

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



подписано электронно-цифровой подписью

**Программа дисциплины**  
**Молекулярная электроника Б1.В.ДВ.9**

Направление подготовки: 03.03.03 - Радиофизика

Профиль подготовки: Радиофизические методы по областям применения (Радиофизические измерения)

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

**Автор(ы):**

Лунев И.В.

**Рецензент(ы):**

Гумеров Р.И.

**СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий(ая) кафедрой: Овчинников М. Н.

Протокол заседания кафедры No \_\_\_\_\_ от "\_\_\_\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г

Учебно-методическая комиссия Института физики:

Протокол заседания УМК No \_\_\_\_\_ от "\_\_\_\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г

Регистрационный No 6126419

## 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) главный инженер проекта Лунев И.В. Федеральный центр коллективного пользования физико-химических исследований веществ и материалов Приволжского Федерального округа КФУ, Lounev75@mail.ru

### 1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины "Молекулярная электроника" являются изучение электронных свойств молекулярных материалов и возможности их применения в электронике, как элементов и приборов для записи, хранения и передачи информации.

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

Данная учебная дисциплина включена в раздел "Б1.В.ДВ.9 Дисциплины (модули)" основной образовательной программы 03.03.03 Радиофизика и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 4 курсе, 8 семестр.

Курс предназначен для студентов 4 курса, 8 семестр

Б3.ДВ4 Профессиональный цикл, дисциплина по выбору

Для освоения дисциплины "Молекулярная электроника" необходимы знания по курсам: "Основы радиоэлектроники", "Молекулярная физика", "Электричество и магнетизм", "Твердотельная электроника".

Освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее для курсов: "Физические основы информационных систем", "Микропроцессоры в информационных системах".

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

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ПК-1 (профессиональные компетенции)	способностью понимать принципы работы и методы эксплуатации современной радиоэлектронной и оптической аппаратуры и оборудования
ПК-2 (профессиональные компетенции)	способностью использовать основные методы радиофизических измерений
ПК-3 (профессиональные компетенции)	владением компьютером на уровне опытного пользователя, применению информационных технологий

В результате освоения дисциплины студент:

#### 1. должен знать:

- электронное строение атома углерода, азота, кислорода, кремния;
- о физических экспериментах, подтверждающих наличие делокализованной системы электронов в ароматических соединениях;
- классификацию проводящих полимеров;
- о молекулярных органических магнетиках, молекулярных материалах для оптоэлектроники и молекулярной микроэлектроники.

#### 2. должен уметь:

- различать внутримолекулярный, межмолекулярный и сверхпроводящий перенос заряда;

- различать пьезоэлектрические и пирозэлектрические материалы и знать их применение в науке и технике.

3. должен владеть:

полученными знаниями для практического применения в научно-исследовательской работе и технологических процессах.

4. должен демонстрировать способность и готовность:

применения полученных знаний для создания новых материалов нано- и молекулярной электроники.

#### 4. Структура и содержание дисциплины/ модуля

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных(ые) единиц(ы) 72 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины: 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	Практи- ческие занятия	Лабора- торные работы	
1.	Тема 1. Молекулярная макроэлектроника. Молекулярная микроэлектроника.	8	1-2	4	0	0	
2.	Тема 2. Теоретическое рассмотрение электронного строения атома углерода и отдельных органических молекул.	8	3-4	4	0	0	Реферат
3.	Тема 3. Молекулярные проводники - комплексы с переносом заряда.	8	5-6	4	0	0	Устный опрос
4.	Тема 4. Проводящие полимеры.	8	7-8	4	0	0	
5.	Тема 5. Применение полимерных материалов.	8	9-10	4	0	0	Устный опрос
6.	Тема 6. Пьезоэлектрические и пирозэлектрические материалы.	8	11-12	4	0	0	
7.	Тема 7. Жидкие кристаллы и приборы на их основе.	8	13-14	4	0	0	Устный опрос
8.	Тема 8. Молекулярные органические магнетики.	8	15-16	4	0	0	
9.	Тема 9. Молекулярные материалы для оптоэлектроники.	8	17	4	0	0	

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практи- ческие занятия	Лабора- торные работы	
.	Тема . Итоговая форма контроля	8		0	0	0	Зачет
	Итого			36	0	0	

## 4.2 Содержание дисциплины

### Тема 1. Молекулярная макроэлектроника. Молекулярная микроэлектроника.

#### *лекционное занятие (4 часа(ов)):*

Введение в молекулярную электронику. Физические ограничения современной микроэлектроники и преимущества молекулярной электроники.

### Тема 2. Теоретическое рассмотрение электронного строения атома углерода и отдельных органических молекул.

#### *лекционное занятие (4 часа(ов)):*

Электронное строение атома углерода (азота, кислорода) и кремния. Ароматические углеводороды. Физические эксперименты, подтверждающие наличие делокализованной системы электронов в ароматических соединениях.

