

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»

УТВЕРЖДАЮ

Директор по образовательной  
деятельности

С.Т. Князев  
2020 г.



### РАБОЧАЯ ПРОГРАММА МОДУЛЯ

Код модуля	Модуль
1152884	Физика твердого тела

Екатеринбург, 2020

Перечень сведений о рабочей программе модуля	Учетные данные
<b>Образовательная программа</b> Технологии радиационной безопасности Физика высокоэнергетических процессов	<b>Код ОП</b> 14.04.02/33.01 14.04.02/33.02
<b>Направление подготовки</b> Ядерные физика и технологии	<b>Код направления и уровня подготовки</b> 14.04.02

Программа модуля составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Сюрдо Александр Иванович	д.ф.-м.н.	профессор	Кафедра экспериментальной физики

**Согласовано:**

Управление образовательных программ



Р.Х. Токарева

## 1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОДУЛЯ Физика твердого тела

### 1.1. Аннотация содержания модуля

Модуль (дисциплина) «Физика твердого тела» изучает основные вопросы, связанные с получением студентами углубленных теоретических и практических знаний по взаимодействию ионизирующих излучений с твердым телом. В курсе рассматриваются обратимые и необратимые изменения свойств материалов под действием излучений.

Основу курса составляют установочные лекции, главным содержанием которых является освоение научно-теоретических основ, а также практические занятия для развития навыков проведения испытаний материалов на стойкость к воздействию радиационных факторов. Цель курса – формировать основные компетенции в области взаимодействия ионизирующих излучений с материалами полупроводниковыми и диэлектрическими материалами, а также с конструкционными материалами.

### 1.2. Структура и объем модуля

Таблица 1

№ п/п	Перечень дисциплин модуля в последовательности их освоения	Объем дисциплин модуля и всего модуля в зачетных единицах
1	Физика твердого тела	3
ИТОГО по модулю:		3

### 1.3. Последовательность освоения модуля в образовательной программе

Пререквизиты модуля	- Фундаментальные основы ядерных технологий
Постреквизиты и корреквизиты модуля	- Дозиметрия внешнего и внутреннего облучения

### 1.4. Распределение компетенций по дисциплинам модуля, планируемые результаты обучения (индикаторы) по модулю

Изучение дисциплины модуля предусматривает формирование компетенций посредством последовательного освоения результатов обучения на определенном уровне сложности содержания.

Результаты обучения по дисциплине – это конкретные знания, умения, опыт и другие результаты (содержательные компоненты компетенций), которых планируется достичь на этапе изучения дисциплины модуля и которые должны будут продемонстрированы обучающимися и оценены преподавателем по индикаторам/измеряемым критериям, включенным в формулировку результатов обучения.

Индикатор – это признак / сигнал/ маркер, который показывает, на каком уровне обучающийся должен освоить результаты обучения и их предъявление должно подтвердить факт освоения предметного содержания данной дисциплины.

Индикаторы должны учитываться при выборе и составлении заданий контрольно-оценочных мероприятий (оценочных средств) текущей и промежуточной аттестации.

Для образовательной программы Технологии радиационной безопасности 14.04.02/33.01

Перечень дисциплин модуля	Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения (индикаторы)
1	2	3
Физика твердого тела	ПК-1 - Способен формулировать цели и задачи исследования, выбирать критерии оценки, выявлять приоритеты решения задач	PO1-У ПК1 Составлять общий план работы по заданной теме, предлагать методы исследования и способы обработки результатов, проводить исследования по согласованному с руководителем плану, представлять полученные результаты. PO1-В ПК1 Иметь систематические знания по направлению деятельности; углубленные знания по выбранной направленности подготовки, базовые навыки проведения научно-исследовательских работ по предложенной теме.
	ПК-2 - Способен применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы	PO1-3 ПК2 Определять-современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы PO1-У ПК2 Применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы
	ПК-3 - Способен оформлять результаты научно- исследовательской деятельности в виде статей, докладов, научных отчетов и презентаций с использованием систем компьютерной верстки и пакетов офисных программ	PO1-В ПК3 Иметь практический опыт оформления результатов научно-исследовательской деятельности в виде статей, докладов, научных отчетов и презентаций с использованием систем компьютерной верстки и пакетов офисных программ.
	ПК-5 - Способен формулировать технические задания, использовать информационные технологии и пакеты прикладных программ при проектировании и расчете физических установок, использовать знания методов анализа эколого-экономической эффективности при	PO1-3 ПК5 Интерпретировать методы и процессы в своей предметной области, современное состояние развития науки и технологии в своей предметной области.

