

**Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования Московской области
«Международный университет природы, общества и человека «Дубна»
(университет «Дубна»)**

Факультет естественных и инженерных наук

Кафедра «Ядерная физика»

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДИСЦИПЛИНЫ

**Введение в радиационную физику твердых тел и радиационное
материаловедение**

направления 010700.68 «Физика»

Магистерская программа «Физика ядра и элементарных частиц»

Дубна, 2011 г.

УМК разработан (ученая степень, ученое звание, фамилия, имя, отчество разработчиков)
профессор кафедры «Ядерная физика», д.ф.-м.н. Скуратов В.А.

Протокол заседания кафедры «Ядерная физика»

№ _____ от « ____ » _____ 201__ г.

Заведующий кафедрой _____ /Оганесян Ю.Ц./
(подпись)

СОГЛАСОВАНО

Декан факультета _____ /Деникин А.С. /
(подпись)

« ____ » _____ 201__ г.

Проректор по учебной работе _____ /Моржухина С.В. /
(подпись)

« ____ » _____ 201__ г.

СОДЕРЖАНИЕ

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА	4
ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ	8
1. Выписка из ГОС ВПО	10
2. Аннотация	10
3. Цели и задачи дисциплины.....	10
4. Требования к уровню освоения содержания дисциплины.....	11
5. Объем дисциплины и виды учебной работы.....	11
6. Разделы дисциплины, виды и объем занятий	11
7. Учебно-методическое обеспечение дисциплины	13
8. Материально-техническое обеспечение дисциплины	14
9. Формы контроля и оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.....	14
Учебно-методические материалы	16
1. Учебно-методические материалы для студентов:.....	16
2. Методические рекомендации для преподавателей:	17
Материалы, устанавливающие содержание и порядок проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	19
1. Варианты контрольных работ:.....	19
2. Пример экзаменационного билета для проведения экзамена:	19
3. Вопросы для самоконтроля:	19

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА.

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 и радиационное материаловедение.

Задачей данного курса является 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. Значительное внимание уделяется применению пучков низко- и высокоэнергетических ионов для модификации свойств различных твердых тел.

При разработке учебно-методического комплекса «Введение в радиационную физику твердых тел и радиационное материаловедение» особое внимание уделялось тому, чтобы ее содержание было ориентировано на изложение материала с учетом современного состояния предмета, а также с использованием современных компьютерных и Интернет технологий при организации учебного процесса и самостоятельной работы студентов.

Международный университет природы, общества и человека «Дубна»
УЧЕБНО-ТЕМАТИЧЕСКИЙ (КАЛЕНДАРНЫЙ) ПЛАН ДИСЦИПЛИНЫ

Учебно-методическая карта дисциплины «Введение в радиационную физику твердых тел и радиационное материаловедение»
 Кафедра «Ядерная физика»,
 направление 010700 «Физика» Магистерская программа «Физика ядра и элементарных частиц», курс 5, семестр 10, 2011/2012 учебного года

Утверждаю:

проректор Моржухина С.В,
 «___» _____ 201__г.

