

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФГБОУ ВО «УФИМСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ НАУКИ И ТЕХНОЛОГИЙ»  
ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

ПРИНЯТО  
на заседании кафедры физической электроники  
Протокол от «15» ноября 2022 г. № 2

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ / Шарипов Т.И.



УТВЕРЖДЕНО  
Проректор по учебно-методической работе



Алиимханов А.Б.  
«28» декабря 2022 г.

**УРОВЕНЬ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
ПОДГОТОВКА КАДРОВ ВЫСШЕЙ КВАЛИФИКАЦИИ**

**ПРОГРАММА  
вступительного экзамена по научной специальности  
1.3.5. Физическая электроника**

Разработчик (разработчики):



/ д.ф.- м.н., профессор, зав. кафедрой Шарипов Т.И.

## **Общие требования**

Данная программа представляет собой перечень тем, список вопросов, источников и литературы по физической электронике для сдачи вступительного экзамена в аспирантуру ФТИ УУНиТ. Программа предполагает знание у поступающих основополагающих разделов физической электроники. Список источников и литературы не является исчерпывающим. Приветствуется знание дополнительных источников и литературы, не включенных в списки. Поступающему необходимо также знать текущую научную периодику по проблемам физической электроники. По периоду будущей специализации поступающий должен показать знание более широкого круга специальной литературы и источников, а также новейших исследований по теме будущей диссертации.

На экзамене для ответа даются три вопроса: один, связанный с научными интересами поступающего (темой вступительного реферата), и два вопроса по различным разделам физической электроники. Ожидается, что поступающий продемонстрирует знакомство с источниками и литературой по этим вопросам.

## Структура экзамена

На экзамене для испытания знаний соискателя даются три вопроса по различным разделам (темам). Ожидается, что поступающий продемонстрирует знакомство с источниками и литературой по вопросам предстоящих научных исследований.

### Критерии оценки знаний абитуриентов на экзамене

Баллы	Критерии
0-39	<p>Не усвоена большая часть изученного ранее материала, имеются лишь отдельные отрывочные представления, не прослеживаются межпредметные связи. Не проявлена способность доказательно объяснять факты и процессы; отсутствует умение критично относиться к научной информации, а также собственная точка зрения и логические рассуждения относительно проблемных вопросов. Отрывочные теоретические высказывания не иллюстрируются собственными наблюдениями, примерами из учебной практической деятельности. Владеет общенаучной и профессиональной терминологией, испытывает значительные затруднения в ответах на уточняющие и дополнительные вопросы членов экзаменационной комиссии.</p>
40-59	<p>Знает основной материал, но испытывает трудности в его самостоятельном изложении; ориентируется в вопросах с помощью дополнительных уточнений; испытывает трудности в объяснении фактов и процессов. В ответе ссылается на классические труды и работы современных исследователей, но не в полном объеме; слабо прослеживаются межпредметные связи, нарушена логика в выстраивании ответа.</p>

60-79	<p>Демонстрирует достаточно высокий уровень овладения теоретическими знаниями, свободно ориентируется в специальных терминах. В ответе ссылается на классические общепризнанные научные труды и работы современных авторов. Проявляет умение доказательно объяснять факты и явления, однако, допускает некоторые неточности. Ответ иллюстрируется собственными наблюдениями, примерами из учебной практической деятельности; прослеживаются межпредметные связи. В целом ответ имеет логическую последовательность в изложении материала, речь профессионально грамотная, на вопросы предоставляет развернутые правильные ответы.</p>
80-100	<p>Демонстрирует высокий уровень владения теоретическими знаниями; свободно ориентируется в вопросах теории и практики. В своем ответе он апеллирует к классическим трудам и работам современных исследователей; проявляет умение доказательно объяснять факты и явления; владеет навыком выявлять причинно-следственные и межпредметные связи. Обнаруживает умение критично относиться к научной информации, доказательно формулируем свое мнение. Ответ логически построен, речь грамотная, осмысленно использует в суждениях общенаучную и профессиональную терминологию, не затрудняется в ответах на заданные членами комиссии вопросы.</p>

## 1. ОСНОВЫ ФИЗИКИ ТВЕРДОГО СОСТОЯНИЯ

Точечная симметрия кристаллов. Элементы симметрии и симметрические преобразования. Точечные группы симметрии кристаллов, их назначения и описание.

