



МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

«МИРЭА — Российский технологический университет»

**РТУ МИРЭА**

---

---

**УТВЕРЖДАЮ**  
Первый проректор

\_\_\_\_\_ Н.И. Прокопов  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**2.1.6 «Электронная компонентная база микро- и нанoeлектроники,  
квантовых устройств»**

Научная специальность

**2.2.2 «Электронная компонентная база микро- и нанoeлектроники,  
квантовых устройств»**

Форма обучения  
**Очная**

Москва 2025

### **1. Цели освоения дисциплины**

Целями освоения дисциплины «Электронная компонентная база микро- и нанoeлектроники, квантовых устройств» являются:

1. Получение фундаментальных знаний в области компонентной базы микро- и нанoeлектроники и квантовых устройств.
2. Формирование прикладных знаний, умений и владения в области электронной компонентной базы

### **2. Место дисциплины в структуре программы аспирантуры**

Дисциплина «Электронная компонентная база микро- и нанoeлектроники, квантовых устройств» является обязательной дисциплиной образовательного компонента блока «Дисциплины (модули)» учебного плана научной специальности 2.2.2 «Электронная компонентная база микро- и нанoeлектроники, квантовых устройств».

### **3. Требования к результатам освоения дисциплины «Электронная компонентная база микро- и нанoeлектроники, квантовых устройств»**

В ходе освоения дисциплины «Электронная компонентная база микро- и нанoeлектроники, квантовых устройств» идет дальнейшее формирование элементов (знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности) аспиранта:

способность к самостоятельному обучению новым методам исследования, способность к пониманию основных проблем в своей предметной области, выбору методов и средств их решения;

способность самостоятельно приобретать и использовать в практической деятельности новые знания и умения, в том числе в новых областях знаний, непосредственно не связанных со сферой своих исследований;

способность анализировать состояние научно-технической проблемы, систематизировать и обобщать научно-техническую информацию по теме исследований;

способность оценивать научную значимость и перспективы прикладного использования результатов исследований.

В результате освоения дисциплины аспирант должен:

Электронная компонентная база микро- и нанoeлектроники, квантовых устройств

Знать:

основные принципы современной электроники

Уметь:

анализировать электронную компонентную базу микро- и нанoeлектроники, квантовые устройства при решении научных задач

Владеть:

современными методами наноэлектроники

#### 4. Содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины «Электронная компонентная база микро- и наноэлектроники, квантовых устройств» составляет 3 зачетных единицы (108 акад. часов).

**4.1. Распределение объема дисциплины по разделам (темам), семестрам, видам учебной работы и формам контроля.**

№ раздела	Семестр	Неделя семестра	Объем (в акад. час.)							Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра)  Формы промежуточной аттестации (по семестрам)	
			Всего	Контактная работа (по видам учебных занятий)				СР	Контроль		
				Всего	ЛК	ПР	СР под рук.				
1	4	1-2	10	4	2	2		4	2	Устное собеседование; выполнение практических заданий	
2	4	3-5	14	6	2	4		4	4	Устное собеседование; выполнение практических заданий	
3	4	6-7	10	4	2	2		4	2	Устное собеседование; выполнение практических заданий	
4	4	8-9	10	4	2	2		4	2	Устное собеседование; выполнение практических заданий	
5	4	10-11	10	4	2	2		4	2	Устное собеседование; выполнение практических заданий	
6	4	12-13	10	4	2	2		4	2	Устное собеседование; выполнение практических заданий	
7	4	14-15	12	4	2	2		6	2	Устное собеседование; выполнение практических заданий	
8	4	16-18	16	6	4	2		6	4	Устное собеседование; выполнение практических заданий	
По материалам курса			16						16	Экзамен	
Всего в 4 семестре:			108	36	18	18	0	36	36		
Всего:			108	36	18	18	0	36	36		