Виды и содержание учебных занятий											Самостоятельная работа студентов		
Номер и дата недели	Лекции (....1.... час в неделю)*						Практические занятия (1 час в неделю)	Лабораторные работы (__ час. в неделю)		Вид задания	Содержание	часы	форма контроля
	В аудитории			Самостоятельное изучение				№	название				
	Дата лекции	час	Содержание	Исп. ТСО	Содержание и раздел учебника (глава, параграф)	Форма контроля							
1 нед		1	Введение. Дефекты кристаллического строения. Предмет радиационной физики твердого тела и радиационного материаловедения. Типы межатомных связей и кристаллов. Классификация дефектов в кристаллах.	КП	Материалы лекций.	Контрольный опрос (КО)				А	Повторение материала лекций. Решение задач на тему «Анализ и обработка экспериментальных данных по радиационной повреждаемости материалов».	3	
2 нед		1	Общие представления о радиационной повреждаемости материалов. Смещения атомов вещества и первично выбитые атомы (ПВА). Характеристики первичных радиационных повреждений. Экспериментальные методы определения пороговой энергии образования смещений.	КП	Материалы лекций.	КО				А	Повторение материала лекций. Решение задач на тему «Определение характеристик первичных радиационных повреждений».	4	
3 нед		1	Образование радиационных дефектов в твердых телах заряженными частицами. Неупругие столкновения заряженных частиц. Потери энергии на ионизацию. Упругие столкновения заряженных частиц с атомами вещества. Потенциалы и сечения взаимодействия.	КП	Материалы лекций.	КО				А	Повторение материала лекций. Решение задач на тему «Изучение различных механизмов радиационного повреждения твердых тел при нейтронном облучении на примере доступных экспериментальных данных».	3	
4 нед		1	Механизмы радиационного повреждения твердых тел при нейтронном облучении. Критерии моделирования повреждений, вызываемых нейтронами, на пучках тяжелых заряженных частиц.	КП	Материалы лекций.	КО				А	Повторение материала лекций. Решение задач на тему «Изучение различных механизмов радиационного повреждения твердых тел при нейтронном облучении на примере доступных экспериментальных данных».	4	
5 нед		1	Каскады атомных смещений и каскадная функция. Пространственное распределение дефектов в каскадах. Развитие каскадов смещений при низких и высоких энергиях ПВА. Эффективность образования дефектов на каскадах смещений.	КП	Материалы лекций.	КО				А	Повторение материала лекций. Решение задач на тему «Определение механических свойств облученных металлов и сплавов на основе анализа экспериментальных данных».	3	
6 нед		1	Процессы аннигиляции и отжига радиационных дефектов. Радиационно-стимулированная диффузия и уравнения баланса точечных дефектов. Эволюция дефектной структуры при низких и высоких температурах облучения.	КП	Материалы лекций.	КО				А	Повторение материала лекций. Решение задач на тему «Определение механических свойств облученных металлов и сплавов на основе анализа экспериментальных данных».	4	
7 нед		1	Механические свойства облучен-	КП	Материалы лекций.	КО				А	Повторение материала лекций.	3	

			ных металлов и сплавов. Низко- и высокотемпературное радиационное упрочнение. Радиационное охрупчивание. Барьерная модель радиационного упрочнения.			ионного легирование на основе анализа экспериментальных данных.				Решение задач на тему «Изучение механизмов ионного распыления и ионного легирование на основе анализа экспериментальных данных».			
8 нед		1	Радиационная ползучесть реакторных материалов. Основные стадии радиационной ползучести. Механизмы радиационной ползучести и радиационного роста.	КП	Материалы лекций.	КО	Изучение механизмов ионного распыления и ионного легирование на основе анализа экспериментальных данных.			А	Повторение материала лекций. Решение задач на тему «Изучение механизмов ионного распыления и ионного легирование на основе анализа экспериментальных данных».	4	
9 нед		1	Радиационное распухание. Вакансионное и газовое радиационное распухание. Зависимость распухания от температуры облучения и уровня радиационных повреждений. Способы подавления радиационного распухания.	КП	Материалы лекций.	КО	Исследование структуры кристаллов на основе анализа малоуглового рентгеновского рассеяния.			А	Повторение материала лекций. Решение задач на тему «Исследование структуры кристаллов на основе анализа малоуглового рентгеновского рассеяния».	3	
10 нед		1	Ионное распыление поверхности твердых тел. Коэффициент распыления. Блистеринг. Механизмы ионного распыления. Ионное легирование. Ионное перемешивание. Внутрореакторные испытания механических свойств. Параметры кривых напряжение-деформация.	КП	Материалы лекций.	КО	Исследование структуры кристаллов на основе анализа малоуглового рентгеновского рассеяния.			А	Повторение материала лекций. Решение задач на тему «Исследование структуры кристаллов на основе анализа малоуглового рентгеновского рассеяния».	4	
11 нед		1	Ядерно-физические методы исследований структуры кристаллов. Спектрометрия обратного резерфордского рассеяния. Рентгеновская дифракция. Малоугловое рентгеновское рассеяние. Электронная микроскопия. Сканирующая туннельная микроскопия.	КП	Материалы лекций.	КО	Моделирование радиационных повреждений, вызываемых осколками деления в реакторных материалах.			А	Повторение материала лекций. Решение задач на тему «Моделирование радиационных повреждений, вызываемых осколками деления в реакторных материалах».	3	
12 нед		1	Измерение электрического сопротивления. Связь между электропроводностью и концентрацией дефектов. Оптические методы исследований. Оптическое поглощение. Люминесценция.	КП	Материалы лекций.	КО	Моделирование радиационных повреждений, вызываемых осколками деления в реакторных материалах.			А	Повторение материала лекций. Решение задач на тему «Моделирование радиационных повреждений, вызываемых осколками деления в реакторных материалах».	4	
13 нед		1	Латентные треки в полимерах, диэлектриках, металлах. Механизмы формирования латентных треков. Модель термического пика. Механизм кулоновского взрыва. Моделирование радиационных повреждений, вызываемых осколками деления в реакторных материалах. Наноразмерные структуры, формируемые единичными ионами высоких энергий.	КП	Материалы лекций.	КО	Контрольная работа по изученному материалу.			А	Повторение материала лекций. Подготовка к сдаче зачета.	3	
										АЛ	Всего	45	
										КТП	Всего		