Трансляционная симметрия и атомная структура кристаллов. Пространственные группы и правильная система точек.

Кристаллическая решетка и кристаллографическая система координат. Ячейки Браве. Кристаллографические направления, плоскости и их символы.

Обратная решетка и ее кристаллографические применения. Основные расчетные формулы кристаллографии.

Плотнейшие упаковки шаров, их применение к описанию структуры кристаллов. Основные структурные типы элементов и химических соединений.

Дифракционные методы исследования структуры твердых тел.

Классификация твердых тел по типам связей. Характер межатомного взаимодействия. Расчет энергии связи в кристаллах.

Тепловые точечные дефекты кристалла, их равновесная концентрация. Радиационные дефекты.

Типы дислокаций в кристаллах. Основные их характеристики. Движение дислокаций. Образование дислокаций.

Акустические и оптические колебания атомов кристаллической решетки. Фононы.

Теория теплоемкости твердых тел. Теория Эйнштейна и Дебая.

Ангармонические взаимодействия в кристаллах. Тепловое расширение. Теплопроводность твердых диэлектриков. Тепловое сопротивление решетки. N - процессы и U - процессы. Зависимость теплопроводности от температуры.

Механизмы поляризации в твердых телах. Связь между диэлектрической проницаемостью и поляризуемостью (уравнение Клаузиуса - Мосотти).

Пьезо- и сегнетоэлектрики. Поляризационная катастрофа. Температура Кюри. Теория Ландау фазовых переходов. Домены.

Магнитные свойства твердых тел. Классификация магнетиков и краткая характеристика физической природы магнетизма.

Явление сверхпроводимости и его природа. Эффект Мейснера. Сверхпроводники I и II рода. Физические идеи, лежащие в основе теорий сверхпроводимости Лондонов, Гинзбурга Ландау и БКШ. Высокотемпературная сверхпроводимость.

Энергетический спектр некристаллических твердых тел. Делокализованные и локализованные состояния в модели Андерсона. Локализованные состояния, связанные с дефектами. Температурная зависимость электропроводности аморфных полупроводников.

Адиабатическое и одноэлектронное приближение в теории твердого тела. Энергетический спектр электронов в кристалле.

Волновая функция электрона в периодическом поле. Теорема Блоха. Зоны Бриллюэна в кубических кристаллах.

Приближение эффективной массы. Электроны и дырки в кристалле.

## 2. ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОНИКИ

Особенности реальной зонной структуры полупроводников.

Примесные состояния. Водородоподобная модель примесных центров.

Плотность состояний и функции распределения электронов по энергии. Уровень Ферми.

Температурная зависимость уровня Ферми и концентрации носителей тока в примесном полупроводнике.

Зависимость концентрации и уровня Ферми от уровня легирования и температуры в компенсированном примесном полупроводнике.

Связь концентрации носителей с уровнем Ферми. Температурная зависимость уровня Ферми и концентрации носителей в собственном полупроводнике.

Межзонная излучательная и безызлучательная рекомбинации. Зависимость времени жизни от положения уровня Ферми и температуры.

Рекомбинация через ловушки. Зависимость времени жизни от положения уровня Ферми и температуры.

Собственное оптическое поглощение полупроводников, прямые и непрямые переходы.

Стимулированное излучение. Твердотельные и полупроводниковые лазеры.

Явления переноса заряда в полупроводниках. Кинетическое уравнение Больцмана.

Дрейфовая подвижность и ее температурная зависимость.

