

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Факультет нано- и биомедицинских технологий

Проректор по учебно-методической работе,
профессор

Е.Г. Билина

« 31 » август 2016 г.

Рабочая программа дисциплины

**Основы физики твердого тела и
полупроводниковая электроника**

Направление подготовки бакалавриата
03.03.02 «Физика»

Профиль подготовки бакалавриата
Медицинская физика

Квалификация (степень) выпускника
Бакалавр

Форма обучения
очная

Саратов, 2016 г.

1. Цели освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины «Основы физики твердого тела и полупроводниковая электроника» является формирование у студентов комплекса профессиональных знаний и умений (владений) и усвоение материала в области физики твёрдого тела, основных свойств, присутствующих полупроводниковым материалам и физических явлений в твёрдом теле, лежащих в основе работы приборов твердотельной электроники, приобретение студентами знаний и выработка навыков в исследованиях свойств полупроводников, приобретение студентами знаний в области создания современной элементной базы твердотельной электроники.

Задачами изучения дисциплины являются:

- формирование и углубление знаний в теории физики твёрдого тела, о физических явлениях в твёрдых телах и основных свойствах, присущих как этим материалам в целом, так и отдельным наиболее широко применяемым на практике материалам;
- формирование умений обеспечивать технологическую и конструктивную реализацию методов определения основных параметров полупроводников, применяемых в твердотельной электронике;
- формирование владений сведениями об основных тенденциях развития электронной компонентной базы.

2. Место дисциплины в структуре ООП бакалавриата

Дисциплина «Основы физики твердого тела и полупроводниковая электроника» относится к базовой части блока Б1 «Дисциплины (модули)» и изучается студентами дневного отделения факультета нано- и биомедицинских технологий СГУ, обучающимися по направлению 03.03.02 «Физика» и профилю подготовки «Медицинская физика», в течение 5 учебного семестра. Материал дисциплины опирается на ранее приобретенные студентами знания по общему курсу физики (механика, молекулярная физика, электричество и магнетизм, оптика), по квантовой механике и дает студентам новые знания в области элементной базы и физики работы твердотельных устройств, что в общем контексте изучаемых дисциплин способствует приобретению студентами гармоничных знаний в области полупроводниковой электроники.

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

В результате освоения дисциплины «Основы физики твердого тела и полупроводниковая электроника» формируется компетенция: ОПК-1.

ОПК-1. Способность использовать в профессиональной деятельности базовые естественнонаучные знания, включая знания о предмете и объектах изучения, методах исследования, современных концепциях, достижениях и ограничениях естественных наук (прежде всего химии, биологии, экологии, наук о земле и человеке).

В результате освоения дисциплины обучающийся студент должен:

- знать классификацию твердых тел на металлы, полупроводники и диэлектрики с точки зрения зонной теории, основные электрические, магнитные и оптические свойства твердых тел;

- уметь оценивать пределы применимости классического подхода, роль и важность квантовых эффектов при описании физических процессов в твёрдых телах; применять методы расчёта параметров и характеристик приборов твердотельной электроники;
- владеть методами квантово-механического описания простейших квантовых систем, входящих в состав элементов твердотельной электроники, методами определения основных электрофизических параметров полупроводников, сведениями об основных тенденциях развития электронной компонентной базы.

4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 часов.

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Формы промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лек	Лаб	Пр	СРС	
1.	Введение	5	1	2			1	
2.	Основные положения зонной теории.	5	2	2			2	Опрос
3.	Влияние нарушения периодичности на энергетический спектр электронов в кристалле.	5	3	2			2	Опрос
4.	Колебания кристаллической решетки.	5	4	2			2	Опрос
5.	Статистика равновесных электронов и дырок в твердых телах.	5	5	2			2	Опрос
6.	Кинетическое уравнение Больцмана и рассеяние электронов.	5	6	2			2	Опрос
7.	Электропроводность полупроводников.	5	7	2			8	Опрос
			1-3		12			Отчет по лабораторным работам
8.	Генерация и рекомбинация неравновесных носителей тока в полупроводниках.	5	8	2			6	Опрос
			4-5		8			Отчет по лабораторным работам
9.	Гальваномагнитные и термомагнитные явления в полупроводниках.	5	9	2			8	Опрос
			6-8		12			Отчет по лабораторным работам
10.	Термоэлектрические явления в полупроводниках.	5	10	2			8	Опрос
			9-11		12			Отчет по лабораторным работам
11.	Оптические свойства полупроводников.	5	11	2			2	Опрос

