Минобрнауки России

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Кафедра радиофизики и электроники

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

ДИСЦИПЛИНЫ

«Б1.Д.В.Э.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)

Квалификация
Бакалавр

Форма обучения
Очная

Год набора 2024

Рабочая программа дисциплины «*Б1.Д.В.Э.4.2 Основы молекулярной электроники и фотоники*» рассмотрена и утверждена на заседании кафедры

Кафедра радиофизики и электроники
наименование кафедры

протокол № 6 от 22.02.2024г.

Заведующий кафедрой
Кафедра радиофизики и электроники _____ А.П. Русинов
наименование кафедры *подпись* *расшифровка подписи*

Исполнители:

доцент _____ Кручинин Н.Ю.
должность *подпись* *расшифровка подписи*

_____ _____ _____
должность *подпись* *расшифровка подписи*

СОГЛАСОВАНО:
Председатель методической комиссии по направлению подготовки
03.03.03 Радиофизика _____
код наименование *личная подпись* *расшифровка подписи*

Заведующий отделом формирования фонда и научной обработки документов
_____ Н.Н. Бигалиева
личная подпись *расшифровка подписи*

Уполномоченный по качеству факультета
_____ А.Д. Стрекаловская
личная подпись *расшифровка подписи*

№ регистрации _____

© Кручинин Н.Ю., 2024
© ОГУ, 2024

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 Д «Дисциплины (модули)»

Пререквизиты дисциплины: *Б1.Д.Б.16 Молекулярная физика, Б1.Д.В.11 Лазерная техника и лазерные технологии*

Постреквизиты дисциплины: *Отсутствуют*

3 Требования к результатам обучения по дисциплине

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих результатов обучения

Код и наименование формируемых компетенций	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций
ПК*-1 Способен применять на практике профессиональные знания и умения в сфере производства, внедрения и эксплуатации электронных приборов и систем различного назначения, полученные при освоении профильных физических дисциплин	ПК*-1-В-1 Знает фундаментальные основы специализированных знаний в области радиоэлектроники, телекоммуникационных систем и антенных комплексов ПК*-1-В-2 Владеет специализированными знаниями в области физики и смежных естественнонаучных дисциплин ПК*-1-В-3 Умеет решать профессиональные задачи с применением специализированных физико-математических и естественнонаучных знаний, методов научного анализа и моделирования	**Знать:** - основы физики твердотельных и газовых лазеров, физические принципы работы приборов твердотельной электроники. **Уметь:** - применять полученные теоретические знания к решению практических задач и экспериментальной работе с приборами

Код и наименование формируемых компетенций	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций
		твердотельной и квантовой электроники. **Владеть:** - навыками работы с приборами твердотельной и квантовой электроники и современной измерительной техники.
ПК*-2 Способен проводить научные исследования в избранной экспериментальной или теоретической области с применением современной приборной базы и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта	ПК*-2-В-1 Знает основные методы проведения теоретического и экспериментального исследования в сфере профессиональной деятельности ПК*-2-В-2 Умеет решать профессиональные задачи с применением современной приборной базы и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта	**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

4 Структура и содержание дисциплины

4.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы (144 академических часа).

Вид работы	Трудоемкость, академических часов

	8 семестр	всего
Общая трудоёмкость	**144**	**144**
Контактная работа:	**36,25**	**36,25**
Лекции (Л)	22	22
Практические занятия (ПЗ)	14	14
Промежуточная аттестация (зачет, экзамен)	0,25	0,25
Самостоятельная работа: *- самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий;* *- изучение разделов курса в системе электронного обучения;* *- подготовка к практическим занятиям;* *- подготовка к рубежному контролю и т.п.)*	**107,75**	**107,75**
Вид итогового контроля (зачет, экзамен, дифференцированный зачет)	**зачет**	

Разделы дисциплины, изучаемые в 8 семестре

№ раздела	Наименование разделов	Количество часов				
		всего	аудиторная работа			внеауд. работа
			Л	ПЗ	ЛР	
1	Молекулярные системы как элементная база электронных устройств	24	4	2		18
2	Объекты молекулярной электроники и технологии их получения	24	4	2		18
3	Механизмы передачи информации в молекулярных системах	24	2	2		18
4	Твердотельная наноэлектроника	24	4	2		18
5	Электроника полимеров и биологических наноструктур	26	4	4		18
6	Электроника и фотоника композитных наночастиц и их кластеров	24	4	2		18
	Итого:	144	22	14		108
	Всего:	144	22	14		108

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 компьютинга. Связанные состояния электрона в поляризационном 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 характеру взаимодействия между молекулами.	2
1-2	2	Представления о природе химической связи. Слетеровские орбитали. Построение направленных орбиталей. Построение гибридизованных орбиталей различной симметрии. Неполная локализация связи в сопряженных системах. Анализ электронной структуры бутадиена. Орбитальная структура линейных и кольцевых полиенов.	2
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.	2
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.	2
		Итого:	14

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 Режим доступа:http://artlib.osu.ru/web/books/metod_all/36387_20170503.pdf.

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.