Основные параметры качества и тенденции развития элементов нанoeлектроники.

Полевой и биполярный транзисторы как вентили логических схем. Время задержки при переключении, энергия переключения.

Принципиальные технологические и физические ограничения на параметры транзисторов.

Гетероструктурные полевые транзисторы. Селективное легирование. 2D- электронный газ.

Транзисторы на горячих электронах.

Электроника на основе переходов Джозефсона. Максимальное быстродействие.

Блок-схема усилительного каскада на биполярном и полевом транзисторах.

Схемы включения биполярного транзистора с общим эмиттером, с общей базой и с общим коллектором.

Принципиальная и эквивалентная схемы усилителя низких частот на биполярном и полевом транзисторах. Выбор и стабилизация рабочей точки. Основные характеристики усилителей.

Усилители мощности. Основные классы усиления. Однотактные и двухтактные усилители мощности.

Общие принципы работы и структурные схемы генераторов электрических периодических колебаний.

RC – генераторы гармонических колебаний.

Радиотехнические сигналы. Виды модуляции.

Характеристики передачи линейных цепей (на примере простейших RC-, LR-, LC-фильтров. Комплексный коэффициент передачи. Амплитудно-частотная и фазово-частотная характеристики.

Выпрямление и амплитудное детектирование сигналов.

Частотное детектирование сигналов. Дискриминатор. Детектор отношений.

Обратные связи в электронных схемах. Устойчивость усиления схем с обратными связями.

Повторители напряжения на биполярных и полевых транзисторах (назначение, принцип действия, схема).

Аналого-цифровые и цифро-аналоговые преобразователи.

Электронные ключи на биполярных и полевых транзисторах.

Логические схемы. Схемы логических инвертеров на основе ТТЛ и КМОП логики.

Логические схемы И. Логические схемы ИЛИ.

Компараторы напряжения и тока.

Триггеры. RS и D триггеры.

### 3. ОСНОВЫ НАНОЭЛЕКТРОНИКИ И МОЛЕКУЛЯРНОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ

Классификация электронно-микроскопических методов исследования микро- и наноструктур.

Стандартные методы химического анализа микро- и наноструктур. Рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия. Оже-спектроскопия. Масс-спектроскопия вторичных ионов.

Технология квантово-размерных структур. Молекулярно-лучевая и МОС-гидридная эпитаксия.

Гетерогенное образование зародышей. Понятие критического зародыша. Термодинамическая теория зародышеобразования. Молекулярно-кинетическая теория зародышеобразования.

Механизмы гетероэпитаксиального роста: Франка - ван дер Мерве, Фольмера - Вебера, Странски - Крастанова.

Типы наноструктур, выращиваемых с использованием эффектов самоорганизации.

Роль поверхности наночастиц .

Потенциал Гиббса- Гельмгольца образования кластеров и наночастиц.

Термодинамика нанокластеров.

Зависимость температуры плавления от размера наночастиц.

Размерные эффекты.

Транспортные явления, процессы переноса импульса, тепла , зарядов и массы в низкоразмерных системах.

Влияние размерных эффектов на физико-химические свойства тел.

Электронная сканирующая техника.

Общая характеристика литографических методов и их сравнительный анализ. Пути уменьшения размеров элементов интегральных схем. Литография с использованием дальнего вакуумного ультрафиолета. Многослойная брэгговская оптика. ДВУФ-нанолиитограф.

Механическое измельчение и, как метод получения наночастиц

Механохимический синтез. Плазмохимический синтез. Синтез в условиях ультразвукового воздействия и ударных волн.

Электродуговые и электрохимические методы взрыва проволок.

Трубчатые структуры.

Электронные устройства на основе легированных нанотрубок.

Нановолокна и нанотрубки углеродные нанотрубки.

Синтез нанотрубок. Графеновая электроника.

Синтез графенов .

Фуллерены и фуллереноподобные структуры.

Технология полимерных, пористых, трубчатых и биологических наноматериалов.