12.	Фотоэлектрические явления.	5	12	2		4	Опрос. Контрольная работа
			12-13		7		Отчет по лабораторным работам
13.	Контактные явления в полупроводниках.	5	13	2		4	Опрос
14.	Туннельный диод.	5	14	2		2	Опрос
15.	Полевые транзисторы	5	15	2		2	Опрос
16.	Физические явления в структурах пониженной размерности.	5	16,17	4		4	Опрос
	Итого	5	1-17	34	51	59	Экзамен, 36 часов

Содержание дисциплины

1. Введение.

1.1. Предмет и задачи курса. Основные задачи развития физики твёрдого тела и твердотельной электроники. Значение полупроводников в современной физике, технике и различных отраслях народного хозяйства.

1.2. Классификация твердых тел по электрическим свойствам: диэлектрики, полупроводники, металлы.

1.3. Виды полупроводниковых материалов; элементарные полупроводники, бинарные соединения, тройные и сложные соединения, твердые растворы, органические полупроводники, стеклообразные и аморфные полупроводники.

2. Основные положения зонной теории.

2.1. Уравнение Шредингера для электронов в периодическом поле кристалла.

2.2. Волновые функции и энергетический спектр электронов.

2.3. Волновой вектор, квазиимпульс. Закон дисперсии. Зоны Бриллюэна.

2.4. Скорость и ускорение электронов в кристалле, эффективная масса носителей тока и ее анизотропия.

2.5. Дырочная проводимость кристалла. Электрон и дырка в кристалле как квазичастицы.

Разделение веществ на металлы, диэлектрики и полупроводники.

3. Влияние нарушения периодичности на энергетический спектр электронов в кристалле.

3.1. Элементарная теория примесных состояний.

3.2. Мелкие и глубокие уровни. Амфотерные примеси. Многовалентные примесные центры.

4. Колебания кристаллической решетки.

4.1. Колебания одноатомной линейной цепочки. Закон дисперсии. Пределы изменения и дискретность волнового вектора колебаний.

4.2. Колебания двухатомной линейной цепочки. Акустические и оптические колебания.

4.3. Случай трехмерного кристалла.

4.4. Волновой и корпускулярные аспекты рассмотрения колебаний. Понятие о фононах.

4.5. Статистика фононов.

5. Статистика равновесных электронов и дырок в твердых телах.

5.1. Плотность состояний и функции распределения электронов и дырок в кристалле. Уровень Ферми.

5.2. Уравнение нейтральности. Температурная зависимость положения уровня Ферми и концентрации носителей в полупроводниках (собственном, некомпенсированном и компенсированном примесных полупроводниках).

5.3. Вырождение электронного газа в полупроводниках. Свойства электронных невырожденного и вырожденного газов.

6. Кинетическое уравнение Больцмана и рассеяние электронов.

6.1. Кинетическое уравнение Больцмана. Интеграл столкновений.

6.2. Время релаксации. Зависимость времени релаксации от энергии и температуры для различных механизмов рассеяния (рассеяния на акустических и оптических колебаниях решетки, ионизированной и нейтральной примесях и др.).

6.3. Решение кинетического уравнения для полупроводника, помещенного в скрещенное электрическое, магнитное и температурное поля. Плотность тока и плотность потока энергии. Кинетические коэффициенты.

7. Электропроводность полупроводников.

7.1. Дрейфовая подвижность и ее температурная зависимость при различных механизмах рассеяния. Экспериментальные данные для некоторых полупроводников.

7.2. Температурная зависимость электропроводности.

7.3. Электропроводность в сильных полях. Зависимость подвижности от поля.

7.4. Механизмы увеличения концентрации носителей в сильных полях.

7.5. Эффект Ганна.

8. Генерация и рекомбинация неравновесных носителей тока в полупроводниках.

8.1. Способы генерации неравновесных носителей.

8.2. Квазиуровни Ферми. Рекомбинация неравновесных носителей.

8.3. Время жизни. Уравнение непрерывности.

8.4. Зависимость времени жизни от степени легирования и температуры при межзонной излучательной, межзонной безызлучательной рекомбинациях и рекомбинации через ловушки.

