

Министерство науки и высшего образования РФ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Б1.В.10 Физика полупроводников и диэлектриков

наименование дисциплины (модуля) в соответствии с учебным планом

Направление подготовки / специальность

03.04.02 Физика

Направленность (профиль)

03.04.02.02 Физика конденсированного состояния вещества

Форма обучения

очная

Год набора

2021

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Программу составили \_\_\_\_\_

профессор, А.И.Панкрац

\_\_\_\_\_  
должность, инициалы, фамилия

## 1 Цели и задачи изучения дисциплины

### 1.1 Цель преподавания дисциплины

Ознакомить студентов с основами физики полупроводников и диэлектриков.

### 1.2 Задачи изучения дисциплины

Рассмотреть основные элементы зонной теории полупроводников: волновая функция электрона в периодическом поле, законы дисперсии, зоны Бриллюэна, эффективная масса электронов и дырок. Детально проанализировать статистику электронов и дырок, механизмы проводимости собственных и примесных полупроводников, рассмотреть водородоподобную модель проводников с простыми примесными центрами. Вычислить зависимости проводимости примесных полупроводников от температуры и степени легирования в широком температурном интервале. Рассмотреть явления, возникающие при контакте металлов и полупроводников, полупроводников с различным типом проводимости. Получить вольтамперные характеристики p-n перехода. Изучить основные механизмы поглощения света в полупроводниках с прямыми и непрямыми электронными переходами.

### 1.3 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения по дисциплине
<b>ПК-1: Способен самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области физики и решать их с помощью современной аппаратуры и информационных технологий, а также анализа областей применения результатов, используя актуальную нормативную документацию</b>	
ИД-1: Знает научную проблематику и актуальную нормативную документацию своей профессиональной области	научную проблематику физики полупроводников и диэлектриков
ИД-2: Умеет обосновывать перспективы научных исследований	обосновывать перспективы научных исследований в области физики полупроводников и диэлектриков
ИД-3: Владеет современной аппаратурой и информационными технологиями для применения и внедрения результатов научной деятельности	современную аппаратуру для проведения исследований в области физики полупроводников и диэлектриков использовать информационные технологии при выполнении лабораторных работ по физике полупроводников и диэлектриков современной аппаратурой и информационными технологиями при выполнении лабораторных работ по физике полупроводников и диэлектриков
<b>ПК-2: Способен использовать новейший российский и зарубежный опыт, знания современных проблем и достижений физики в научно-исследовательской</b>	

<b>работе</b>	
ИД-1: Знает современные проблемы и новейшие достижения в области физики	современные проблемы физики полупроводников и диэлектриков
ИД-2: Умеет применять знания современных проблем и достижений физики в научно-исследовательской работе	применять знания современных проблем достижений физики полупроводников и диэлектриков в научно-исследовательской работе
ИД-3: Владеет навыками и приемами анализа отечественного и зарубежного опыта по тематике исследований	навыками и приемами анализа отечественного и зарубежного опыта физики полупроводников и диэлектриков

#### **1.4 Особенности реализации дисциплины**

Язык реализации дисциплины: Русский.

Дисциплина (модуль) реализуется без применения ЭО и ДОТ.

## 2. Объем дисциплины (модуля)

Вид учебной работы	Всего, зачетных единиц (акад.час)	е
		1
<b>Контактная работа с преподавателем:</b>	<b>1,78 (64)</b>	
занятия лекционного типа	0,89 (32)	
лабораторные работы	0,89 (32)	
<b>Самостоятельная работа обучающихся:</b>	<b>1,22 (44)</b>	
курсовое проектирование (КП)	Нет	
курсовая работа (КР)	Нет	
<b>Промежуточная аттестация (Экзамен)</b>	<b>1 (36)</b>	