Размерное квантование. Квантовые ямы, квантовые нити и квантовые точки.

Квантовая яма на основе двойной гетероструктуры.

Двойная квантовая яма. Сверхрешётка.

Общая характеристика наносостояния.

Особенности поверхности наночастиц и ее влияние на физ. свойства

Уникальные оптические свойства наноструктур.

Транзисторы на квантовых эффектах. Резонансно-туннельные диод и транзистор.

Одноэлектроника. Физические основы.

Углеродные нанотрубки.

Полевой транзистор на основе углеродных нанотрубок.

Уникальные механические свойства наноструктур.

Перспективы молекулярной наноэлектроники и спинтроники.

Определение наноструктуры с позиции физики и химии твердого тела.  
Зависимость диэлектрической проницаемости и ширины зоны проводимости наноматериалов от размера частиц.  
Осциллирующий характер физических свойств нанокластеров.  
Электрические, оптические и механические свойства наночастиц.  
Фотоэлектронная и электронная спектроскопия в молекулярной электронике.  
Уравнения Рутана.  
Приближение Хартри-Фока.  
Определение структуры наночастиц методом молекулярной механики.  
Электронная структура углеродных молекул.  
Электрон в одно- и двумерных потенциальных ящиках.  
Туннельные эффекты в наноструктурах.  
Электронные состояния для трехмерных, двумерных, одномерных структур.  
Теория молекулярных орбиталей (МО), и теоретические методы оценки электронной структуры молекул, методы МО-ЛКАО.  
Использование классических МО и кристаллических МО ( функций Блоха) в молекулярной наноэлектронике.  
Расчет валентной зоны молекул неэмпирическими и полуэмпирическими методами в приближении Хартри Фока.  
Особенности электронной структуры линейных/квазилинейных (цепочечных) молекул.  
Электрон-фононное взаимодействие.  
Квазичастицы – экситоны, поляроны, биполяроны и их проявление в ИК, УФ и видимых спектрах.  
Полиацетилены,  
Полиены, полиперролы, полианилины, полиароматические двумерные структуры и др.  
Солитоны: механизмы возбуждения, солитонная проводимость. Легирование полиацетилена.  
Квантовые точки . Квантовые нити. Молекулярные нанопроволоки.  
Уникальные оптические явления в наноструктурах.  
Одноэлектронные явления в наноэлектронных устройствах. Нанооптоэлектроника.  
Метаматериалы, как новый вид оптических сред. Перспективы метаматериалов в наноэлектронике.  
Приборы наноэлектроники на основе нанотрубок, фуллеренов и графена.  
Молекулярный полевой транзистор.  
Механизм электропроводности наночастиц.  
Механизмы поверхностной и объемной электропроводности полимеров.  
Молекулярный диод.  
Магнитные кластеры и полимеры.  
Спиновые эффекты электронов и ядер в парамагнитных наноматериалах.  
Органические пара и ферромагнетики., на основе полисопряженных полимеров.  
Ферромагнетики на основе замещенных радикал- полимеров. Органический ферромагнетизм.  
Температуры Кюри- Вейса и Низля и эффект Холла для наночастиц и полимеров.  
Органическая спинтроника. Спинтроника - электроника, основанная на спине (spin-based electronics). Спинтроника. Спиновые инжекция и аккумуляция.  
Гигантское магнитосопротивление. Спиновый клапан.  
Спиновые электронные транзисторы и переключатели.  
Органические светодиоды и фотопреобразователи. Фотонные кристаллы.  
Одноэлектроника.  
Метод молекулярной механики и молекулярной динамики.