8.5. Классификация ловушек. Рекомбинация при наличии нескольких типов ловушек. Влияние центров прилипания на кинетику неравновесных процессов.

9. Гальваномагнитные и термомагнитные явления в полупроводниках.

9.1. Классификация гальваномагнитных и термомагнитных явлений.

9.2. Эффект Холла, холловская и дрейфовая подвижности, коэффициент Холла. Холл-фактор при различных механизмах рассеяния носителей. Температурная зависимость коэффициента Холла. Инверсия коэффициента Холла.

9.3. Изменение сопротивления в магнитном поля.

10. Термоэлектрические явления в полупроводниках.

10.1. Явление Зеебека, Пельтье и Томсона и их теория. Связь коэффициентов, характеризующих эти явления.

10.2. Зависимость дифференциальной термо ЭДС от температуры и степени легирования.

11. Оптические свойства полупроводников.

11.1. Отражение и поглощение электромагнитного излучения.

Оптические константы полупроводников. Спектры отражения и поглощения.

11.2. Собственное поглощение. Прямые и непрямые переходы.

11.3. Зависимость коэффициента поглощения от энергии фононов вблизи края поглощения.

11.4. Примесное поглощение.

11.5. Поглощение свободными носителями заряда.

11.6. Влияние внешних условий на спектр поглощения.

11.7. Плазменный резонанс.

12. Фотоэлектрические явления.

12.1. Фотопроводимость. Параметры, определяющие фотопроводимость.

12.2. Кинетика фотопроводимости при линейной и квадратичной рекомбинациях.

12.3. Диффузия и дрейф неравновесных носителей. Соотношение Эйнштейна. Длина диффузии.

12.4. Фото ЭДС. Эффект Дэмбера. Фотомагнитный эффект.

13. Контактные явления в полупроводниках.

13.1. Контакт полупроводника с металлом. Энергетическая диаграмма контакта. Распределение потенциала. Условие образования запирающих и антизапирающих слоев на контактах.

13.2. $P-n$ -переход в полупроводниках. Теория выпрямления.

13.3. Явления вентильной фото ЭДС на контакте.

13.4. Полупроводниковые лазеры.

14. Туннельный диод.

14.1. Туннельный перенос носителей заряда в $p-n$ -переходе на основе вырожденных полупроводников. Туннельный, избыточный, диффузионный токи.

14.2. Вольтамперная характеристика туннельного диода. Отрицательное дифференциальное сопротивление диода.

15. Полевые транзисторы

15.1. Полевые транзисторы с $p-n$ -переходом. Структура. Принцип действия. Вольтамперные характеристики.

15.2. Полевые транзисторы с барьером Шоттки. Структура. Принцип действия. Вольтамперные характеристики.

15.3. Полевые транзисторы на гетероструктурах – транзисторы с высокой подвижностью электронов (HEMT).

16. Физические явления в структурах пониженной размерности.

16.1. Особенности энергетического спектра частиц в системах пониженной размерности

16.2. Квантовые состояния в системах пониженной размерности.

Перечень лабораторных работ

1. Исследование температурной зависимости электропроводности полупроводников.
2. Исследование эффекта Холла в полупроводниках.
3. Исследование температурной зависимости термоэдс полупроводников.
4. Исследование процесса рекомбинации и диффузии неравновесных носителей заряда в полупроводнике.
5. Измерение электропроводности полупроводника 4-х зондовым методом.
6. Исследование спектрального распределения и частотной зависимости фотопроводимости полупроводников.

Описания всех перечисленных лабораторных работ имеются на кафедре физики твёрдого тела.

5. Образовательные технологии

При реализации различных видов учебной работы (лекции и лабораторные занятия, самостоятельная работа) используются следующие современные образовательные технологии:

- Исследовательские методы в обучении
- Проблемное обучение

В соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 03.03.02 «Физика» реализация компетентностного подхода предусматривает широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий (компьютерные симуляции, разбор конкретных ситуаций, работа над проектами) в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся.

Использование интерактивных форм и методов обучения направлено на достижение ряда важнейших образовательных целей:

- стимулирование мотивации и интереса в осваиваемой предметной области;
- повышение уровня активности и самостоятельности обучаемых;

- развитие навыков анализа, критичности мышления, взаимодействия, коммуникации;
- саморазвитие и развитие обучаемых благодаря активизации мыслительной деятельности и диалогическому взаимодействию с преподавателем и другими участниками образовательного процесса.

