

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
«__» _____

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА МОДУЛЯ

Код модуля	Модуль
1152884	Физика твердого тела

Екатеринбург

Перечень сведений о рабочей программе модуля	Учетные данные
Образовательная программа 1. Физика высокоэнергетических процессов 2. Технологии радиационной безопасности	Код ОП 1. 14.04.02/33.02 2. 14.04.02/33.01
Направление подготовки 1. Ядерные физика и технологии	Код направления и уровня подготовки 1. 14.04.02

Программа модуля составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Огородников Игорь Николаевич	доктор физико- математических наук, профессор	Профессор	экспериментальной физики

Согласовано:

Управление образовательных программ

Р.Х. Токарева

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОДУЛЯ Физика твердого тела

1.1. Аннотация содержания модуля

Курс «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	1. Фундаментальные основы ядерных технологий
Постреквизиты и кореквизиты модуля	1. Дозиметрия внешнего и внутреннего облучения 2. Радиационная безопасность

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

Таблица 2

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,	З-1 - Формулировать цели и задачи научных исследований по направлению деятельности, базовые принципы и методы

<p>выбирать критерии оценки, выявлять приоритеты решения задач</p> <p>(Технологии радиационной безопасности)</p>	<p>их организации; основные источники научной информации и требования к представлению информационных материалов</p> <p>У-1 - Составлять общий план работы по заданной теме, предлагать методы исследования и способы обработки результатов, проводить исследования по согласованному с руководителем плану, представлять полученные результаты</p> <p>П-1 - Иметь систематические знания по направлению деятельности; углубленные знания по выбранной направленности подготовки, базовые навыки проведения научно-исследовательских работ по предложенной теме</p>
<p>ПК-1 - Способен формулировать цели и задачи исследования, выбирать критерии оценки, выявлять приоритеты решения задач</p> <p>(Физика высокоэнергетических процессов)</p>	<p>З-1 - Формулировать цели и задачи научных исследований по направлению деятельности, базовые принципы и методы их организации; основные источники научной информации и требования к представлению информационных материалов</p> <p>У-1 - Составлять общий план работы по заданной теме, предлагать методы исследования и способы обработки результатов, проводить исследования по согласованному с руководителем плану, представлять полученные результаты</p> <p>П-1 - Иметь систематические знания по направлению деятельности, углубленные знания по выбранной направленности подготовки, базовые навыки проведения научно-исследовательских работ по предложенной теме</p>
<p>ПК-1 - Способен формулировать цели и задачи исследования, выбирать критерии оценки, выявлять приоритеты решения задач</p> <p>(Физика высокоэнергетических процессов)</p>	<p>З-1 - Формулировать цели и задачи научных исследований по направлению деятельности, базовые принципы и методы их организации; основные источники научной информации и требования к представлению информационных материалов</p> <p>У-1 - Составлять общий план работы по заданной теме, предлагать методы исследования и способы обработки результатов, проводить исследования по</p>

		<p>согласованному с руководителем плану, представлять полученные результаты</p> <p>П-1 - Иметь систематические знания по направлению деятельности, углубленные знания по выбранной направленности подготовки, базовые навыки проведения научно-исследовательских работ по предложенной теме</p>
	<p>ПК-1 - Способен формулировать цели и задачи исследования, выбирать критерии оценки, выявлять приоритеты решения задач</p> <p>(Физика высокоэнергетических процессов)</p>	<p>З-1 - Формулировать цели и задачи научных исследований по направлению деятельности, базовые принципы и методы их организации; основные источники научной информации и требования к представлению информационных материалов</p> <p>У-1 - Составлять общий план работы по заданной теме, предлагать методы исследования и способы обработки результатов, проводить исследования по согласованному с руководителем плану, представлять полученные результаты</p> <p>П-1 - Иметь систематические знания по направлению деятельности, углубленные знания по выбранной направленности подготовки, базовые навыки проведения научно-исследовательских работ по предложенной теме</p>
	<p>ПК-2 - Способен применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы</p> <p>(Технологии радиационной безопасности)</p>	<p>З-1 - Сделать обзор принципов и методик оценивания результатов выполненной работы, критериев их измерения и оценки</p> <p>У-1 - Определять методики и оценивать результаты выполненной работы на основе принципов и объективных критериев оценки и измерения результатов</p> <p>П-1 - В соответствии с заданием разработать предложения по оцениванию результатов выполненной работы на основе методики и критериев оценивания и обосновать выбор формы представления результатов работы</p>
	<p>ПК-2 - Способен применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы</p>	<p>З-1 - Сделать обзор принципов и методик оценивания результатов выполненной работы, критериев их измерения и оценки</p> <p>У-1 - Определять методики и оценивать результаты выполненной работы на основе</p>