### 3 Содержание дисциплины (модуля)

#### 3.1 Разделы дисциплины и виды занятий (тематический план занятий)

		Контактная работа, ак. час.							
№ п/п	Модули, темы (разделы) дисциплины	Занятия лекционного типа		Занятия семинарского типа				Самостоятельная работа, ак. час.	
				Семинары и/или Практические занятия		Лабораторные работы и/или Практикумы			
		Всего	В том числе в ЭИОС	Всего	В том числе в ЭИОС	Всего	В том числе в ЭИОС	Всего	В том числе в ЭИОС
<b>1. Элементы зонной теории твердого тела</b>									
	1. Основные предположения зонной теории твердого тела. Волновая функция электрона в периодическом поле (теорема Блоха). Зоны Бриллюэна. Условия Кармана-Борна. Энергетические зоны. Закон дисперсии, изоэнергетические поверхности. Металлы и полупроводники. Эффективная масса. Многодолинные полупроводники. Средние значения скорости и ускорения электрона в кристаллической решетке. Электроны и дырки. Энергетический спектр носителей заряда в постоянном электрическом поле. Наклон энергетических зон сильным электрическим полем. Мелкие примесные уровни. Водородоподобная модель. Примесная зона.	6							
	2. Основные предположения зонной теории твердого тела.					6			

3.							10	
<b>2. Статистика электронов и дырок в полупроводниках</b>								
1. Распределение квантовых состояний в зонах, плотность электронных состояний. Статистика Ферми-Дирака, энергия Ферми, вырожденные и невырожденные полупроводники. Концентрация электронов и дырок в зонах. Невырожденные полупроводники, закон действующих масс и концентрация носителей в собственном полупроводнике. Определение положения уровня Ферми, уровень Ферми в собственных полупроводниках. Концентрация электронов и дырок на локальных уровнях. Полупроводник с примесью одного типа.	6							
2. Распределение квантовых состояний в зонах, плотность электронных состояний. Статистика Ферми-Дирака, энергия Ферми, вырожденные и невырожденные полупроводники. Концентрация электронов и дырок в зонах. Невырожденные полупроводники, закон действующих масс и концентрация носителей в собственном полупроводнике. Определение положения уровня Ферми, уровень Ферми в собственных полупроводниках. Концентрация электронов и дырок на локальных уровнях. Полупроводник с примесью одного типа.					6			
3.							5	
<b>3. Транспортные свойства полупроводников</b>								

1. Механизм электропроводности полупроводников, подвижность носителей заряда и ее температурная зависимость. Природа электросопротивления. Дрейфовая скорость. Зависимость электропроводности полупроводников от температуры и примесей. Гальваномагнитные эффекты. Эффект Холла. Магнитосопротивление (эффект Гаусса). Эффект Эттингсгаузена, эффект Нернста.	4							
2. Механизм электропроводности полупроводников, подвижность носителей заряда и ее температурная зависимость. Природа электросопротивления. Дрейфовая скорость. Зависимость электропроводности полупроводников от температуры и примесей. Гальваномагнитные эффекты. Эффект Холла. Магнитосопротивление (эффект Гаусса). Эффект Эттингсгаузена, эффект Нернста.					4			
3.							5	
<b>4. Явления в контактах</b>								
1. Контактные явления в полупроводниках, потенциальные барьеры, условие равновесия контактирующих тел. Термоэлектронная эмиссия. Закон Ричардсона- Дэшмана. Контактная разность потенциалов. Распределение концентрации электронов и потенциала в слое объемного заряда. Длина экранирования Дебая. Выпрямление в контакте металл-полупроводник. Диодная теория выпрямления, вольт-амперная характеристика.	4							
2. Контактные явления в полупроводниках					4			
3.							5	



<b>5. Неравновесные электроны и дырки</b>								
1. Неравновесные носители заряда, квазиуровни Ферми. Время жизни неравновесных носителей заряда. Уравнение непрерывности. Амбиполярная диффузия и амбиполярный дрейф. Длины диффузии и дрейфа, длина затягивания	4							
2. Неравновесные носители заряда, квазиуровни Ферми. Время жизни неравновесных носителей заряда. Уравнение непрерывности. Амбиполярная диффузия и амбиполярный дрейф. Длины диффузии и дрейфа, длина затягивания					4			
3.							5	
<b>6. Выпрямление и усиление переменных токов с помощью p-n переходов</b>								
1. Электронно-дырочные переходы. Статическая вольт-амперная характеристика p-n перехода. P-n переход при переменном напряжении, диффузионное сопротивление и диффузионная емкость. Туннельный эффект в p-n переходах, туннельные диоды. Биполярный полупроводниковый триод.	4							
2. Электронно-дырочные переходы					4			
3.							9	
<b>7. Фотопроводимость и фотоЭДС</b>								
1. Основные механизмы поглощения света в полупроводниках, прямые и непрямые электронные переходы, фотопроводимость. ФотоЭДС, роль неосновных носителей. Вентильная фотоЭДС.	4							
2. Основные механизмы поглощения света в полупроводниках					4			
3.							5	

