



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Дальневосточный федеральный университет»
(ДФУ)

ШКОЛА ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК

«СОГЛАСОВАНО»

Руководитель ОП

Короченцев В.В.

(подпись) (Ф.И.О. рук.ОП)

«1» сентября 2016 г.

«УТВЕРЖДАЮ»

Заведующий кафедрой теоретической и
ядерной физики

Ширмовский С.Э.

(подпись) (Ф.И.О. зав. каф.)

«1» сентября 2016 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Введение в физику полупроводников
Направление подготовки 03.03.02 Физика
Форма подготовки очная

курс 4 семестр 8
лекции 30 (час.)
практические занятия 40 (час.)
лабораторные работы 0 час.
в числе с использованием МАО лек. 0 /пр. 0 /лаб. 0 час.
всего часов аудиторной нагрузки 70 (час.)
в том числе с использованием МАО 0 час.
самостоятельная работа 74 (час.)
в том числе на подготовку к экзамену 0 час.
контрольные работы (0)
курсовая работа / курсовой проект не предусмотрен
зачет 8 семестр
экзамен не предусмотрен

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями образовательного стандарта, самостоятельно установленного ДВФУ, утвержденного приказом ректора от 07.07.2015 № 1282.

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры теоретической и ядерной физики, протокол № 23 от «1» сентября 2016 г.

Заведующий кафедрой: Ширмовский С.Э. к.ф.-м. н., доцент

Составитель (ли): к. ф. –м. н., доцент Давыденко А.В.

Оборотная сторона титульного листа РПУД

I. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:

Протокол от «_____» _____ 20__ г. № _____

Заведующий кафедрой _____
(подпись) (И.О. Фамилия)

II. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:

Протокол от «_____» _____ 20__ г. № _____

Заведующий кафедрой _____
(подпись) (И.О. Фамилия)

ABSTRACT

Specialist's/Master's degree in 03.03.02 Physics

Course title: Introduction to semiconductor physics

Variable part of block, 4 credits.

Instructor:

At the beginning of the course a student should be able to: To successfully study the "Introduction to Semiconductor Physics" discipline, students should have the following preliminary competencies: readiness for self-development, improvement of their qualifications and skills (OK-6);

Learning outcomes:

the ability to use basic theoretical knowledge of the fundamental sections of general and theoretical physics to solve professional problems

the ability to understand and present the information received and present the results of physical research

ability to use specialized knowledge in the field of physics for the development of specialized physical disciplines

Course description:

The lecture course outlines a number of fundamental issues in physics, engineering and technology of semiconductor and dielectric materials, as well as highlights the underlying principles and experimental methods of modern X-ray diffraction studies.

Purpose:

- Formation of students with the basics of modern knowledge of fundamental and applied nature;

- Acquaintance with the main, most relevant problems of physics, engineering and technology of semiconductor and dielectric materials, the development of relevant practical skills, preparing students for subsequent independent work both in the process of their further study, and at work in the specialty after graduation.

Tasks:

- master the relevant special vocabulary and terminology, learn the most important concepts and concepts of physics, engineering and technology of semiconductors and dielectrics, as well as know the principles and practical methods of basic modern X-ray structural studies of these materials.