<p>(Физика высокоэнергетических процессов)</p>	<p>принципов и объективных критериев оценки и измерения результатов</p> <p>П-1 - В соответствии с заданием разработать предложения по оцениванию результатов выполненной работы на основе методики и критериев оценивания и обосновать выбор формы представления результатов работы</p>
<p>ПК-2 - Способен применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы</p> <p>(Физика высокоэнергетических процессов)</p>	<p>З-1 - Сделать обзор принципов и методик оценивания результатов выполненной работы, критериев их измерения и оценки</p> <p>У-1 - Определять методики и оценивать результаты выполненной работы на основе принципов и объективных критериев оценки и измерения результатов</p> <p>П-1 - В соответствии с заданием разработать предложения по оцениванию результатов выполненной работы на основе методики и критериев оценивания и обосновать выбор формы представления результатов работы</p>
<p>ПК-2 - Способен применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы</p> <p>(Физика высокоэнергетических процессов)</p>	<p>З-1 - Сделать обзор принципов и методик оценивания результатов выполненной работы, критериев их измерения и оценки</p> <p>У-1 - Определять методики и оценивать результаты выполненной работы на основе принципов и объективных критериев оценки и измерения результатов</p> <p>П-1 - В соответствии с заданием разработать предложения по оцениванию результатов выполненной работы на основе методики и критериев оценивания и обосновать выбор формы представления результатов работы</p>
<p>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</p>	<p>З-1 - Характеризовать последовательность использования систем компьютерной верстки и пакетов офисных программ для оформления результатов научно-исследовательской деятельности</p> <p>У-1 - Оценивать оформление результатов научно-исследовательской деятельности в различных видах на соответствие требованиям, выявлять несоответствия и необходимость корректировки</p> <p>П-1 - Оформлять в соответствии с требованиями результаты научно-исследовательской деятельности в виде</p>

<p>(Технологии радиационной безопасности)</p>	<p>статей, докладов, научных отчетов и презентаций, используя системы компьютерной верстки и пакеты офисных программ</p>
<p>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</p> <p>(Физика высокоэнергетических процессов)</p>	<p>З-1 - Характеризовать последовательность использования систем компьютерной верстки и пакетов офисных программ для оформления результатов научно-исследовательской деятельности</p> <p>У-1 - Оценивать оформление результатов научно-исследовательской деятельности в различных видах на соответствие требованиям, выявлять несоответствия и необходимость корректировки</p> <p>П-1 - Оформлять в соответствии с требованиями результаты научно-исследовательской деятельности в виде статей, докладов, научных отчетов и презентаций, используя системы компьютерной верстки и пакеты офисных программ</p>
<p>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</p> <p>(Физика высокоэнергетических процессов)</p>	<p>З-1 - Характеризовать последовательность использования систем компьютерной верстки и пакетов офисных программ для оформления результатов научно-исследовательской деятельности</p> <p>У-1 - Оценивать оформление результатов научно-исследовательской деятельности в различных видах на соответствие требованиям, выявлять несоответствия и необходимость корректировки</p> <p>П-1 - Оформлять в соответствии с требованиями результаты научно-исследовательской деятельности в виде статей, докладов, научных отчетов и презентаций, используя системы компьютерной верстки и пакеты офисных программ</p>
<p>ПК-3 - Способен оформлять результаты научно-исследовательской деятельности в виде статей, докладов, научных отчетов и презентаций с</p>	<p>З-1 - Характеризовать последовательность использования систем компьютерной верстки и пакетов офисных программ для оформления результатов научно-исследовательской деятельности</p> <p>У-1 - Оценивать оформление результатов научно-исследовательской деятельности в</p>

	<p>использованием систем компьютерной верстки и пакетов офисных программ</p> <p>(Физика высокоэнергетических процессов)</p>	<p>различных видах на соответствие требованиям, выявлять несоответствия и необходимость корректировки</p> <p>П-1 - Оформлять в соответствии с требованиями результаты научно-исследовательской деятельности в виде статей, докладов, научных отчетов и презентаций, используя системы компьютерной верстки и пакеты офисных программ</p>
--	--	--

1.5. Форма обучения

Обучение по дисциплинам модуля может осуществляться в очной формах.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Физика твердого тела

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Огородников Игорь Николаевич	доктор физико- математических наук, профессор	Профессор	экспериментально й физики

Рекомендовано учебно-методическим советом института Физико-технологический

Протокол № 9 от 14.05.2021 г.

