

Минобрнауки России

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Оренбургский государственный университет»

Кафедра радиофизики и электроники

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

ДИСЦИПЛИНЫ

«Б.1.В.ДВ.4.2 Основы молекулярной электроники и фотоники»

Уровень высшего образования

БАКАЛАВРИАТ

Направление подготовки

03.03.03 Радиофизика

(код и наименование направления подготовки)

Квантовая электроника

(наименование направленности (профиля) образовательной программы)

Тип образовательной программы

Программа академического бакалавриата

Квалификация

Бакалавр

Форма обучения

Очная

Год набора 2017

Рабочая программа рассмотрена и утверждена на заседании кафедры

Кафедра радиофизики и электроники

наименование кафедры

протокол № 6 от "24" февраля 2017 г.

Заведующий кафедрой

Кафедра радиофизики и электроники

наименование кафедры

Чмерева
подпись

Т.М. Чмерева

расшифровка подписи

Исполнители:

доцент

должность

К
подпись

подпись

Кручинин Н.Ю.

расшифровка подписи

должность

подпись

расшифровка подписи

СОГЛАСОВАНО:

Председатель методической комиссии по направлению подготовки

03.03.03 Радиофизика

код наименование

Чмерева
личная подпись

личная подпись

Т.М. Чмерева

расшифровка подписи

Заведующий отделом комплектования научной библиотеки

Грицай
личная подпись

Н.Н. Грицай

расшифровка подписи

Уполномоченный по качеству факультета

Стрекаловская
личная подпись

А.Д. Стрекаловская

расшифровка подписи

№ регистрации 46975

1 Цели и задачи освоения дисциплины

Цель (цели) освоения дисциплины:

Целью освоения дисциплины «Основы молекулярной электроники и фотоники» является формирование у студентов представлений об основных разделах физики электронных и оптических явлений в молекулярных структурах и кластерах, ознакомление их с наиболее важными экспериментальными и теоретическими результатами в этой области знания.

Задачи:

- изучить основные закономерности оптоэлектронных процессов, имеющих место в молекулярных наноструктурах;
- овладеть фундаментальными принципами и методами решения разноплановых научно-технических проблем молекулярной электроники и фотоники;
- приобрести навыки применения законов фундаментальной физики к анализу состояний и процессов в молекулярных структурах;
- ознакомиться с основными физическими моделями, позволяющими описать электромагнитные явления в супрамолекулярных структурах, научиться определять пределы применимости этих моделей при решении современных технологических задач молекулярной и твердотельной наноэлектроники.

2 Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к дисциплинам (модулям) по выбору вариативной части блока 1 «Дисциплины (модули)»

Пререквизиты дисциплины: *Б.1.Б.24 Электродинамика сплошных сред, Б.1.В.ОД.5 Физика поверхности и пленок, Б.1.В.ОД.9 Спектры и электронные структуры атомов и молекул*

Постреквизиты дисциплины: *Отсутствуют*

3 Требования к результатам обучения по дисциплине

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих результатов обучения

Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций	Формируемые компетенции
<p>Знать: - содержание процессов самоорганизации и самообразования, их особенностей и технологий реализации.</p> <p>Уметь: - планировать цели и устанавливать приоритеты при выборе способов принятия решений с учетом условий, средств, личностных возможностей и временной перспективы осуществления деятельности; - самостоятельно строить процесс овладения информацией, отобранной и структурированной для освоения дисциплины.</p> <p>Владеть: - технологиями организации процесса самообразования; способами планирования, организации, самоконтроля и самооценки деятельности.</p>	ОК-7 способностью к самоорганизации и самообразованию
<p>Знать: - основные понятия и методы математического анализа, аналитической геометрии, линейной алгебры, теории функций комплексного</p>	ОПК-1 способностью к овладению базовыми знаниями в области

Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций	Формируемые компетенции
<p>переменного и теории вероятностей;</p> <p>- фундаментальные законы природы и основные физические законы в области механики, молекулярной физики и физики твердого тела.</p> <p>Уметь:</p> <p>- применять математические методы и физические законы для решения практических задач.</p> <p>Владеть:</p> <p>- методами решения дифференциальных уравнений, дифференциального и интегрального исчисления;</p> <p>- навыками практического применения законов физики, химии и экологии.</p>	<p>математики и естественных наук, их использованию в профессиональной деятельности</p>
<p>Знать:</p> <p>- особенности информационных технологий для их применения в практической деятельности, в том числе, в новых областях знаний, непосредственно не связанных со сферой деятельности.</p> <p>Уметь:</p> <p>- самостоятельно приобретать с помощью информационных технологий и использовать в практической деятельности новые знания и умения.</p> <p>Владеть:</p> <p>- способами реализации индуктивных и дедуктивных способов мышления в профессиональной деятельности.</p>	<p>ОПК-2 способностью самостоятельно приобретать новые знания, используя современные образовательные и информационные технологии</p>
<p>Знать:</p> <p>- основные принципы работы с библиографическими данными и информационно-коммуникационными системами.</p> <p>- знать основные требования информационной безопасности.</p> <p>Уметь:</p> <p>- выполнять библиографический поиск, как по тематике профессиональной деятельности, так и в новых областях знаний;</p> <p>- проводить обмен профессиональной информацией с учетом требований информационной безопасности.</p> <p>Владеть:</p> <p>- навыками поиска, обмена и защиты информации</p>	<p>ОПК-3 способностью решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности</p>
<p>Знать:</p> <p>- основы физики твердотельных и газовых лазеров, физические принципы работы приборов твердотельной электроники.</p> <p>Уметь:</p> <p>- применять полученные теоретические знания к решению практических задач и экспериментальной работе с приборами твердотельной и квантовой электроники.</p> <p>Владеть:</p> <p>- навыками работы с приборами твердотельной и квантовой электроники и современной измерительной техники.</p>	<p>ПК-1 способностью понимать принципы работы и методы эксплуатации современной радиоэлектронной и оптической аппаратуры и оборудования</p>
<p>Знать:</p> <p>- основные методы и средства радиофизических измерений</p> <p>Уметь:</p> <p>- определять точность измерений и оценку погрешностей</p> <p>Владеть:</p> <p>- иметь представление (навыки) об оптимальных методах измерений в соответствии с поставленными задачами</p>	<p>ПК-2 способностью использовать основные методы радиофизических измерений</p>
<p>Знать:</p>	<p>ПК-3 владением</p>

Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций	Формируемые компетенции
- технологию работы на персональном компьютере в современных операционных системах. Уметь: - использовать стандартные пакеты прикладных программ для решения практических задач. Владеть: - типовыми программными средствами для моделирования физических процессов.	компьютером на уровне опытного пользователя, применению информационных технологий
Знать: - основы физики твердотельных лазерных диодов, физические принципы работы приборов твердотельной микро и наноэлектроники, их достоинства и недостатки Уметь: - применять полученные теоретические знания к решению практических задач и экспериментальной работе с приборами твердотельной и квантовой наноэлектроники, а также приборами-прототипами элементной базы молекулярной электроники Владеть: - навыками работы с приборами твердотельной и квантовой наноэлектроники, навыками конструирования прототипов приборов молекулярной электроники и фотоники	ПК-5 способностью внедрять готовые научные разработки

4 Структура и содержание дисциплины

4.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц (144 академических часов).

Вид работы	Трудоемкость, академических часов	
	8 семестр	всего
Общая трудоёмкость	144	144
Контактная работа:	42,25	42,25
Лекции (Л)	22	22
Практические занятия (ПЗ)	20	20
Промежуточная аттестация (зачет, экзамен)	0,25	0,25
Самостоятельная работа: - самостоятельное изучение разделов; - самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий); - подготовка к практическим занятиям; - подготовка к коллоквиумам; - подготовка к рубежному контролю и т.п.)	101,75	101,75
Вид итогового контроля (зачет, экзамен, дифференцированный зачет)	диф. зач.	

Разделы дисциплины, изучаемые в 8 семестре

№ раздела	Наименование разделов	Количество часов				
		всего	аудиторная работа			внеауд. работа
			Л	ПЗ	ЛР	

№ раздела	Наименование разделов	Количество часов				
		всего	аудиторная работа			внеауд. работа
			Л	ПЗ	ЛР	
1	Молекулярные системы как элементная база электронных устройств	16	2	2	-	12
2	Объекты молекулярной электроники и технологии их получения	16	4	2	-	10
3	Механизмы передачи информации в молекулярных системах	28	4	4	-	20
4	Твердотельная наноэлектроника	28	4	4	-	20
5	Электроника полимеров и биологических наноструктур	28	4	4	-	20
6	Электроника и фотоника композитных наночастиц и их кластеров	28	4	4	-	20
	Итого:	144	22	20		102
	Всего:	144	22	20		102

4.2 Содержание разделов дисциплины

1. Молекулярные системы как элементная база электронных устройств

Понятия «молекулярная электроника» и «молекулярная фотоника». Современные представления о перспективах развития наноэлектроники. Основные достижения в области исследования твердотельных и молекулярных наноструктур.

2. Объекты молекулярной электроники и технологии их получения

Проблема построения логических элементов на базе отдельных молекул и молекулярных систем. Элементная база наноэлектроники. Синтез функциональных нано-структур. Элементная база и процессоры для квантового компьютеринга. Связанные состояния электрона в поляризованном поле кластера. Образование связанных состояний при наложении внешнего магнитного поля.