### Экзаменационные вопросы

1. Точечная симметрия кристаллов. Элементы симметрии и симметрические преобразования. Точечные группы симметрии кристаллов, их назначения и описание.
2. Трансляционная симметрия и атомная структура кристаллов. Пространственные группы и правильная система точек.
3. Кристаллическая решетка и кристаллографическая система координат. Ячейки Браве. Кристаллографические направления, плоскости и их символы.
4. Обратная решетка и ее кристаллографические применения. Основные расчетные формулы кристаллографии.
5. Плотнейшие упаковки шаров, их применение к описанию структуры кристаллов. Основные структурные типы элементов и химических соединений.
6. Дифракционные методы исследования структуры твердых тел.
7. Классификация твердых тел по типам связей. Характер межатомного взаимодействия. Расчет энергии связи в кристаллах.
8. Тепловые точечные дефекты кристалла, их равновесная концентрация. Радиационные дефекты.
9. Типы дислокаций в кристаллах. Основные их характеристики. Движение дислокаций. Образование дислокаций.
10. Акустические и оптические колебания атомов кристаллической решетки. Фононы.
11. Теория теплоемкости твердых тел. Теория Эйнштейна и Дебая.
12. Ангармонические взаимодействия в кристаллах. Тепловое расширение. Теплопроводность твердых диэлектриков. Тепловое сопротивление решетки.  $N$  - процессы и  $U$  - процессы. Зависимость теплопроводности от температуры.

13. Механизмы поляризации в твердых телах. Связь между диэлектрической проницаемостью и поляризуемостью (уравнение Клаузиуса - Мосотти).
14. Пьезо- и сегнетоэлектрики. Поляризационная катастрофа. Температура Кюри. Теория Ландау фазовых переходов. Домены.
15. Магнитные свойства твердых тел. Классификация магнетиков и краткая характеристика физической природы магнетизма.
16. Явление сверхпроводимости и его природа. Эффект Мейснера. Сверхпроводники I и II рода. Физические идеи, лежащие в основе теорий сверхпроводимости Лондонов, Гинзбурга Ландау и БКШ. Высокотемпературная сверхпроводимость.
17. Энергетический спектр некристаллических твердых тел. Делокализованные и локализованные состояния в модели Андерсона. Локализованные состояния, связанные с дефектами. Температурная зависимость электропроводности аморфных полупроводников.
18. Адиабатическое и одноэлектронное приближение в теории твердого тела. Энергетический спектр электронов в кристалле.
19. Волновая функция электрона в периодическом поле. Теорема Блоха. Зоны Бриллюэна в кубических кристаллах.
20. Приближение эффективной массы. Электроны и дырки в кристалле.
21. Особенности реальной зонной структуры полупроводников.
22. Примесные состояния. Водородоподобная модель примесных центров.
23. Плотность состояний и функции распределения электронов по энергии. Уровень Ферми.
24. Температурная зависимость уровня Ферми и концентрации носителей тока в примесном полупроводнике.
25. Зависимость концентрации и уровня Ферми от уровня легирования и температуры в компенсированном примесном полупроводнике.
26. Связь концентрации носителей с уровнем Ферми. Температурная зависимость уровня Ферми и концентрации носителей в собственном полупроводнике.
27. Межзонная излучательная и безызлучательная рекомбинации. Зависимость времени жизни от положения уровня Ферми и температуры.
28. Рекомбинация через ловушки. Зависимость времени жизни от положения уровня Ферми и температуры.
29. Собственное оптическое поглощение полупроводников, прямые и непрямые переходы.
30. Стимулированное излучение. Твердотельные и полупроводниковые лазеры.
31. Явления переноса заряда в полупроводниках. Кинетическое уравнение Больцмана.
32. Дрейфовая подвижность и ее температурная зависимость.
33. Основные параметры качества и тенденции развития элементов наноэлектроники.
34. Полевой и биполярный транзисторы как вентили логических схем. Время задержки при переключении, энергия переключения.
35. Принципиальные технологические и физические ограничения на параметры транзисторов.
36. Гетероструктурные полевые транзисторы. Селективное легирование. 2D- электронный газ.
37. Транзисторы на горячих электронах.
38. Транзисторы на квантовых эффектах. Резонансно-туннельные диод и транзистор.
39. Одноэлектроника. Физические основы.
40. Углеродные нанотрубки. Полевой транзистор на основе углеродных нанотрубок.
41. Спинтроника. Спиновые инжекция и аккумуляция. Гигантское магнитосопротивление. Спиновый клапан.
42. Электроника на основе переходов Джозефсона. Максимальное быстродействие.
43. Блок-схема усилительного каскада на биполярном и полевом транзисторах. Схемы включения биполярного транзистора с общим эмиттером, с общей базой и с общим коллектором.