1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- Огородников Игорь Николаевич, Профессор, экспериментальной физики

1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
 - 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	Кристаллические твердые тела и их физические свойства	Кристаллографические свойства. Классификация твердых тел; межатомные взаимодействия в твердых телах; идеальные кристаллы. Решетка Бравэ. Структура реальных кристаллов. Элементы динамики решетки. Тепловые колебания в твердых телах. Нормальные колебания. Фононы. Теплофизические свойства. Теплоемкость кристаллического твердого тела. Тепловое расширение твердых тел.
P2	Электронная теория металлов	Статистические методы в твердом теле. Плотность разрешенных состояний. Статистический способ описания состояний коллектива частиц. Невырожденные и вырожденные коллективы частиц. Функции распределения электронов. Классическая и квантовая статистики. Функции распределения для невырожденного и вырожденного коллективов. Распределение электронов в металле при абсолютном нуле. Влияние температуры на распределение Ферми-Дирака. Снятие вырождения
P3	Полупроводники	Понятие о полупроводниках. Эффективная масса. Понятие о дырках. Элементы динамики носителей заряда. Примесные уровни в полупроводниках. Проводимость и подвижность носителей заряда. Рассеяние носителей заряда. Механизмы рассеяния свободных носителей заряда. Примесная проводимость полупроводников.

Р4	Сверхпроводимость. Контактные явления. Электронно-дырочный переход	Явление сверхпроводимости. Влияние магнитного поля. Эффект Мейснера. Микроскопическая теория. Контактные явления с металлом. Виды электрических контактов. Контакт двух металлов. Контакт полупроводника с металлом. Выпрямление напряжения на контакте полупроводника с металлом. Электронно-дырочный переход. Контакт двух полупроводников с различными типами проводимости. Понятие электронно-дырочного перехода. Электронно-дырочный переход в условиях равновесия. Гетероструктуры.
Р5	Твердотельные радиационные детекторы	Детекторы на основе люминофоров. Люминесценция. Термостимулированная (ТСЛ) и оптически-стимулированная (ОСЛ) люминесценция. Рабочее вещество для ТСЛ- и ОСЛ-детекторов. Сцинтилляционные детекторы. Нестационарные явления в люминесценции. Неорганический сцинтиллятор. Сцинтилляционный детектор нейтронов. Полупроводниковые фотоприемники. Лавинный фотодиод. Нелюминесцентные детекторы. Поверхностно-барьерный детектор.

1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Направления воспитательной деятельности сопрягаются со всеми результатами обучения компетенций по образовательной программе, их освоение обеспечивается содержанием всех дисциплин модулей.

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Физика твердого тела

Электронные ресурсы (издания)

1. Перлин, Е. Ю.; Лекции по физике твердого тела : учебное пособие. 2. ; Университет ИТМО, Санкт-Петербург; 2019; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=566772> (Электронное издание)
2. Перлин, , Е. Ю.; Физика твердого тела. Оптика полупроводников, диэлектриков, металлов : учебное пособие.; Университет ИТМО, Санкт-Петербург; 2008; <http://www.iprbookshop.ru/65343.html> (Электронное издание)
3. Жданов, Г. С.; Физика твердого тела : монография.; Издательство МГУ, Москва; 1962; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=475621> (Электронное издание)
4. ; Физика твердого тела : учебное пособие.; Новосибирский государственный технический университет, Новосибирск; 2012; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=228969> (Электронное издание)
5. ; Физика твёрдого тела : практикум.; Поволжский государственный технологический университет, Йошкар-Ола; 2018; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=560391> (Электронное издание)
6. Гуртов, В. А.; Физика твердого тела для инженеров : учебное пособие.; Техносфера, Москва; 2012; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=233466> (Электронное издание)
7. ; Физика. Введение в твердотельную электронику : учебное пособие.; Издательство Южного федерального университета, Ростов-на-Дону, Таганрог; 2018; <http://www.iprbookshop.ru/87511.html> (Электронное издание)

