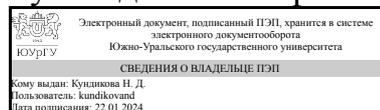


ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель направления



Н. Д. Кундикова

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины ФД.04 Радиационная стойкость изделий электронно-компонентной базы

для направления 03.04.01 Прикладные математика и физика

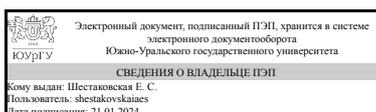
уровень Магистратура

форма обучения очная

кафедра-разработчик Вычислительная механика

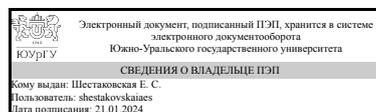
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 03.04.01 Прикладные математика и физика, утверждённым приказом Минобрнауки от 07.08.2020 № 898

Зав.кафедрой разработчика,
к.физ.-мат.н., доц.



Е. С. Шестаковская

Разработчик программы,
к.физ.-мат.н., доц., заведующий
кафедрой



Е. С. Шестаковская

1. Цели и задачи дисциплины

Ознакомление студентов с основами волновой оптики, физики полупроводников и твердотельных лазеров и их применением.

Краткое содержание дисциплины

Элементно-компонентная база. Источники ионизирующего излучения. Взаимодействие проникающих излучений с твердым телом. Моделирование взаимодействия ионизирующего излучения с веществом. Проведение испытаний на радиационную стойкость.

2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
ОПК-1 Способен применять фундаментальные и прикладные знания в области физико-математических и (или) естественных наук для решения профессиональных задач, в том числе в сфере педагогической деятельности	Знает: основы радиационной физики; основы численных расчетов переноса излучения Умеет: выделять доминирующие эффекты воздействия ионизирующего излучения определенного типа с заданной энергией на материал
ОПК-2 Способен самостоятельно осваивать и применять современные математические методы исследования, анализа и обработки данных, компьютерные программы, средства их разработки, научно-исследовательскую, измерительно-аналитическую и технологическую аппаратуру (в соответствии с избранным направлением прикладных математики и физики)	Знает: основы постановки ядерно-физического эксперимента; нормы радиационной безопасности Умеет: оценивать экспозиционную дозу для тормозного и рентгеновского излучения установок; оценивать поглощенную дозу в материале при облучении на установках Имеет практический опыт: определения нормы испытаний на моделирующих установках;

3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
1.О.06 Взаимодействие излучения с веществом, 1.О.05 Методы компьютерного моделирования физических процессов	Не предусмотрены

Требования к «входным» знаниям, умениям, навыкам студента, необходимым при освоении данной дисциплины и приобретенным в результате освоения предшествующих дисциплин:

Дисциплина	Требования
1.О.05 Методы компьютерного моделирования физических процессов	Знает: основные принципы построения моделей и их компьютерных реализаций; этапы создания программ для моделирования случайных и детерминированных процессов; основные этапы решения естественнонаучных задач с помощью ЭВМ, методы обработки массивов данных;

	<p>методы анализа числовых данных ;современное состояние вычислительных технологий; основные методы компьютерного моделирования, применяющимися в физике; Умеет: выбирать оптимальные методики создания и использования программ для решения физических задач; контролировать достоверность результатов и анализировать причину ошибок; визуализировать числовые данные, выделять зависимости; анализировать поставленную задачу, находить алгоритмы ее решения; Имеет практический опыт: формализации задачи и построения ее математической модели; , подготовки данных моделирования для визуализации; интерпретации численных данных, полученных в результате расчета; создания компьютерных программ</p>
1.О.06 Взаимодействие излучения с веществом	<p>Знает: процессы взаимодействия с веществом быстрых заряженных частиц, рентгеновского и гамма излучения, основы теории кинетического уравнения Больцмана; , методы решения уравнения переноса, основанные на преобразованиях Фурье, Лежандра, Лапласа; фундаментальные основы, подходы и методы математики, теоретической физики для описания процессов взаимодействия частиц с веществом. Умеет: формулировать основные уравнения теории столкновений и теории переноса; , находить приемлемые для конкретной задачи переноса излучения преобразования; применять знания фундаментальных основ, подходов и методов математики, теоретической физики для описания процессов взаимодействия частиц с веществом. Имеет практический опыт: выполнения преобразований Фурье, Лежандра, Лапласа; использования современных подходов и методов теоретической физики к описанию и анализу процессов взаимодействия частиц с веществом</p>

4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 ч., 38,25 ч. контактной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах
		Номер семестра
		3
Общая трудоёмкость дисциплины	108	108
<i>Аудиторные занятия:</i>	32	32
Лекции (Л)	16	16

Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	16	16
Лабораторные работы (ЛР)	0	0
Самостоятельная работа (СРС)	69,75	69,75
Подготовка к устным опросам	51,75	51,75
Подготовка к зачету	18	18
Консультации и промежуточная аттестация	6,25	6,25
Вид контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)	-	зачет

5. Содержание дисциплины

№ раздела	Наименование разделов дисциплины	Объем аудиторных занятий по видам в часах			
		Всего	Л	ПЗ	ЛР
1	Введение	2	2	0	0
2	Источники и детекторы ионизирующего излучения	4	2	2	0
3	Взаимодействие проникающих излучений с твёрдым телом	12	6	6	0
4	Моделирование взаимодействия ионизирующего излучения с веществом	4	2	2	0
5	Проведение испытаний на радиационную стойкость	10	4	6	0

5.1. Лекции

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол-во часов
1	1	Исторический экскурс. Понятие радиационной стойкости электроники. Элементно-компонентная база. Основная номенклатура элементов электронно-компонентной базы. Изменение топологических норм в электронике.	2
2	2	Характеристики излучений – диапазон энергий, длительность, интегральные потоки, дозы излучения, мощность дозы. Излучение ядерного взрыва. Космическое излучение. Детекторы излучения большой интенсивности для измерения характеристик излучения ядерного взрыва. Гамма-телескопы. Рентгеновские телескопы. ПЗС матрицы для детектирования оптического и рентгеновского излучения. Детекторы космического корпускулярного излучения. Особенности детекторов Большого адронного коллайдера.	2
3	3	Процессы образования радиационных центров в твёрдых телах. Взаимодействие проникающих излучений с твёрдым телом. Основные понятия. Первичные эффекты при облучении нейтронами. Взаимодействие тяжелых заряженных частиц с веществом. Взаимодействие электронов с веществом. Процессы взаимодействия гамма-квантов с полупроводниками: образование комптоновских электронов, фотоэлектронов, электронно-позитронных пар. Ионизационные потери энергии заряженных частиц. Взаимодействие нейтронов с твердым телом.	2
4	3	Термомеханические эффекты, возникающие при облучении. Расчет механических напряжений при неоднородном нагревании Структурные изменения при облучении. Смещение атомов в твердых телах при воздействии излучений. Пороговая энергия смещения атома из узла кристаллической решетки. Создание первичных и вторичных смещений. Пороговая энергия ионизации. Каскадная функция. Оценка полного количества смещений при различных видах излучений. Распределение	2

		дефектов при различных видах излучений. Возникновение примесных атомов в материалах за счет ядерных реакций.	
5	3	Реальная структура радиационных дефектов в кристаллах. Структурные комплексы в кремнии, образующиеся с участием вакансий. Структурные преобразования в облученном кремнии с участием междоузельных атомов. Проявление примеси. Аннигиляция вакансий и междоузлий и отжиг радиационных дефектов. Групповые радиационные дефекты. Радиационные дефекты в арсениде галлия и германии. Одиночные события. Классификация одиночных сбоев. Параметры чувствительности к одиночным сбоям. Сечение сбоев. Элементы микродозиметрии.	2
6	4	Моделирование взаимодействия ионизирующего излучения с веществом. Микроскопическое и макроскопическое сечение взаимодействия. Уравнение переноса. Приближение прямо-вперед. Диффузионное приближение. Приближение непрерывных потерь. Решение уравнения переноса. Сеточные методы. Методы Монте-Карло. Аналоговое и неаналоговое моделирование.	2
7	5	Моделирующие установки ВНИИТФ, ВНИИЭФ, Курчатовского института.	2
8	5	Проведение испытаний на радиационную стойкость. Система стандартов. Воздействующие факторы. Нормы испытаний. Определение норм испытаний. Методики испытаний	2

5.2. Практические занятия, семинары

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара	Кол-во часов
1	2	Источники и детекторы ионизирующего излучения. Решение задач.	2
2-4	3	Взаимодействие проникающих излучений с твёрдым телом. Решение задач.	6
5	4	Моделирование взаимодействия ионизирующего излучения с веществом. Решение задач.	2
6-8	5	Проведение испытаний на радиационную стойкость. Решение задач.	6

5.3. Лабораторные работы

Не предусмотрены

5.4. Самостоятельная работа студента

Выполнение СРС			
Подвид СРС	Список литературы (с указанием разделов, глав, страниц) / ссылка на ресурс	Семестр	Кол-во часов
Подготовка к устным опросам	ПУМД осн. 1-3, ПУМД доп.лит. 1-4; ЭУМД 1-4	3	51,75
Подготовка к зачету	ПУМД осн. 1-3, ПУМД доп.лит. 1-4; ЭУМД 1-4	3	18

6. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации

Контроль качества освоения образовательной программы осуществляется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе оценивания результатов учебной деятельности обучающихся.

