



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ФГБОУ ВО «ИГУ»

Кафедра общей и экспериментальной физики



Рабочая программа дисциплины

Наименование дисциплины **Б1.О.16 Введение в специальность**


Направление подготовки **11.03.04 Электроника и нанoeлектроника**

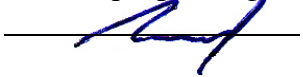
Направленность (профиль) подготовки **Электроника и нанoeлектроника**

Квалификация выпускника **бакалавр**

Форма обучения **очная**

Согласовано с УМК:
физического факультета
Протокол № 42 от «15» апреля 2024 г.

Председатель: д.ф.-м.н., профессор
 Н.М. Буднев

Рекомендовано кафедрой:
общей и экспериментальной физики
Протокол № 7
от «26» марта 2024 г.
Зав. кафедрой д.ф.-м.н., профессор
 А.А. Гаврилюк

Иркутск 2024 г.

Содержание

	стр.
1. Цели и задачи дисциплины (модуля)	3
2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО	3
3. Требования к результатам освоения дисциплины (модуля)	3
4. Объем дисциплины (модуля) и виды учебной работы	4
5. Содержание дисциплины (модуля)	5
5.1 Содержание разделов и тем дисциплины (модуля)	
5.2 Разделы дисциплины (модуля) и междисциплинарные связи с обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами (модулями)	
5.3 Разделы и темы дисциплин (модулей) и виды занятий	
6. Перечень семинарских, практических занятий, лабораторных работ, план самостоятельной работы студентов, методические указания по организации самостоятельной работы студентов.	7
7. Примерная тематика курсовых работ (проектов) (при наличии)	10
8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля) :	10
а) основная литература;	
б) дополнительная литература;	
в) программное обеспечение;	
г) базы данных, поисково-справочные и информационные системы	
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля).	12
10. Образовательные технологии	12
11. Оценочные средства (ОС).	13

1. Цели и задачи дисциплины (модуля):

Целью изучения учебной дисциплины «Введение в специальность» является приобретение студентами необходимых базовых знаний в области микро- и нанoeлектроники.

Задачи дисциплины:

- приобретение знаний в области основ квантовой механики, теории твердого тела, теории полупроводников, технологии материалов микро- и нанoeлектроники и овладение умениями использовать эти знания при решении задач;
- изучение физических процессов, законов и эффектов, лежащих в основе принципов действия приборов микро- и нанoeлектроники, и определяющих характеристики и параметры этих приборов;
- обзор различных нанотехнологических процессов создания наноматериалов и основных тенденций развития нанотехнологий в мире, знакомство с современными экспериментальными средствами исследования материалов с нанометровым пространственным разрешением, а также ознакомление с современными достижениями по созданию и применению наноустройств;
- создание основы для последующего изучения вопросов физики полупроводниковых приборов, включая элементы и приборы нанoeлектроники, физики низкоразмерных систем, твердотельной электроники и технологии микро- и нанoeлектроники.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО:

Учебная дисциплина «Введение в специальность» входит в базовую часть дисциплин программы бакалавриата.

Дисциплина «Введение в специальность» опирается на школьные дисциплины естественно-научного цикла: «Математика», «Физика» и «Химия».

Общая трудоемкость курса - 3 зачетных единицы.

3. Требования к результатам освоения дисциплины (модуля):

Процесс изучения дисциплины (модуля) направлен на формирование следующих компетенций:

общепрофессиональные компетенции (ОПК): ОПК-3

- Способность применять методы поиска, хранения, обработки, анализа и представления в требуемом формате информации из различных источников и баз данных, соблюдая при этом основные требования информационной безопасности

I.3.1 Использует навыки работы с компьютером для поиска и хранения информации из различных источников и баз данных.

I.3.2 Представляет информацию в необходимом формате для ее обработки и анализа.

I.3.3 Владеет методами информационных технологий, соблюдает основные требования информационной безопасности.

В результате изучения дисциплины студент должен:

Знать:

Индекс компетенции	Индекс образовательного результата	Образовательный результат
ОПК-3	3-1	Знать этапы и основы развития электроники, которые включают элементы квантовой физики, физики твердого тела и полупроводниковых структур; а также в целом представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе

		знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики, используя навыки работы с компьютером для поиска и хранения информации из различных источников и баз данных.
--	--	---

Уметь:

Индекс компетенции	Индекс образовательного результата	Образовательный результат
ОПК-3	У-1	Уметь выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат; представлять информацию в необходимом формате для ее обработки и анализа.

Владеть:

Индекс компетенции	Индекс образовательного результата	Образовательный результат
ОПК-3	В-1	Владеть навыками применения базовых знаний в области квантовой физики, физики твердого тела, физики полупроводниковых структур и нанoeлектроники для оценки тенденций развития микро- и нанoeлектроники; а также методами информационных технологий для их изучения, соблюдая основные требования информационной безопасности.

