

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»
Дмитровградский инженерно-технологический институт –
филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»
(ДИТИ НИЯУ МИФИ)

УТВЕРЖДАЮ:

Декан физико-технического факультета

(в состав которого входит кафедра-составитель)

«_____» _____ 2022 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.ОД.2.8 Радиационная физика твердого тела

Направление подготовки _____ *14.04.02 Ядерная физика и технологии*

Квалификация выпускника _____ *Магистр*

Профиль _____ *"Реакторное материаловедение"*

Форма обучения _____ *очная*

Выпускающая кафедра _____ *Кафедра Ядерных реакторов и материалов*

Кафедра-разработчик рабочей программы _____ *Кафедра Ядерных реакторов и материалов*

Семестр	Трудоемкость час. (ЗЕТ)	Лекций, час.	Практич. занятий, час.	Лаборат. работ, час.	СРС, час.	Форма промежуточного контроля (экз., час./зачет)
3	144 (4)	18	36		54	экзамен, 36
Итого	144 (4)	18	36		54	экзамен, 36

Дмитровград
2022

СОДЕРЖАНИЕ

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....	3
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОП ВО.....	3
3. КОМПЕТЕНЦИИ СТУДЕНТА, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ / ОЖИДАЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБРАЗОВАНИЯ И КОМПЕТЕНЦИИ СТУДЕНТА ПО ЗАВЕРШЕНИИ ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ.....	4
4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....	4
4.1. Структура дисциплины.....	4
4.2. Содержание дисциплины.....	5
4.2.1. Наименование тем, их содержание и объём в часах.....	5
4.2.2 Темы практических занятий, их содержание и объём в часах.....	6
4.2.3. Темы лабораторных занятий, их содержание и объём в часах.....	7
4.3 Организация самостоятельной работы студентов.....	8
5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ.....	8
5.1. Образовательные технологии.....	8
5.2. Информационные технологии.....	8
6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ВХОДНОГО И ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ И ИТОГОВОЙ АТТЕСТАЦИИ (АННОТАЦИЯ).....	9
6.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы.....	9
6.1.1. Модели контролируемых компетенций.....	9
6.1.2. Программа оценивания контролируемой компетенции:.....	9
6.2. Оценочные средства для входной, текущей и промежуточной аттестации (аннотация).....	10
7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....	10
7.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы.....	10
7.2. Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет».....	11
7.3. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.....	11
8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....	11

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Интенсивное развитие современной энергетики, связанное с созданием ядерных реакторов и проектированием термоядерных установок, заставило физиков обратить пристальное внимание на изучение закономерностей в поведении конструкционных материалов, подверженных действию высокоэнергетического облучения, непременно сопровождающего высвобождение энергии в ядерных и термоядерных процессах. Чтобы используемые в различных узлах конструкций энергетических установок материалы не сдерживали темпов развития энергетики, необходимо детальное понимание физических процессов взаимодействия жестких излучений с веществом, и на основе этого создание таких материалов, которые выдерживали бы действие излучений в течение длительного времени. Именно недостаток знаний о радиационных воздействиях на вещества является основной причиной, сдерживающей темпы развития и совершенствования современных энергетических установок и радиационных технологий.

Раздел физики, занимающийся исследованием поведения твердых тел под облучением, получил название радиационная физика твердого тела.

Цель дисциплины – ознакомление студентов с основными физическими явлениями, которые происходят в твердых телах под действием ядерных излучений и приводят к изменению макроскопических свойств материалов ядерно-энергетических установок, экспериментальными методами исследования механических, электрофизических, оптических свойств из-за образования дефектов кристаллической решетки и эволюции дефектной структуры в процессе облучения.

Задачи дисциплины:

- ознакомить студентов с основными представлениями о взаимодействии различных видов ионизирующих излучений с веществом, приводящим к радиационному дефектообразованию;
- рассмотреть механизмы диффузионных и других радиационно-стимулированных процессов в металлах и сплавах.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОП ВО

Дисциплина Радиационная физика твердого тела относится к обязательным дисциплинам *вариативной* части блока 1 профессионального модуля учебного плана.