4.								
Bcero	32				32		44	

## 4 Учебно-методическое обеспечение дисциплины

### 4.1 Печатные и электронные издания:

1. Александров К. С., Зиненко В. И., Сорокин Б. П., Турчин П. П., Сорокин П. Б., Бурков С. И., Глушков Д. А., Четвергов Н. А., Софронова С. Н., Токарев Н. А. Теоретическая физика твердого тела: электрон. учеб.-метод. комплекс дисциплины(Красноярск: СФУ).
2. Лебедев А. И. Физика полупроводниковых приборов(Москва: Физматлит).
3. Солнцев Ю. П., Пряхин Е. И., Солнцев Ю. П. Нанотехнологии и специальные материалы: учеб. пособие для студентов вузов(Санкт-Петербург: Химиздат).
4. Томилин В. И., Томилина Н. П., Бахтина В.А Физическое материаловедение: Ч. 1. Пассивные диэлектрики: учеб. пособие для студентов вузов спец. "Проектирование и технология радиоэлектронных средств"(Красноярск: СФУ).
5. Волков Н. В., Попков С. И. Магнетизм твердых тел; диа- и парамагнетизм; магнитный порядок (физика магнитных явлений): учебно-методическое пособие [для студентов программ 011200.68.02 «Физика конденсированного состояния вещества»; 011200.68.06 «Физика магнитных явлений»](Красноярск: СФУ).
6. Волков Н. В., Попков С. И. Обменное взаимодействие. Ферромагнетизм. Приближение молекулярного поля: учебно-методическое пособие [для студентов программ 011200.68.02 «Физика конденсированного состояния вещества»; 011200.68.06 «Физика магнитных явлений»] (Красноярск: СФУ).
7. Шалимова К. В. Физика полупроводников: учебник(Санкт-Петербург: Лань).
8. Савельев И. В. Курс физики: Т. 3. Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц: учебное пособие для вузов : в 3 томах : учеб. пособие для вузов(СПб.: Лань).
9. Бонч-Бруевич В. Л., Калашников С. Г. Физика полупроводников: учебное пособие для студентов физических специальностей высших учебных заведений(Москва: Наука. Главная редакция физико-математической литературы [Физматлит]).
10. Киттель Ч. Введение в физику твердого тела(Москва: Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит.).
11. Шнайдер Т., Зингер Дж. М., Абдулвагидов Ш. Б., Камиллов И. К. Фазовые переходы и высокотемпературная сверхпроводимость: универсальные свойства купратных сверхпроводников(Махачкала: Изд-во Ин-та физики Дагест. науч. центра РАН).
12. Попков С. И., Красиков А. А., Семенов С. В., Балаев А. Д., Волков Н. В. Магнитные измерения: учебно-методическое пособие для лабораторных работ [студентов спец. 011200.68.02 «Физика конденсированного состояния вещества»; 011200.68.06 «Физика магнитных явлений»]

- (Красноярск: СФУ).
13. Волков Н. В. Физика магнитных явлений. Ферромагнетизм: учебное пособие для студентов (бакалавров), обучающихся по направлению 03.03.02 (011200.62) "Физика" и 14.03.02 (140800.62) "Ядерная физика и технологии"(Красноярск: СФУ).
  14. Юзова В.А., Левицкий А.А. Материалы и элементы электронной техники. Модуль № 2. Пассивные и активные диэлектрики и элементы на их основе: конспект лекций(Красноярск: СФУ).
  15. Чиганова Г. А. Введение в нанотехнологии: учебное пособие для студентов направления 222900.62 "Нанотехнологии и микросистемная техника"(Красноярск: СФУ).

**4.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, в том числе отечественного производства (программное обеспечение, на которое университет имеет лицензию, а также свободно распространяемое программное обеспечение):**

1. Microsoft Office.
2. Adobe Reader.

**4.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационные справочные системы:**

1. Доступ к библиотечному фонду (в сети СФУ, раздел «Библиотека», <http://bik.sfu-kras.ru/>)

**5 Фонд оценочных средств**

Оценочные средства находятся в приложении к рабочим программам дисциплин.

**6 Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)**

Лекционные и семинарские (практические) занятия проводятся в учебных аудиториях, которые должны быть укомплектованы техническими средствами обучения. Лабораторные занятия проводятся на лабораторной базе кафедры физики твердого тела и нанотехнологий СФУ.