44. Принципиальная и эквивалентная схемы усилителя низких частот на биполярном и полевом транзисторах. Выбор и стабилизация рабочей точки. Основные характеристики усилителей.
45. Усилители мощности. Основные классы усиления. Однотактные и двухтактные усилители мощности.
46. Общие принципы работы и структурные схемы генераторов электрических периодических колебаний.
47. RC – генераторы гармонических колебаний.
48. Радиотехнические сигналы. Виды модуляции.
49. Характеристики передачи линейных цепей (на примере простейших RC-, LR-, LC-фильтров. Комплексный коэффициент передачи. Амплитудно-частотная и фазово-частотная характеристики.
50. Выпрямление и амплитудное детектирование сигналов.
51. Частотное детектирование сигналов. Дискриминатор. Детектор отношений.
52. Обратные связи в электронных схемах. Устойчивость усиления схем с обратными связями.
53. Повторители напряжения на биполярных и полевых транзисторах (значение, принцип действия, схема).
54. Аналого-цифровые и цифро-аналоговые преобразователи.
55. Электронные ключи на биполярных и полевых транзисторах.
56. Логические схемы. Схемы логических инвертеров на основе ТТЛ и КМОП логики.
57. Логические схемы И. Логические схемы ИЛИ.
58. Компараторы напряжения и тока.
59. Триггеры. RS и D триггеры.
60. Классификация электронно-микроскопических методов исследования микро- и наноструктур.
61. Стандартные методы химического анализа микро- и наноструктур. Рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия. Оже-спектроскопия. Масс-спектроскопия вторичных ионов.
62. Технология квантово-размерных структур. Молекулярно-лучевая и МОС-гидридная эпитаксия.
63. Гетерогенное образование зародышей. Понятие критического зародыша. Термодинамическая теория зародышеобразования. Молекулярно-кинетическая теория зародышеобразования.
64. Механизмы гетероэпитаксиального роста: Франка - ван дер Мерве, Фольмера - Вебера, Странски - Крастанова.
65. Типы наноструктур, выращиваемых с использованием эффектов самоорганизации.
66. Общая характеристика литографических методов и их сравнительный анализ. Пути уменьшения размеров элементов интегральных схем. Литография с использованием дальнего вакуумного ультрафиолета. Многослойная брэгговская оптика. ДВУФ-нанолиитограф.
67. Размерное квантование. Квантовые ямы, квантовые нити и квантовые точки.
68. Квантовая яма на основе двойной гетероструктуры.
69. Двойная квантовая яма. Сверхрешётка.
70. Общая характеристика наносостояния.
71. Особенности поверхности наночастиц и ее влияние на физ. свойства
72. Уникальные оптические свойства наноструктур.
73. Уникальные механические свойства наноструктур.
74. Перспективы молекулярной наноэлектроники и спинтроники.
75. Определение наноструктуры с позиции физики и химии твердого тела.
76. Роль поверхности наночастиц .
77. Потенциал Гиббса- Гельмгольца образования кластеров и наночастиц.
78. Термодинамика нанокластеров.