Печатные издания

1. Павлов, П. В., Хохлов, А. Ф.; Физика твердого тела : учебник для студентов вузов, обучающихся по направлению "Физика" и специальностям "Физика и технология материалов и компонентов электронной техники", "Микроэлектроника и полупроводниковые приборы"; Высшая школа, Москва; 2000 (47 экз.)
2. Епифанов, Г. И.; Физика твердого тела : учеб. пособие для вузов.; Высшая школа, Москва; 1977 (27 экз.)
3. Епифанов, Г. И.; Физика твердого тела : учеб. пособие.; Лань, Санкт-Петербург [и др.]; 2011 (16 экз.)
4. Блейкмор, Д., Андрианов, Д. Г., Фистуль, В. И.; Физика твердого тела; Мир, Москва; 1988 (16 экз.)
5. Гуревич, А. Г.; Физика твердого тела : учеб. пособие для вузов.; ФТИ им. А. Ф. Иоффе РАН, Санкт-Петербург; 2004 (6 экз.)
6. Орешкин, П. Т.; Физика полупроводников и диэлектриков : [учебное пособие для вузов].; Высшая школа, Москва; 1977 (6 экз.)
7. , Калинин, Б. А.; Физика твердого тела : в 7 томах.; НИЯУ МИФИ, Москва; 2012 (20 экз.)
8. , Калинин, Б. А.; Радиационная физика твердого тела. Компьютерное моделирование : в 7 томах.; НИЯУ МИФИ, Москва; 2012 (20 экз.)
9. Волобуев, П. В., Курбатов, Л. В., Шульгин, Б. В.; Физика твердого тела : учебник. Ч. 1. ; УГТУ-УПИ, Екатеринбург; 2009 (11 экз.)
10. Волобуев, П. В., Курбатов, Л. В., Шульгин, Б. В.; Физика твердого тела : учебник. Ч. 2. ; УГТУ-УПИ, Екатеринбург; 2009 (10 экз.)
11. Уэрт, Ч., Тябликов, Р., Пахомов, А. С., Сумм, Б. Д.; Физика твердого тела; Мир, Москва; 1969 (10 экз.)

Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

1. Полнотекстовая БД American Chemical Society (<http://pubs.acs.org/>).
2. Полнотекстовая БД American Institute of Physics (<http://scitation.aip.org/>).
3. Полнотекстовая БД American Physical Society (<https://journals.aps.org/about>).
4. Полнотекстовая БД Annual Reviews Science Collection (<http://www.annualreviews.org>).
5. Полнотекстовая БД Applied Science & Technology Source (<http://search.ebscohost.com>).
6. Полнотекстовая БД eLibrary - научная электронная библиотека (<http://elibrary.ru>).
7. Реферативная БД INSPEC. EBSCO publishing (<http://search.ebscohost.com/>).
8. Полнотекстовая БД Institute of Physics (IOP) (<http://iopscience.iop.org/>).
9. Библиографическая БД Journal Citation Reports (JCR). Web of Science (<http://apps.webofknowledge.com/>).
10. Полнотекстовая БД Nature (<https://www.nature.com/siteindex>).
11. Полнотекстовая БД Optical Society of America (OSA) (<https://www.osapublishing.org/about.cfm>).
12. Полнотекстовая БД Questel Patent (<https://www.orbit.com/>).
13. Полнотекстовая БД Science AAAS (American Association for the Advancement of Science) (<http://www.sciencemag.org/>).

14. Полнотекстовая БД ScienceDirect Freedom Collection (<http://www.sciencedirect.com/>).
15. Реферативная БД Scopus (<http://www.scopus.com/>).
16. Полнотекстовая БД Springer Materials (<https://materials.springer.com/>).
17. Полнотекстовая БД Springer Nature Experiments (<https://experiments.springernature.com/>).
18. Полнотекстовая БД SpringerLink (<https://link.springer.com/>).
19. Реферативная БД Web of Science Core Collection (<http://apps.webofknowledge.com/>).
20. Полнотекстовая БД Wiley Journal Database (<http://onlinelibrary.wiley.com/>).

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. Министерство образования и науки Российской Федерации (<http://минобрнауки.рф/>).
2. Федеральный портал «Российское образование» (<http://www.edu.ru/>).
3. ООО Научная электронная библиотека (<http://elibrary.ru/defaultx.asp>).
4. Зональная научная библиотека УрФУ (<http://lib.urfu.ru>).
5. Электронный научный архив УрФУ (<https://elar.urfu.ru>).

3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Физика твердого тела

Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением

Таблица 3.1

№ п/п	Виды занятий	Оснащённость специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения
1	Лекции	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная	Не требуется
2	Лабораторные занятия	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в	OriginPro

		<p>соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами</p>	Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
3	Консультации	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p>	Не требуется
4	Текущий контроль и промежуточная аттестация	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p>	Не требуется
5	Самостоятельная работа студентов	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Персональные компьютеры по количеству обучающихся</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	OriginPro CRYSTAL17 Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES