

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ИНГУШСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

УТВЕРЖДАЮ

И.о. проректора по учебной работе

_____ Ф.Д. Кодзоева

« 30 » июня 2022 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Б1.В.ДВ.05.01 ФИЗИКА ПОЛУПРОВОДНИКОВ

(_____ индекс дисциплины по учебному плану, наименование дисциплины (модуля))

Направление подготовки - **Магистратура**

_____ **03.04.02 Физика**

(код, наименование)

Направленность

_____ **Физика полупроводников**

(наименование профиля, магистерской программы, специализации)

Квалификация выпускника – **магистр**

Форма обучения _____ **очная**

(очная, заочная, очно-заочная)

Магас, 2022

1. Цели освоения дисциплины

Целью дисциплины «Физика полупроводников» является: формирование у магистров основных понятий, принципов физики полупроводников, навыков практического применения знаний к решению физических задач по физике полупроводников.

Задачи дисциплины:

получить представление о полупроводниках; применять на практике знание физических законов к решению учебных, научных и научно-технических задач; самостоятельно ставить и решать физические задачи.

Перечень задач профессиональной деятельности выпускников:

Код и наименование профессионального стандарта	Обобщенные трудовые функции			Трудовые функции		
	Код	Наименование	Уровень квалификации	Наименование	Код	Уровень (подуровень) квалификации
01.001 Педагог (педагогическая деятельность в дошкольном, начальном общем, основном общем, среднем общем образовании) (воспитатель, учитель)	А	Педагогическая деятельность по проектированию и реализации образовательного процесса образовательных организациях дошкольного, начального общего, основного общего, среднего общего образования	6	Общепедагогическая функция. Обучение	А/01.6	6
				Воспитательная деятельность	А/02.6	6
				Развивающая деятельность	А/03.6	6
	В	Педагогическая деятельность по проектированию и реализации основных общеобразовательных программ	6	Педагогическая деятельность по реализации программ основного и среднего общего образования	В/03.6	6
01.003 Педагогическая деятельность в дополнительном образовании детей и взрослых	А	Преподавание по дополнительным общеобразовательным программам.	6	Организация деятельности обучающихся, направленной на освоение дополнительной общеобразовательной программы	А.01.6	6.1
				Организация досуговой деятельности обучающихся в процессе реализации дополнительной общеобразовательной программы	А.02.6	6.1

				Обеспечение взаимодействия с родителями (законными представителями) обучающихся, осваивающих дополнительную общеобразовательную программу, при решении задач обучения и воспитания	A.03.6	6.1
				Педагогический контроль и оценка дополнительной общеобразовательной программы	A.04.6	6.1
				Разработка программно-методического обеспечения реализации дополнительной общеобразовательной программы	A.05.6	6.2
	Б	Организационно-методическое обеспечение реализации дополнительных общеобразовательных программ	6	Организация и проведение исследований рынка услуг дополнительного образования детей и взрослых	B/01.6	6.3
			6	Организационно-педагогическое сопровождение методической деятельности педагогов дополнительного образования	B/02.6	6.3
			6	Мониторинг и оценка качества реализации педагогами дополнительных общеобразовательных программ	B/03.6	6.3

	С	Организационно-педагогическое обеспечение реализации дополнительных общеобразовательных программ	6	Организация дополнительного образования детей и взрослых по одному или нескольким направлениям деятельности	С/03.6	6.3
--	---	--	---	---	--------	-----

2. Место дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы

Дисциплина относится к блоку дисциплины по выбору профессионального цикла Б1. В.ДВ.05
Связь с предшествующими дисциплинами.

Данный курс опирается на такие дисциплины, как высшая математика, общая физика.

Связь с последующими дисциплинами

Основные положения дисциплины должны быть использованы в дальнейшем при изучении дисциплин: физика конденсированного состояния вещества; физика полупроводниковых приборов; физика и технология полупроводниковых материалов; низкоразмерные полупроводниковые структуры.