Сокращения: А - задание к практическим занятиям; Л - задание к лабораторным занятиям; К - контрольные задания; Т - типовой расчет; П - курсовой проект;

Учебная литература

№	Название, автор, год издания	Примечания
1		
2		

Дата _____ Лектор _____

Утверждаю

Практ. занятия _____

зав. кафедрой _____ /Оганесян Ю.Ц./

Государственное образовательное учреждение высшего
профессионального образования Московской области
**МЕЖДУНАРОДНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ПРИРОДЫ, ОБЩЕСТВА
И ЧЕЛОВЕКА «ДУБНА»**
(университет «Дубна»)

Факультет естественных и инженерных наук

Кафедра «Ядерная физика»

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

_____ С. В. Моржухина

« ____ » _____ 20__ г.

ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**Введение в радиационную физику твердых тел и радиаци-
онное материаловедение**

направления 010700.68 Физика

Магистерская программа «Физика ядра и элементарных частиц»

Форма обучения: очная

Уровень подготовки: *магистр*

Курс (семестр): 5(10)

г. Дубна, 2011 г.

Программа дисциплины «Введение в радиационную физику твердых тел и радиационное материаловедение» по направлению «Физика»: Учебная программа. Автор: – Дубна: Университет «Дубна», 2011.

Автор программы:

д.ф.-м.н. Скуратов В.А., профессор кафедры «Ядерная физика»

_____ (подпись)

Программа составлена в соответствии с Государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования и учебным планом по направлению подготовки 010700.68 Физика.

Программа рассмотрена на заседании кафедры «Ядерная физика»

Протокол заседания № _____ от «____» _____ 201__ г.

Заведующий кафедрой _____ /Оганесян Ю.Ц./

Рецензент: _____
(ученая степень, ученое звание, Ф.И.О., место работы, должность)

ОДОБРЕНО декан факультета _____ /Деникин А.С./

«____» _____ 201__ г.

Руководитель библиотечной системы _____ /В.Г. Черепанова/

1. Выписка из ГОС ВПО

Дисциплина «Введение в радиационную физику твердых тел и радиационное материаловедение» входит в блок дисциплин направления, устанавливаемых вузом, предусмотренный государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования в рамках Основной образовательной программы по направлению подготовки магистров 510400 «Физика», магистерская программа 510401 «Физика ядра и элементарных частиц», утвержденному МО РФ пр. № 177 ен/маг от 17.03.2000 г.

2. Аннотация

2.1. Место курса в профессиональной подготовке и требования к уровню подготовки студентов

Для изучения курса «Введение в радиационную физику твердых тел и радиационное материаловедение» студент должен обладать знаниями, полученными при изучении курсов высшей математики, общей физики, квантовой механики, взаимодействия заряженных частиц с веществом, нейтронной физики и других спецкурсов.

Материалы курса могут стать важной составляющей при работе над подготовкой дипломного проекта.

2.2. Формы работы студентов

В ходе изучения дисциплины предусмотрены семинарские занятия и выполнение домашних работ. Отдельные темы теоретического курса прорабатываются студентами самостоятельно в соответствии с планом самостоятельной работы и конкретными заданиями преподавателя с учетом индивидуальных особенностей студентов.

Преподавание данной дисциплины предусматривает активное использование следующих методов обучения: мультимедийных презентаций по темам лекций и практических занятий; в т.ч. инновационных методов: ознакомлением с действующими установками ОИЯИ, использованием образовательных Интернет-ресурсов.

Самостоятельная работа студентов, предусмотренная учебным планом, выполняется в ходе семестра в форме подготовки к семинарским занятиям, выполнения домашних работ.

Перечень обязательных видов работы студента:

- посещение лекционных занятий;
- ответы на теоретические вопросы на семинаре;
- решение практических задач и заданий на семинаре;
- выполнение контрольных работ;
- выполнение домашних работ.