4. Объем дисциплины (модуля) и виды учебной работы (разделяется по формам обучения)

Вид учебной работы	Всего часов / зачетных единиц	Семестры			
		1			
Контактная работа (всего)	57/1,58	57/1,58			
В том числе:					
Лекции	16/0,44	16/0,44			
Практические занятия (ПЗ)	16/0,44	16/0,44			
Лабораторные работы	16/0,44	16/0,44			
КСР					
Консультации	1/0,03	1/0,03			
Контроль общий (КО)	8/0,23	8/0,23			
Самостоятельная работа (всего)	51/1,42	51/1,42			
В том числе:					
Курсовой проект (работа)					
Расчетно-графические работы					
Реферат (при наличии)					
<i>Другие виды самостоятельной работы</i>					
Подготовка докладов по темам, решение задач, подготовка к лабораторным работам и зачету	51/1,41	51/1,41			
Вид промежуточной аттестации: зачет	Зачет	Зачет			
Вид итоговой аттестации:					

Общая трудоемкость: зачетные единицы	часы	108	108			
		3	3			

5. Содержание дисциплины (модуля)

Этапы и основы развития электроники. Основные представления квантовой механики. Строение и свойства материалов микроэлектроники. Полупроводники и их свойства. Полупроводниковые структуры. Предпосылки перехода от микро- к наноэлектронике. Элементы квантовой физики. Физические основы наноэлектроники. Квантоворазмерные эффекты. Виды низкоразмерных объектов. Туннельный эффект. Аллотропные формы углерода.

5.1. Содержание разделов и тем дисциплины (модуля).

Тема 1. Введение. Основные положения и направления развития микро- и наноэлектроники.

Этапы развития электроники. История развития микроэлектроники. Основные положения и принципы микро- и наноэлектроники. Факторы, определяющие развитие микроэлектроники. Классификация изделий микроэлектроники. Современные направления развития микро- и наноэлектроники.

Тема 2. Структура и свойства твердых тел.

- 2.1 Свойства твердых тел. Типы химической связи.
- 2.2 Кристаллическая структура. Потенциальная и силовая функции взаимодействия частиц в кристалле. Кристаллы (атомные, металлические, молекулярные, ионные).
- 2.3 Кристаллическая решетка идеальных кристаллов. Типы кристаллических решеток. Параметры кристаллической решетки. Типы элементарных ячеек-решетки Браве.
- 2.4 Свойства кристаллов. Анизотропия. Аллотропия. Полиморфизм.
- 2.5 Аллотропные формы углерода.
- 2.6 Некристаллические твердые тела.
- 2.7 Методы получения кристаллов.
- 2.8 Дефекты в кристаллах. Классификация микродефектов кристаллов. Структурно-чувствительные свойства кристаллов. Рост кристаллов.
- 2.9 Модельные представления об электропроводности. Классификация веществ по проводимости.

Тема 3. Элементы квантовой физики. Физические основы наноэлектроники.

- 3.1 Связь электроники и квантовой физики.
- 3.2 Этапы развития электроники.
- 3.3 Основные представления квантовой механики.
- 3.4 Волновые свойства микрочастиц. Длина волны де Бройля. Соотношение неопределенностей Гейзенберга. Волновая функция и уравнение Шредингера.
- 3.5 Квантовая модель атома. Квантовые числа. Принцип запрета Паули.
- 3.6 Понятие о потенциальных ямах и барьерах. Простейшие виды низкоразмерных объектов (Квантовая яма, квантовая нить, квантовая точка).
- 3.7 Микрочастица в прямоугольной потенциальной яме.
- 3.8 Туннельный эффект.
- 3.9 Энергетический спектр кристалла. Зонные энергетические диаграммы.
- 3.10 Квантоворазмерные эффекты.

Тема 4. Физические основы работы полупроводниковых приборов.

- 4.1 Энергетические уровни и зоны.
- 4.2 Проводники, полупроводники и диэлектрики. Полупроводниковые материалы в

твердотельной электронике.

4.3 Собственная электропроводность полупроводников. Зависимость электропроводности полупроводников от температуры.

4.4 Распределение электронов по энергетическим уровням. Энергия (уровень) Ферми.

4.5 Примесная электропроводность полупроводников (донорные и акцепторные примеси).

4.6 Процессы переноса зарядов в полупроводниках (дрейф и диффузия носителей заряда).

4.7 Электрические переходы.

4.7.1 Электронно-дырочный переход.

4.7.2 Контакт «металл-полупроводник». Переход Шоттки.

4.7.3 Контакт между полупроводниками одного типа проводимости.

4.7.4 Гетеропереходы.

4.7.5 Свойства омических переходов.

4.8 Полупроводниковые диоды. Биполярные и полевые транзисторы.

Тема 5. Нанотехнологии и наноматериалы. Наночастицы и наноструктуры. Методы получения и исследования наноструктур.