3. Результаты освоения дисциплины «Физика полупроводников»

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО по данному направлению:

Наименование категории (группы) общепрофессиональных компетенций	Код и наименование общепрофессиональной компетенции	Код и наименование индикатора* достижения общепрофессиональной компетенции
Информационно-коммуникативная грамотность при решении профессиональных задач	ОПК-1 Способен применять фундаментальные знания в области физики для решения научно-исследовательских задач, а также владеть основами педагогики, необходимыми для осуществления преподавательской деятельности;	ИДК ОПК1. Знает теорию и основные законы в области естественнонаучных дисциплин.
		ИДК ОПК1-2. Умеет использовать естественнонаучные знания при объяснении экспериментов, решения профессиональных задач.
		ИДК ОПК1-3. Владеет основами педагогики, необходимыми для осуществления преподавательской деятельности и работы в научных группах.
Представление результатов профессиональной деятельности	ОПК-4 Способен определять сферу внедрения результатов научных исследований в области своей профессиональной деятельности	ИДК ОПК4-1 Владеет навыками брать ответственность за последствия своих решений, касающихся профессиональной деятельности Умеет принимать решения в сфере своей профессиональной деятельности, высказывать, обос-

		<p>новывать и отстаивать свою позицию по вопросам, касающимся профессиональной деятельности. Способность применять на практике умения и навыки в организации исследовательских и проектных работ, способен самостоятельно организовывать и проводить научные исследования и внедрять их результаты в качестве члена или руководителя малого коллектива</p>
		<p>ИДК ОПК4-2 Способен к абстрактному мышлению, анализу, синтезу ; готов к саморазвитию, самореализации, использованию творческого потенциала для решения задач профессиональной деятельности; способен использовать в профессиональной деятельности углубленные фундаментальные знания, полученные в области физики.</p>
		<p>ИДК ОПК4-3 Способен выбирать цели своей деятельности и пути их достижения, прогнозировать последствия научной, производственной и социальной деятельности, применять современные методы анализа, обработки и представления информации в сфере профессиональной деятельности, ставить и решать задачи, уметь системно анализировать научные проблемы, генерировать новые идеи и создать новое знание -</p>

4. Структура и содержание дисциплины «Физика полупроводников»

4.1. Структура дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 8 зачетных единиц, 288 часов.

Виды занятий	Всего часов
Общая трудоемкость	288/8
Аудиторные занятия	178/5
1 семестр	
Лекции (Л)	54/ 1.5
Практические занятия (ЛР,ПР,СЗ)	36/1
Индивидуальные работы (ИР)	
Самостоятельная работа (СР)	45/1.55
Консультация	2
Итоговая форма контроля (по ЛР и ПР.)	экзамен (1)
Итоговая форма контроля лекционного	зачет

курса	
2 семестр	
Лекции (Л)	54/ 1.5
Практические занятия (ЛР,ПР,СЗ)	34/0,94
Индивидуальные работы (ИР)	
Самостоятельная работа (СР)	11/1.5
Консультация	2
Итоговая форма контроля (по ЛР и ПР.)	аттестация
Итоговая форма контроля лекционного курса	Экзамен (1,2)

№.п	Наименование тем	Всего часов	Л	ЛЗ	ПР	Инд раб	СР	Ин АЧ
1	Отличительные физические признаки полупроводников. Полупроводники, Металлы и диэлектрики.	4	2	2	2		2	8л.
2	Модельные представления о механизме электропроводности примесных и собственных полупроводников.	4	2	3	2		2	
3	Энергетический спектр электрона в полупроводнике. Зона проводимости и валентная зона.	4	2		1		2	
4	Ширина запрещенной зоны в полупроводниках. Представление о дырках.	5	2	4	1		2	
5	Уравнение Шредингера для кристаллов. Адиабатическое приближение и валентная аппроксимация.	8	2		1		2	
6	Одноэлектронное приближение.	5	2		2		2	
7	Приближение сильно связанных электронов.	4						
8	Число состояний электронов в энергетической зоне. Квазиимпульс. Зоны Бриллюэна.	4	2	4	2		2	
9	Возможное заполнение электронных состояний валентной зоны.	4	2		2		2	
10	Зависимость энергии электрона от волнового вектора у дна и потолка энергетической зоны.	6	2		1		2	8л. пр6
11	Движение электронов в кристалле под действием внешнего электрического поля. Эффективная масса	7	2	2	2		2	