79. Зависимость температуры плавления от размера наночастиц.
80. Размерные эффекты.
81. Транспортные явления, процессы переноса импульса, тепла, зарядов и массы в низкоразмерных системах.
82. Влияние размерных эффектов на физико-химические свойства тел.
83. Зависимость диэлектрической проницаемости и ширины зоны проводимости наноматериалов от размера частиц.
84. Осциллирующий характер физических свойств нанокластеров.
85. Электрические, оптические и механические свойства наночастиц.
86. Фотоэлектронная и электронная спектроскопия.
87. Электронная сканирующая техника.
88. Механическое измельчение.
89. Механохимический синтез. Плазмохимический синтез. Синтез в условиях ультразвукового воздействия и ударных волн.
90. Электродуговые и электрохимические методы взрыва проволок.
91. Трубочатые структуры.
92. Электронные устройства на основе легированных нанотрубок.
93. Нановолокна и нанотрубки углеродные нанотрубки.
94. Синтез нанотрубок. Графеновая электроника.
95. Синтез графенов.
96. Фуллерены и фуллереноподобные структуры.
97. Технология полимерных, пористых, трубчатых и биологических наноматериалов.
98. Уравнения Рутана.
99. Приближение Хартри-Фока.
100. Определение структуры наночастиц методом молекулярной механики.
101. Электронная структура углеродных молекул.
102. Электрон в одно-двумерных потенциальных ящиках.
103. Туннельные эффекты в наноструктурах.
104. Электронные состояния для трехмерных, двумерных, одномерных структур.
105. Теория молекулярных орбиталей (МО), и теоретические методы оценки электронной структуры молекул, методы МО-ЛКАО.
106. Использование классических МО и кристаллических МО (функций Блоха) в молекулярной наноэлектронике.
107. Расчет валентной зоны молекул неэмпирическими и полуэмпирическими методами в приближении Хартри-Фока.
108. Особенности электронной структуры линейных/квазилинейных (цепочечных) молекул.
109. Электрон-фононное взаимодействие.
110. Квазичастицы – экситоны, поляроны, биполярны и их проявление в ИК, УФ и видимых спектрах.
111. Полиацетилены,
112. Полиены, полиперролы, полианилины, полиароматические двумерные структуры и др.
113. Солитоны: механизмы возбуждения, солитонная проводимость. Легирование полиацетилена.
114. Квантовые точки. Квантовые нити. Молекулярные нанопроволоки.
115. Уникальные оптические явления в наноструктурах.
116. Одноэлектронные явления в наноэлектронных устройствах. Нанооптоэлектроника.
117. Метаматериалы, как новый вид оптических сред. Перспективы метаматериалов в наноэлектронике.
118. Приборы наноэлектроники на основе нанотрубок, фуллеренов и графена.
119. Молекулярный полевой транзистор.

120. Механизм электропроводности наночастиц.
121. Механизмы поверхностной и объемной электропроводности полимеров.
122. Молекулярный диод.
123. Магнитные кластеры и полимеры.
124. Спиновые эффекты электронов и ядер в парамагнитных наноматериалах.
125. Органические пара и ферромагнетики, на основе полисопряженных полимеров.
126. Ферромагнетики на основе замещенных радикал- полимеров. Органический ферромагнетизм.
127. Температуры Кюри- Вейса и Низля и эффект Холла для наночастиц и полимеров.
128. Спинтроника - электроника, основанная на спине (spin-based electronics). Органическая спинтроника. Спиновые электронные транзисторы и переключатели.
129. Органические светодиоды и фотопреобразователи. Фотонные кристаллы.
130. Одноэлектроника.
131. Метод молекулярной механики и молекулярной динамики.
132. Применение молекулярной динамики к исследованию молекул и наночастиц.