Тема 6. Основы физических представлений о наноструктурах. Квантовая физика и наноструктуры. Уникальные свойства наноструктур. Наноэлектроника и тенденции ее развития.

5.2 Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами

Курс «Введение в специальность» является основой для изучения следующих дисциплин профессионального цикла:

№ п/п	Наименование обеспечиваемых (последующих) дисциплин	№ № разделов и тем данной дисциплины, необходимых для изучения обеспечиваемых (последующих) дисциплин (вписываются разработчиком)						
		Р1	Р2	Р3	Р4	Р5		
1.	Твердотельная электроника	Р1	Р2	Р3	Р4	Р5		
2.	Микро- и наноэлектроника	Р1	Р2	Р3	Р4	Р5		
3.	Процессы микро- и нанотехнологий	Р1	Р2	Р3	Р4	Р5		
4.	Физические основы электроники	Р1	Р2	Р3	Р4	Р5		
5.	Физика полупроводников	Р1	Р2	Р3	Р4	Р5		
6.	Квантовая и оптическая электроника	Р1	Р2	Р3	Р4	Р5		

5.3. Разделы и темы дисциплин (модулей) и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела Наименование темы	Виды занятий в часах						
		Лекц.	Практ. зан.	Лаб.	КО	СР	Конс.	Всего
1.	Т1. Введение. Основные положения и направления развития микро- и наноэлектроники.	1				4		5
2.	Т2. Структура и свойства твердых тел.	3	3	3	2	8		19

3.	Т3. Элементы квантовой физики. Физические основы наноэлектроники.	3	3	3	2	10		21
4.	Т4. Физические основы работы полупроводниковых приборов.	3	4	4	1	9		21
5.	Т5. Нанотехнологии и наноматериалы.	3	3	3	2	10		21
6.	Т6. Основы физических представлений о наноструктурах.	3	3	3	1	10	1	21
Итого:		16	16	16	8	51	1	108

6. Перечень семинарских, практических занятий, лабораторных работ, план самостоятельной работы студентов, методические указания по организации самостоятельной работы студентов

№ п/п	№ раздела и темы дисциплины	Наименование семинаров, практических и лабораторных работ	Трудоемкость (часы)	Оценочные средства	Формируемые компетенции
1	2	3	4	5	6
1	Т2. Структура и свойства твердых тел. Элементы кристаллофизики.	1. Химическая связь в кристаллах. Геометрия кристаллической решетки.	2	Письменный и устный текущий контроль	ОПК-3
2		2. Свойства и методы получения кристаллов. Аллотропные формы углерода.	2	Письменный и устный текущий контроль	ОПК-3
3		3. Дефекты структуры кристаллов. Аморфные твердые тела.	2	Письменный и устный текущий контроль	ОПК-3
4	Т3. Элементы квантовой физики. Физические основы наноэлектроники.	4. Связь электроники и квантовой физики. Волновые свойства микрочастиц. Квантовая модель атома.	2	Письменный и устный текущий контроль	ОПК-3
5		5. Понятие о потенциальных ямах и барьерах. Энергетический спектр кристалла. Квантово-размерные эффекты.	2	Письменный и устный текущий контроль	ОПК-3
6		6. Физические основы наноэлектроники. Методы формирования нанoeлектронных структур. Перенос носителей заряда в наноразмерных структурах и электронных приборах на их основе.	2	Письменный и устный текущий контроль	ОПК-3
7	Т4. Физические основы работы полупроводниковых приборов.	7. Энергетические уровни и зоны. Проводники, полупроводники и диэлектрики. Распределение электронов по энергетическим уровням.	2	Письменный и устный текущий контроль	ОПК-3
8		8. Собственная и примесная электропроводность полупроводников	2	Письменный и устный текущий контроль	ОПК-3
9		9. Процессы переноса	2	Письменный и	ОПК-3

		зарядов в полупроводниках. Электрические переходы.		устный текущий контроль	
10		10. Полупроводниковые диоды. Биполярные и полевые транзисторы.	2	Письменный и устный текущий контроль	ОПК-3
11	Т5. Нанотехнологии и наноматериалы.	11. Наночастицы и наноструктуры.	3	Письменный и устный текущий контроль	ОПК-3
12		12. Методы получения и исследования наноструктур.	3	Письменный и устный текущий контроль	ОПК-3
13	Т6. Основы физических представлений о наноструктурах.	13. Квантовая физика и наноструктуры. Уникальные свойства наноструктур.	3	Письменный и устный текущий контроль	ОПК-3
14		14. Нанoeлектроника и тенденции ее развития.	3	Письменный и устный текущий контроль	ОПК-3

6.1. План самостоятельной работы студентов

№ нед.	Тема	Вид самостоятельной работы	Задание	Рекомендуемая литература	Количество часов
1	Т1.	Работа с учебником, справочной литературой, первоисточниками, конспектом	Повторение и углубленное изучение учебного материала лекции, лабораторных занятий с использованием конспекта лекций, литературы, Интернет - ресурсов	Источники 1 -6 из основной и 1-6 из дополнительной литературы; Самостоятельный поиск литературы на образовательных ресурсах, доступные по логину и паролю, предоставляемым Научной библиотекой ИГУ	4
4	Т2.				8
8	Т3.				10
10	Т4.				8
12	Т5.				10
14	Т6.				10

6.2. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов

Цель самостоятельной работы студента – осмысленно и самостоятельно работать сначала с учебным материалом, затем с научной информацией, заложить основы самоорганизации и самовоспитания с тем, чтобы привить умение в дальнейшем непрерывно повышать свою профессиональную квалификацию.