6.1. Контрольные мероприятия (КМ)

№ КМ	Се-местр	Вид контроля	Название контрольного мероприятия	Вес	Макс. балл	Порядок начисления баллов	Учи-тыва-ется в ПА
1	3	Текущий контроль	Устный опрос	1	15	Задание содержит три теоретических вопроса. Каждый вопрос оценивается по пятибалльной шкале: дан полный ответ на вопрос - 5 баллов; дан полный ответ на вопрос, но имеются неточности в ответе - 4 балла; дан неполный ответ на вопрос, выделены основные положения - 3 балла; дан неполный ответ на вопрос, допущены 1-2 негрубые ошибки - 2 балла; дан неполный ответ на вопрос, допущены грубые ошибки - 1 балл; ответ отсутствует - 0 баллов.	зачет
2	3	Текущий контроль	Устный опрос	1	15	Задание содержит три теоретических вопроса. Каждый вопрос оценивается по пятибалльной шкале: дан полный ответ на вопрос - 5 баллов; дан полный ответ на вопрос, но имеются неточности в ответе - 4 балла; дан неполный ответ на вопрос, выделены основные положения - 3 балла; дан неполный ответ на вопрос, допущены 1-2 негрубые ошибки - 2 балла; дан неполный ответ на вопрос, допущены грубые ошибки - 1 балл; ответ отсутствует - 0 баллов.	зачет
3	3	Текущий контроль	Устный опрос	1	15	Задание содержит три теоретических вопроса. Каждый вопрос оценивается по пятибалльной шкале: дан полный ответ на вопрос - 5 баллов; дан полный ответ на вопрос, но имеются неточности в ответе - 4 балла; дан неполный ответ на вопрос, выделены основные положения - 3 балла; дан неполный ответ на вопрос, допущены 1-2 негрубые ошибки - 2 балла; дан неполный ответ на вопрос, допущены грубые ошибки - 1 балл; ответ отсутствует - 0 баллов.	зачет
4	3	Текущий контроль	Устный опрос	1	15	Задание содержит три теоретических вопроса. Каждый вопрос оценивается по пятибалльной шкале: дан полный ответ на вопрос - 5 баллов; дан полный ответ на вопрос, но имеются неточности в ответе - 4 балла; дан неполный ответ на вопрос, выделены основные положения - 3 балла; дан неполный ответ на вопрос, допущены 1-2 негрубые ошибки - 2 балла; дан неполный ответ на вопрос, допущены грубые ошибки - 1 балл; ответ отсутствует - 0 баллов.	зачет
5	3	Проме-жуточная аттестация	Устный опрос	-	25	Билет содержит пять теоретических вопросов. Каждый вопрос оценивается по пятибалльной шкале: дан полный ответ на вопрос - 5 баллов; дан полный ответ на вопрос, но имеются неточности в ответе - 4	зачет

						балла; дан неполный ответ на вопрос, выделены основные положения - 3 балла; дан неполный ответ на вопрос, допущены 1-2 негрубые ошибки - 2 балла; дан неполный ответ на вопрос, допущены грубые ошибки - 1 балл; ответ отсутствует - 0 баллов.	
--	--	--	--	--	--	--	--

6.2. Процедура проведения, критерии оценивания

Вид промежуточной аттестации	Процедура проведения	Критерии оценивания
зачет	Оценивание учебной деятельности обучающихся по дисциплине проводится на основе полученных оценок за контрольно-рейтинговые мероприятия текущего контроля. Прохождение всех контрольно-рейтинговых мероприятий текущего контроля обязательно. Если рейтинг студента по текущему контролю менее 60%, то он проходит мероприятие промежуточной аттестации. Контрольное мероприятие промежуточной аттестации проводится во время зачета в виде устного опроса. Студенту выдается билет, содержащий 5 вопросов из разных тем курса. Студенту дается 90 минут на подготовку ответов. Затем студент озвучивает свои ответы.	В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения

6.3. Паспорт фонда оценочных средств

Компетенции	Результаты обучения	№ КМ				
		1	2	3	4	5
ОПК-1	Знает: основы радиационной физики; основы численных расчетов переноса излучения	+	+	+		+
ОПК-1	Умеет: выделять доминирующие эффекты воздействия ионизирующего излучения определенного типа с заданной энергией на материал		+			+
ОПК-2	Знает: основы постановки ядерно-физического эксперимента; нормы радиационной безопасности				+	+
ОПК-2	Умеет: оценивать экспозиционную дозу для тормозного и рентгеновского излучения установок; оценивать поглощенную дозу в материале при облучении на установках					+
ОПК-2	Имеет практический опыт: определения нормы испытаний на моделирующих установках;					+