#### 4.2. Наименование и содержание разделов дисциплины

Номер темы	Наименование темы	Содержание темы
1	Физические эффекты в перспективных направлениях электроники	Основные перспективные эффекты и их использование в современных направлениях электроники. Туннельный эффект
2	Наноструктуры и наноэлектроника. интегральная электроника	Наноструктуры. Роль размерных эффектов. Теория эффективной среды Наноэлектроника: содержание, состояние и перспективы развития и использования. Суть интегральной электроники. Пути развития, современное состояние и перспективы. Определения основных параметров качества электроники, важность их определения Важнейшие показатели качества: технические характеристики, надёжность и экономические показатели. Надёжность. Безотказность и долговечность. Заводы по производству интегральных схем (ИС) (фабы). Критические процессы технологического цикла производства ИС. Общие принципы функционирования линий по производству ИС. Чистые комнаты и оборудование. Кластерные технологические системы. Процент выхода годных.
3	Электроны в металлах.	Электронный газ. Принцип Паули. Плотность состояний. Равновесное распределение при $T=0$ . Энергия, импульс и скорость Ферми электронов. Плотность состояний на поверхности Ферми. Распределение Ферми при конечных температурах. Химический потенциал. Теплоемкость вырожденного ферми-газа. Электро- и теплопроводность металлов. Теория Друде.
4	Полупроводники-основа современной электроники	Основные типы полупроводников, основные эффекты. Генерация и рекомбинация. Доноры и акцепторы. Основные и неосновные носители подвижного заряда. Диффузия и дрейф носителей заряда. Основные эффекты в полупроводниках, их возможности применения. Первые эффекты на полупроводниках: отрицательный температурный коэффициент, эффект выпрямления, эффекты Зеебека и Пельтье, фотопроводимость. Определение транзистора, перспективы уменьшения размеров и повышение подвижности носителей.
5	Диэлектрики в электронике	Локальное поле. Формула Клаузиуса-Мосотти для диэлектрической проницаемости. Механизмы поляризации. Сегнетоэлектрики, пьезоэлектрики, пьезоэлектрики. Домены в сегнетоэлектриках. Гистерезис.
6	Кинетические явления	Классификация явлений переноса. Термоэлектрические явления. Эффект Холла.

Номер темы	Наименование темы	Содержание темы
		Холловская подвижность. Магнитосопротивление (двухзонная модель). Виды магнитосопротивления, возможности применения.
7	Магнитные явления в электронике	Виды магнитного упорядочения. Магнитная память. Магнитооптические эффекты. Применение в электронике.
8	Перспективные технологии и технологические процессы. нанотехнологии	Планарная технология и её элементы — технологические процессы: эпитаксия, диффузия и ионная имплантация, нанесение изолирующих и проводящих плёнок, фотолитография. Рост кристаллов и подготовка подложек: выращивание кристаллов по методу Чохральского, технология механической обработки полупроводников, технология химической очистки поверхности полупроводниковых материалов. Основные виды легирования: диффузия, ионная имплантация, комбинированные способы легирования, их возможности. Процессы литографирования технологических слоев: процесс литографии, оптическая литография, фоторезисты, другие методы литографии, состояние и перспективы развития технологии литографии. Процессы травления: физико-химические основы плазменной обработки, методы плазменного травления, факторы, определяющие скорость и селективность травления, процессы сухого травления в технологии СБИС.

#### 4.3. Лабораторные работы (ЛБ)

Учебным планом не предусмотрены.

#### 4.4. Практические занятия (ПР)

№ п/п	Номер темы дисциплины	Тематика практических занятий	Трудоемкость (в акад. часах)
1	1	Туннельный эффект	2
2	2	Наноструктуры и нанoeлектроника	4
3	3	Электроны в металлах	2
4	4	Электроны и дырки в полупроводниках	2
5	5	Формула Клаузиуса-Мосотти	2
6	6	Кинетические явления в электронике	2
7	7	Магнитные явления в электронике	2
8	8	Нанотехнологии	2
<b>Всего:</b>			<b>18</b>

#### 5. Учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы

## обучающихся по дисциплине

Виды самостоятельной работы обучающегося, порядок и сроки ее выполнения:

подготовка к лекциям и практическим занятиям с использованием конспекта лекций, материалов практических занятий и приведенных ниже (п 8.1 и 8.2) источников (в соответствии с расписанием занятий);

оформление отчетов по выполненным практическим заданиям и теоретическая подготовка к их сдаче (в соответствии с расписанием занятий).