В учебном процессе выделяют два вида самостоятельной работы:

- аудиторная – самостоятельная работа выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.

- внеаудиторная – самостоятельная работа выполняется студентом по заданию преподавателя, но без его непосредственного участия.

Самостоятельная работа помогает студентам:

1) Овладеть знаниями:

- чтение текста (учебника, первоисточника, дополнительной литературы и т.д.);
- составление плана текста, графическое изображение структуры текста, конспектирование текста, выписки из текста и т.д.;
- работа со справочниками и другой справочной литературой;
- ознакомление с нормативными и правовыми документами;

- учебно – методическая и научно-исследовательская работа;
- использование компьютерной техники, Интернета и др.;

2) Закреплять и систематизировать знания:

- работа с конспектом лекций;
- обработка текста, повторная работа над учебным материалом учебника, первоисточника, дополнительной литературы, аудио и видеозаписей;
- подготовка плана;
- составление таблиц для систематизации учебного материала;
- подготовка ответов на контрольные вопросы;
- заполнение рабочей тетради;
- аналитическая обработка текста;
- подготовка мультимедиа презентации и докладов к выступлению на семинаре (конференции, круглом столе и т.п.);
- подготовка реферата;
- составление библиографии использованных источников;
- тестирование и др.;

3) Формировать умения:

- решение ситуационных задач и упражнений по образцу;
- выполнение расчетов (графические и расчетные работы);
- подготовка к контрольным работам;
- подготовка к тестированию;
- опытно-экспериментальная работа;
- подготовка к выпускной квалификационной работе.

Вопросы для более подробного самостоятельного изучения по темам дисциплины:

T1. Исторический обзор развития физической электроники от дискретных приборов до интегральных схем. Исторический обзор развития вычислительной техники. Представления о рынке полупроводниковых элементов. Проработка лекционного материала и материала практических занятий.

T2. Структура кристаллов и способы ее определения. Основные типы связей в твёрдых телах. Дефекты в твердых телах. Тепловые свойства твердых тел. Механические свойства твёрдых тел. Физические свойства аморфных твёрдых тел. Проработка лекционного материала и материала практических занятий.

T3. Структура наноматериалов. Методы исследования наноматериалов. Технологии получения наноматериалов и наноструктур. Области применения наноматериалов. Проработка лекционного материала и материала практических занятий.

T4. Физические эффекты в материалах электронной техники. Проводниковые, полупроводниковые и диэлектрические материалы микроэлектроники. Электрические и магнитные свойства твердых тел. Сверхпроводимость. Проработка лекционного материала и материала практических занятий.

T5. *Наночастицы и наноструктуры.* Классификация наноструктур. Наночастицы и нанокластеры. Роль поверхностных атомов. Магические числа. Углеродные наноструктуры. Нанокompозиты, нанопористые и нанофазные материалы.

Методы получения и исследования наноструктур. Общие характеристики физических методов. Технологии «сверху-вниз» и «снизу-вверх». Самоорганизация и самосборка в нанотехнологиях. Электронная микроскопия. Сканирующая туннельная микроскопия. Атомно-силовая микроскопия. Проработка лекционного материала и материала практических занятий.

T6. *Наноэлектроника и тенденции ее развития.* Одноэлектронное туннелирование. Резонансное туннелирование. Спинтроника. Сверхпроводниковая электроника. Нано- и квантовые компьютеры. Нанотехнологии в оптоэлектронике. Проработка лекционного материала и материала практических занятий.

Контроль самостоятельной работы проводится во время практических и лабораторных занятий.