2.3. Форма текущего и итогового контроля

Текущий контроль заключается в проверке домашнего задания.

Промежуточный контроль проводится с целью определения качества усвоения пройденного лекционного материала. Наиболее эффективным является его проведение в письменной форме – по контрольным вопросам, тестам, и т.п. Контроль проводится в виде сдачи всеми без исключения студентами контрольных заданий – задач во время проведения практических занятий (проводится в сроки установленные календарным планом).

В ходе изучения дисциплины студенты выполняют контрольные работы, сдают зачет по теоретической и по практической части.

3. Цели и задачи дисциплины

Интенсивное развитие современной энергетики, связанное с созданием ядерных реакторов и проектированием термоядерных установок, заставило физиков 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 и радиационное материаловедение.

Задачей данного курса является 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. Значительное внимание уделяется применению пучков низко- и высокоэнергетических ионов для модификации свойств различных твердых тел.

4. Требования к уровню освоения содержания дисциплины.

В результате изучения дисциплины студенты должны знать:

- характеристики первичных радиационных повреждений и методы расчета дозы повреждений при облучении различными видами ядерных излучений,
- основные типы радиационных дефектов и их взаимосвязь с изменением макроскопических свойств материалов,
- экспериментальные методы исследования механических, электрических и оптических свойств облученных материалов,
- основные структурные эффекты высокоэнергетического ионного облучения.

5. Объем дисциплины и виды учебной работы¹

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры	
		10	
Общая трудоёмкость	71	71	
Аудиторные занятия:	26	26	
Лекции	13	13	
Практические занятия (ПЗ)	13	13	
Семинары			
Лабораторные работы (ЛР)			
Самостоятельная работа:	45	45	
Контрольные работы			
Реферат			
Курсовая работа			
Промежуточная аттестация		зачет	

6. Разделы дисциплины, виды и объем занятий²

№ п.п.	Раздел дисциплины	Лекции	ПЗ(С)	ЛР	СР
1	Введение. Кристаллы и межатомные взаимодействия. Дефекты кристаллического строения	2	2		5

¹ Объем часов на каждый вид учебной работы должен обязательно быть согласован с учебным планом по данной специальности.

² Для дисциплин федерального компонента (см. ГОС ВПО) разделы дисциплин и/или их содержание должны включать полное описание дисциплины, данной в ГОС ВПО.

2	Взаимодействие излучений с веществом	2	2		10
3	Эволюция дефектной структуры под облучением	2	2		5
4	Физические механизмы изменения макроскопических свойств материалов под облучением	3	3		10
5	Экспериментальные методы исследования свойств облученных материалов	2	2		10
6	Структурные эффекты высокоэнергетического ионного облучения	2	2		5

Содержание разделов дисциплины.

1. Введение. Дефекты кристаллического строения

Предмет радиационной физики твердого тела и радиационного материаловедения. Типы межатомных связей и кристаллов. Ионная связь. Ковалентная связь. Металлическая связь. Молекулярная связь. Классификация дефектов в кристаллах. Точечные или нульмерные дефекты. Энергии образования точечных дефектов. Линейные или одномерные дефекты. Двумерные и трехмерные дефекты.

2. Взаимодействие излучений с веществом

2.1 Общие представления о радиационной повреждаемости материалов. Смещения атомов вещества и первично выбитые атомы (ПВА). Характеристики первичных радиационных повреждений: пороговая энергия образования смещений, энергетические спектры ПВА, взвешенные спектры ПВА, медианная энергия ПВА. Экспериментальные методы определения пороговой энергии образования смещений.

2.2 Образование радиационных дефектов в твердых телах заряженными частицами. Неупругие столкновения заряженных частиц. Потери энергии на ионизацию. Упругие столкновения заряженных частиц с атомами вещества. Потенциалы и сечения взаимодействия.

2.3 Механизмы радиационного повреждения твердых тел при нейтронном облучении. Образование смещенных атомов быстрыми нейтронами. Образование смещенных атомов медленными и тепловыми нейтронами. Критерии моделирования повреждений, вызываемых нейтронами, на пучках тяжелых заряженных частиц.

3. Эволюция дефектной структуры под облучением

3.1 Каскады атомных смещений и каскадная функция. Пространственное распределение дефектов в каскадах. Развитие каскадов смещений при низких и высоких энергиях ПВА. Эффективность образования дефектов на каскадах смещений.