Recommended literature

MAIN LITERATURE

1. Dunlap W. Introduction to the physics of semiconductors. M.: "Foreign foreign literature", 1959. –430 p.

2. Stilbans LS Semiconductor physics. - M.: "Soviet Radio", 1967. –452 p.

3. Blakemore J. Solid State Physics. - M.: "Metallurgy", 1972. –486 p.

4. Kittel H. Introduction to solid state physics. - M.: "Fizmatgiz", 1963. –320 p.

5. Pasyukov V.P., Sorokin B.C. Materials electronic technology. - WITH.- P.: Lan: 2001. – 360 p.

6. Levinstein, ME, Simin, G.S. Barriers. - M.: "Spider", 1987. –320 p.

7. Medvedev S. A. Introduction to the technology of semiconductor materials fishing –M.: "High School", 1970. - 503 p.

8. Gurevich A.G. Solid State Physics. - S.-P. Nevsky Dialect, 2004. - 318 s.

9. Pike A.A. Nanoelectronics. - M.: "Fizmatknig", 2007. - 464 p.

ADDITIONAL LITERATURE

1. Shalimova K.V. Semiconductor physics. - M.: "Energy", 1976. -392 s.
2. Bonch-Bruevich VL, Kalashnikov S. G. Physics of semiconductors. - M.: "Science", 1990.– 688 p.
3. Fistul V.I. Introduction to the physics of semiconductors. - M.: Higher School, 1975. - 352 p.
4. Anselm A.I. Introduction to the theory of semiconductors. - M.: "Science", 1978. –615 p.
5. Oreshkin P.T. Physics of semiconductors and dielectrics. - M.: "Higher Shaya School, 1977. –448 p.
6. K. Seeger. Semiconductor Physics. – M.: Mir, 1977. – 615 p.
7. Kireev P.S. Semiconductor physics. - M.: "High School", 1975. - 584 s.
8. Smith R. Semiconductors. - M.: "World", 1982.— 560 p.
9. Yu. Nashelsky A.Ya. The production of semiconductor materials. - M. "Metallurgy", 1989. - 270 p.

Form of final knowledge control: test

АННОТАЦИЯ

Рабочая программа дисциплины «Введение в физику полупроводников» разработана для студентов 4 курса направления 03.03.02 «Физика», в соответствии с требованиями ОС ВО по данному направлению.

Дисциплина «Введение в физику полупроводников» относится к разделу Б1.В.ДВ.7 дисциплин по выбору учебного плана.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы, 144 часов. Учебным планом предусмотрены лекционные занятия (30 час.), практические занятия (40 час), самостоятельная работа (74 час.). Дисциплина реализуется в 8 семестре 4 курса.

В курсе лекций изложен ряд фундаментальных вопросов физики, техники и технологии полупроводниковых и диэлектрических материалов, а также освещены основополагающие принципы и экспериментальные методы современных рентгеноструктурных исследований.

Цель:

- Формирование у студентов основ современных знаний фундаментального и прикладного характера;

- Ознакомление с основными, наиболее актуальными проблемами физики, техники и технологии полупроводниковых и диэлектрических материалов, развитие соответствующие практических навыков, подготовка студентов к последующей самостоятельной работе как в процессе их дальнейшей учебы, так и так и на работе по специальности после окончания университета.

Задачи:

- овладеть соответствующей специальной лексикой и терминологией, усвоить наиболее важные положения и понятия физики, техники и технологии полупроводников и диэлектриков, а также знать принципы проведения и практические методы основных современных рентгеноструктурных исследований этих материалов.

Для успешного изучения дисциплины «Введение в физику полупроводников» у обучающихся должны быть сформированы следующие предварительные компетенции:

- готовность к саморазвитию, повышению своей квалификации и мастерства (ОК-6);

В результате изучения данной дисциплины у обучающихся формируются следующие общекультурные и общепрофессиональные компетенции (элементы компетенций).

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции			
ОПК-3	Знает	Основные	методы	теоретического и

способностью использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач		экспериментального исследования параметров и характеристик полупроводников
	Умеет	Использовать основные методы теоретического и экспериментального исследования параметров и характеристик полупроводников
	Владеет	Навыками использования основных методов теоретического и экспериментального исследования параметров и характеристик полупроводников
ПК-4 способностью понимать и излагать получаемую информацию и представлять результаты физических исследований	Знает	Современные информационные и коммуникационные технологии для осуществления научно-исследовательской деятельности
	Умеет	Использовать необходимые методы научных исследований с привлечением современных информационных и коммуникационных технологий для осуществления самостоятельной научно-исследовательской деятельности
	Владеет	Методами научных исследований с привлечением современных информационных и коммуникационных технологий для осуществления самостоятельной научно-исследовательской
ПК-1 способностью использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин	Знает	Основные законы и теории физики полупроводников
	Умеет	Использовать основные законы и теории физики полупроводников
	Владеет	Навыками использования основных законов и теорий физики полупроводников

Для формирования вышеуказанных компетенций в рамках дисциплины «Введение в физику полупроводников» предусмотрены следующие методы активного/интерактивного обучения: лекция-беседа; групповая консультация (для практических занятий).

I. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА

Лекционные занятия (30 час.)

1) Введение (2 час.)

Основные современные тенденции развития микро-, нано- и оптоэлектроники в контексте развития физики и техники полупроводников и диэлектриков. (2 ч.).

2) Динамические свойства кристаллической решетки (8 час.)

Континуальная теория упругости. Элементы теории упругости. Упругие волны в неограниченной однородной среде. Фононы и их основные свойства. (2 ч.).

Нормальные колебания линейной одноатомной цепочки. Закон дисперсии для данной системы. Анализ дисперсионных кривых, полученных

для линейной одноатомной цепочки. Зоны Бриллюэна и их физический смысл (2 ч.)

Нормальные колебания двухатомной линейной цепочки. Закон дисперсии для данной системы. Анализ дисперсионных кривых, полученных для линейной двухатомной цепочки. (2 ч.).

Квантовая теория упругих волн в трехмерном кристалле. Теория Борна-Кармана. (2 ч.).

3) Явление дифракции излучений в кристаллах. (4 час.)

Дифракция рентгеновского, электронного и нейтронного излучений как метод структурного исследования полупроводников и диэлектриков. Энергетические критерии применимости дифракционных методов. Условие дифракции Вульфа-Брэгга. (2 ч.).

Основные методы дифракционных рентгеноструктурных исследований. Метод Лауэ. Метод вращения кристалла. Метод Дебая-Шеррера. (2 ч.).

4) Основные физические процессы в диэлектриках. (8 час.)

Поляризация диэлектриков. Ионная поляризация. Дипольно- и ионно-релаксационная поляризация. Электронно-релаксационная поляризация. Резонансная поляризация. Миграционная и спонтанная поляризация. (2 ч.).

Диэлектрическая проницаемость диэлектриков. Влияние агрегатного состояния на диэлектрическую проницаемость линейных диэлектриков. Диэлектрическая проницаемость твердых диэлектриков. (4 ч.).

Токи смещения в твердых диэлектриках Электропроводность твердых диэлектриков. (2 ч.).

5) Физические основы технологии полупроводников и диэлектриков. (8 час.)

Получение германия. Очистка германия. Эффект сегрегации примесей. Метод бестигельной зонной плавки в производстве монокристаллического германия. Выращивание монокристаллов германия методом Чохральского. (2 ч.).

Получение кремния. Очистка кремния. Особенности выращивания монокристаллов кремния методом Чохральского. Особенности выращивания монокристаллов кремния методом бестигельной зонной плавки. (2 ч.).

Сегнетоэлектрики. Классификация и основные свойства сегнетоэлектриков. Микроскопический механизм спонтанной поляризации в сегнетоэлектриках. (2 ч.).

Пьезоэлектрики. Пьезоэлектрический эффект. Пироэлектрики. Пироэлектрический эффект. (2 ч.).

II. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА

Практические занятия (40 час.)