При реализации программы дисциплины предусмотрены также встречи с представителями российских компаний.

Условия обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья:

- предоставление инвалидам по зрению или слабовидящим возможностей использовать крупноформатные наглядные материалы;
- организация коллективных занятий в студенческих группах с целью оказания помощи в получении информации инвалидам и лицам с ограниченными возможностями по здоровью;
- проведение индивидуальных коррекционных консультаций для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья.
- использование индивидуальных графиков обучения
- использование дистанционных образовательных технологий

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

Самостоятельная внеаудиторная работа студентов по дисциплине проводится в течение всего семестра и заключается в изучении литературы, подготовке к лекциям, лабораторным занятиям, в выполнении заданий лектора, работе в компьютерном классе или библиотеке, использовании интернет-технологий.

При проведении самостоятельной работы в ходе освоения дисциплины «Основы физики твердого тела и полупроводниковая электроника» используются учебная и научно-исследовательская литература, а также Интернет-ресурсы, приведённые в разделе 8.

Предлагаются вопросы для текущего контроля и промежуточной аттестации.

Рекомендуется:

- для качественного усвоения материала лекций разбирать вопросы, изложенные в каждой очередной лекции, до следующей, по непонятым деталям консультироваться у лектора, читать соответствующую литературу;
- при подготовке к выполнению и отчетам по лабораторным работам тщательно изучать описание работы, задавать уточняющие вопросы преподавателю и дежурному инженеру, иметь отдельную тетрадь по лабораторному практикуму, для выполнения заданий и оформления отчетов;
- задания, которые даются лектором во время лекции по отдельным вопросам, обязательны для выполнения, и качество их выполнения будет проверяться во время зачета.

*Перечень заданий самостоятельной работы,
предлагаемых студентам в ходе чтения лекций*

1. Уравнение Шредингера для электронов в периодическом поле кристалла, адиабатическое и одноэлектронное приближение при решении уравнения Шредингера для электронов в периодическом поле кристалла.
2. Основные положения модели Кронига-Пенни, уравнение Кронига-Пенни. Решение уравнения Кронига-Пенни в приближении сильной связи. Графическое решение уравнения Кронига-Пенни в случае произвольной связи.
3. Эффективная масса электрона в кристалле, свойства эффективной массы. Метод эффективной массы.
4. Зонная диаграмма собственного и примесного полупроводников. Разделение веществ на металлы, диэлектрики и полупроводники с точки зрения зонной модели твердых тел. Трехмерный периодический потенциал, заполненность энергетических зон в кристаллах.
5. Концентрация электронов в зоне проводимости и дырок в валентной зоне невырожденного полупроводника. Вывод выражения для уровня Ферми ζ в собственном полупроводнике, его температурная зависимость.
6. Температурная зависимость уровня Ферми и концентрации электронов в зоне проводимости примесного полупроводника.
7. Фазовая и групповая скорости распространения волны в дискретной одномерной решетке из одинаковых атомов, минимальная длина волны.
8. Акустическая и оптические ветви колебаний кристалла, состоящего из атомов разных сортов. Фонон, энергия фонона, рождение и уничтожение фононов.
9. Кинетическое уравнение Больцмана, слагаемые, описывающего процессы диффузии носителей заряда при наличии градиента концентрации или температуры и процессы вызванные действием внешней силы. Столкновительный член в приближении времени релаксации.
10. Эффект Холла, холловская и дрейфовая подвижности, коэффициент Холла.
11. Термоэлектрические явления в полупроводниках.
12. Собственное поглощение. Прямые и не прямые переходы. Экситоны и экситонное поглощение. Примесное поглощение.
13. Фотоэлектрические явления. Кинетика фотопроводимости при линейной и квадратичной рекомбинациях. Фото ЭДС. Эффект Дэмбера. Фотомагнитный эффект.
14. Образование приповерхностного слоя пространственного заряда. Область обогащения, обедненная и инверсная области.
15. Контакт полупроводника с металлом. Условие образования запиорных и антизапиорных слоев на контактах.
16. $p-n$ -переход в полупроводниках.
17. Явления вентильной фото ЭДС на контакте.
18. Полупроводниковые лазерные диоды.
19. Вольтамперная характеристика туннельного диода. Отрицательное дифференциальное сопротивление диода.
20. Полевые транзисторы с $p-n$ -переходом. Структура. Принцип действия. Вольтамперные характеристики.
21. Полевые транзисторы с барьером Шоттки. Структура. Принцип действия. Вольтамперные характеристики.
22. Полевые транзисторы на гетероструктурах – транзисторы с высокой подвижностью электронов (HEMT).
23. Особенности энергетического спектра частиц в системах пониженной размерности
24. Квантовые состояния в системах пониженной размерности

Контрольные работы

В ходе освоения дисциплины в часы лекционных занятий студенты выполняют контрольные работы. При подготовке к контрольной работе необходимо использовать материал прочитанных лекций.

Контрольная работа.

Вариант А. Температурная зависимость уровня Ферми и концентрации электронов в зоне проводимости примесного полупроводника.

Вариант Б. Эффект Дэмбера. Фотомагнитный эффект.

Результаты выполнения контрольных работ учитываются при проведении промежуточной аттестации студентов.

Промежуточная аттестация проводится в форме экзамена (5-й семестр).

Контрольные вопросы для проведения промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

1. Сформулируйте уравнение Шредингера для свободного электронного газа.
2. Запишите решение уравнения Шредингера для свободного электронного газа.
3. Сформулируйте уравнение Шредингера для свободного электронного газа в кристалле.
4. Запишите решение уравнения Шредингера для свободного электронного газа в кристалле.
5. Запишите выражение для плотности состояний свободных электронов.
6. Запишите выражение для функции распределения свободных электронов по энергиям.
7. Чем определяется положение уровня Ферми в металле при $T=0$ К.
8. Сформулируйте уравнение Шредингера для электронов в периодическом поле кристалла.
9. В чем заключается адиабатическое приближение при решении уравнения Шредингера для электронов в периодическом поле кристалла.
10. В чем заключается сведение задачи к одноэлектронной при решении уравнения Шредингера для электронов в периодическом поле кристалла.
11. Сформулируйте основные положения модели Кронига-Пенни.
12. Запишите уравнение Кронига-Пенни.
13. Запишите и изобразите графически решение уравнения Кронига-Пенни в приближении сильной связи.
14. Проведите графическое решение уравнения Кронига-Пенни в случае произвольной связи.
15. Напишите соотношение Блоха для волновой функции электрона периодическом потенциале и выражение для Блоховской функции.
16. Дайте определение понятия: зона Бриллюэна.
17. Дайте определение эффективной массы электрона в кристалле, свойства эффективной массы.
18. Введите понятие дырки.
19. В чем заключается метод эффективной массы.
20. Энергетический спектр примеси типа замещения.
21. Зонная диаграмма собственного и примесного полупроводников.
22. Чем определяется разделение веществ на металлы, диэлектрики и полупроводники с точки зрения зонной модели твердых тел.

23. Чем определяется заполненность энергетических зон в кристаллах.
24. Запишите выражение для функции распределения электронов в зоне проводимости и дырок в валентной зоне полупроводника.
25. Запишите выражения для концентрации электронов в зоне проводимости и дырок в валентной зоне невырожденного полупроводника.
26. Запишите выражение для уровня Ферми ζ в собственном полупроводнике и изобразите его температурную зависимость.
27. Чем определяется концентрация носителей заряда в собственном полупроводнике.
28. Изобразите температурную зависимость концентрации электронов в зоне проводимости собственного полупроводника.
29. Запишите выражение для уровня Ферми ζ в примесном полупроводнике и изобразите его температурную зависимость.
30. Чем определяется концентрация носителей заряда в примесном полупроводнике.
31. Изобразите температурную зависимость концентрации электронов в зоне проводимости примесного полупроводника.

7. Данные для учета успеваемости студентов в БАРС

Таблица 1. Таблица максимальных баллов по видам учебной деятельности в семестре.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Семестр	Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	Самостоятельная работа	Автоматизированное тестирование	Другие виды учебной деятельности	Промежуточная аттестация	Итого
5	10	30	0	10	0	10	40	100

Программа оценивания учебной деятельности студента **5 семестр**

Лекции

Посещаемость, опрос, активность и др. за один семестр – от 0 до 10 баллов.

Лабораторные занятия

Техническая грамотность при выполнении лабораторных работ – от 0 до 5 баллов

Оформление отчётов по лабораторным работам в соответствии с установленными требованиями – от 0 до 5 баллов

Степень раскрытия материала при отчёте по лабораторным работам – от 0 до 20 баллов

Практические занятия:

Не предусмотрены.

Самостоятельная работа

Выполнение заданий на самостоятельную работу – от 0 до 10 баллов.

Автоматизированное тестирование

Не предусмотрено.

Другие виды учебной деятельности:

Контрольная работа - от 0 до 10 баллов.

Промежуточная аттестация (экзамен)

Ранжирование ответов студентов при проведении промежуточной аттестации:
ответ на «отлично» – **31-40 баллов**

ответ на «хорошо» – **15-30 баллов**

ответ на «удовлетворительно» – **6-14 баллов**

неудовлетворительный ответ. – **0-5 баллов**

Таким образом, максимально возможная сумма баллов за все виды учебной деятельности студента за один семестр по дисциплине «Основы физики твердого тела и полупроводниковая электроника» при проведении промежуточной аттестации в форме экзамена составляет 100 баллов.

Пересчет полученной студентом суммы баллов по дисциплине «Основы физики твердого тела и полупроводниковая электроника» в оценку, выставляемую в экзаменационную ведомость и зачётную книжку, осуществляется в соответствии с таблицей 2:

Таблица 2. Пересчет полученной студентом суммы баллов по дисциплине в оценку.

80 - 100 баллов	«отлично»
70 - 79 баллов	«хорошо»
50 - 69 баллов	«удовлетворительно»
меньше 50 баллов	«неудовлетворительно»

Текущие индивидуально набранные студентами баллы доводятся до их сведения 2 раза за семестр: - в конце 8 и 17 недель обучения.

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. Шалимова К. В. Физика полупроводников: учебник. - 4-е изд., стер. – СПб. ; М. ; Краснодар : Лань, 2010. – 390 с. (В НБ СГУ 43 экз.)
2. Шалимова К. В. Физика полупроводников [Электронный ресурс]: учебник. - 4-е изд., стер. - СПб. ; М. ; Краснодар : Лань, 2010. – 390 с. – ЭБС "ЛАНЬ"
3. Основы физики полупроводников/ Зегря Г.Г., Перель В.И. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009. – 335 с. **Гриф УМО** (В НБ СГУ 30 экз.)
4. Троян П.Е. Твердотельная электроника [Электронный ресурс]: учебное пособие.— Электрон. текстовые данные.— Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2006.— 321 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/13982>.— ЭБС «IPRbooks»

б) дополнительная литература:

1. Основы нанoeлектроники: учеб. пособие / В. П. Драгунов, И. Г. Неизвестный, В. А. Гридчин. – М. : Физматкнига : Логос : Унив. кн., 2006. – 494 с. **Гриф УМО** (В НБ СГУ 14 экз.)
2. Физика полупроводниковых приборов / А.И. Лебедев. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2008. - 488 с. **Гриф УМО** (В НБ СГУ 35 экз.)
3. Полупроводниковые приборы: учеб. пособие / В. В. Пасынков, Л. К. Чиркин. - 9-е изд., стер. - СПб. ; М.; Краснодар : Лань, 2009. – 478 с. **Гриф УМО** (В НБ СГУ 134 экз.)
4. Физика твердого тела [Электронный ресурс] : Учебное пособие / Ю. А. Стрекалов, Н. А. Тенякова. – М. : Издательский Центр РИОР ; М. : ООО "Научно-издательский центр ИНФРА-М", 2013. - 307 с. ЭБС "ИНФРА-М".
5. Физика твердого тела для инженеров [Электронный ресурс] : учебное пособие / Гуртов В. А. - Москва : Техносфера, 2012. - 560 с. - Книга находится в базовой версии ЭБС IPRbooks.
6. Гуревич А. Г. Физика твёрдого тела: учеб. пособие для студентов физ. специальностей ун-тов и техн. ун-тов; Физ.-техн. ин-т им. А. Ф. Иоффе РАН. - СПб.: Нев. Диалект: БХВ-Петербург, 2004. - 318 с. (в НБ СГУ 15 экз.)
7. Ансельм А.И. Введение в теорию полупроводников. СПб. ; М. ; Краснодар: Изд-во Лань, 2008. 618 с. (в НБ СГУ 41 экз.)
8. Ансельм А. И. Введение в теорию полупроводников [Электронный ресурс] : учеб. пособие. – М. : Лань, 2016. - 618 с. **Гриф НМС МО РФ**. – ЭБС «ЛАНЬ»
9. Зегря Г.Г., Перель В.И. Основы физики полупроводников. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009. 335 с. (в НБ СГУ 30 экз.)
10. Физика твёрдого тела: учеб. для вузов / П. В. Павлов, А. Ф. Хохлов. - Н. Новгород: Изд-во Нижегород. ун-та, 1993. - 490 с. (в НБ СГУ 13 экз.), 2000 г. (1 экз.)
11. Физика твердого тела [Электронный ресурс]: учеб. пособие / В. Л. Матухин, В. Л. Ермаков. - СПб. ; М. ; Краснодар : Лань, 2010. – 218 с. – ЭБС "ЛАНЬ"
12. Основы физики твердого тела: учеб. пособ. по физике твердого тела для студентов вузов / В. И. Зиненко, Б. П. Сорокин, П. П. Турчин. - М.: Физматлит, 2001. - 336 с. (в НБ СГУ 5 экз.)

