><u>Умеет</u> Использовать аналогии между различными</p>

					<p>физическими явлениями и процессами в рамках одной предметной области, а также из близких предметных областей на практике.</p> <p><u>Владеет</u> Навыками построения математической модели физического явления, основанной на аналогии с ранее изученными явлениями в рамках одной предметной области, а также близких предметных областей.</p> <p><u>Высокий (отлично)</u> <u>Знает:</u> Примеры аналогий между различными явлениями из одной предметной области, близких предметных областей, а также удаленных областей.</p> <p><u>Умеет</u> Использовать аналогии между различными физическими явлениями и процессами в рамках одной предметной области, близких предметных областей, а также удаленных областей на практике.</p> <p><u>Владеет</u> Навыками построения математической модели физического явления, основанной на аналогии с ранее изученными явлениями в рамках одной предметной области, близких, а также удаленных предметных областей.</p>
ПК-5	<p>способность к нахождению взаимосвязей между характеристиками физических явлений и процессов, используемыми в рамках различных подходов</p>	<p><u>Знает</u> Примеры взаимосвязей между характеристиками физических явлений и процессов, используемыми в рамках различных подходов.</p> <p><u>Умеет</u> Использовать</p>	<p>Лекции, Практические занятия, СРС</p>	<p>1. Устный ответ. 2. Зачет.</p>	<p><u>Пороговый (удовлетворительно)</u> <u>Знает</u> Примеры взаимосвязей между характеристиками физических явлений в рамках подходов из одной предметной области.</p> <p><u>Умеет</u> Использовать</p>

		<p>взаимосвязи между характеристиками различных физических явлений и процессов на практике.</p> <p><u>Владеет</u> Навыками построения математической модели физического явления, основанной на взаимосвязи между характеристиками физических явлений и процессов, используемыми в рамках различных подходов.</p>			<p>взаимосвязи между характеристиками физических явлений и процессов в рамках одной предметной области на практике.</p> <p><u>Владеет</u> Навыками построения математических моделей, основанных на взаимосвязи между характеристиками физических явлений в рамках одной предметной области.</p> <p><u>Продвинутый (хорошо)</u> <u>Знает</u> Примеры взаимосвязей между характеристиками физических явлений в рамках подходов из одной предметной области, а также из близких предметных областей.</p> <p><u>Умеет</u> Использовать взаимосвязи между характеристиками физических явлений и процессов в рамках одной предметной области, а также из близких предметных областей на практике.</p> <p><u>Владеет</u> Навыками построения математических моделей, основанных на взаимосвязи между характеристиками физических явлений в рамках одной предметной области, а также из близких предметных областей.</p> <p><u>Высокий (отлично)</u> <u>Знает:</u> Примеры взаимосвязей между характеристиками физических явлений в рамках подходов из одной предметной области, близких, а также удаленных предметных</p>
--	--	---	--	--	--

					<p>областей.</p> <p><u>Умеет</u> Использовать взаимосвязи между характеристиками физических явлений и процессов в рамках одной предметной области, близких, а также удаленных предметных областей на практике.</p> <p><u>Владеет</u> Навыками построения математических моделей, основанных на взаимосвязи между характеристиками физических явлений в рамках одной предметной области, близких, а также удаленных предметных областей.</p>
--	--	--	--	--	---

**Вопросы для зачета
6-ый семестр**

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 туннелированно-связанных квантовых 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 двухмерных системах (квантовых ямах)
12. Положение уровня Ферми в двухмерных 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. Оптические свойства квантово-размерных структур
21. Спектры фундаментального поглощения квантово-размерных структур
22. Применение квантово-размерных структур в оптоэлектронике
23. Полупроводниковые лазеры на квантово-размерных структурах
24. Фотоприемники ИК-диапазона на основе квантово-размерных структур
25. Сверхрешетки. Композиционные сверхрешетки 1 типа, 2 типа. Легированные сверхрешетки
26. Методы формирования квантово-размерных структур
27. Спонтанное упорядочение полупроводниковых наноструктур
28. Туннелирование электронов через двухбарьерную квантовую структуру. Механизм последовательного туннелирования. Сечение Ферми

29. Зонные диаграммы и вольт-амперные характеристики РТД на основе ДБКС с прямоугольной квантовой ямой
30. Зонные диаграммы и вольт-амперные характеристики РТД на основе ДБКС с параболической квантовой ямой
31. инерционность резонансного туннелирования. Время туннелирования через ДБКС. Быстродействие приборов на основе ДБКС
32. Микроэлектронные приборы на основе ДБКС. Структура, эквивалентная схема и вольт-амперные характеристики горизонтально интегрированных резонансно-туннельных диодов
33. Структура, эквивалентная схема и вольт-амперные характеристики вертикально интегрированных резонансно-туннельных диодов
34. Одноэлектронный транспорт. Теоретические основы одноэлектроники. Теория кулоновской блокады
35. Приборные структуры одноэлектроники
36. Применение одноэлектронных приборов.