1. Расчет параметров кристаллической решетки
2. Расчет концентрации дефектов кристаллической решетки
3. Волновые свойства частиц. Зонная теория твердых тел
4. Расчет параметров собственных и примесных полупроводников
5. Расчет тепловых характеристик твердых тел

6. Расчет электропроводности металлов
7. Расчет электропроводности полупроводников
8. Оптические явления в полупроводниках
9. Фотоэлектрические явления в полупроводниках
10. Гальваномагнитные явления
11. Термоэлектрические явления
12. Контактные явления
13. Расчет параметров ступенчатого Р - n -перехода
14. Расчет параметров диффузионных Р - n -переходов
15. Динамические характеристики Р - n -переходов
16. Расчет электрофизических характеристик диода

III. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Введение в физику полупроводников» представлено в Приложении 1 и включает в себя:

план-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине, в том числе примерные нормы времени на выполнение по каждому заданию;

характеристика заданий для самостоятельной работы обучающихся и методические рекомендации по их выполнению;

требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы;

критерии оценки выполнения самостоятельной работы.

IV. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА

№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций		Оценочные средства	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
1	Раздел 1.	ПК-1 ПК-4	знает	Устный опрос (УО-1)	Вопросы теста, контрольная работа, практическая работа
			умеет	Контрольная работа (ПР-2)	
			владеет		
1	Раздел 2.	ОПК-3 ПК-4	знает	Устный опрос (УО-1)	Вопросы теста, контрольная работа, практическая работа
			умеет	Контрольная работа (ПР-2)	
			владеет		
1	Раздел 3.	ПК-1 ОПК-3	знает	Устный опрос (УО-1)	Вопросы теста, контрольная

		ПК-4	умеет владеет	Контрольная работа (ПР-2)	работа, практическая работа
1	Раздел 4,5	ПК-1 ОПК-3 ПК-4	знает	Устный опрос (УО-1)	Вопросы теста, контрольная работа, практическая работа
			умеет	Контрольная работа (ПР-2)	
			владеет		

Типовые контрольные задания, методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности, а также критерии и показатели, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы, представлены в Приложении 2.

V. СПИСОК УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Рекомендуемая литература

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Данлэп У. Введение в физику полупроводников. М.: «Иностранная литература», 1959. –430 с.
2. Стельбанс Л.С. Физика полупроводников. - М.: «Советское радио», 1967. –452 с.
3. Блейкмор Дж. Физика твердого состояния. - М.: «Металлургия», 1972. –486 с.
4. Киттель Ч. Введение в физику твердого тела. - М.: «Физматгиз», 1963. –320 с.
5. Пасынков В. П., Сорокин В.С. Материалы электронной техники. - С.-П.: «Лань», 2001.–360 с.
6. Левинштейн М.Е., Симин Г.С. Барьеры. – М.: «Паука», 1987. –320 с.
7. Медведев С. А. Введение в технологию полупроводниковых материалов. –М.: «Высшая школа», 1970. – 503 с.
8. Гуревич А.Г. Физика твердого тела. - С.-П. «Невский диалект», 2004. - 318 с.
9. Щука А.А. Нанoeлектроника. - М.: «Физматкнига», 2007. – 464 с.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Шалимова К.В. Физика полупроводников. – М.: «Энергия», 1976. – 392 с.
2. Бонч-Бруевич В.Л., Калашников С. Г. Физика полупроводников. – М.: «Наука», 1990.– 688 с.
3. Фистуль В.И. Введение в физику полупроводников.– М.: «Высшая школа», 1975. – 352 с.
4. Ансельм А.И. Введение в теорию полупроводников.– М.: «Наука», 1978. –615 с.

5. Орешкин П.Т. Физика полупроводников и диэлектриков. – М.: «Высшая школа», 1977. –448 с.
6. Зеегер К. Физика полупроводников.– М.: «Мир», 1977.– 615 с.
7. Киреев П.С. Физика полупроводников. – М.: «Высшая школа», 1975. – 584 с.
8. Смит Р. Полупроводники.– М.: «Мир», 1982.— 560 с.
9. Ю.Нашельский А.Я. Производство полупроводниковых материалов. - М. «Металлургия», 1989. - 270 с.

Перечень рекомендуемых средств диагностики знаний

1. Тестовые задания по отдельным разделам (темам) дисциплины;
2. Коллоквиумы;
3. Устные опросы;
4. Защита реферативных работ.