### Тема 3. Молекулярные проводники - комплексы с переносом заряда.

#### *лекционное занятие (4 часа(ов)):*

Внутримолекулярный перенос заряда. Межмолекулярный перенос заряда. Молекулярные сверхпроводники.

### Тема 4. Проводящие полимеры.

#### *лекционное занятие (4 часа(ов)):*

Сопряженные полимеры. Понятие длины сопряжения в полимерах и олигомерах. Зонная схема полиацетилена. Солитоны. Поляроны. Экспериментальные доказательства существования солитонов, поляронов и биполяронов. Электропроводность сильно легированных полимеров. Полинитрид серы. Полианилин. Полидиацетилен.

### Тема 5. Применение полимерных материалов.

#### *лекционное занятие (4 часа(ов)):*

Применения легированных полимеров. Полимерная электроника. Органические светодиоды.

### Тема 6. Пьезоэлектрические и пироэлектрические материалы.

#### *лекционное занятие (4 часа(ов)):*

Пьезоэлектрический эффект. Пироэлектрический эффект. Пиро- и пьезоэлектрики на основе полимеров.

### Тема 7. Жидкие кристаллы и приборы на их основе.

#### *лекционное занятие (4 часа(ов)):*

Типы жидких кристаллов. Применение жидких кристаллов в дисплеях. Дисплеи с активной матрицей. Сегнетоэлектрические дисплеи.

### Тема 8. Молекулярные органические магнетики.

#### *лекционное занятие (4 часа(ов)):*

Правило Гунда. Магнетики на основе комплексов переходных металлов. Полностью органические ферромагнетики.

### Тема 9. Молекулярные материалы для оптоэлектроники.

#### *лекционное занятие (4 часа(ов)):*

Органические материалы с нелинейными оптическими свойствами. Фоторефрактивные органические материалы. Фотохромные органические материалы.

### 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
2.	Тема 2. Теоретическое рассмотрение электронного строения атома углерода и отдельных органических молекул.	8	3-4	подготовка к реферату	12	реферат
3.	Тема 3. Молекулярные проводники - комплексы с переносом заряда.	8	5-6	подготовка к устному опросу	8	устный опрос
5.	Тема 5. Применение полимерных материалов.	8	9-10	подготовка к устному опросу	8	устный опрос
7.	Тема 7. Жидкие кристаллы и приборы на их основе.	8	13-14	подготовка к устному опросу	8	устный опрос
	Итого				36	

### 5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

Используются следующие активные и интерактивные формы проведения занятий: разбор конкретных ситуаций, подготовка и представление докладов и презентаций, проведение брич-опросов, мастер-классы экспертов и специалистов.

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

**Тема 1. Молекулярная макроэлектроника. Молекулярная микроэлектроника.**

**Тема 2. Теоретическое рассмотрение электронного строения атома углерода и отдельных органических молекул.**

реферат , примерные темы:

Примерные темы рефератов: 1. Пленки Лэнгмюра-Блоджетт. Молекулярный выпрямитель. Эффекты кулоновской блокады. 2.Транспорт в структурах металл-молекула-металл. Молекулярные транзисторы.

**Тема 3. Молекулярные проводники - комплексы с переносом заряда.**

устный опрос , примерные вопросы:

Примерные вопросы: 1. Физические эксперименты, подтверждающие наличие делокализованной системы электронов в ароматических соединениях. 2. Электронное строение атома углерода.

#### **Тема 4. Проводящие полимеры.**

#### **Тема 5. Применение полимерных материалов.**

устный опрос , примерные вопросы:

Примерные вопросы: 1. Молекулярные сверхпроводники. 2. Сопряженные полимеры.

#### **Тема 6. Пьезоэлектрические и пироэлектрические материалы.**

#### **Тема 7. Жидкие кристаллы и приборы на их основе.**

устный опрос , примерные вопросы:

Примерные вопросы: 1. Электропроводность сильно легированных полимеров. 2. Пьезоэлектрический эффект.

#### **Тема 8. Молекулярные органические магнетики.**

#### **Тема 9. Молекулярные материалы для оптоэлектроники.**

#### **Итоговая форма контроля**

зачет (в 8 семестре)

Примерные вопросы к зачету:

Контрольные вопросы

1. Молекулярная макроэлектроника. Молекулярная микроэлектроника.
2. Электронное строение атома углерода и отдельных органических молекул. Ароматические углеводороды.
3. Физические эксперименты, подтверждающие наличие делокализованной системы электронов в ароматических соединениях.
4. Внутримолекулярный перенос заряда. Межмолекулярный перенос заряда. Молекулярные сверхпроводники.
5. Сопряженные полимеры. Понятие длины сопряжения в полимерах и олигомерах.
6. Зонная схема полиацетилена. Солитоны. Поляроны. Экспериментальные доказательства существования солитонов, поляронов и биполяронов.
7. Электропроводность сильно легированных полимеров. Полинитрид серы. Полианилин. Полидиацетилен.
8. Применения легированных полимеров. Применения, использующие электрохимическое легирование.
9. Полимерная электроника. Органические светодиоды.
10. Пьезоэлектрический эффект. Пироэлектрический эффект. Пиро- и пьезоэлектрики на основе полимеров.
11. Типы жидких кристаллов. Применение жидких кристаллов в дисплеях. Дисплеи с активной матрицей. Сегнетоэлектрические дисплеи.
12. Правило Гунда. Магнетики на основе комплексов переходных металлов. Полностью органические ферромагнетики.
13. Органические материалы с нелинейными оптическими свойствами. Фоторефрактивные органические материалы. Фотохромные органические материалы.

Методические рекомендации по самостоятельной работе студентов приведены в приложении.

#### **7.1. Основная литература:**

1. Шука, А.А. Наноэлектроника [Электронный ресурс]: учебное пособие / А.А. Шука; под ред. А. С. Сигова. - Электрон. дан. - Москва: Издательство 'Лаборатория знаний', 2015. - 345 с. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/84102>



2. Смирнов Ю.А., Соколов С.В., Титов Е.В. Основы нано- и функциональной электроники [Электронный ресурс]: Учебное пособие. - 2-е изд., испр. - СПб.: Издательство 'Лань', 2013. - Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/5855>
3. Рамбиди Н.Г., Берёзкин А.В. Физические и химические основы нанотехнологий [Электронный ресурс]: Учебное пособие - М.: ФИТМАТЛИТ, 2009. - Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/2291>

## 7.2. Дополнительная литература:

1. Лозовский, В.Н. Нанотехнологии в электронике. Введение в специальность [Электронный ресурс]: учебное пособие / В.Н. Лозовский, С.В. Лозовский. - Электрон. дан. - Санкт-Петербург: Лань, 2019. - 332 с. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/113943>
2. Марголин В. И., Жабров В. А., Лукьянов Г. Н., Тупик В. А. Введение в нанотехнологию [Электронный ресурс]: Учебник. - СПб.: Издательство 'Лань', 2012. - Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/4310>

## 7.3. Интернет-ресурсы:

- Г.С. Плотников, В.Б. Зайцев. Физические основы молекулярной электроники - <http://bib.convdocs.org/v28241/?cc=1&view=pdf>
- Журнал "Российские нанотехнологии" - <http://www.nanorf.ru/>
- Захарова И.Б., Макарова Т.Л. Молекулярная электроника и углеродные наноструктуры - <http://elib.spbstu.ru/dl/2467.pdf/download>
- Нанотехнологии и наноматериалы - <http://www.portalnano.ru/db/library/>
- Российский электронный наножурнал - <http://www.nanojournal.ru/>

## 8. Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля)

Освоение дисциплины "Молекулярная электроника" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Мультимедийная аудитория, вместимостью более 60 человек. Мультимедийная аудитория состоит из интегрированных инженерных систем с единой системой управления, оснащенная современными средствами воспроизведения и визуализации любой видео и аудио информации, получения и передачи электронных документов. Типовая комплектация мультимедийной аудитории состоит из: мультимедийного проектора, автоматизированного проекционного экрана, акустической системы, а также интерактивной трибуны преподавателя, включающей тач-скрин монитор с диагональю не менее 22 дюймов, персональный компьютер (с техническими характеристиками не ниже Intel Core i3-2100, DDR3 4096Mb, 500Gb), конференц-микрофон, беспроводной микрофон, блок управления оборудованием, интерфейсы подключения: USB, audio, HDMI. Интерактивная трибуна преподавателя является ключевым элементом управления, объединяющим все устройства в единую систему, и служит полноценным рабочим местом преподавателя. Преподаватель имеет возможность легко управлять всей системой, не отходя от трибуны, что позволяет проводить лекции, практические занятия, презентации, вебинары, конференции и другие виды аудиторной нагрузки обучающихся в удобной и доступной для них форме с применением современных интерактивных средств обучения, в том числе с использованием в процессе обучения всех корпоративных ресурсов. Мультимедийная аудитория также оснащена широкополосным доступом в сеть интернет. Компьютерное оборудование имеет соответствующее лицензионное программное обеспечение.



Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань", доступ к которой предоставлен студентам. ЭБС Издательства "Лань" включает в себя электронные версии книг издательства "Лань" и других ведущих издательств учебной литературы, а также электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. ЭБС Издательства "Лань" обеспечивает доступ к научной, учебной литературе и научным периодическим изданиям по максимальному количеству профильных направлений с соблюдением всех авторских и смежных прав.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 03.03.03 "Радиофизика" и профилю подготовки Радиофизические методы по областям применения (Радиофизические измерения).

Автор(ы):

Лунев И.В. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

Рецензент(ы):

Гумеров Р.И. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.