Типовые контрольные задания по каждому мероприятию находятся в приложениях.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Печатная учебно-методическая документация

а) основная литература:

1. Мухин К. Н. Экспериментальная ядерная физика : В 2 кн. . Кн. 2. - 5-е изд., перераб. и доп.. - М. : Энергоатомиздат, 1993. - 399 с. : ил.
2. Мухин К. Н. Экспериментальная ядерная физика : В 2 кн. . Кн. 1. - 5-е изд., перераб. и доп.. - М. : Энергоатомиздат, 1993. - 316 с. : ил.
3. Старосельский В. И. Физика полупроводниковых приборов микроэлектроники : учеб. пособие для вузов по специальности 210100

"Электроника и микроэлектроника" / В. И. Старосельский. - М. : ЮРАЙТ : Высшее образование, 2009. - 463 с. : ил.

б) дополнительная литература:

1. Сивухин Д. В. Общий курс физики : учеб. пособие для физ. специальностей вузов : в 5 т. . Т. 5 / Д. В. Сивухин. - 3-е изд., стер.. - М. : Физматлит, 2008. - 782 с. : ил.
2. Сивухин Д. В. Общий курс физики. Атомная и ядерная физика : учеб. пособие для физ. спец. вузов . Ч. 1. - М. : Наука, 1986. - 416 с. : ил.
3. Зи С. М. Физика полупроводниковых приборов : В 2 кн. . Кн. 1 / С. М. Зи; Пер. с англ. В. А. Гергеля; Под ред. Р. А. Суриса. - 2-е изд., перераб. и доп.. - М. : Мир, 1984. - 455 с.
4. Зи С. М. Физика полупроводниковых приборов : В 2 кн. . Кн. 2 / С. М. Зи; Пер. с англ. В. А. Гергеля; Под ред. Р. А. Суриса. - 2-е изд., перераб. и доп.. - М. : Мир, 1984. - 455 с.

в) отечественные и зарубежные журналы по дисциплине, имеющиеся в библиотеке:
Не предусмотрены

г) методические указания для студентов по освоению дисциплины:

1. Организация и методическое сопровождение самостоятельной работы студентов: методические указания / сост.: А.А. Айдерханова, Н.Л. Клиначева, Е.С. Шестаковская. – Челябинск, Издательский центр ЮУрГУ, 2021. – 35 с.

из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:

1. Организация и методическое сопровождение самостоятельной работы студентов: методические указания / сост.: А.А. Айдерханова, Н.Л. Клиначева, Е.С. Шестаковская. – Челябинск, Издательский центр ЮУрГУ, 2021. – 35 с.

Электронная учебно-методическая документация

№	Вид литературы	Наименование ресурса в электронной форме	Библиографическое описание
1	Основная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Таперо, К. И. Радиационные эффекты в кремниевых интегральных схемах космического применения: основы радиационной стойкости изделий электронной техники : учебное пособие / К. И. Таперо. — Москва : МИСИС, 2011. — 252 с. — ISBN 978-5-87623-415-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/116698 (дата обращения: 21.01.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
2	Дополнительная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Таперо, К. И. Основы радиационной стойкости изделий электронной техники : учебно-методическое пособие / К. И. Таперо, С. И. Диденко. — Москва : МИСИС, 2013. — 349 с. — ISBN 978-5-87623-661-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система.

			— URL: https://e.lanbook.com/book/116833 (дата обращения: 21.01.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
3	Методические пособия для самостоятельной работы студента	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Таперо, К. И. Расчет частоты и вероятности возникновения одиночных сбоев в БИС : методические указания / К. И. Таперо. — Москва : МИСИС, 2006. — 39 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/116697 (дата обращения: 21.01.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
4	Дополнительная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Проектирование и технология электронной компонентной базы: полупроводниковые приемники излучений : учебное пособие / С. А. Леготин, А. А. Краснов, Д. С. Ельников [и др.]. — Москва : МИСИС, 2018. — 188 с. — ISBN 978-5-906953-50-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/115280 (дата обращения: 21.01.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

Перечень используемого программного обеспечения:

1. Microsoft-Windows(бессрочно)
2. Microsoft-Office(бессрочно)
3. Math Works-MATLAB (Simulink R2008a, SYMBOLIC MATH)(бессрочно)

Перечень используемых профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

Нет

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Вид занятий	№ ауд.	Основное оборудование, стенды, макеты, компьютерная техника, предустановленное программное обеспечение, используемое для различных видов занятий
Практические занятия и семинары	707 (1)	персональные компьютеры
Лекции	708a (1)	Мультимедийное оборудование