	проектировании и реализации проектов	
	ПК-6 - Способен проектировать, создавать и внедрять новые продукты и системы и применять теоретические знания в реальной инженерной практике	<p>РО1-3 ПК6 Определять принципы и методы расчета и проектирования деталей и узлов машиностроительных конструкций в соответствии с техническими заданиями, в том числе, с использованием стандартных средств автоматизации проектирования.</p> <p>РО2-3 ПК6 Определять правила разработки проектной и рабочей технической документации, оформления законченных проектно-конструкторских работ.</p> <p>РО1-У ПК6 Разрабатывать проектную и рабочую техническую документацию, оформлять законченные проектно-конструкторские работы, рассчитывать и проектировать детали и узлы приборов и установок с использованием стандартных средств автоматизации, разрабатывать проекты технических условий, стандартов и технических описаний установок и приборов, проводить расчеты, концептуальную и проектную проработку современных физических установок.</p>
	ПК-9 - Способность объективно оценить предлагаемое решение или проект по отношению к современному мировому уровню, подготовить экспертное заключение	<p>РО1-3 ПК9 Определять современный уровень развития науки и технологии, профессиональные проблемы в своей предметной области.</p> <p>РО1-У ПК9 Сравнивать предполагаемое решение или проект относительно мирового уровня, анализировать научно-техническую информацию по теме исследований</p>
	ПК-11 - Способен решать инженерно- физические и экономические задачи с помощью пакетов прикладных программ	<p>РО1-3 ПК11 Характеризовать методы расчета, проектирования, конструирования и модернизации электронной компонентной базы в соответствии с методическими и нормативными требованиями..</p> <p>РО1-У ПК11 Формулировать техническое задание на проведение исследований и разработок.</p>

Для образовательной программы Физика высокоэнергетических процессов 14.04.02/33.02

Перечень дисциплин модуля	Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения (индикаторы)
1	2	3

Физика твердого тела	ПК-1 - Способен формулировать цели и задачи исследования, выбирать критерии оценки, выявлять приоритеты решения задач	РО1-У ПК1 Составлять общий план работы по заданной теме, предлагать методы исследования и способы обработки результатов, проводить исследования по согласованному с руководителем плану, представлять полученные результаты. РО1-В ПК1 Иметь систематические знания по направлению деятельности; углубленные знания по выбранной направленности подготовки, базовые навыки проведения научно-исследовательских работ по предложенной теме.
	ПК-2 - Способен применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы	РО1-З ПК2 Определять-современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы РО1-У ПК2 Применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы
	ПК-3 - Способен оформлять результаты научно-исследовательской деятельности в виде статей, докладов, научных отчетов и презентаций с использованием систем компьютерной верстки и пакетов офисных программ	РО1-В ПК3 Иметь практический опыт оформления результатов научно-исследовательской деятельности в виде статей, докладов, научных отчетов и презентаций с использованием систем компьютерной верстки и пакетов офисных программ.

### 1.5. Форма обучения

Обучение по дисциплинам модуля может осуществляться в форме:

Очная;

## 2. СОДЕРЖАНИЕ И ОБЕСПЕЧЕНИЕ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИН МОДУЛЯ

*[для каждой дисциплины модуля разрабатывается отдельная программа].*

*[Для одной и той же дисциплины модуля разными авторами может быть разработано несколько программ, отличающихся результатами обучения и содержанием, а также разными уровнями сложности содержания]*

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ 1

### Физика твердого тела

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Сюрдо Александр Иванович	д.ф.-м.н.	профессор	Кафедра экспериментальной физики

Рекомендовано учебно-методическим советом физико-технологического института

Протокол № 3 от \_\_12.11.2020\_ г.