Перечень вопросов для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации — в соответствии с тематикой дисциплины.

## 6. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

### 6.1. Описание показателей и критериев оценивания знаний, умений и владений на различных этапах их формирования, описание шкал оценивая

#### 6.1.1. Показатели и критерии оценивания, используемые шкалы оценивания

Показатели оценивания	Критерии оценивания	Средства оценивания	Шкалы оценивания
Умение	Правильность выполнения учебных заданий, аргументированность выводов	<i>Текущий контроль:</i> выполнение устных/письменных заданий, тестирование  <i>Промежуточная аттестация:</i> экзамен	Шкала 1
Знание	Правильность и полнота ответов, глубина понимания вопроса	<i>Текущий контроль:</i> выполнение устных/письменных заданий, тестирование  <i>Промежуточная аттестация:</i> экзамен	Шкала 1
Владение	Обоснованность и аргументированность выполнения учебной деятельности	<i>Текущий контроль:</i> выполнение практического задания, тестирование  <i>Промежуточная аттестация:</i> экзамен	Шкала 2

#### 6.1.2. Описание шкал оценивания степени сформированности знаний, умений и владений

##### **Шкала 1.** Оценка сформированности знаний, умений и владений

Обозначения		Формулировка требований к степени сформированности знаний, умений и владений		
Цифр.	Оценка			
		Знать	Уметь	Владеть
1	Неудовлетворительно	Отсутствие знаний	Отсутствие	Отсутствие

Обозначения		Формулировка требований к степени сформированности знаний, умений и владений		
Цифр.	Оценка			
		Знать	Уметь умений	Владеть навыков
2	Неудовлетворительно	Фрагментарные знания	Частично освоенное умение	Фрагментарное применение
3	Удовлетворительно	Общие, но не структурированные знания	В целом успешное, но не систематически осуществляемое умение	В целом успешное, но не систематическое применение
4	Хорошо	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания	В целом успешное, но содержащие отдельные пробелы умение	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение навыков
5	Отлично	Сформированные систематические знания	Сформированное умение	Успешное и систематическое применение навыков

**Шкала 2.** Комплексная оценка сформированности знаний, умений и владений

Обозначения		Формулировка требований к степени сформированности знаний, умений и владений
Цифр.	Оценка	
1	Неудовлетворительно	Не имеет необходимых представлений о проверяемом материале
2	Удовлетворительно или неудовлетворительно (по усмотрению преподавателя)	Знать на уровне <b>ориентирования</b> , представлений. Субъект учения знает основные признаки или термины изучаемого элемента содержания, их отнесенность к определенной науке, отрасли или объектам, узнает их в текстах, изображениях или схемах и знает, к каким источникам нужно обращаться для более детального его усвоения
3	Удовлетворительно	Знать и уметь на <b>репродуктивном</b> уровне. Субъект учения знает изученный элемент содержания репродуктивно: произвольно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях
4	Хорошо	Знать, уметь, владеть на <b>аналитическом</b> уровне. Зная на репродуктивном уровне, указывать на особенности и взаимосвязи изученных объектов, на их достоинства, ограничения, историю и перспективы развития и особенности для разных объектов усвоения
5	Отлично	Знать, уметь, владеть на <b>системном</b> уровне. Субъект

Обозначения		Формулировка требований к степени сформированности знаний, умений и владений
Цифр.	Оценка	
		учения знает изученный элемент содержания системно, произвольно и доказательно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях, учитывая и указывая связи и зависимости между этим элементом и другими элементами содержания учебной дисциплины, его значимость в содержании учебной дисциплины

**6.2. Типовые контрольные задания или иные материалы,** необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования знаний, умений и владений в процессе освоения образовательной программы.

**Типовые вопросы и задания для текущего контроля** (оценка сформированности элементов (знаний, умений, навыков) в рамках текущего контроля по дисциплине) по разделам дисциплины

***Примеры вопросов по теме 1:***

Что такое туннельный эффект?

***Примеры вопросов по теме 2:***

Перспективы развития наноэлектроники.