	носителей заряда.							
12	Циклотронный резонанс. Зонная структура некоторых полупроводников.	5	2		2		2	
13	Метод эффективной массы.	6	2	2	1		2	
14	Элементарная теория примесных состояний.	6	2	4	2		2	
15	Колебание одноатомной линейной цепочки. Кинетическая и потенциальная энергии одномерной решетки. Нормальные координаты.	10	2		2		2	
16	Колебание двухатомной линейной цепочки. Колебание атомов трехмерной решетки.	4	2		2		2	
17	Статистика фононов. Теплоемкость кристаллической решетки.	6	2		2		2	
18	Тепловое расширение и тепловое сопротивление твердого тела.	4	2	4	2		2	
19	ИТОГО	144	54	36		9	45	

2 семестр

№.п	Наименование тем	Всего часов	Л	ЛЗ	ПР	ИР	СР
1	Плотность квантовых состояний. Функция Ферми-Дирака.	5	3	4			3
2	Степень заполнения примесных уровней. Концентрация электронов и дырок. Интеграл Ферми-Дирака.	5	4				4
3	Собственные полупроводники	5	2	4			2
4	Примесные полупроводники.	5	2	4			2
5	Зависимость уровня Ферми от концентрации примеси и температуры для вырожденного полупроводника.	5	4				4
6	Примесные зоны.	5	2				2
7	Кинетическое уравнение Больцмана. Равновесное состояние.	5	4				4

8	Время релаксации. Эффективное сечение рассеяния.	5	4				4
9	Типы центров рассеяния.	5	4				4
10	Рассеяние на ионах.	5	4	4			4
11	Рассеяние на атомах примеси и дислокациях.	5	4	4			4
12	Рассеяние на тепловых колебаниях решетки.	5	4	2			4
13	Неравновесная функция распределения.	5	4				4
14	Удельная проводимость полупроводников. Зависимость подвижность носителей заряда от температуры.	5	4	4			4
15	Эффект Холла. Эффект Холла в полупроводниках с двумя типами носителей заряда.	5	2	4			2
16	Магниторезистивный эффект.	5	4				4
17	Термоэлектрические явления. Теплопроводность полупроводников.	5	2	4			4
18	Эффект Ганна. Ударная ионизация.	5	4				4
19	ИТОГО	144	54	36		9	45

Форма итогового контроля.

Формой итогового контроля по лекциям является устный экзамен. К экзамену допускаются студенты, получившие зачет по семинарским занятиям и по практикуму. Устный экзамен проходит по билетам, каждый из которых содержит два вопроса. Каждый вопрос содержит один пункт программы курса или его часть. Для получения зачета по семинарским занятиям студент обязан решить не менее двух письменных контрольных работ, выполнить все домашние задания и успешно выступить на семинаре. Для получения зачета по лабораторному практикуму студент должен выполнить все лабораторные работы, предусмотренные учебным планом т.е. девять работ.

4.2. Содержание дисциплины

ПРОГРАММА КУРСА «ФИЗИКА ПОЛУПРОВОДНИКОВ».

Введение. Отличительные физические признаки полупроводников. Полупроводники, Металлы и диэлектрики. Модельные представления о механизме электропроводности примесных и собственных полупроводников. Энергетический спектр электрона в полупроводнике. Зона проводимости и валентная зона. Ширина запрещенной зоны в полупроводниках. Представление о дырках.

Основы зонной теории полупроводников

Уравнение Шредингера для кристаллов. Адиабатическое приближение и валентная аппроксимация. Одноэлектронное приближение. Приближение сильно связанных электронов. Число состояний электронов в энергетической зоне. Квазиимпульс. Зоны Бриллюэна. Возможное заполнение электронных состояний валентной зоны. Зависимость энергии

электрона от волнового вектора у дна и потолка энергетической зоны. Движение электронов в кристалле под действием внешнего электрического поля. Эффективная масса носителей заряда. Циклотронный резонанс. Зонная структура некоторых полупроводников. Метод эффективной массы. Элементарная теория примесных состояний.

Колебание атомов кристаллической решетки.

Колебание одноатомной линейной цепочки. Кинетическая и потенциальная энергии одномерной решетки. Нормальные координаты. Колебание двухатомной линейной цепочки. Колебание атомов трехмерной решетки. Статистика фононов. Теплоемкость кристаллической решетки. Тепловое расширение и тепловое сопротивление твердого тела.

Статистика электронов и дырок в полупроводниках.

Плотность квантовых состояний. Функция Ферми-Дирака. Степень заполнения примесных уровней. Концентрация электронов и дырок. Интеграл Ферми-Дирака. Примесные и собственные полупроводники. Зависимость уровня Ферми от концентрации примеси и температуры для вырожденного полупроводника. Зависимость положения уровня Ферми от температуры для невырожденного полупроводника с частично компенсированной примесью. Примесные зоны.

Механизмы рассеяния носителей заряда в полупроводниках

Кинетическое уравнение Больцмана. Равновесное состояние. Время релаксации. Эффективное сечение рассеяния. Типы центров рассеяния. Рассеяние на ионах. Рассеяние на атомах примеси и дислокациях. Рассеяние на тепловых колебаниях решетки.

Кинетические явления в полупроводниках.

Неравновесная функция распределения. Удельная проводимость полупроводников. Зависимость подвижности носителей заряда от температуры. Эффект Холла. Эффект Холла в полупроводниках с двумя типами носителей заряда. Магниторезистивный эффект. Термоэлектрические явления. Теплопроводность полупроводников. Эффект Ганна. Ударная ионизация.

Лабораторные работы

1. Определены типы электропроводности полупроводников.
2. Определение ширины запрещенной зоны собственного полупроводника.
3. Расчет температурной зависимости ширины запрещенной зоны собственного полупроводника.
4. Расчет температурной зависимости электронов и дырок в собственном полупроводнике.
5. Расчет температурной зависимости уровня Ферми собственного полупроводника.
6. Расчет температурной зависимости уровня Ферми донорного полупроводника.
7. Расчет температурной зависимости уровня Ферми акцепторного полупроводника.

Практические занятия

Семинарские и практические занятия по дисциплине «Физика полупроводников».

Практические занятия 1 курс, 1 и 2 семестр

1. Глубокие примесные уровни в полупроводниках 7.23 (7)
2. Частично компенсированные полупроводники.
3. Дефекты в полупроводниках.
4. Изменение концентрации электронов и σ при освещении.
5. Рекомбинация носителей заряда 46, 47, 48, 53 (7)
6. Уровни прилипания, дефекты в полупроводниках и их влияние на процессы рекомбинации 49, 50, 51, 52 (7)
7. Диффузия электронов и дырок в невырожденных полупроводниках 60, 61, 56, 66. (7)
8. Определение неравновесной концентрации носителей заряда при неоднородной генерации.
9. Диффузия электронов и дырок в невырожденных полупроводниках. 62, 63, 64. (7)
10. Эффект Дембера 75, 76, 78 (7)
11. Диффузия электронов и дырок в полупроводниках во внешнем электрическом поле 81, 82, 85, 86, 88. (7)

12. Диффузия носителей заряда в магнитном поле. 95, 96, 97. (7)
 13. Объемный заряд в приповерхностном слое полупроводника 103, 104, 105, 106, 107. (7)
 14. Потенциал в приповерхностном слое полупроводника 103, 104, 105, 106, 107. (7)
 15. Работа выхода носителей заряда из полупроводника 108, 109, 110. (7)
 Фото – э.д.с. в полупроводниках 147, 148, 149, 151, 152 (7)
 16. Оптические свойства полупроводников 154, 155, 156, 157, 158 (7)

5. Образовательные технологии

Семестр	Вид занятия (л, пр, лр)	Используемые интерактивные образовательные технологии	Количество Часов
1 и 2	Л	Презентации	8
	ПР	Презентации, обучающее тестирование	4
	ЛР		
ИТОГО:			12