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

ОПК-3 - Способность применять методы поиска, хранения, обработки, анализа и представления в требуемом формате информации из различных источников и баз данных, соблюдая при этом основные требования информационной безопасности

7. Примерная тематика курсовых работ (проектов) (при наличии)

планом не предусмотрено

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля):

а) основная литература

1. Епифанов, Г. И. Физика твердого тела [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Г. И. Епифанов. - Москва : Лань, 2011. - 288 с. : ил. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - Режим доступа: ЭБС "Издательство "Лань". - Неогранич. доступ. - Библиогр.: с. 282-283. - ISBN 978-5-8114-1001-9.

http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=2023

2. Матухин, Вадим Леонидович. Физика твердого тела [Электронный ресурс]: учеб. пособие / В. Л. Матухин, В. Л. Ермаков. - Москва : Лань, 2010. - 218 с. : ил. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - Режим доступа: ЭБС "Издательство "Лань". - Неогранич. доступ. - ISBN 978-5-8114-0923-5

http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=262

3. Нанoeлектроника: теория и практика [Текст] : [учебник] / В. Е. Борисенко [и др.]. - 3-е изд. (эл.). - Москва : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013. - 371 с. ; есть. - (Учебник для высшей школы). - Режим доступа: ЭБС "Рукопт". - Неогранич. доступ. - ISBN 978-5-9963-2104-9

<http://rucont.ru/efd/226435?urlId=L3IMcuvOZwOvW3n7YAzebhGnk64giDIBYoeUsvE5+F3Jzb6+ps4iwChpdv8LqETTxo2M61nEtcv90sFAHxIWfw==>

4. Шишкин, Геннадий Георгиевич. Нанoeлектроника. Элементы, приборы, устройства [Электронный ресурс]: учеб. пособие для студ. вузов, обуч. по напр. 210600 "Нанотехнология", 152200 "Наноеинженерия", 210100 "Электроника и нанoeлектроника" / Г. Г. Шишкин. - 2-е изд. - ЭВК. - М. : Бином. Лаборатория знаний, 2012. - Режим доступа: ЭЧЗ "Библиотех". - Неогранич. доступ. - ISBN 978-5-9963-1443-0

5. Барыбин, А. А.. Электроника и микроелектроника. Физико-технологические основы [Текст] : [учеб. пособие] / А. А. Барыбин. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2008. - 426 с. ; нет. - Режим доступа: ЭБС "Рукопт". - Неогранич. доступ. - ISBN 978-5-9221-0679-5
<http://rucont.ru/efd/152088>

б) дополнительная литература

1. Гусев, А. И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии [Текст] / А. И. Гусев. - 2-е изд., испр. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2009. - 417 с. ; есть. - Режим доступа: ЭБС "Рукопт". - Неогранич. доступ. - ISBN 978-5-9221-0582-8 <http://rucont.ru/efd/152090>

2. Пасынков, Владимир Васильевич. Материалы электронной техники [Текст] : учеб. для студ. вузов, обуч. по спец. электрон. техники / В. В. Пасынков, В. С. Сорокин. - 6-е изд., стер. - СПб. : Лань, 2004. - 368 с. : ил. ; 21 см. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - Библиогр.: с. 363.-Предм. указ.: с. 364-365. - ISBN 5-8114-0409-3 (20 экз.)

3. Антипов, Б. Л. Материалы электронной техники: Задачи и вопросы: Учеб. для студ. вузов / Б. Л. Антипов, В. С. Сорокин, В. А. Терехов. - 3-е изд., стер. - СПб. : Лань, 2003. - 208 с. : ил. ; 20 см. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - Библиогр.:

с. 207. - ISBN 5-8114-0410-7. (10 экз.)

4. Щука, Александр Александрович. Нанoeлектроника [Электронный ресурс] : учеб. пособие для студ. вузов, обуч. по направл. подготовки "Прикл. математика и физика" / А. А. Щука. - 2-е изд. - ЭВК. - М. : Бином. Лаборатория знаний, 2012. - (Нанотехнологии). - Режим доступа: ЭЧЗ "Библиотех". - 15 доступ. - ISBN 978-5-9963-1055-5 (+15 экз.)

5. Рошин, Владимир Михайлович. Технология материалов микро-, опто- и нанoeлектроники [Электронный ресурс] : учеб. пособие для студ. вузов, обуч. по напр. подгот. 210100 "Электроника и микроелектроника" : в 2 ч. / В. М. Рошин. - 2-е изд. - ЭВК. - М. : Бином. Лаборатория знаний. - Режим доступа: ЭЧЗ "Библиотех". - Неогранич. доступ. - ISBN 978-5-94774-913-7. Ч. 2. - 2012. - ISBN 978-5-9963-1471-3

6. Раскин, А. А. Технология материалов микро-, опто- и нанoeлектроники. Ч. 1 [Текст]: учеб. пособие / А. А. Раскин, авт. В. К. Прокофьев. - 2-е изд. (эл.). - Москва : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. - 166 с.; есть. - Режим доступа: ЭБС "Рукопт". - Неогранич. доступ. - ISBN 978-5-9963-1470-6 (Ч. 1). - ISBN 978-5-94774-913-7

<http://rucont.ru/efd/226528?urlId=fk6hc+qwnd6mSpGmPLcFgR1+hXaWg+AJCpjI8JHvPFh4eAh52/JLafRRGSSblyl5572WBVuCjpLaOUmifYNChQ==>

в) программное обеспечение

Сверено с НБ ИГУ

Стандартные сервисы глобальной сети Интернет, стандартные средства просмотра презентаций и научных публикаций в электронном виде, используются стандартные средства Windows и MS Office:

1. ABBY PDF Transformer 3.0 Пакет из 10 неименных лицензий Per Seat (10лиц.) EDU. Код позиции: AT30-1S1P10-102 Котировка № 03-165-11 от 23.11.2011. Бессрочно.