3. Механизмы передачи информации в молекулярных системах

Движение носителей заряда в молекулярных системах. Перенос энергии и заряда. Экситонный и солитонный процессы передачи энергии в молекулярных системах и кластерах.

4. Твердотельная наноэлектроника

Размерное квантование. Состояния электронов и дырок в полупроводниковых квантовых ямах и квантовых точках. Поверхностная проводимость. Экситоны большого радиуса. Возникновение особенностей на границе кластера. Слабый и сильный конфайнмент экситона. Плазменные колебания в нанокластерах металлов и полупроводников. Поверхностные волны.

5. Электроника полимеров и биологических наноструктур

Полимерные молекулы, молекулярные кристаллы и другие наноструктуры как объекты молекулярной электроники. Перспективы использования и принципы построения устройств молекулярной электроники и фотоники на базе отдельных полимерных молекул, полимерных плёнок, слоёв, а также молекул ДНК, мембран и прочих биологических наноструктур.

6. Электроника и фотоника композитных наночастиц и их кластеров

Экситон-плазмонное взаимодействие и передача энергии в планарных наноструктурах. металл-диэлектрик. Спектры поляризуемости сферических слоистых наночастиц «кор-оболочка». Удельная поляризуемость слоистых нанопроводов.

4.3 Практические занятия (семинары)

№ занятия	№ раздела	Тема	Кол-во часов
1	1	Классификация наноструктур по геометрическим параметрам и	2

№ занятия	№ раздела	Тема	Кол-во часов
		характеру взаимодействия между молекулами.	
1-2	2	Представления о природе химической связи. Слетеровские орбитали. Построение направленных орбиталей. Построение гибризованных орбиталей различной симметрии. Неполная локализация связи в сопряженных системах. Анализ электронной структуры бутадиена. Орбитальная структура линейных и кольцевых полиенов.	4
3-4	3	Получение закона дисперсии. Расчеты характеристик коллективных возбуждений для нанокластеров с заданными параметрами.	2
4-5	4	Оценка параметров безызлучательного переноса энергии электронного возбуждения в молекулярных системах. Индуктивно-резонансный и обменный механизмы. Экситоны большого радиуса. Переход в систему центра масс «электрон-дырка». Сведение к водородоподобной задаче. Учет влияния границ кластера. Случаи сильного и слабого конфайнмента.	4
6-7	5	Оценка параметров макромолекулярных цепей биологического и синтетического происхождения для передачи сигналов на основе экситонного, солитонного и поляронного механизмов.	4
7-8	6	Получение параметра адиабатического приближения для электрон-ядерной системы. Разделение переменных электронов и ядер. Оценка энергетического спектра многоатомных молекул и кластеров на основе параметра адиабатического приближения. Решение задачи о движении ядер в потенциальном поле адиабатического электронного терма. Использование методов молекулярной динамики для прогнозирования характеристик объектов молекулярной электроники.	4
		Итого:	20

5 Учебно-методическое обеспечение дисциплины

5.1 Основная литература

1. Кучеренко М. Г. Кинетика молекулярных фотопроцессов. Оренбург: Оренбургский государственный университет. Постановка и решение задач. 2012. - 191 с.
2. Кручинин, Н. Ю. Метод функционала плотности для расчета свойств молекул и твердых тел [Электронный ресурс] : учебное пособие для обучающихся по образовательным программам высшего образования по направлениям подготовки 03.03.03 Радиофизика и 03.04.02 Физика / Н. Ю. Кручинин; М-во образования и науки Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования "Оренбург. гос. ун-т". - Оренбург : ОГУ. - 2017. - ISBN 978-5-7410-1739-5. - 128 с

5.2 Дополнительная литература

1. Кучеренко М.Г., Степанов В.Н. Экситонные процессы в полимерных цепях. Оренбург: ОГУ. 2013. – 207 с.

5.3 Периодические издания

1. Журнал «Успехи физических наук».

5.4 Интернет-ресурсы

1. <https://ufn.ru/> - журнал «Успехи физических наук».
2. <http://kvant.mccme.ru/> - журнал «Квант»

5.5 Программное обеспечение, профессиональные базы данных и информационные справочные системы современных информационных технологий

1. ABINIT– программный комплекс для расчетов в рамках теории функционала плотности, лицензия GNU GPL. Режим доступа: <http://www.abinit.org/>.
2. Quantum ESPRESSO - программный комплекс для расчетов в рамках теории функционала плотности, лицензия GNU GPL. Режим доступа: <http://www.quantum-espresso.org/>.

6 Материально-техническое обеспечение дисциплины

Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, семинарского типа, для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.

Аудитории оснащены комплектами ученической мебели, техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Помещение для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой, подключенной к сети "Интернет", и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду ОГУ.

К рабочей программе прилагаются:

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