***Примеры вопросов по теме 3:***

Основные величины в распределении Ферми-Дирака

***Примеры вопросов по теме 4:***

Какие типы полупроводников Вам известны?

***Примеры вопросов по теме 5:***

Как можно увеличить проводимость диэлектриков?

***Примеры вопросов по теме 6:***

Какие виды магнитосопротивления Вы знаете?

***Примеры вопросов по теме 7:***

Как магнитные эффекты используются в электронике?

***Примеры вопросов по теме 8:***

Какие перспективы развития нанотехнологий?

***Пример практического задания по теме 1:***

Найти коэффициент прохождения для электрона с энергией 1 эВ через прямоугольный потенциальный барьер  $U=2$  эВ шириной 2 нм.

***Пример практического задания по теме 2:***

Вывести формулу эффективной среды для проводимости.

Оценить область локализации электрона с энергией 2 эВ.

***Пример практического задания по теме 3:***



Концентрация электронов проводимости в металлах по порядку величины равна  $n \approx 10^{22} \text{ 1/см}^3$ . Оценить длину волны де Бройля электрона  $\lambda_F$ , имеющего энергию Ферми. Сравнить  $\lambda_F$  со средним расстоянием между электронами.

***Пример практического задания по теме 4:***

Оценить температуру квантового предела для электронов в Ge с концентрацией электронов  $2 \cdot 10^{13} \text{ см}^{-3}$ . Какой моделью идеального газа описывается данная система? Ответ обосновать

***Пример практического задания по теме 5:***

Вывести формулу Клаузиуса-Мосотти

***Пример практического задания по теме 6:***

Получить коэффициент Холла

***Пример практического задания по теме 7:***

Оценить критическое поле в сверхпроводнике, если критический ток 0.001 А, а радиус сверхпроводника — 1 мм.

***Пример практического задания по теме 8:***

Проанализировать основные виды легирования- определить наиболее перспективные при решении тех или иных задач.

**Перечень вопросов для подготовки к экзамену** (оценка сформированности элементов (знаний, умений, навыков) в рамках промежуточной аттестации по дисциплине).

1. Основные перспективные эффекты и их использование в современных направлениях электроники.
2. Туннельный эффект.
3. Наноструктуры. Роль размерных эффектов.
4. Суть интегральной электроники. Пути развития, современное состояние и перспективы.
5. Нанoeлектроника: содержание, состояние и перспективы развития и использования.
6. Электронный газ.
7. Определение транзистора, перспективы уменьшения размеров и повышение подвижности носителей.
8. Виды магнитного упорядочения. Возможности записи информации.
9. Эффект Холла.
10. Явления переноса. Их классификация.
11. Электропроводность металлов. Теория Друде.
12. Полупроводники. Полупроводниковая электроника.
13. Диэлектрики, их виды.
14. Виды магнитосопротивления.
15. Магнитооптические эффекты.

16. Наномпозиты. Теория эффективной среды.
17. Планарная технология и её элементы — технологические процессы: эпитаксия, диффузия и ионная имплантация, нанесение изолирующих и проводящих плёнок, фотолитография.
18. Рост кристаллов и подготовка подложек: выращивание кристаллов по методу Чохральского, технология механической обработки полупроводников, технология химической очистки поверхности полупроводниковых материалов.
19. Основные виды легирования: диффузия, ионная имплантация, комбинированные способы легирования, их возможности.
20. Процессы литографирования технологических слоев: процесс литографии, оптическая литография, фоторезисты, другие методы литографии, состояние и перспективы развития технологии литографии.
21. Процессы травления: физико-химические основы плазменной обработки, методы плазменного травления, факторы, определяющие скорость и селективность травления, процессы сухого травления в технологии СБИС.
22. Определения основных параметров качества электроники, важность их определения
23. Важнейшие показатели качества: технические характеристики, надёжность и экономические показатели. Надёжность. Безотказность и долговечность.
24. Заводы по производству интегральных схем (ИС )(фабы).
25. Критические процессы технологического цикла производства ИС.
26. Общие принципы функционирования линий по производству ИС.
27. Чистые комнаты и оборудование.
28. Кластерные технологические системы.
29. Процент выхода годных.
30. Сегнетоэлектрики, пьезоэлектрики, пьезоэлектрики.
31. Домены в сегнетоэлектриках. Гистерезис.