VI. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью проведения практических занятий является закрепление полученных студентами на лекциях знаний, применение знаний на практике, а также проверка эффективности самостоятельной работы студентов.

Подготовку к практическому занятию целесообразно начинать с повторения материала лекций. При этом следует учитывать, что лекционный курс лимитирован по времени и не позволяет лектору детально рассмотреть все аспекты изучаемого вопроса. Следовательно, требуется самостоятельно расширять познания как теоретического, так и практического характера. В то же время, лекции дают студентам хороший ориентир для поиска дополнительных материалов, так как задают определенную структуру и логику изучения того или иного вопроса.

В ходе самостоятельной работы студенту в первую очередь надо изучить материал, представленный в рекомендованной кафедрой и/или преподавателем учебной литературе. Следует обратить внимание студентов, что в список рекомендуемой литературы включены не только базовые учебники, но и более углубленные источники по каждой теме курса. Последовательное изучение предмета позволяет студентам сформировать устойчивую теоретическую базу.

VII. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Для осуществления образовательного процесса по дисциплине «Введение в физику полупроводников» необходима аудитория, снабженная мультимедийным оборудованием.



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Дальневосточный федеральный университет»
(ДВФУ)

ШКОЛА ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ
РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

по дисциплине «Введение в физику полупроводников»
Направление подготовки 03.03.02 Физика

Форма подготовки очная

**Владивосток
2016**

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ).

Самостоятельная работа выполняется по заданию преподавателя в аудитории или вне аудитории.

Обучающемуся необходимо:

- выполнять все задания, выносимые преподавателем для самостоятельной работы;
- активно работать с учебной литературой;
- выносить на текущие консультации все неясные вопросы;
- подготовку к экзамену проводить по экзаменационным теоретическим вопросам, предоставленным лектором;
- при подготовке к экзамену все неясные моменты необходимо фиксировать и выносить на предэкзаменационную консультацию.

Методические указания

Студенту необходимо научиться четко конспектировать излагаемый на лекции материал – выделять темы разделов, подзаголовки, рисовать графики в хорошем масштабе, так как это позволит лучше подготовиться к экзамену. Изучение курса надо начинать с первой же недели занятий, так как из-за большого объема изучаемый материал преподается очень сжато. Материал, излагаемый в начале курса, постоянно используется в течение всего курса и последующего изучения специальных дисциплин.

Рекомендации по освоению дисциплины на лекционных занятиях:

- перед очередной лекцией необходимо просмотреть по конспекту и рекомендованной учебной литературе материал предыдущей лекции;
- бегло ознакомиться с содержанием очередной лекции по основным источникам литературы в соответствии с рабочей программой дисциплины;
- при затруднениях необходимо обратиться к лектору по графику его консультаций или на практических занятиях. Рекомендации по освоению дисциплины на практических занятиях:
 - на занятия носить конспект лекций и рекомендованный сборник задач;
 - до очередного практического занятия по конспекту и рекомендованной учебной литературе проработать теоретический материал, соответствующий теме занятия;
 - в начале занятий задать преподавателю вопросы по материалу, вызвавшему затруднения в понимании и освоении при решении задач, заданных для самостоятельного решения.



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Дальневосточный федеральный университет»
(ДВФУ)

ШКОЛА ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ
по дисциплине «Введение в физику полупроводников»
Направление подготовки 03.03.02 Физика
Форма подготовки очная

Владивосток
2016

Паспорт ОС

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
ОПК-3 способностью использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач	Знает	Основные методы теоретического и экспериментального исследования параметров и характеристик полупроводников
	Умеет	Использовать основные методы теоретического и экспериментального исследования параметров и характеристик полупроводников
	Владеет	Навыками использования основных методов теоретического и экспериментального исследования параметров и характеристик полупроводников
ПК-4 способностью понимать и излагать получаемую информацию и представлять результаты физических исследований	Знает	Современные информационные и коммуникационные технологии для осуществления научно-исследовательской деятельности
	Умеет	Использовать необходимые методы научных исследований с привлечением современных информационных и коммуникационных технологий для осуществления самостоятельной научно-исследовательской деятельности
	Владеет	Методами научных исследований с привлечением современных информационных и коммуникационных технологий для осуществления самостоятельной научно-исследовательской
ПК-1 способностью использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин	Знает	Основные законы и теории физики полупроводников
	Умеет	Использовать основные законы и теории физики полупроводников
	Владеет	Навыками использования основных законов и теорий физики полупроводников

№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций		Оценочные средства	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
1	Раздел 1.	ПК-1 ПК-4	знает	Устный опрос (УО-1)	Вопросы теста, контрольная работа, практическая работа
			умеет	Контрольная работа (ПР-2)	
			владеет		
1	Раздел 2.	ОПК-3 ПК-4	знает	Устный опрос (УО-1)	Вопросы теста, контрольная работа, практическая работа
			умеет	Контрольная работа (ПР-2)	
			владеет		
1	Раздел 3.	ПК-1 ОПК-3 ПК-4	знает	Устный опрос (УО-1)	Вопросы теста, контрольная работа, практическая работа
			умеет	Контрольная работа (ПР-2)	
			владеет		

1	Раздел 4,5	ПК-1 ОПК-3 ПК-4	знает	Устный опрос (УО-1)	Вопросы теста, контрольная работа, практическая работа
			умеет	Контрольная работа (ПР-2)	
			владеет		

Шкала оценивания уровня сформированности компетенций

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции		критерии	показатели	баллы
ОПК-3 Способность использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач	знает (пороговый уровень)	существенные закономерности возникновения и развития фундаментальных физических теорий; основные принципы и соотношения, которые вытекают из экспериментов физики полупроводников	Знание основных законов общей физики, электродинамики, квантовой механики, атомной и ядерной физики. Иметь представление о строении вещества, формах организации материи.	Способность написать закон, объяснить его, и применить для решения практических задач.	45-64
	умеет (продвинутой)	умеет использовать основные естественнонаучные законы для понимания окружающего мира и явлений природы	понимание окружающего мира и явлений природы с точки зрения основных естественнонаучных законов	умение объяснять большинство различных явлений природы на основании знания законов естественнонаучных дисциплин	65-84
	владеет (высокий)	использует основные естественнонаучные законы для понимания окружающего мира и явлений природы	понимание окружающего мира и явлений природы с точки зрения основных естественнонаучных законов	умение объяснять явления природы на основании знания законов естественнонаучных дисциплин	85-100
ПК-1 Способность использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин	знает (пороговый уровень)	основные эксперименты, иллюстрирующие природу объектов и явлений наномира, порядки величин в атомном мире.	понимание окружающего мира и явлений природы с точки зрения основных естественнонаучных законов	Способность написать закон, объяснить его, и применить знания в практической деятельности для решения типовых задач.	45-64
	умеет (продвинутой)	обращаться с оборудованием физической	Умение решать прикладные и теоретические	способность самостоятельно выполнить	65-84

		лаборатории; применять теоретические знания к решению практических и научных задач; понимать, излагать и критически анализировать общефизическую информацию.	ядерно-физические задачи, проводить физические эксперименты в лаборатории	физический эксперимент	
	владеет (высокий)	приемами вывода основных соотношений между физическими величинами следующие из постулатов теории или из результатов эксперимента	умение использовать методы и приемы проведения физического эксперимента и способы обработки.	способность провести физический эксперимент и осуществить обработку экспериментальных данных;	85-100
ПК-4 способностью понимать и излагать получаемую информацию и представлять результаты физических исследований	знает (пороговый уровень)	как организовать экспериментальные исследования и получить результат	получает результаты, самостоятельно организав экспериментальные исследования	количество самостоятельно организованных экспериментальных исследований	
	умеет (продвинутой)	организовать экспериментальные исследования, получить и обработать результаты	самостоятельно организует исследования, получает результаты и обрабатывает их	самостоятельно полученные и обработанные результаты исследования, представленные руководителю	
	владеет (высокий)	способность организовать исследование, получить, обработать и проанализировать полученные результаты	способность проанализировать полученные и обработанные результаты собственных исследований	самостоятельно полученные и обработанные результаты исследований, которые можно представить в виде доклада или иной публикации	