# 1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Физика твердого тела

## 1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология;
  - Базовый уровень

*\*Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания;*

*Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.*

## 1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
P1	Введение	Цели и задачи, связь с другими дисциплинами специальности. Физика твердого тела и научно-технический прогресс. Обзор учебной литературы по курсу. Требования к уровню знаний, формы контроля освоения содержания курса.
P2	Кристаллическое состояние твердых тел	Симметрия кристаллов. Операции симметрии. Точечные группы симметрии. Пространственная решетка. Кристаллические системы (сингонии).  Установка кристаллов и индексы Миллера. Примеры кристаллических структур. Дифракция в кристаллах. Анизотропия физических свойств кристаллов.
P3	Дефекты в кристаллических телах и их проявления	Дефекты кристаллической решетки.  Точечные дефекты, их классификация. Дефектообразование по Френкелю и Шоттки. Стехиометрия. Примесные дефекты. Комплексы точечных дефектов.  Линейные дефекты (дислокации), вектор Бюргерса. Плоские (двухмерные) дефекты.  Нанокристаллы, их особенности, применение в современных технологиях.  Радиационные (неравновесные) дефекты и особенности их образования. Упругий и неупругий механизмы



		радиационного дефектообразования. Ядерные взаимодействия и превращения.
<b>P4</b>	Типы связей в кристаллах	<p>Связь и силы Ван-дер-Ваальса-Лондона. Кристаллы инертных газов.</p> <p>Ионная связь. Ионные кристаллы. Электроотрицательность. Энергия связи, потенциал ионизации.</p> <p>Ковалентная связь. Ковалентные кристаллы. Степень ионности.</p> <p>Металлическая связь. Металлические кристаллы.</p> <p>Сравнение различных видов связи.</p>
<b>P5</b>	Электронная теория твердого тела	<p>Классификация твердых тел по электропроводности. Металлы, диэлектрики, полупроводники. Сверхпроводимость.</p> <p>Основы зонной теории. Стационарное уравнение Шредингера для кристалла. Одноэлектронное приближение. Электрон в периодическом поле. Функция Блоха. Свойства волнового вектора электрона в кристалле. Энергетический спектр электронов в одномерном кристалле. Модель Кронига-Пенни. Закон дисперсии для электрона. Схемы периодических, расширенных и приведенных зон</p> <p>Динамические свойства электрона в кристалле. Приближение эффективной массы. Положительная дырка. Распределение электронных уровней внутри энергетической зоны. Плотность электронных состояний. Заполнение энергетических зон электронами. Методы исследования энергетического спектра электронных состояний в твердых телах.</p>
<b>P6</b>	Физические свойства полупроводников.	<p>Собственные и примесные полупроводники. Функция распределения в статистике Ферми-Дирака. Концентрация носителей заряда в собственных и примесных полупроводниках при термодинамическом равновесии. Закон действующих масс. Зависимость концентрации носителей и положения уровня Ферми от температуры и концентрации примесей. Неравновесные носители заряда, виды их генерации и рекомбинации. Время жизни неравновесных носителей.</p> <p>Электропроводность. Подвижность носителей заряда. Дрейфовый и диффузионный токи в полупроводниках.</p> <p>Контактные явления. Работа выхода электрона. Контактная разность потенциалов. P-n-переход и МДП-структуры, их применение для регистрации фотонных и корпускулярных излучений.</p>