### 6.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности.

Процедуры и средства оценивания элементов знаний, умений и владений по дисциплине «Электронная компонентная база микро- и наноэлектроники, квантовых устройств»

Процедура проведения	Средство оценивания				
	Текущий контроль				Промежуточный контроль
	Выполнение устных заданий	Выполнение письменных заданий	Выполнение практических заданий	Выполнение тестовых заданий	Экзамен
Продолжительность контроля	По усмотрению преподавателя	По усмотрению преподавателя	По усмотрению преподавателя	По усмотрению преподавателя	В соответствии с принятыми нормами времени
Форма проведения контроля	Устный опрос	Письменный опрос	Письменный опрос	Письменный опрос	В письменной форме
Вид проверочного	Устные	Письменные	Практические	Письменный	Экзаменационный

Процедура проведения	Средство оценивания				
	Текущий контроль				Промежуточный контроль
	Выполнение устных заданий	Выполнение письменных заданий	Выполнение практических заданий	Выполнение тестовых заданий	Экзамен
задания	вопросы	задания	задания	опрос	билет
Форма отчета	Устные ответы	Ответы в письменной форме	Ответы в письменной форме	Ответы в письменной форме	Ответы в письменной форме
Раздаточный материал	Нет	Справочная литература	Справочная литература	Справочная литература	Справочная литература

## 7. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Дисциплина «Электронная компонентная база микро- и нанoeлектроники, квантовых устройств» предусматривает лекции и практические занятия. Успешное изучение дисциплины требует посещения лекций, активной работы на практических занятиях, выполнения учебных заданий преподавателя, ознакомления с основной и дополнительной литературой.

В ходе лекций преподаватель излагает и разъясняет основные, наиболее сложные понятия темы, а также связанные с ней теоретические и практические проблемы, дает рекомендации на практическое занятие и указания на самостоятельную работу.

При подготовке к лекционным занятиям аспирантам необходимо: перед очередной лекцией необходимо просмотреть конспект материала предыдущей лекции. При затруднениях в восприятии материала следует обратиться к основным литературным источникам. Если разобраться в материале опять не удалось, то обратитесь к лектору (по графику его консультаций) или к преподавателю на практических занятиях.

Практические занятия завершают изучение наиболее важных тем учебной дисциплины. Они служат для закрепления изученного материала, развития умений и навыков подготовки докладов, сообщений, приобретения опыта устных публичных выступлений, ведения дискуссии, аргументации и защиты выдвигаемых положений, а также для контроля преподавателем степени подготовленности аспирантов по изучаемой дисциплине.

При подготовке к практическому занятию аспиранты имеют возможность воспользоваться консультациями преподавателя.

При подготовке к практическим занятиям аспирантам необходимо: приносить с собой рекомендованную преподавателем литературу к конкретному занятию;

до очередного практического занятия по рекомендованным литературным источникам проработать теоретический материал, соответствующей темы занятия;

в начале занятий задать преподавателю вопросы по материалу, вызвавшему затруднения в его понимании и освоении при решении задач, заданных для

самостоятельного решения;

в ходе семинара давать конкретные, четкие ответы по существу вопросов; на занятии доводить каждую задачу до окончательного решения, демонстрировать понимание проведенных расчетов (анализов, ситуаций), в случае затруднений обращаться к преподавателю.

Аспирантам, пропустившим занятия (независимо от причин), не имеющие письменного решения задач или не подготовившиеся к данному практическому занятию, рекомендуется не позже чем в 2-недельный срок явиться на консультацию к преподавателю и отчитаться по теме, изучавшейся на занятии. Аспиранты, не отчитавшиеся по каждой не проработанной ими на занятиях теме к началу экзаменационной сессии не допускаются к экзамену.

## **8. Ресурсное обеспечение дисциплины**

### **8.1. Основная и дополнительная учебная литература, необходимая для освоения дисциплины**

#### **а) основная литература:**

1. Щука А.А. Нанoeлектроника: учебник для бакалавриата и магистратуры. Под общ. ред. А.С. Сигова. — Москва: БИНОМ. Лаб. знаний, 2019. — 342 с.