3.2 Процессы аннигиляции и отжига радиационных дефектов. Радиационно-стимулированная диффузия и уравнения баланса точечных дефектов. Эволюция дефектной структуры при низких и высоких температурах облучения.

4. Физические механизмы изменения макроскопических свойств материалов под облучением

4.1 Механические свойства облученных металлов и сплавов. Низко- и высокотемпературное радиационное упрочнение. Радиационное охрупчивание. Барьерная модель радиационного упрочнения.

- 4.2 Радиационная ползучесть реакторных материалов. Основные стадии радиационной ползучести. Механизмы радиационной ползучести и радиационного роста.
- 4.3 Радиационное распухание. Вакуационное и газовое радиационное распухание. Зависимость распухания от температуры облучения и уровня радиационных повреждений. Способы подавления радиационного распухания.
- 4.4 Ионное распыление поверхности твердых тел. Коэффициент распыления. Блистеринг. Механизмы ионного распыления. Ионное легирование. Ионное перемешивание.

5. Экспериментальные методы исследования свойств облученных материалов

- 5.1 Внутриреакторные испытания механических свойств. Испытания на растяжение/сжатие и ползучесть. Параметры кривых напряжение-деформация.
- 5.2 Ядерно-физические методы исследований структуры кристаллов. Спектрометрия обратного резерфордского рассеяния. Рентгеновская дифракция. Малоугловое рентгеновское рассеяние. Электронная микроскопия. Сканирующая туннельная микроскопия.
- 5.3 Измерение электрического сопротивления. Связь между электропроводностью и концентрацией дефектов.
- 5.4 Оптические методы исследований. Оптическое поглощение. Люминесценция. Фото-, катодо-, термолюминесценция. In situ ионнолюминесценция и пьезоспектроскопия твердых тел.

6. Структурные эффекты высокоэнергетического ионного облучения

- 6.1 Латентные треки в полимерах, диэлектриках, металлах. Механизмы формирования латентных треков. Модель термического пика. Механизм кулоновского взрыва.
- 6.2 Моделирование радиационных повреждений, вызываемых осколками деления в реакторных материалах. Наноразмерные структуры, формируемые единичными ионами высоких энергий.

Практические занятия (семинары).

№ п.п.	№ раздела дисциплины	Наименование практических занятий (семинаров)
1	2	Анализ и обработка экспериментальных данных по радиационной повреждаемости материалов. Определение характеристик первичных радиационных повреждений.
2	2	Изучение различных механизмов радиационного повреждения твердых тел при нейтронном облучении на примере доступных экспериментальных данных.
3	4	Определение механических свойств облученных металлов и сплавов на основе анализа экспериментальных данных.
4	4	Изучение механизмов ионного распыления и ионного легирования на основе анализа экспериментальных данных.
5	5	Исследование структуры кристаллов на основе анализа малоуглового рентгеновского рассеяния.
6	6	Моделирование радиационных повреждений, вызываемых осколками деления в реакторных материалах.

Лабораторный практикум учебным планом не предусмотрен.

7. Учебно-методическое обеспечение дисциплины

7.1. Основная литература³

- 1.
- 2.
- 3.

7.2. Дополнительная литература

- 1.
- 2.
- 3.

7.3. Интернет-ресурсы

- 1.
- 2.
- 3.

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

1. Мультимедийный проектор.
2. Плакаты, компьютерные презентации, наглядные пособия.
3. Лабораторное оборудование ЛЯР ОИЯИ.

9. Формы контроля и оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины⁴

Темы контрольных работ и варианты заданий для них:

Контрольная работа № 1. Работа включает в себя задачи по тематике прослушанных в течении семестра лекций. Удовлетворительная оценка ставится преподавателем в случае решения не менее половины предложенных заданий. Задания к контрольной работе приведены в приложении.

Вопросы для подготовки к зачету (10 семестр):

1. Типы межатомных связей и кристаллов.
2. Классификация дефектов в кристаллах.
3. Атомные смещения. Методы определения пороговой энергии образования смещений.
4. Ионизационные потери энергии заряженных частиц.
5. Упругое рассеяние заряженных частиц.
6. Потенциалы и сечения взаимодействия заряженных частиц.
7. Образование смещенных атомов при нейтронном облучении.
8. Каскады атомных смещений.
9. Каскадная функция. Модифицированная формула Кинчина-Пиза.
10. Образование дефектов на каскадах смещений.
11. Аннигиляция и отжиг радиационных дефектов.
12. Уравнения баланса точечных дефектов.
13. Механизмы радиационно-стимулированной диффузии.
14. Развитие дефектной структуры при различных температурах облучения.
15. Радиационное упрочнение металлов и сплавов.
16. Барьерная модель радиационного упрочнения и охрупчивания.
17. Радиационная ползучесть. Стадии радиационной ползучести.
18. Механизмы радиационной ползучести и радиационного роста.
19. Радиационное распухание. Вакансионное и газовое распухание.
20. Способы подавления радиационного распухания.
21. Ионное легирование. Ионное перемешивание.
22. Ионное распыление поверхности твердых тел.
23. Зависимость коэффициента распыления от массы, энергии и угла падения ионов.

³ Список основной литературы должен включать только источники, имеющиеся в наличии в библиотечной системе университета и удовлетворяющие предъявляемым требованиям. Необходимо согласование с руководителем библиотечной системы.

⁴ Описывать следует только те формы контроля, которые предусмотрены программой дисциплины

24. Установки для внутриреакторных испытаний механических свойств.
25. Спектрометрия обратного резерфордского рассеяния.
26. Рентгеновская дифракция.
27. Малоугловое рентгеновское рассеяние.
28. Электронная микроскопия.
29. Сканирующая туннельная микроскопия.
30. Атомно-силовая микроскопия.
31. Связь между электрической проводимостью и концентрацией радиационных дефектов.
32. Оптическое поглощение. Формула Смакулы.
33. Люминесцентная спектроскопия. Фото-, катодо-, термолюминесценция, как источники информации о радиационных повреждениях .
34. In situ ионолюминесценция и пьезоспектроскопия твердых тел.
35. Регистрация латентных треков в твердых телах и полимерах.
36. Механизмы формирования латентных треков. Модель термического пика.
37. Механизмы формирования латентных треков. Модель кулоновского взрыва.
38. Образование низкоразмерных структур единичными ионами высоких энергий в объеме и на поверхности твердых тел.
39. Моделирование радиационных повреждений, вызываемых осколками деления в реакторных материалах на пучках тяжелых ионов высоких энергий.
40. Воздействие ионизации высокой плотности на дефектную структуру облучаемых материалов.

Учебно-методические материалы

1. Учебно-методические материалы для студентов:

Для изучения данного курса необходимо и достаточно физики твердого тела в объеме курса общей физики и основ квантовой механики. Так как учебников и учебных пособий по данной дисциплине практически нет, то основная нагрузка ложится на лекции и их конспектирование. Для дополнительного изучения и самостоятельной работы предлагается использовать рекомендуемую литературу, а также энциклопедии в интернете (например, http://en.wikipedia.org/wiki/Main_Page, далее кликнуть меню русского языка слева-внизу).

Для наглядного представления материала при чтении лекций используется около 250 слайдов. После каждой лекции можно получить в учебной части распечатки использованных слайдов и снять с них ксерокс. На первых этапах эти распечатки будут заменять учебное пособие.

Именно по этим распечаткам следует в первую очередь готовиться к экзаменам.

Методические рекомендации по организации самостоятельной работы студентов:

Рабочей программой настоящей дисциплины предусмотрена самостоятельная работа студентов. Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

- чтение студентами рекомендованной литературы и усвоение теоретического материала дисциплины;
- подготовку к практическим занятиям;
- работу с Интернет-источниками;
- подготовку к сдаче коллоквиумов, выполнению тестовых заданий и сдаче зачетов и экзаменов.

Планирование времени на самостоятельную работу, необходимого на изучение настоящей дисциплины, студентам лучше всего осуществлять на весь семестр, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников, представленных в рабочей настоящей программе дисциплины. По каждой из тем для самостоятельного изучения, приведенных в рабочей программе дисциплины следует сначала прочитать рекомендованную литературу и при необходимости составить краткий конспект основных положений, терминов, сведений, требующих запоминания и являющихся основополагающими в этой теме и для освоения последующих разделов курса.

Для расширения знаний по дисциплине рекомендуется использовать Интернет-ресурсы: проводить поиск в различных системах, сайтах и обучающих программ, рекомендованных преподавателем на лекционных занятиях.

Правила выполнения и оформления домашних работ:

В процессе самостоятельного изучения курса прикладной механики каждый студент должен выполнить домашние работы с защитой у преподавателя. Эти работы позволяют определить степень усвоения студентом учебного материала и предусматривают:

1. Самостоятельную работу с учебной литературой.
2. Решение задач на закрепление материала по различным разделам курса.