2. Microsoft OfficeProPlus 2013 RUS OLP NL Acdmc. Контракт № 03-013-14 от 08.10.2014.Номер Лицензии Microsoft 45936786. Бессрочно.

3. WinPro10 Rus Upgrd OLP NL Acdmc. Сублицензионный договор № 502 от 03.03.2017 Счет № ФРЗ- 0003367 от 03.03.2017 Акт № 4496 от 03.03.2017 Лицензия № 68203568. Бессрочно. 17 18

4. Kaspersky Free (ежегодно обновляемое ПО). Условия использования по ссылке: <http://www.kaspersky.ru/free-antivirus/>. Бессрочно.

г) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

1) НБ ИГУ <http://library.isu.ru/ru>

2) ЭЧЗ «БиблиоТех» <https://isu.bibliotech.ru/>

3) ЭБС Издательство «Лань» <http://e.lanbook.com/>

4) ЭБС «Рукопт» <http://rucont.ru> - межотраслевая научная библиотека, содержащая оцифрованные книги, периодические издания и отдельные статьи по всем отраслям знаний, а также аудио-, видео-, мультимедиа софт и многое другое;

5) ЭБС «Айбукс» <http://ibooks.ru> - интернет ресурсы в свободном доступе.

Интернет источники:

Научные публикации в реферативных журналах по актуальным проблемам физики твердого тела, материалам микро- и нанoeлектроники. Электронные версии журналов: "Физика и техника полупроводников", "Материаловедение", "Физика твердого тела", "Журнал технической физики", "Письма в журнал технической физики", <http://journals.ioffe.ru>.

<http://perst.issp.ras.ru> – Информационный бюллетень "Перспективные технологии"

www.nanonewsnet.ru – Сайт о нанотехнологиях в России

www.nanodigest.ru – Интернет-журнал о нанотехнологиях

www.nano-info.ru – Сайт о современных достижениях в области микро- и нанотехнологий

www.nanometer.ru – Сайт нанотехнологического сообщества ученых

www.nano-portal.ru - Портал посвященный теме развития нанотехнологий и их внедрения в производство

<http://nuclphys.sinp.msu.ru/solidst/index.html> Электронный учебник Н.Г. Чеченин

Введение в физику твердого тела

<http://www.technosphaera.ru>

Доступ к полнотекстовым базам данных из сети Интранет ИГУ:

- Научная электронная библиотека www.eLibrary.ru (доступ к полным текстам ряда научных журналов с 2007 по настоящее время)

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля):

Чтение лекций сопровождается демонстрацией информации, для чего используются мультимедийные средства: переносной проектор, переносной экран, ноутбук. Использование глобальной компьютерной сети позволяет обеспечить доступность Интернет-ресурсов и реализовать самостоятельную работу студентов, в ходе которой они могут вычитывать научные статьи по темам курса. На факультете имеется компьютеризированная аудитория, предназначенная для самостоятельной работы, с неограниченным доступом в Интернет.

Лабораторный практикум по введению в специальность расположен в специальной учебной лаборатории факультета. Имеются компьютеры для обработки экспериментальных данных и модельных работ.

10. Образовательные технологии:

Задачи изложения и изучения дисциплины реализуются в следующих формах деятельности:

- **лекции**, нацеленные на получение необходимой информации, и ее использование при решении практических задач;
- **практические занятия**, направленные на активизацию познавательной деятельности студентов и приобретения ими навыков решения практических и проблемных задач;
- **лабораторные работы**, направленные на активизацию познавательной деятельности студентов и приобретения ими навыков решения практических и проблемных задач;
- **консультации** – еженедельно для всех желающих студентов;
- **самостоятельная внеаудиторная работа** направлена на приобретение навыков самостоятельного решения задач по дисциплине;
- **текущий контроль** за деятельностью студентов осуществляется на лекционных и практических занятиях в ходе самостоятельного решения задач, в том числе у доски.

На лекциях используются активные методы обучения (компьютерных симуляций, разбор конкретных ситуаций). Практические занятия проводятся в интерактивной форме. Лабораторные работы проводятся с использованием ПЭВМ с последующей защитой.

№ п/п	Виды учебной работы	Образовательные технологии
1-14	Лекция	Вводная лекция, информация лекция, лекция с элементами дискуссии, интерактивная лекция (лекция диалог), информационная лекция с элементами обратной связи, информационная лекция с элементами проблемных ситуаций.
1-14	Лабораторные занятия	Занятия проводятся в экспериментальной лаборатории на лабораторных установках, с последующим написанием отчета по лабораторной работе и его защите.