Необходимыми условиями для освоения дисциплины являются: знание основных разделов математики, физики, квантовой механики, умения строить математические модели физических процессов, решать дифференциальные уравнения, владение культурой мышления, обобщения, анализа, восприятия информации.

3. КОМПЕТЕНЦИИ СТУДЕНТА, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ / ОЖИДАЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБРАЗОВАНИЯ И КОМПЕТЕНЦИИ СТУДЕНТА ПО ЗАВЕРШЕНИИ ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина направлена на формирование следующих компетенций:

Таблица 3.1 – Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

Код компетенции	Содержание компетенции
ПК-1	способность к созданию теоретических и математических моделей, описывающих конденсированное состояние вещества, распространение и взаимодействие излучения с веществом, физику кинетических явлений или процессы в реакторах, ускорителях или воздействие ионизирующего излучения на материалы, человека и объекты окружающей среды
ПК-3	способность использовать фундаментальные законы в области физики атомного ядра и частиц, ядерных реакторов, конденсированного состояния вещества, экологии в объеме, достаточном для самостоятельного комбинирования и синтеза реальных идей, творческого самовыражения

В результате изучения дисциплины студент должен:

1) Знать:

3.1 характеристики первичных радиационных повреждений и методы расчета дозы повреждений при облучении различными видами ядерных излучений;

3.2 основные типы радиационных дефектов и их взаимосвязь с изменением макроскопических свойств материалов.

2) Уметь:

У.1 рассчитывать концентрации радиационных дефектов;

У.2 уметь использовать свойства и характеристики ионизирующих излучений различных типов для прогнозирования эксперимента и анализа его результатов.

3) Владеть:

В.1 пониманием физических изменений, возникающих в твердых телах под влиянием высокоэнергетических частиц и излучения;

В.2 основными приемами моделирования эволюции дефектной структуры кристаллов при облучении.

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Структура дисциплины

Общая трудоемкость (объем) дисциплины составляет 3 зачетных единицы (ЗЕТ), 108 академических часов.

№ п/п	Раздел учебной дисциплины	Виды учебной деятельности, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)					Текущий контроль успеваемости (неделя, форма)	Аттестация раздела (неделя, форма)	Максимальный балл за раздел
		Лекции	Практ. работы	Лаб. работы	В т.ч. в ИФ	Самостоятельная работа			
3 семестр									
1	Упругое взаимодействие двух тел	6	12		3	18	1А3, ЗУО	5ДЗ	20

2	Взаимодействие частицы с кристаллом	4	8		2	16	7А3, 9УО	11ДЗ	15
3	Элементарная теория каскадов	8	16		5	20	13А3, 15УО	17ДЗ	25
	Экзамен							19Э	40
Итого за 2 семестр:		18	36	0	10	54			100

ИК – итоговый контроль, ДР – домашняя работа, КР – контрольная работа.

4.2. Содержание дисциплины

Удельный вес проводимых в активных и интерактивных формах проведения аудиторных занятий по дисциплине составляет 18%.

4.2.1. Наименование тем, их содержание и объём в часах

Раздел 1. Упругое взаимодействие двух тел

Тема 1.1. Характеристики, описывающие взаимодействие излучения с веществом (2 часа)

Прицельный параметр (расстояние), угол рассеяния частиц (в лабораторной системе отсчета или в системе центра масс), дифференциальное и полное сечения рассеяния, длина свободного пробега частиц между столкновениями, векторный и полный линейный пробеги, проективный пробег, коэффициенты отражения, поглощения и прохождения. Алгоритм вычисления полного линейного пробега. Способы описания упругого взаимодействия. Классическое, релятивистское и квантовое описание рассеяния.

Тема 1.2. Парные столкновения (2 часа)

Самопроизвольный распад частицы. Скорости в Ц-системе и в Л-системе. Диаграмма распада. Векторная импульсная диаграмма до и после столкновения. Упругое столкновение налетающей частицы с покоящейся. Коэффициент эффективности передачи энергии. Упругое столкновение частиц равных масс. Центральные (лобовые) столкновения. Максимальная энергия, которую может получить в результате столкновения покоящаяся частица.