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

6.1. План самостоятельной работы студентов

№	Содержание темы	Часы СРС	Форма контроля
1	Плотность квантовых состояний	2	устный опрос
2	. Функция Ферми-Дирака.	2	устный опрос
3	Степень заполнения примесных уровней.	2	устный опрос
4	Концентрация электронов и дырок. Интеграл Ферми-Дирака.	2	устный опрос
5	Примесные и собственные полупроводники.	2	устный опрос
6	Зависимость уровня Ферми от концентрации примеси и температуры для вырожденного полупроводника.	2	устный опрос
7	Примесные зоны.	2	устный опрос
8	Кинетическое уравнение Больцмана.	2	устный опрос
9	Равновесное состояние.	2	устный опрос
10	Время релаксации.	2	устный опрос
11	Эффективное сечение рассеяния	2	устный

			опрос
12	Типы центров рассеяния.	2	устный опрос
13	Рассеяние на атомах примеси и дислокациях.	1	устный опрос
14	Рассеяние на атомах примеси и дислокациях.	1	устный опрос
15	Рассеяние на тепловых колебаниях решетки.	1	устный опрос
16	Неравновесная функция распределения.	1	устный опрос
17	Удельная проводимость полупроводников.	1	устный опрос
18	Зависимость подвижность носителей заряда от температуры.	1	устный опрос
19	Эффект Холла.	1	устный опрос
20	Эффект Холла в полупроводниках с двумя типами носителей заряда.	1	устный опрос
21	Магниторезистивный эффект.	1	устный опрос
22	Термоэлектрические явления. Теплопроводность полупроводников.	1	устный опрос
23	Эффект Ганна.	1	
24	Ударная ионизация.	1	

6.3. Материалы для проведения текущего и промежуточного контроля знаний студентов

ПРИМЕРНЫЕ ТЕМЫ КУРСОВЫХ РАБОТ ПО КУРСУ «ФИЗИКА ПОЛУПРОВОДНИКОВ».

1. Релаксация фотопроводности полупроводников.
- 2 Изучение энергетического спектра полупроводника с помощью внешнего фотоэффекта
- 3.Фотоэффект в высокоомных полупроводниках.
- 4.Фотоэлемент как преобразователь световой энергии в электрическую.
5. Время релаксации неравновесных зарядов в полупроводниках
- 6.Влияние рассеяния носителей заряда на нейтральных примесях на величину подвижности в полупроводниках.
7. Влияние рассеяния носителей заряда на ионах примеси на величину подвижности в высокоомном полупроводнике ZnS.
- 8.Влияние рассеяния носителей заряда на акустических и оптических фононах на величину подвижности в твердых телах..
9. Упругооптический эффект в кристаллах.
10. Изучение физических свойств полупроводниковых термисторов.
11. Терморезисторы и их практическое применение.
12. Изучение физических свойств симметричных стабилитронов.
13. Изучение физических свойств варикапов.
14. Термоэлектродвижущая сила в полупроводниковых материалах.
15. Теплопроводность собственных полупроводников.
- 16.Теплопроводность примесных полупроводников

Контрольные вопросы по физике полупроводников для магистров 1 курса (1и2-семестр).

1. Классификация веществ по величине удельной электропроводности.
2. Модельные представления о механизме электропроводности собственных полупроводников.
3. Модельные представления о механизме электропроводности примесных полупроводников.
4. Элементарная теория электропроводности.
5. Уравнение Шредингера для кристалла.
6. Адиабатическое приближение и валентная аппроксимация.
7. Одноэлектронное приближение
8. Приближение сильно связанных электронов.
9. Число состояния электронов в энергетической зоне.
10. Квазиимпульс электрона в кристалле.
11. Зоны Бриллюэна.
12. Возможные заполнения электронных состояний валентной зоны.
13. Зависимость энергий электрона у дна и потолка энергетической зоны.
14. Движение электрона в кристалле под действием внешнего электрического поля.
15. Эффективная масса носителей заряда.
16. Уравнение изоэнергетической поверхности электрона и вид тензора эффективной массы для кристаллов, у которых две главных оси тензора эквивалентны.
17. Циклотронный резонанс.
18. Колебание одноатомной линейной цепочки.
19. Кинетическая и потенциальная энергии одномерной решетки. Нормальные координаты.
20. Колебания двухатомной линейной цепочки.
21. Колебания атомов трехмерной решетки.
22. Статистика фононов.
23. Теплоемкость кристаллической решетки.
24. Термическое расширение и тепловое сопротивление твердого тела.
25. Плотность квантовых состояний.
26. Функция распределения Ферми-Дирака.
27. Степень заполнения примесных уровней.
28. Концентрация электронов и дырок в зонах.
29. Равновесные концентрации дырок и электронов в примесном полупроводнике.
30. Равновесная концентрация электронов и дырок в невырожденном донорном и акцепторном полупроводниках.
31. Равновесная концентрация электронов и дырок в сильно вырожденном полупроводнике.
32. Собственный полупроводник.
33. Зависимость уровня Ферми от концентрации примеси и температуры для невырожденного полупроводника.
34. Зависимость уровня Ферми от концентрации примеси и температуры для донорного полупроводника ($N_a = 0$).
35. Зависимость уровня Ферми от концентрации примеси и температуры для акцепторного полупроводника ($N_d = 0$).
36. Зависимость положения уровня Ферми от температуры для невырожденного полупроводника с частично компенсированной примесью.
37. Примесные зоны.
38. Механизмы рассеяния электронов и дырок в полупроводниках.
39. Кинетическое уравнение Больцмана.
40. Равновесное состояние системы носителей заряда в полупроводнике.
41. Время релаксации.

42. Рассеяние на ионах примесей.
43. Рассеяние на атомах примеси и дислокациях.
44. Рассеяния на тепловых колебаниях решетки

7. Учебно-методическое и материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля) «Физика полупроводников».

7.1. Учебная литература:

Основная

1. К.В. Шалимова. Физика полупроводников М. «Лань», 2010 г
2. А.И. Ансельм. Введение в теорию полупроводников. М. «Лань», 2008 г.
3. Г.Г. Зегря, В.И. Перель Основы физики полупроводников. Физматгиз. 2009 г.
4. О.Б. Гусев, А.Н. Поддубный, А.А. Прокофьев, И.Н. Ясиевич. Излучение кремниевых нанокристаллов. Международная конференция «Кремний – «012. Санкт – Петербург. ФТП. 2013, том 47, выпуск 2.
5. В.В.Румянцев, С.В. морозов, К.Е. Кудрявцев, В.И. Гавриленко, Д.В. Козлов. Особенности примесной фотопроводимости в кремнии легированном бором. XVI симпозиум» Нанофизика и наноэлектроника» Нижний Новгород. ФТП. 2012 г.

Дополнительная

1. В.И. Фистуль Введение в физику полупроводников М. Изд. Высшая школа. 1978г.
2. А.И. Ансельм. Введение в теорию полупроводников. М. Физматиздат 1967г.
3. Г.Дж. Гольдсмит. Задачи по физике твердого тела М. 1976.
4. В.М. Фридкин. Сегнетоэлектрики - полупроводники М. «Наука» 1976г.
5. В.Л. Бонч - Бруевич, С.Г.Калашников. Физика полупроводников М. «Наука» 1977г.
6. Л.С. Стилбанс. Физика полупроводников. М. Изд. «Сов. радио» 1967г.
7. П.С. Киреев. Физика полупроводников. Изд. Высшая школа 1969г.
8. К.Зеегер. Физика полупроводников М. «Мир» 1977г.
9. И.М. Цидильковский. Электроны и дырки в полупроводниках. М. 1972
10. Ж.Панков. Оптические процессы в полупроводниках. М. 1972
11. А.В.Рисанов. Электромагнитные процессы на поверхности полупроводника М. 1971г.
12. Усанов Д.А. Явления переноса в структурах с туннельно- тонкими полупроводниковыми слоями. Издательство Саратовского Государственного Университета.1996 г.
13. А. А. Харламов. Специальный физический практикум, 2.МГУ. 1977г.
14. Г.Вайнс. Физика гальваномических полупроводниковых приборов и их применение М. 1974г.
15. Т.Д. Надтока, З.А, Исмаилов. Сборник задач на явления переноса в полупроводниках. Грозный 1979г.
16. В.Л. Бонч-Бруевич, И.П.Звягин, И.В. Карпенко, А.Г.Миронов Сборник задач по физике полупроводников М. 1987
17. Полупроводники – сегнетоэлектрики. Под. редакцией Грекова А.А. РГУ.1986 г., 1976г.
18. Полупроводники – сегнетоэлектрики. Под. редакцией Грекова А.А. РГУ. 1976г.
19. Кордова Ю.П. Основы физики полупроводников. Пол. Редакцией Захарчени Б.П. М.»Физматлит».2002г.