14. Образовательные технологии

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

- чтение лекций с использованием *мультимедийных технологий*;
- занятия «*Продвинутая лекция*» (дискуссионная форма проведения лекции по частным вопросам современной физики);

15. Перечень учебно-методического обеспечения для обучающихся по дисциплине

Основная литература:

1. Рит М. Наноконструирование в науке и технике. Введение в мир нанорасчета [Электронный ресурс]/ Рит М.— Электрон. текстовые данные.— Москва, Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика, 2005.— 160 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/16574>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю
2. Заводинский В.Г. Компьютерное моделирование наночастиц и наносистем [Электронный ресурс]/ Заводинский В.Г.— Электрон. текстовые данные.— М.: ФИЗМАТЛИТ, 2013.— 176 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/24421>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю
3. Акципетров О.А. Нелинейная оптика кремния и кремниевых наноструктур [Электронный ресурс]/ Акципетров О.А., Баранова И.М., Евтюхов К.Н.— Электрон. текстовые данные.— М.: ФИЗМАТЛИТ, 2012.— 544 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/24521>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю
4. Формирование гетероструктур наноприборов методом молекулярно-лучевой эпитаксии [Электронный ресурс]: учебное пособие/ В.Д. Шашурин [и др.].— Электрон. текстовые данные.— М.: Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, 2009.— 44 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/31362>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю
5. Сергеев Н.А. Физика наносистем [Электронный ресурс]: монография/ Сергеев Н.А., Рябушкин Д.С.— Электрон. текстовые данные.— М.: Логос, 2015.— 192 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/33418>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю
6. Галперин В.А. Процессы плазменного травления в микро- и нанотехнологиях [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Галперин В.А., Данилкин Е.В., Мочалов А.И.— Электрон. текстовые данные.— М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015.— 284 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/4597>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю

Дополнительная литература:

7. Неволин В.К. Квантовая физика и нанотехнологии [Электронный ресурс]/ Неволин В.К.— Электрон. текстовые данные.— М.: Техносфера, 2013.— 128 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/16975>.— 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. Физические и химические основы нанотехнологий [Электронный ресурс]: монография/ Рамбиди Н.Г., Берёзкин А.В.— Электрон. текстовые данные.— М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009.— 456 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/12980>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю

10. Мартыненко Ю.В. Плазменная нанотехнология [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Мартыненко Ю.В., Скворода А.А.— Электрон. текстовые данные.— М.: Российский университет дружбы народов, 2010.— 112 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/11439>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю

Периодическая литература:

11. Journal Of Nanophotonics, ISSN 1934-2608 , - Режим доступа: http://elibrary.ru/title_about.asp?id=33820

Список интернет-ресурсов

- 12.Естественно-научный образовательный портал - <http://en.edu.ru>
- 13.Единое окно доступа к образовательным ресурсам - <http://window.edu.ru>
- 14.Открытый колледж. Физика. - <http://physics.ru>
- 15.Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов - <http://school-collection.edu.ru>
- 16.Сайт практикующего физика - <http://metod-f.narod.ru/>
- 17.Издательский дом «Первое сентября». Учебно-методическая газета «Физика» - <http://fiz.1september.ru/>
- 18.Физика в анимациях - <http://physics.nad.ru/physics.htm>
- 19.Анимация физических моделей - <http://www.umsolver.com/rus/films.htm>
- 20.Виртуальная библиотека МИФ -<http://virlib.eunnet.net/mif/>
- 21.Электронная энциклопедия «Кирилл и Мефодий» - <http://mega.km.ru/>

16. Материально-техническое обеспечение.

Для проведения занятий необходимы аудитории со стандартным оснащением для ведения лекционных и практических занятий площадью 35 м² . Электронно-библиотечная система, электронная библиотека вуза и электронная информационно-образовательная среда. Предусмотрено сопровождение лекционного курса мультимедийными презентациями.

17. Особенности освоения дисциплины 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.