### Литература:

1. М.Ю. Доломатов Физические основы наноэлектроники. Учебное пособие. – Уфа : РИЦ Баш. ГУ-2014, 206с.
2. М.Ю. Доломатов, Р.З. Бахтизин , Д.О. Шуляковская Исследования электронных характеристик и свойств молекул и наночастиц. Учебное пособие. – Уфа : РИЦ Баш. ГУ-2014, 214 с.
3. Н. Г. Рамбиди, А. В. Берёзкин Физические и химические основы нанотехнологий .— М. : Физматлит, 2009 .— 456 с. — Библиогр.: с. 448 .— ISBN 978-5-9221-0988-8
4. О. П. Кормилицын, Ю. А. Шукейло . Механика материалов и структур нано- и микротехники [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Электрон. дан. и прогр. — М. : Академия, 2008 .— Электрон. версия печ. публикации .— Систем. требования: IBM PC; Microsoft Windows 95/98/XP. ISBN978-5-7695-4093-6URL:
5. Н.В.Агринская. Молекулярная электроника. Учебное пособие. -Санкт-Петербург: СПбГУ, 2004-110с.
6. Жевняк О. Г. Теория низкоразмерных квантовых структур: [www.rfe.by/media/kafedry/kaf3/publication/.../teoria-kvantrazm-struktur.doc](http://www.rfe.by/media/kafedry/kaf3/publication/.../teoria-kvantrazm-struktur.doc)
7. Ландау, Л. Д., Лифшиц, Е. М. Квантовая механика (нерелятивистская теория). — Издание 6-е, исправленное. — М.: Физматлит, 2004. — 800 с
8. Минкин В. И. О перспективах развития молекулярных компьютеров доклад на конференции „ Современные направления химии“, посвящённой 135-летию Российского химического общества URL: [http://wsyakaawasyachina.narod.ru/technology/molecular\\_computer.html](http://wsyakaawasyachina.narod.ru/technology/molecular_computer.html)
9. Трефилов В.И., Щур Д.В., Тарасов Б.П., Шульга Ю.М., Черногоренко А.В., Пишук В.К., Загинайченко С.Ю. Фуллерены — основа материалов будущего — Киев: ИПМ НАНУ и ИПХФ РАН, 2001, 148 с
10. Лозовик Ю.Е., Попов А.М. Образование и рост углеродных нанострун – фуллеренов, наночастиц, нанотрубок и конусов. -Успехи физических наук, 1997.- вып.7.- С.751-770.
11. Сухно И.В., Бузько И.В. Углеродные нанотрубки. Учебное пособие. КубГУ.-2008.-55с.
12. Суздаев И.П. Физико-химия нанокластеров , наноструктур и наноматериалов – М.: Книжный дом Либроком,2009.- С.282-304.

13. Лачинов А.Н., Воробьева Н.А. Электроника тонких слоев широкозонных полимеров // УФН, 2007, том 49, вып. 1, с. 1249- 1266.
14. Ryoji Mitsuhashi, Yuta Suzuki, Yusuke Yamanari, Hiroki Mitamura, Takashi Kambe, and other. [Superconductivity in alkali-metal-doped picene](#) // *Nature*. V. 464. P. 76–79 (4 March 2010).
15. Полимеры в электронике . Конспект лекций. - Минск, БГУ, 2010. - 65 с. [www.physics.bsu.by/sites/default/files/files/departments/...physics/.../3.pd](http://www.physics.bsu.by/sites/default/files/files/departments/...physics/.../3.pd)
16. Игнатов С.К. Квантово-химическое моделирование молекулярной структуры, физико-химических свойств и реакционной способности. (Часть 1. Обзор современных методов электронной структуры и теории функционала плотности). Учебно-методический материал по программе повышения квалификации «Новые материалы электроники и оптоэлектроники для информационно-телекоммуникационных систем». Нижний Новгород, 2006.- 82 с.
17. Грибов Л.А., Муштаков С.П. Квантовая химия. Учебник. М.: Гардарики, 1999 - 390с.
18. Минкин В.И., Симкин Б.Я., Миняев Р.М. Теория строения молекул. Ростов-на -Дону: Феникс, 1997 – 560 с.
19. Квантовохимические расчеты в органической химии и молекулярной спектроскопии/ К. Я. Бурштейн, П.П. Шорыгин. - М.: Наука, 1989. -104с.