Тема 1.3. Общее уравнение движения частиц (2 часа)

Задача об отклонении одной частицы массой m в центральном поле $U(r)$ неподвижного силового центра. Минимальное расстояния сближения с центром. Угол рассеяния. Примеры описания рассеяния в классическом случае. Потенциал «жесткой сердцевинки». Степенной потенциал $U(r) = \alpha / r$. Формула Резерфорда. Степенной потенциал $U(r) = \beta/r$.

Тема 1.4. Приближения для рассеивающих потенциалов (2 часа)

Виды потенциалов ионно-атомного взаимодействия. Модель Томаса-Ферми. Потенциал Томаса-Ферми. Функция экранирования. Радиус экранирования по Фирсову. Потенциал Мольера. Потенциал Бора. Потенциал Борна-Майера. Потенциал Кулона. Приближенные методы описания рассеяния. Приближенные потенциалы и условия их выбора. Приближенные выражения для описания рассеяния. Скользящие соударения. Центральные соударения.

Раздел 2. Взаимодействие частицы с кристаллом

Тема 2.1. Кооперативные эффекты при рассеянии классических частиц (2 часа)

Кинематическая теория рассеяния. Атомный фактор, структурный фактор. Обратная решетка и ее основные свойства. Условия формирования дифракционного максимума.

Геометрическое представление условия дифракции. Сфера распространения (сфера Эвальда). Каналирование. Каналирование при внешнем облучении. Траектория налетающей частицы в поле линейной цепочки атомов. Критический угол каналирования. Каналирование и блокировка при внутреннем облучении. Эффект блокировки (эффект теней). Критический угол блокировки.

Тема 2.2. Динамика дефектообразования при облучении (2 часа)

Образование элементарных радиационных дефектов. Первично-выбитые атомы (ПВА). Возможные механизмы образования френкелевской пары. Спонтанная рекомбинация. Фокусированные соударения и динамические краудионы. Параметр фокусировки. Дополнительная фокусировка кольцом атомов. Анизотропия дефектообразования при малых энергиях первично-выбитого атома. Метод молекулярной динамики. Рекомбинационный объем. Пороговая энергия дефектообразования. Зависимость пороговой функции от энергии ПВА.

Раздел 3. Элементарная теория каскадов

Тема 3.1. Каскады атомных столкновений (2 часа)

Каскады атомных столкновений. Элементарная модель образования каскада (модель Кинчина-Пиза, TRN-стандарт). Влияние неупругих потерь энергии на образование каскада. Энергия возбуждения. Баланс энергии в каскаде. Виды каскадов и их описание. Длины свободного пробега движущихся атомов. Разреженные каскады. Функция распределения.

Тема 3.2. Плотные каскады (2 часа)

Условия образования плотных каскадов. Гидродинамические переменные и законы сохранения. Эволюции плотного каскада на «гидродинамической» стадии. Классификация плотных каскадов. Сегрегация радиационных дефектов. Термические и атермические перестройки в конце каскада столкновений, явление насыщения радиационными дефектами при больших дозах облучения. Процессы после завершения каскада.

Тема 3.3. Количественная оценка степени радиационного воздействия на материалы (2 часа)

Плотность потока (флакс), интегральный поток (флюенс). Каскадная функция (эффективность образования радиационных дефектов). Особенности действия ионизирующих излучений на металлы и сплавы (вакансионное распухание, радиационное упрочнение, радиационное охрупчивание, влияние облучения на фазовую стабильность сплавов). Характерные стадии отжига в металлах для различных типов излучения в процессе и после облучения.

4.2.2 Темы практических занятий, их содержание и объём в часах

Раздел 1. Упругое взаимодействие двух тел

Тема 1.1. Характеристики, описывающие взаимодействие излучения с веществом (4 часа)

Вычисление полного линейного пробега. Определение области применимости классических, релятивистских и квантовомеханических приближений. Расчеты сечений электрон - атомных столкновений применительно к различным типам излучения и энергии налетающих частиц.