<p><b>P7</b></p>	<p>Оптические, тепловые, магнитные и диэлектрические свойства твердых тел</p>	<p>Оптические явления. Поглощение света, люминесценция и фотопроводимость на примере полупроводников и диэлектриков.</p> <p>Проявление дефектов кристаллической структуры диэлектриков в зонной схеме. Экспериментальные методы изучения дефектов кристаллической структуры. Центры окраски, их спектрально-оптические, люминесцентно-кинетические и ориентационные свойства. Конфигурационная диаграмма F-центра, его возбуждение, люминесценция, время жизни в возбужденном состоянии, ориентационные эффекты. Возможные приемы использования оптической абсорбции и фотолюминесцентных явлений в исследовании твердых тел и регистрации фотонных и корпускулярных излучений</p> <p>Радиолюминесценция, термостимулированная и оптически стимулированная люминесценция, их применение для регистрации фотонных и корпускулярных излучений. Общая схема релаксации электронных возбуждений в диэлектриках.</p> <p>Теплоемкость твердых тел, Теория теплоемкости Эйнштейна. Теория теплоемкости Дебая, температура Дебая. Теплоемкость металлов, электронный газ, плотность электронных состояний, функция распределения Ферми-Дирака. Тепловое расширение твердых тел. Ангармонизм. Теплопроводность диэлектриков и металлов, учет вклада свободных электронов. Температурная зависимость электропроводности.</p> <p>Классификация магнетиков. Диамагнетизм. Природа парамагнетизма и парамагнетики. Ферромагнетизм. Основные характеристики ферромагнетиков. Антиферро- и ферримагнетизм. Магнитный резонанс (ЭПР, ЯМР). Области практического применения.</p> <p>Поляризация диэлектриков в постоянном поле. Виды поляризации. Комплексная диэлектрическая проницаемость. Поляризация в переменном поле, частотная зависимость диэлектрической проницаемости. Диэлектрические потери. Пьезоэлектрики, пироэлектрики, сегнетоэлектрики, их применение.</p>
<p><b>P8</b></p>	<p>Заключение</p>	<p>Перспективы развития физики твердого состояния в XXI веке. Применение результатов теории для управления функциональными свойствами материалов современной техники. Использование дефектов структуры полупроводников и диэлектриков как фактора оптимизации режимов электронных процессов, параметров приборов и устройств различного назначения, включая дозиметрические.</p>

**1.3.**Программа дисциплины реализуется:  
на государственном языке Российской Федерации.

## **2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Электронные ресурсы (издания)**

Не используются

### **Печатные издания**

1. Епифанов Г.И. Физика твердого тела. 3 издание. М.: Высшая школа, 2010. - 288 с.
2. Матюхин В.Л., Ермаков В.Л. Физика твердого тела. 3 издание. М.: Высшая школа, 2010. - 224 с.
3. Ансельм. А.А. Введение в теорию полупроводников. 3 издание. М.: Высшая школа, 2008. - 624 с.
4. Гинзбург И.Ф. Введение в физику твердого тела. М.: Высшая школа, 2010. - 624 с.

### **Профессиональные базы данных, информационно-справочные**

Отсутствуют

### **Материалы для лиц с ОВЗ**

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

### **Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы**

1. Государственная публичная научно-техническая библиотека  
Режим доступа: <http://www.gpntb.ru>
2. Список библиотек, доступных в Интернет и входящих в проект «Либнет»  
Режим доступа: <http://www.valley.ru/-nicr/listrum.htm>
3. Российская национальная библиотека  
Режим доступа: <http://www.rsl.ru>
4. Публичная электронная библиотека  
Режим доступа: <http://www.gpntb.ru>
5. Библиотечная нормативно-технической литературы  
Режим доступа: <http://www.tehlit.ru>
6. Электронная библиотека нормативно-технической документации  
Режим доступа: <http://www.technormativ.ru>
7. Библиотека В. Г. Белинского  
Режим доступа: <http://book.uraic.ru>
8. База и Генератор Образовательных Ресурсов  
Режим доступа <http://bigor.bmstu.ru/>
9. Зональная научная Библиотека УрФУ.  
Режим доступа: <http://lib.urfu.ru>

## **3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением**

Таблица 3.1

№ п/п	Виды занятий	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
1	Лекции	Аудитория интерактивных средств обучения, оснащенная проектором с видеотерминалом персонального компьютера на настенный экран (Ф-349, 182). Учебная мебель на 32 рабочих места Рабочее место преподавателя (стол, стул) Доска учебная меловая	Microsoft Word
2	Лабораторные занятия	Учебно-исследовательская лаборатория «Физики твердого тела» для проведения лабораторного практикума, укомплектованная специализированным оборудованием, ПЭВМ для работы этого оборудования (Ф-268) Учебно-исследовательская лаборатория, укомплектованная специализированным оборудованием (Ф-355)	Microsoft Word
3	Консультации	Учебные аудитории, оснащенные учебной мебелью Рабочее место преподавателя (стол, стул) Доска учебная меловая	<b>Не предусмотрено</b>
4	Самостоятельная работа студентов	Учебные аудитории, оснащенные учебной мебелью Рабочее место преподавателя (стол, стул) Доска учебная меловая	<b>Не предусмотрено</b>