Рекомендации по текущему контролю качества усвоения знаний и проведению аттестации

Итоговая аттестация по дисциплине осуществляется на экзамене. Оценка на экзамене выставляется по десятибалльной шкале.

Для текущего контроля и самоконтроля знаний по данной дисциплине рекомендуется использовать тестовые задания по отдельным разделам (темам) дисциплины, коллоквиумы и устные опросы. Защита реферативных работ проводится в форме индивидуальных выступлений-презентаций с последующей дискуссией.

Рекомендуемые темы для составления тестовых заданий

Динамические свойства кристаллической решетки.

1. Почему вектор смещения точки среды не определяет однозначно деформацию твердого тела? Какой тензор вводится для ее характеристики?
2. Дайте сравнительный анализ законов дисперсии $\omega(k)$ для континуальной среды и для линейной цепочки, состоящей из одинаковых атомов.
3. Почему в законе дисперсии $\omega(k)$ для двухатомной цепочки появляется оптическая ветвь? Объясните ее физический смысл.
4. Чем различаются первые зоны Бриллюэна для колебаний в линейных цепочках с одним и двумя атомами в базисе?
5. Фонон и его основные свойства.

Явление дифракции излучений в кристаллах.

1. Какими энергиями должны обладать рентгеновские кванты, электроны и нейтроны, чтобы данные виды излучений можно было использовать для дифракционных исследований кристаллов?
2. В чем заключаются отличия метода Лауэ от метода Дебая-Шеррера?
3. Сравните информативные возможности методов порошка и вращения кристалла.

Основные физические процессы в диэлектриках.

1. В чем различие между ионной и ионно-релаксационной поляризацией? Что характеризует время релаксации, и от каких факторов оно зависит?
2. Что понимают под линейными и нелинейными, полярными и неполярными диэлектриками?
3. Каков механизм электропроводности твердых диэлектриков?
4. Как влияет температура на удельную проводимость диэлектриков?
5. Что называют диэлектрическими потерями? Какие механизмы диэлектрических потерь Вам известны?

Технология получения и основные физико-химические свойства полупроводников и диэлектриков.

1. В чем заключается эффект сегрегации примесей и какова его роль в процессе очистки германия?
2. На каких основных физических принципах базируется метод Чохральского?
3. Опишите эффект спонтанной поляризации в сегнетоэлектриках

12

4. Какими причинами обусловлено проявление пьезоэлектрического эффекта в диэлектриках?
5. Какими причинами обусловлено проявление пьезоэлектрического эффекта в диэлектриках?

Рекомендуемые темы коллоквиумов

1. Анализ дисперсионных кривых, полученных для колебаний одно- и двухатомных линейных цепочек.
2. Сравнительный анализ информативные возможностей основных методов рентгеноструктурного анализа.

3. Основные типы поляризации диэлектриков: общие свойства и различия.
4. Кремний – базовый материал современной твердотельной электроники.
5. Сегнетоэлектрики: технологические и физические аспекты.
6. Пьезоэлектрики: технология получения и основные физико-химические свойства.