в) рекомендуемая литература:

1. Физика твердого тела: учеб. пособие / В.Л. Матухин, В.Л. Ермаков. – СПб.; М.; Краснодар: Лань, 2010. – 218 с. (В НБ СГУ 3 экз.)
2. Гуртов В.А. Твердотельная электроника: учеб. пособие – 2-е изд., доп. - М.: Техносфера, 2007. – 406 с. **Гриф УМО** (В НБ СГУ 2 экз.)
3. Основы физики полупроводников = Fundamentals of Semiconductors / П. Ю, М. Кардона. – 3-е изд. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2002. – 560 с. (В НБ СГУ 2 экз.)
4. Физика твердого тела для инженеров: учеб. пособие / В.А. Гуртов, Р.Н. Осауленко; на-

- уч. ред. Л.А. Алешина. – М.: Техносфера, 2007. – 518 с. (Гриф УМО) (В НБ СГУ 2 экз.)
5. Физика твёрдого тела: учеб. для студентов вузов, обучающихся по направлению "Физика" и др. / П.В. Павлов, А.Ф. Хохлов. – 3-е изд. стер. – М.: Высш. шк., 2000. – 496 с. (В НБ СГУ 1 экз.)
 6. Физика твердого тела: учеб. пособие для техн. ун-тов / И.К. Верещагин, С.М. Кокин, В.А. Никитенко. – М.: Издат. дом Моск. физ. о-ва, 1998. – 237 с. (В НБ СГУ 1 экз.)

г) программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

1. Windows XP Prof
2. Антивирус Касперского 6.0 для Windows Workstations
3. Microsoft Office профессиональный 2010
4. MathCad 14.0
5. Каталог образовательных Интернет-ресурсов. URL: <http://window.edu.ru>
6. Журнал "Физика твердого тела". URL: <http://journals.ioffe.ru/fit/>
7. "Журнал технической физики". URL: <http://journals.ioffe.ru/jtf/>

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Занятия по дисциплине «Основы физики твердого тела и полупроводниковая электроника» проводятся в аудиториях, оснащенных компьютерной техникой, проекторами, измерительными приборами, лабораторным оборудованием, наглядными демонстрационными материалами, мультимедийными установками и пр. (презентации, программное обеспечение, плакаты).

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 03.03.02 «Физика» и профилем подготовки «Медицинская физика».

Программа разработана в 2011 г. (одобрена на заседании кафедры физики твердого тела от 18 марта 2011 г., протокол № 12).

Программа актуализирована в 2016 г. (одобрена на заседании кафедры физики твердого тела от 30 августа 2016 г., протокол № 1).

Авторы

профессор, д.ф.-м.н.  Усанов Д.А.

профессор, д.ф.-м.н.  Скрипаль А.В.

Зав. кафедрой физики твердого тела,
профессор



Д.А. Усанов

Декан факультета нано- и биомедицинских
технологий, профессор



С.Б. Вениг