При выполнении работ студент должен придерживаться следующих требований:

1. Работу рекомендуется выполнять в отдельной тетради. На титульном листе ука-

зять номер группы, Ф.И.О. студента.

2. В начале поставить дату, тему работы. Перед изложением ответа необходимо написать полный текст вопроса. Для возможных замечаний преподавателя нужно оставить поля.

3. Работа должна быть выполнена аккуратно, почерк не должен вызывать затруднений при прочтении работы.

4. При оформлении задач необходимо написать краткое условие задачи, уравнение реакции, лежащие в основе того или иного процесса, расставить коэффициенты. Каждое действие необходимо пронумеровать и дать ему формулировку, выделить ответ.

Преподаватель оценивает работу по рейтинговой системе. Если студент получил неудовлетворительную оценку, то работа возвращается студенту для исправления и доработки, после чего снова должна быть представлена на проверку.

Студенты, не выполнившие домашние, проверочные и лабораторные работы, не допускаются к зачетной и экзаменационной сессии.

2. Методические рекомендации для преподавателей:

Радиационная физика твердых тел и радиационное материаловедение представляют собой многодисциплинарную и довольно сложную область знаний. Поэтому, чтобы донести материал до студента, необходимо уделять особое внимание систематичности, наглядности и доступности изложения. В настоящее время фактически не существует учебников и пособий по данной дисциплине, а имеющиеся литературные данные, систематизированные в ряде монографий, имеют отношение, главным образом, к вопросам взаимодействия ядерных излучений с веществом. Поэтому основная нагрузка ложится на лекции.

Так как материал по радиационной физике твердых тел содержит большое количество рисунков, схем и другого наглядного материала, крайне желательно использование слайдов. Без этого донести дисциплину до студента будет весьма проблематично. Настоящие лекции предполагают использование около 250 слайдов. Для облегчения изучения материала, после прочтения каждой лекции распечатки использованных слайдов рекомендуется выкладывать в свободном доступе на компьютере кафедры.

Для изучения студентами данного курса достаточно знание физики твердого тела в объеме курса общей физики и основ квантовой механики.

Одной из задач преподавателей, ведущих занятия по настоящему курсу является выработка у студентов осознания важности, необходимости и полезности знания дисциплины для дальнейшей профессиональной деятельности. Методическая модель преподавания дисциплины основана на применении активных методов обучения.

Принципами организации учебного процесса являются:

- активное участие студентов в учебном процессе;
- проведение практических занятий, определяющих приобретение навыков решения проблемы;
- приведение примеров применения изучаемого теоретического материала к реальным практическим ситуациям.

Применяемые методы преподавания: лекционные занятия с использованием мультимедиа технологий; индивидуальные и групповые задания при проведении практических и лабораторных занятий.

Для более глубокого изучения предмета преподаватель предоставляет студентам информацию о возможности использования по разделам дисциплины Интернет-ресурсов, кафедральной и университетской библиотеки.

Содержание занятий определяется календарным планом.

При наличии академических задолженностей по практическим занятиям, связанных с их пропусками преподаватель должен выдать задание студенту в виде задач по пропущенной теме занятия.

Для контроля знаний студентов по данной дисциплине необходимо проводить текущий и промежуточный контроль.

Текущий контроль проводится с целью определения качества усвоения лекционного материала. Наиболее эффективным является его проведение в письменной форме – по контрольным вопросам, тестам и т.п. Контроль проводится в виде сдачи всеми без исключения студентами контрольных заданий – задач во время проведения практических занятий. В материалы письменных опросов студентов включаются и темы, предложенные им для самостоятельной подготовки.

Промежуточный контроль по курсу. Для контроля усвоения данной дисциплины учебным планом предусмотрен зачет. На зачете в зависимости от результатов текущего контроля в течение семестра студенту предлагается ответить на 1-2 вопроса по материалам учебной дисциплины. Ответы на поставленные вопросы даются в устном виде. Оценка по экзамену является итоговой по курсу и проставляется в приложении к диплому.

Материалы, устанавливающие содержание и порядок проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации

1. Варианты контрольных работ:

Задача № 1. Сравнить удельные потери энергии электронов и альфа-частиц с одинаковой энергией в воздухе, алюминии и свинце.

Задача № 2. Сравнить удельные потери энергии электронов и альфа - частиц с одинаковой энергией в воздухе, алюминии и свинце .