Примерная тематика реферативных работ

1. Адиабатическое приближение.
2. Одноэлектронное приближение.
3. Приближение почти свободных электронов.
4. Приближение сильно связанных электронов.
5. Дефекты в кристаллах: кинетический подход к описанию точечных структурных нарушений.
6. Дефекты в кристаллах: статистический подход к описанию точечных структурных нарушений.
7. Ионная проводимость в полупроводниках.
8. Элементарный расчет электропроводности и подвижности.
9. Упругие и неупругие столкновения. Взаимодействие электронов с акустическими фононами.
10. Кинетическое уравнение (учет энергетической зависимости времени релаксации).
11. Вычисление времени релаксации в случае рассеяния на ионах примеси.
12. Рассеяние электронов на тепловых колебаниях решетки.
13. Влияние механизма рассеяния носителей заряда на их подвижность.
14. Вывод выражения для коэффициента термо-э.д.с. из кинетического уравнения.
15. Зависимость термо-э.д.с. от температуры и концентрации носителей.
16. Электронная теплопроводность.
17. Теплопроводность кристаллической решетки.
18. Контакт полупроводника и металла. Диодная теория Бете.
19. Теория физического запорного слоя (теория истощения Шоттки).
20. Эффект выпрямления на p -переходе при постоянном смещении.
21. Эффект выпрямления на p -переходе при переменном напряжении.
22. Поглощение света свободными носителями.
23. Межзонные переходы при оптическом возбуждении.
24. Выращивание монокристаллов из расплавов.
25. Выращивание из расплавов монокристаллов, легированных примесями.
26. Выращивание монокристаллов из растворов.
27. Выращивание монокристаллов из паровой фазы.
28. Очистка полупроводниковых материалов вакуумной перегонкой.
29. Очистка полупроводниковых материалов методами направленной кристаллизации.
30. Очистка поверхности полупроводниковых кристаллов.
31. Примеси в полупроводниках (атомные дефекты).

32. Точечные дефекты в кристаллах полупроводников.
33. Точечные дефекты в элементарных полупроводниках.
34. Точечные дефекты в полупроводниковых соединениях.
35. Линейные дефекты в полупроводниках.
36. Поверхностные дефекты в полупроводниках.
37. Поляризация диэлектрика.
38. Диэлектрическая проницаемость диэлектриков.
39. Пироэлектрики, сегнетоэлектрики, электреты: основные физические свойства.
40. Пьезоэлектрики.
41. Токи смещения и электропроводность диэлектриков.
42. Потери в диэлектриках.
43. Пробой диэлектриков.

Критерии оценок результатов учебной деятельности

Баллы	Критерии
1	2
1 (один)	Отсутствие знаний и компетенций в рамках образовательного стандарта или отказ от ответа.
2 (два)	Фрагментарные знания в рамках образовательного стандарта; знания отдельных литературных источников, рекомендованных учебной программой дисциплины; неумение использовать научную терминологию дисциплины, наличие в ответе грубых ошибок; низкий уровень культуры исполнения заданий
3 (три)	Недостаточно полный объем знаний в рамках образовательного стандарта; знание части основной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины; использование научной терминологии, изложение ответа на вопросы с существенными ошибками; слабое владение инструментарием учебной дисциплины, некомпетентность в решении стандартных (типовых) задач; неумение ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях изучаемой дисциплины; низкий уровень культуры исполнения заданий.
4 (четыре)	Достаточный объем знаний в рамках образовательного стандарта; усвоение основной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины; использование научной терминологии, логическое изложение ответа на вопросы, умение делать выводы без существенных ошибок; владение инструментарием учебной дисциплины, умение его использовать в решении стандартных (типовых) задач; умение под руководством преподавателя решать стандартные (типовые) задачи; умение ориентироваться в

	основных теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им оценку; допустимый уровень исполнения заданий.
5 (пять)	Достаточные знания в объеме учебной программы; использование научной терминологии, грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы, умение делать выводы; владение инструментарием учебной дисциплины, умение его использовать в решении учебных и профессиональных задач; способность самостоятельно принимать типовые решения в рамках учебной программы; усвоение основной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины; умение ориентироваться в базовых теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им сравнительную оценку; фрагментарное участие в групповых обсуждениях, достаточный уровень культуры исполнения заданий.