Тема 1.2. Парные столкновения (4 часа)

Самопроизвольный распад частицы. Скорости в Ц-системе и в Л-системе. Диаграмма распада. Векторная импульсная диаграмма до и после столкновения. Упругое столкновение налетающей частицы с покоящейся. Коэффициент эффективности передачи энергии.

Упругое столкновение частиц равных масс. Центральные (лобовые) столкновения. Максимальная энергия, которую может получить в результате столкновения покоившаяся частица.

Тема 1.3. Общее уравнение движения частиц (4 часа)

Решение задач о движении частицы массой m в центральном поле $U(r)$ неподвижного силового центра для различных рассеивающих потенциалов $U(r)$.

Тема 1.4. Приближения для рассеивающих потенциалов (4 часа)

Решение задач на приближенные методы описания рассеяния. Выбор необходимого приближенного потенциала. Приближенные выражения для описания рассеяния. Скользящие соударения. Центральные соударения.

Раздел 2. Взаимодействие частицы с кристаллом

Тема 2.1. Кооперативные эффекты при рассеянии классических частиц (4 часа)

Расчеты равновесных концентраций дефектов, энергий образования и миграции дефектов в различных моделях (квазихимическое приближение, модель жесткой сферы, приближение упругой среды). Расчеты энергий образования и миграции комплексов точечных дефектов. Определение условий взаимных превращений точечных, линейных и объемных дефектов. Расчеты энергии образования дислокаций, пределов упругости при отсутствии и при наличии дислокаций. Образование дислокаций при облучении твердых тел. Взаимодействие дислокаций с точечными дефектами.

Тема 2.2. Динамика дефектообразования при облучении (4 часа)

Кинетика накопления точечных дефектов при облучении кристаллов. Порядок реакции. Влияние взаимной рекомбинации, дислокационных и поверхностных стоков. Оценки пороговой энергии смещения атомов и размеров зоны неустойчивости пар Френкеля для различных типов кристаллов. Пороговая функция смещения атомов. Оценка роли анизотропии пороговой энергии и многочастичного характера элементарного акта дефектообразования. Расчеты зоны неустойчивости точечных дефектов в металлах.

Раздел 3. Элементарная теория каскадов

Тема 3.1. Каскады атомных столкновений (4 часа)

Расчет каскадных функций в модели Кинчина-Пиза для различного типа излучений и энергии налетающих частиц. Определение значений энергии, при которых первично выбитый атом входит в пик смещения и выходит из него. Оценка вкладов динамических эффектов в высокоэнергетической и низкоэнергетической областях каскада в каскадную функцию.

Тема 3.2. Плотные каскады (4 часа)

Расчет концентраций вакансий и междоузельных атомов на динамической стадии облучения. Выбор сечений рассеяния и каскадной функции для различных типов излучений и энергии налетающих частиц.

Тема 3.3. Количественная оценка степени радиационного воздействия на материалы (4 часа)

Расчеты радиационных изменений свойств металлов (вакансионное распухание, радиационное упрочнение). Определение энергии активации и идентификация дефектов, отжигающихся на различных стадиях в металлах по экспериментальным данным изохронного и изотермического отжига.

4.2.3. Темы лабораторных занятий, их содержание и объём в часах

Лабораторные работы не предусмотрены учебным планом направления подготовки.

4.3 Организация самостоятельной работы студентов

Учебным планом дисциплины на самостоятельную работу студентов отводится 54 часа во 2 семестре.

В качестве самостоятельной работы студент выполняет задания, указанные в учебниках, сборниках задач и методических материалах. В качестве самостоятельной работы студент может: а) проработать конспект лекций, вывести расчетные формулы; б) Выполнить домашнюю работу по теме практического занятия; в) проработка разделов, вынесенных на самостоятельное изучение.