11. Оценочные средства (ОС):

Фонд оценочных средств представлен в Приложении к программе.

11.1. Оценочные средства для входного контроля (могут быть в виде тестов с закрытыми или открытыми вопросами).

11.2. Оценочные средства текущего контроля

Текущий контроль осуществляется в устной и письменной форме при выполнении студентами учебных заданий - решении задач и выполнении контрольных работ или тестовых заданий, выступлении с докладами по предложенным темам на протяжении всего курса. Текущий контроль направлен на выявление сформированности компетенции ОПК-3. Ответы студентов оцениваются по пятибалльной шкале, заносятся в журнал и используются как дополнительная информация при аттестации студентов в середине семестра и получении студентом зачета.

Промежуточная аттестация направлена на проверку сформированности компетенции ОПК-3 и проводится в форме выступления с докладами, контрольных работ, тестирования или коллоквиума по ранее изученным темам. Оценка выставляется по пятибалльной системе.

Пример тестовых заданий для проверки сформированности компетенции ОПК-3:

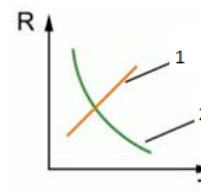
- Какой тип химической связи характерен для полупроводников?**
 - ионная связь;
 - ковалентная связь;
 - молекулярная связь;
 - металлическая связь.
- Выделите примеры фазовых переходов второго рода:**
 - плавление
 - переход ферромагнитных веществ (железа, никеля) при определенных давлении и температуре в парамагнитное состояние
 - кристаллизация
 - переход металлов и сплавов при температуре близкой к 0К, в сверхпроводящее состояние, характеризующееся скачкообразным уменьшением электрического сопротивления до нуля

3. **Оцените энергию микрочастицы, если ей соответствует волна де Бройля с частотой $\nu = 300 \text{ МГц}$**

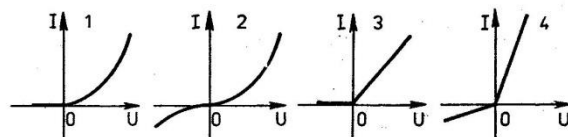
- а) $5 \cdot 10^{-31} \text{ Дж}$ б) $5 \cdot 10^{-25} \text{ Дж}$ в) $2 \cdot 10^{-25} \text{ Дж}$ г) $2 \cdot 10^{-31} \text{ Дж}$ д) $3 \cdot 10^{-27} \text{ Дж}$

4. **Зависимость -1 сопротивления от температуры на рисунке, характерна для:**

- а) проводников
б) полупроводников
в) диэлектриков



5. **Какой из графиков соответствует вольт-амперной характеристике p-n перехода?**



А.1. Б.2. В.3. Г.4.

6. **Что такое эпитаксия?**

- а) наращивание оксидной пленки на кристалле;
б) ориентированный рост одного кристалла на поверхности другого;
в) получение наночастиц путем испарения из макроскопического тела атома;
г) создание наноструктур на поверхности твердого тела

7. **Что такое фуллерены?**

- а) длинные углеродные структуры;
б) кластеры из более чем 40 атомов углерода, по форме представляющие шароподобные каркасные структуры;
в) наночастицы, растворенные в жидкой фазе;
г) шароподобные молекулы, содержащие атомы, размером меньше 100 нм.

8. **Какие поверхности позволяет исследовать туннельный микроскоп?**

- а) магнитные;
б) диэлектрические;
в) проводящие (проводники и полупроводники);
г) любые.

9. **Какие из указанных дефектов относятся к линейным?**

- а) электроны и дырки
б) дислокации и трещины
в) вакансии и атомы в междоузлиях
г) границы зерен и поверхность кристалла

10. **Длина волны де Бройля определяется формулой...**

- а) $\lambda = 2\pi / \omega$ б) $\lambda = cT$ в) $\lambda = \frac{h}{mv}$ г) $\lambda = d \sin \varphi$ д) $\lambda = \frac{\ln 2}{T}$

11.4. Оценочные средства для итогового контроля

Итоговый контроль направлен на проверку сформированности компетенции ОПК-3 проводится в форме зачета. Форма проведения зачета – устный по билетам или письменный в виде итогового теста. Зачет проводится перед экзаменационной сессией.

В течение семестра проводятся контрольные работы, устный опрос или промежуточное тестирование. Результат учитывается во время зачета.

Студент бакалавр допускается к зачету в том случае, если в течение семестра им выполнены все лабораторные работы предусмотренные курсом.