Задача № 3. При каком соотношении толщин слоя воздуха и железа среднеквадратичный угол многократного рассеяния протонов с энергией 100 МэВ в них будет одинаковым?

Задача № 4. Электроны и протоны с энергией 100 МэВ падают на алюминиевую пластинку толщиной 5 мм. Определить энергии электронов и протонов на выходе пластинки.

Задача № 5. Полагая, что сечение рассеяния нейтронов в меди $\sigma = 3.0E-24 \text{ см}^2$, оценить показатель преломления для тепловых нейтронов и угол полного внешнего отражения.

Задача № 6. Определить угол, под которым будут наиболее эффективно отражаться нейтроны с энергией 1 эВ от поверхности кристалла NaCl ($d=0.28 \text{ нм}$).

Задача № 7. В энергетическом спектре обратно рассеянных от Ве-мишени ионов He^+ с энергией 1.4 МэВ под углом 160° наблюдается максимум с энергией 500 кэВ определить какому примесному химическому элементу принадлежит данный максимум.

Задача № 8. Энергетический спектр обратного рассеяния ионов He^+ с энергией 1.4 МэВ при угле рассеяния 180° от пленки Та лежит в интервале энергий от 1000 до 1400 кэВ. Определить толщину пленки.

2. Пример экзаменационного билета для проведения экзамена:

Международный университет природы, общества и человека "Дубна"
Кафедра «Ядерная физика»

Экзаменационный билет № 1

Направление: Физика

Курс 5 (семестр 10)

Дисциплина: Введение в радиационную физику твердых тел и радиационное материаловедение

1. Классификация дефектов в кристаллах.
2. Воздействие ионизации высокой плотности на дефектную структуру облучаемых материалов.

Заведующий кафедрой ядерной физики

Ю.Ц.Оганесян

3. Вопросы для самоконтроля:

1. Типы межатомных связей и кристаллов.
2. Классификация дефектов в кристаллах.
3. Атомные смещения. Методы определения пороговой энергии образования смещений.
4. Ионизационные потери энергии заряженных частиц.
5. Упругое рассеяние заряженных частиц.
6. Потенциалы и сечения взаимодействия заряженных частиц.
7. Образование смещенных атомов при нейтронном облучении.
8. Каскады атомных смещений.
9. Каскадная функция. Модифицированная формула Кинчина-Пиза.
10. Образования дефектов на каскадах смещений.
11. Аннигиляция и отжиг радиационных дефектов.
12. Уравнения баланса точечных дефектов.
13. Механизмы радиационно-стимулированной диффузии.
14. Развитие дефектной структуры при различных температурах облучения.

15. Радиационное упрочнение металлов и сплавов.
16. Барьерная модель радиационного упрочнения и охрупчивания.
17. Радиационная ползучесть. Стадии радиационной ползучести.
18. Механизмы радиационной ползучести и радиационного роста.
19. Радиационное распухание. Вакансионное и газовое распухание.
20. Способы подавления радиационного распухания.
21. Ионное легирование. Ионное перемешивание.
22. Ионное распыление поверхности твердых тел.
23. Зависимость коэффициента распыления от массы, энергии и угла падения ионов.
24. Установки для внутриреакторных испытаний механических свойств.
25. Спектрометрия обратного резерфордовского рассеяния.
26. Рентгеновская дифракция.
27. Малоугловое рентгеновское рассеяние.
28. Электронная микроскопия.
29. Сканирующая туннельная микроскопия.
30. Атомно-силовая микроскопия.
31. Связь между электрической проводимостью и концентрацией радиационных дефектов.
32. Оптическое поглощение. Формула Смакулы.
33. Люминесцентная спектроскопия. Фото-, катодо-, термолюминесценция, как источники информации о радиационных повреждениях .
34. In situ ионолюминесценция и пьезоспектроскопия твердых тел.
35. Регистрация латентных треков в твердых телах и полимерах.
36. Механизмы формирования латентных треков. Модель термического пика.
37. Механизмы формирования латентных треков. Модель кулоновского взрыва.
38. Образование низкоразмерных структур единичными ионами высоких энергий в объеме и на поверхности твердых тел.
39. Моделирование радиационных повреждений, вызываемых осколками деления в реакторных материалах на пучках тяжелых ионов высоких энергий.
40. Воздействие ионизации высокой плотности на дефектную структуру облучаемых материалов.