Также предусмотрено время самостоятельной работы для подготовки к итоговым контрольным по разделам.

Вид самостоятельной работы	Самостоятельная работа студента (СРС)
2 семестр	
Изучение теоретического материала (задания лектора)	4
Подготовка к контрольным работам и тестам по материалам лекций	4
Подготовка отчетов о решаемых задачах и защита домашних работ	36
Зачет	10
Итого по учебному плану за 2 семестр	54

Отчетность по самостоятельной работе – опрос студента на лекционных занятиях, зачете, защита домашних работ и решение контрольных заданий.

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

5.1. Образовательные технологии

При реализации программы курса «Радиационная физика твердого тела» используются различные образовательные технологии. Аудиторные занятия проводятся в форме лекций. Практические занятия проводятся в форме семинаров по коллективному отысканию решения задач.

Используются следующие типы проведения лекционных занятий:

- контекстное обучение;
- междисциплинарное обучение.
- информационная лекция;
- лекция-визуализация;
- лекция с разбором конкретной задачи.

Используются следующие типы проведения практических занятий:

- мозговой штурм. Наиболее свободная форма дискуссии, позволяющей быстро включить в работу всех членов учебной группы. Используется там, где требуется генерация разнообразных идей, их отбор и критическая оценка. Этапы продуцирования идей и их анализа намеренно разделены: во время выдвижения идей запрещается их критика. Внешне одобряются и принимаются все высказанные идеи. Больше ценится количество выдвинутых идей, чем их качество. Идеи могут высказываться без обоснования;

- работа в группе: совместная работа студентов при аудиторном решении задач;
- занятия с применением затрудняющих условий (временные ограничения).

5.2. Информационные технологии

Для лекционных демонстраций используется следующее программное обеспечение:

- средство подготовки презентаций Microsoft PowerPoint;
- проигрыватель Windows Media Player.

6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ВХОДНОГО И ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ И ИТОГОВОЙ АТТЕСТАЦИИ (АННОТАЦИЯ)

6.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы

Текущий контроль студентов производится в дискретные временные интервалы лектором и преподавателем, ведущим практические занятия по дисциплине в следующих формах:

- контроль посещения лекционных занятий;
- устные опросы;
- работа у доски на практических занятиях;
- отдельно оцениваются личностные качества студента (аккуратность,

исполнительность, инициативность) – своевременная сдача письменных домашних заданий (до 5 баллов в семестр за активность).

Промежуточный контроль студентов производится в следующих формах:

- контрольные работы;
- индивидуальные домашние задания.

Итоговый контроль по результатам 3 семестра по дисциплине проходит в форме зачета по вопросам.

6.1.1. Модели контролируемых компетенций

В результате изучения дисциплины студент должен:

1) Знать:

3.1 характеристики первичных радиационных повреждений и методы расчета дозы повреждений при облучении различными видами ядерных излучений;

3.2 основные типы радиационных дефектов и их взаимосвязь с изменением макроскопических свойств материалов.

2) Уметь:

У.1 рассчитывать концентрации радиационных дефектов;

У.2 уметь использовать свойства и характеристики ионизирующих излучений различных типов для прогнозирования эксперимента и анализа его результатов.

3) Владеть:

В.1 пониманием физических изменений, возникающих в твердых телах под влиянием высокоэнергетических частиц и излучения;

В.2 основными приемами моделирования эволюции дефектной структуры кристаллов при облучении.

6.1.2. Программа оценивания контролируемой компетенции:

№ п/п	Контролируемые разделы дисциплины	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства	
			текущий	рубежный
1	Упругое взаимодействие двух тел	ПК-1, ПК-3	ДР-1	КР-1
2	Взаимодействие частицы с кристаллом	ПК-1, ПК-3	ДР-2	КР-1
3	Элементарная теория каскадов	ПК-1, ПК-3	ДР-3	КР-1

Формами аттестации по дисциплине являются домашние, контрольные работы и экзамен в 3-м семестре.