Критерии	ОЦЕНКА			
	ЗАЧТЕНО			НЕ ЗАЧТЕНО
Знание	Всесторонние глубокие знания	Знание материала в пределах программы	Отмечены пробелы в усвоении программного материала	Не знает основное содержание дисциплины
Понимание	Полное понимание материала, приводит примеры, дополнительные вопросы не требуются	Понимает материал, приводит примеры, но испытывает затруднения с выводами, однако достаточно полно отвечает на дополнительные вопросы	Суждения поверхностны, содержат ошибки, примеры не приводит, ответы на дополнительные вопросы неуверенные	С трудом формулирует свои мысли, не приводит примеры, не дает ответа на дополнительные вопросы
Применение проф. терминологии	Дает емкие определения основных понятий, корректно использует профессиональную терминологию	Допускает неточности в определении понятий, не в полном объеме использует профессиональную терминологию	Путает понятия, редко использует профессиональную терминологию	Затрудняется в определении основных понятий дисциплины, некорректно использует профессиональную терминологию
Соблюдение норм литературного языка	Соблюдает нормы литературного языка, преобладает научный стиль изложения	Соблюдает нормы литературного языка, допускает единичные ошибки	Допускает множественные речевые ошибки при изложении материала	Косноязычная речь искажает смысл ответа

**Примерный перечень вопросов к зачету по курсу:
«Введение в специальность»**

1. Типы межатомных связей.
2. Кристаллическая структура. Потенциальная и силовая функции взаимодействия частиц в кристалле. Кристаллы (атомные, металлические, молекулярные, ионные).
3. Кристаллическая решетка идеальных кристаллов. Типы кристаллических решеток. Параметры кристаллической решетки. Типы элементарных ячеек-решетки Браве.
4. Свойства кристаллов. Анизотропия. Аллотропия. Полиморфизм.
5. Аллотропные формы углерода.
6. Некристаллические твердые тела.
7. Методы получения кристаллов.
8. Дефекты в кристаллах. Классификация микродефектов кристаллов. Структурно-чувствительные свойства кристаллов. Рост кристаллов.
9. Основные представления квантовой механики.
10. Волновые свойства микрочастиц. Длина волны де Бройля. Соотношение неопределенностей Гейзенберга. Волновая функция и уравнение Шредингера.
11. Квантовая модель атома. Квантовые числа. Принцип запрета Паули.
12. Понятие о потенциальных ямах и барьерах. Простейшие виды низкоразмерных объектов (Квантовая яма, квантовая нить, квантовая точка).
13. Микрочастица в прямоугольной потенциальной яме.
14. Туннельный эффект.
15. Энергетический спектр кристалла. Зонные энергетические диаграммы.
16. Квантоворазмерные эффекты.
17. Энергетические уровни и зоны. Проводники, полупроводники и диэлектрики. Полупроводниковые материалы в твердотельной электронике.

18. Собственная электропроводность полупроводников. Зависимость электропроводности полупроводников от температуры.
19. Распределение электронов по энергетическим уровням. Энергия (уровень) Ферми.
20. Примесная электропроводность полупроводников (донорные и акцепторные примеси).
21. Процессы переноса зарядов в полупроводниках (дрейф и диффузия носителей заряда).
22. Электронно-дырочный переход. Вентильное свойство р-n- перехода. Вольт-амперная характеристика р-n- перехода. Виды пробоев р-n- перехода. Ёмкость р-n- перехода.
23. Контакт «металл-полупроводник». Переход Шоттки.
24. Контакт между полупроводниками одного типа проводимости.
25. Гетеропереходы.
26. Свойства омических переходов.
27. Полупроводниковые диоды. Биполярные и полевые транзисторы.
28. *Наночастицы и наноструктуры*. Классификация наноструктур. Наночастицы и нанокластеры. Роль поверхностных атомов. Магические числа. Углеродные наноструктуры. Нанокompозиты, нанопористые и нанофазные материалы.
29. *Методы получения и исследования наноструктур*. Общие характеристики физических методов. Технологии «сверху-вниз» и «снизу-вверх». Самоорганизация и самосборка в нанотехнологиях. Электронная микроскопия. Сканирующая туннельная микроскопия. Атомно-силовая микроскопия.
30. *Уникальные свойства наноструктур*. Число «ближайших соседей» в наночастице. Механическая прочность нанотрубок. Температура плавления наночастиц. Электросопротивление наноструктур. Магнетизм наноструктур. Цвет наночастиц. Сверхнизкие температуры и нанообъекты.
31. *Наноэлектроника и тенденции ее развития*. Одноэлектронное туннелирование. Резонансное туннелирование. Спинтроника. Сверхпроводниковая электроника. Нано- и квантовые компьютеры. Нанотехнологии в оптоэлектронике.

Программа составлена в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом по направлению подготовки **11.03.04 Электроника и наноэлектроника**.

Разработчик:



к.ф.-м.н., доцент Морозова Н.В.

Программа рассмотрена на заседании кафедры общей и экспериментальной физики

Протокол № 7 от 26. 03.2024 г.

Зав. Кафедрой



Гаврилюк А.А.

Настоящая программа, не может быть воспроизведена ни в какой форме без предварительного письменного разрешения кафедры-разработчика программы.