2. Юрасов А.Н., Яшин М.М., Левина Е.Ю. Избранные главы физики конденсированного состояния. — М.: Изд-во РТУ МИРЭА, 2021. — 106 с.

3. Морозов В.Г., Гладышев И.В., Юрасов А.Н., Яшин М.М., Сборник задач по квантовой механике и статистической физике. — М.: Изд-во РТУ МИРЭА, 2021. — 188 с.

#### **б) дополнительная литература:**

1. Элионные технологии. Учебное пособие / Под ред. чл.-корр. РАН А.С. Сигова — М.: Энергоатомиздат, 2011. — 310 с.

2. Сорокин В.С., Антипов Б.Л., Лазарева Н.П. Материалы и элементы электронной техники. В 2 т. Т. 1,2 — М.: Академия, 2015-2016.

3. Морозов В.Г. Термодинамика и статистическая физика: Учебное пособие, — М.: МИРЭА, 2018. — 244 с.

4. Берзин А.А., Морозов В.Г. Основы квантовой механики: Учебное пособие — М.: МИРЭА, 2011. — 268 с.

5. Материалы и методы нанотехнологии: учебное пособие, 2 изд. // Старостин В.В. — Бином, 2010. — 277 с.

6. Холомина, Т.А. Электронные процессы в твердом теле : учеб. пособие для вузов / Т.А. Холомина .— Москва : Горячая линия – Телеком, 2021 .— 111 с. — ISBN 978-5-9912-0764-5 .— URL: <https://rucont.ru/efd/873548>

7. Васильев Е. В. Физические основы микро-и нанoeлектроники [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Е. В. Васильев, А. П. Галеев, В. В. Куренков . — М.: МИРЭА, 2013 . — Электрон. опт. диск (ISO)

8. Прудников Н. В. Элементная база, технологии и материалы для микросистемной техники [Электронный ресурс] : учебное пособие / Н. В.

- Прудников, Л. Ю. Фетисов . — М.: МИРЭА, 2018 . — Электрон. опт. диск (ISO)
9. Савицкий В. А. Микросистемная техника и ее компоненты [Электронный ресурс] : учебное пособие / В. А. Савицкий . — М.: МИРЭА, 2015 . — Электрон. опт. диск (ISO)
10. Осинцев О. Н. Электроника и схемотехника. Ч. 1 [Электронный ресурс] : учебное пособие для студ., обуч. по напр. "Электроника и нанoeлектроника", "Оптотехника", "Управление в технических системах" и др. / О. Н. Осинцев . — М.: МИРЭА, 2015 . — 108 с. . — Электрон. опт. диск (ISO)
11. Капустин В.И. Технологии производства и контроль качества наноматериалов и наноструктур [Электронный ресурс] : учебное пособие / В. И. Капустин, А. С. Сигов . — М.: МИРЭА, 2017 . — Электрон. опт. диск (ISO)

#### **Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:**

1. Перспективный план развития отрасли — The International Technology Roadmap for Semiconductors (<http://public.itrs.net>)
2. Основные информационные ресурсы отрасли:
3. Отраслевые журналы Semiconductor International (<http://www.reedbusinessinformation.com>), Solid State Technology
4. (<http://www.reedbusinessinformation.com>), журнал Elsevier, посвященный разработкам в области материаловедения — Materials Today (<http://www.materialstoday.com/>).
5. Основной ресурс индустрии: [www.semiconductor.net](http://www.semiconductor.net):
6. Группа ведущих компаний- производителей полупроводниковых устройств: [www.sematech.org](http://www.sematech.org).

#### **8.2. Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети Интернет, необходимые для освоения дисциплины**

1. <http://library.mirea.ru/>  
научно-техническая библиотека РТУ МИРЭА
2. <https://e.lanbook.com/>  
электронно-библиотечная системы (ЭБС) Издательства «Лань»

#### **8.3. Информационные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем:**

- пакет офисных программ Microsoft Office;
- пакет офисных программ LibreOffice;
- среда для разработки программного обеспечения Qt Creator 5.6.

#### **8.4. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

- учебная аудитория;

– компьютерный класс.