Периодические издания

1. Известия РАН .Серия физическая.
2. Физика и техника полупроводников
3. Физика твердого тела
4. Оптика и спектроскопия
5. Известия Вузов. Северо-Кавказский регион. Естественные науки

7.2. Интернет-ресурсы

1. Актуальные проблемы современной электроники и нанoeлектроники. Версия 1,0 [Электронный ресурс]: электр. учеб.-метод. комплекс/Г. Н. Шелованова, В. А. Юзова, В. А. Барашков, О. В. Семенова – Электронные дан. (127 Мб). – Красноярск: ИПК СФУ, –2009.
2. Актуальные проблемы современной электроники и нанoeлектроники. Версия 1,0 [Электронный ресурс]: учеб. программа дисциплины/сост.: В. А. Юзова, Г. Н. Шелованова. – Электронные дан. (2 Мб). – Красноярск:ИПК СФУ, –2009.
3. Шелованова Г. Н. Актуальные проблемы современной электроники и нанoeлектроники. Версия 1,0 [Электронный ресурс]: электр. курс лекций / Г. Н. Шелованова. – Электронные дан. (6 Мб). – Красноярск: ИПК СФУ– 2009.
4. Унифицированная система компьютерной проверки знаний тестированием UniTest версии 3.0.0. руководство пользователя/А. Н. Шниперов, Б. М. Бидус. – Красноярск, 2008.
5. Шелованова, Г. Н. Современные проблемы электроники: кремниевая электроника [Электронный ресурс]: электрон. учеб. пособие/Г. Н. Шелованова. – Электрон. дан. – Красноярск: КГТУ, 2006. – Режим доступа: <http://lib.krgtu.ru/pocobia.phpsection=shelovanova> – Загл. с экрана.
6. [http:// www. superconductors. org/](http://www.superconductors.org/)
7. [http://www. nanoink. net](http://www.nanoink.net)
8. <http://www.ioffe.ru/journals/>
9. <http://journal.sfu-kras.ru/>
10. <http://www.mikrosystems.ru>

7.3. Программное обеспечение

1. Операционная система Microsoft Windows XP Professional.
2. Пакет прикладных программ Microsoft Office 2003 Professional.
3. Программный продукт «Антивирус Касперского».
4. Программный продукт FineReader 7.0 Professional Edition.
5. Программный продукт MATLAB 6.

7.4. Материально-техническое обеспечение

ПЕРЕЧЕНЬ НАГЛЯДНЫХ ПОСОБИЙ

1. Схема зависимости функции распределения Ферми-Дирака и Больцмана от энергии носителей.
2. Схема процессов генерации и рекомбинации фотоносителей.
3. Схема прямых и непрямых переходов.
4. Схема зависимости энергии Ферми от температуры.
5. Схема фотовольтаического эффекта.
6. Схема магнитодиодного эффекта.
7. Схема конструкции полупроводникового лазера.

Компьютерный класс, оргтехника, теле- и аудиоаппаратура (всё – в стандартной комплектации для лабораторных занятий и самостоятельной работы); доступ к сети Интернет (во время самостоятельной подготовки и на лабораторных занятиях).

Рабочая программа дисциплины «Физика полупроводников» составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 03.04.02 Физика, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от « 07 » августа 2020 г. № 914.

Программу составил: д.ф-м.н., профессор кафедры «Физика» Магомадов Р.М.

Программа одобрена на заседании кафедры «Физика»
Протокол № 10 от «20» июня 2022 года

Программа одобрена Учебно-методическим советом физико-математического факультета
Протокол № 10 от «22» июня 2022 года

Программа рассмотрена на заседании Учебно-методического совета университета
Протокол № 10 от « 29 » июня 2022 г.

Сведения о переутверждении программы на очередной учебный год и регистрации изменений

Учебный год	Решение кафедры (№ протокола, дата)	Внесенные изменения	Подпись зав. кафедрой