6.2. Оценочные средства для входной, текущей и промежуточной аттестации (аннотация)

№	Наименование оценочного средства*	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде
1	Аудиторные задачи	Комплекс учебных заданий для группы обучающихся. Позволяет оценить умения обучающихся работать в группе при решении практических задач и проблем, ориентироваться в информационном пространстве и уровень сформированности аналитических, исследовательских навыков, навыков практического и творческого мышления.	Комплект задач для семинарских занятий
2	Домашняя работа	Средство, позволяющее оценить теоретическую подготовленность и кругозор студента. Позволяет оценить умения обучающихся самостоятельно конструировать свои знания в процессе решения практических задач.	Задания для самостоятельного решения
3	Контрольная работа	Средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу	Комплект контрольных заданий по вариантам

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

7.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Таблица 7.1 – Обеспечение дисциплины основной и дополнительной литературой по дисциплине

Основная литература

1. Дегтяренко Н.Н. Свойства дефектов и их ансамблей, радиационная физика твердого тела: Учебное пособие. М.: НИЯУ МИФИ, 2011. – 200 с.
2. Григорьев Е.Г., Перлович Ю.А., Соловьев Г.И., Удовский А.Л., Якушин В.Л.. Физическое материаловедение: Учебник для вузов / Под общей ред. Б.А. Калина. – Том 4. Физические основы прочности. Радиационная физика твердого тела. Компьютерное моделирование. – М.: МИФИ, 2008. – 696 с.
3. Ванина Е.А., Веселова Е.М., Рокосей В.А.. Упорядочение радиационных дефектов в неорганических системах: монография. – Благовещенск: Изд-во АмГУ, 2014. – 116 с.
4. Углов В.В. Радиационные эффекты в твердых телах. – Минск: БГУ, 2011. – 207 с.

Дополнительная литература

1. Томпсон М. Дефекты и радиационные повреждения в металлах. – М.: Мир, 1971. – 367 с.
2. Кирсанов В.В., Суворов А.Л., Трушин Ю.В. Процессы радиационного дефектообразования в металлах. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 272 с.
3. Ибрагимов Ш.Ш., Кирсанов В.В., Пятилетов Ю.С. Радиационные повреждения металлов и сплавов. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 240 с.

4. Ахиезер И.А., Давыдов Л.Н. Введение в теоретическую радиационную физику металлов и сплавов. – Киев: Наукова Думка, 1985. – 142 с.
5. Лейман К. Взаимодействие излучения с твердым телом и образование элементарных дефектов. – М.: Атомиздат, 1979. – 296 с.
6. Винецкий В.Л., Холодарь Г.А. Радиационная физика полупроводников. – Киев: Наукова Думка, 1979. – 335 с.
7. Шалаев А.М. Радиационно-стимулированные процессы в металлах. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 175с.
8. Купчишин А.И., Потатий К.В. Радиационное дефектообразование ионизирующими излучениями в металлах. – Методическая разработка для студентов физического факультета. – Алма-Ата, КазГУ, 1985. – 48 с.
9. Динс Дж., Виньярд Дж. Радиационные эффекты в твердых телах. – М.: ИЛ, 1960. – 243 с.

7.2. Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. Научная электронная библиотека elibrary.ru, <http://elibrary.ru/>
2. Электронная библиотечная системаиздательства Лань, www.e.lanbook.com.
3. Электронное периодическое издание «КнигаFund.Ru», <http://www.knigafund.ru/>
4. Сайт «В помощь студентам, изучающим физику», <http://www.iatehysics.narod.ru>
5. ЭБС НИЯУ МИФИ, <http://library.mephi.ru>
6. ЭБС «Политтехресурс» («Консультант студента»), <http://www.studmedlib.ru/>
7. ЭБС «Айбукс», <http://ibooks.ru/>
8. ЭБС «Купер Бук», <http://kuperbook.biblioclub.ru/>
9. ЭБС «Лань», <http://e.lanbook.com/>

7.3. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Электронная обработка данных при решении задач, возможность чтения лекций с использованием электронного курса лекций, использование справочных ресурсов сети Интернет.

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Учебная дисциплина обеспечена учебно-методической документацией и материалами. Ее содержание представлено в локальной сети института и находится в режиме свободного доступа для студентов. Для преподавания дисциплины возможно использование мультимедийных презентаций.

Лекционные занятия:

- комплект электронных учебников,
- аудитория корп.3; оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер),
- рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет,
- рабочие места студентов, оснащенные компьютерами с доступом в Интернет, предназначенные для работы в электронной образовательной среде.

Программное обеспечение – MS Office: Exel, PowerPoint; Windows Media Player, Adobe Reader XI.

9. РЕКОМЕНДАЦИИ СТУДЕНТАМ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

вид учебных занятий	Организация деятельности студента
Лекция	Как правило, для успешного усвоения информации, полученной визуально и на

	<p>слух, не достаточно одного присутствия на лекции. Так же как невозможно запомнить полностью однократно просмотренный фильм. Лучше всего запоминается:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) постоянно перечитываемое и пересматриваемое; 2) информация, полученная в стрессовом состоянии. <p>Второй способ является наиболее энергозатратным и допустим лишь при подготовке к контрольным или экзаменам.</p> <p>Реализация же первого способа состоит в следующем. В течение лекции производится конспектирование полученной информации в тетрадь.</p> <p>Обязательны для фиксирования: основные понятия, определения физических явлений и величин, вводимые для них единицы измерения, вербальная формулировка законов и теорем (записи закона в виде формулы недостаточно, т.к. буквенные обозначения для формул в различных источниках различаются).</p> <p>После лекции в тот же день следует проработать конспект посредством сравнения его с рекомендованными литературными источниками. Однотипные сведения желательно сворачивать в таблицы или представлять в виде графиков. Составление графиков и таблиц по изученному позволяет наилучшим образом структурировать полученные сведения.</p> <p>Согласно традициям крупнейших вузов возможность задавать вопросы предоставляется студентам только в конце лекции, после изложения всего запланированного материала. Это связано с тем, что в таких учебных заведениях лекции обычно читаются потоку, объединенному из нескольких групп студентов (50-100 человек).</p> <p>При условии малого количества студентов в аудитории (5-15 человек) возможен визуальный контакт лектора с каждым, поэтому в небольших вузах, включая наш, есть уникальная возможность задавать уточняющие вопросы по мере их возникновения. Это способствует повышению интерактивности обучения и вовлеченности студента в учебный процесс.</p>
<p>Практические занятия</p>	<p>Стать инженером или физиком невозможно без постоянной практики решения инженерных задач и регулярного отслеживания новых достижений в выбранной области знания. Поэтому в качестве основных форм проведения практических занятий практикуют:</p> <ul style="list-style-type: none"> - семинары по решению задач по алгоритму или коллективно методом мозгового штурма; - поиск ответов на заранее заданные контрольные вопросы; - заслушивание докладов студентов по теме реферата с последующим обсуждением.
<p>Контрольная работа/индивидуальные задания</p>	<p>Контрольная работа является одной из форм промежуточного контроля успеваемости студентов. Проводится на аттестационной неделе 2-3 раза в семестр. Виды контрольных работ:</p> <ul style="list-style-type: none"> - решение задач по вариантам; - тестирование с взаимопроверкой результатов; - ответы на контрольные вопросы, проработанные в течение семестра по вариантам.
<p>Подготовка к экзамену</p>	<p>Обязательно следует заново проработать составленные за семестр конспекты лекций, прорешать все аудиторные и домашние задачи, перечитать теоретические введения к лабораторным работам.</p> <p>Недопустимо пытаться готовиться к зачету или экзамену по чужому конспекту лекций. Каждый человек привыкает к собственному списку обычно используемых обозначений, сокращений, стенографических значков и др. Поэтому чужой конспект столь же нечитаем, как текст на неизвестном иностранном языке.</p>

	Если студент пропустил некоторые лекции, то конспект к ним следует составить самостоятельно, используя рекомендованные учебные пособия.
--	---