

Белорусский государственный университет

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебно-научной работе БГУ

Регистрационный № 4025 /уч.



ОСНОВЫ РАДИАЦИОННОЙ ФИЗИКИ РЕАКТОРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Учебная программа учреждения высшего образования
по учебной дисциплине для специальности
1-31 04 06 Ядерные физика и технологии

Учебная программа составлена на основе ОСВJ 1-31 04 06-2013 и учебного плана № G-31-142/уч от 30.05.2013 г

СОСТАВИТЕЛЬ:

В.Л. Якушин – профессор отделения ядерной физики и технологий офиса образовательных программ Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», доктор физико-математических наук, профессор;

В.В. Углов — заведующий кафедрой физики твердого тела Белорусского государственного университета, доктор физико-математических наук, профессор.

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой физики твердого тела
физического факультета Белорусского государственного университета
(протокол № 10 от 16 05 2017г.);

Советом физического факультета
(протокол № 11 от 08 06 2017 г.).

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Программа учебной дисциплины «Основы радиационной физики реакторных материалов» разработана для специальности 1-31 04 06 ядерная физика и технологии.

Цель учебной дисциплины – получение студентами базовых знаний и современных физических представлений об изменениях структурно-фазового состояния и механических свойств реакторных материалов при облучении высокоэнергетичными частицами (нейтроны, электроны, ионы) для оценки их работоспособности и ресурса.

Основной задачей учебной дисциплины является изучение радиационных явлений, возникающих в делящихся и конструкционных материалах, используемых в атомной технике, и закономерностей изменения формы, объема, структурно-фазового состояния и механических свойств под действием облучения, методов повышения стабильности свойств и размеров материалов, эксплуатирующихся в условиях облучения, получить представление о перспективах развития реакторного материаловедения.

Данная задача выполняется непосредственно при прослушивании лекций, при самостоятельной работе с технической литературой, учебными пособиями, справочниками, стандартами и ГОСТами.

Понимание физических основ радиационных явлений, закономерностей изменения структуры и свойств реакторных материалов под действием облучения является необходимым условием успешной профессиональной деятельности специалиста, имеющего квалификацию «Физик. Инженер» и работающего в области ядерной физики и технологий.

В учебной дисциплине рассматриваются основные радиационные процессы, возникающие в делящихся и конструкционных реакторных материалах при облучении. Изложены явления радиационного роста материалов, их набухания (газового и вакансионного), радиационно-стимулированные процессы, изменение механических характеристик, ускорение ползучести под облучением, радиационной эрозии материалов.

Материал учебной дисциплины основан на знаниях и представлениях, заложенных в общих курсах по физике твердого тела, кристаллографии, материаловедению, взаимодействия ионизирующих излучений с веществом. Он является базовым для последующих курсов: физика, конструкционные материалы ядерных реакторов, атомные электрические станции.

В результате изучения дисциплины студент должен:

знать:

- общие характеристики и закономерности радиационных явлений, возникающих в конструкционных и топливных материалах атомных реакторов;

- закономерности изменений структурно-фазового состояния и свойств реакторных материалов под действием облучения;
- основные конструкционные и функциональные материалы, применяемые в ядерных энергетических установках;
- свойства конструкционных и топливных материалов, используемых на атомных электрических станциях.

уметь:

- анализировать и прогнозировать работоспособность реакторных материалов в различных условиях эксплуатации при облучении;
- осуществлять подбор наиболее эффективных методов исследования, в том числе и взаимодополняющих, при решении поставленных задач;
- работать самостоятельно и повышать свой профессиональный уровень;
- реализовывать комплексный подход к решению проблем в области реакторного материаловедения;
- применять базовые научно-технические знания для решения научных и прикладных задач в области реакторного материаловедения;

владеть:

- пользоваться компьютерными методами сбора, хранения и обработки информации, научно-технической и патентной литературой;
- осуществлять поиск, систематизацию и анализ информации по перспективным направлениям развития отрасли, инновационным технологиям и проектам;
- организовывать свой собственный труд и взаимодействие с другими исполнителями;
- взаимодействовать со специалистами смежных профилей.

Программа курса составлена в соответствии с требованиями образовательного стандарта. Форма получения высшего образования – очная, дневная.

В результате изучения дисциплины студент должен обладать следующими компетенциями.

Академические компетенции:

АК-1. Уметь применять базовые научно-технические знания для решения теоретических и практических задач.

АК-2. Владеть системным и сравнительным анализом.

АК-3. Владеть исследовательскими навыками.

АК-4. Уметь работать самостоятельно.

АК-7. Иметь навыки, связанные с использованием технических устройств, управлением информацией и работой компьютером.

АК-8. Иметь лингвистические навыки (устная и письменная коммуникация).

Социально-личностные компетенции:

СЛК-1. Обладать качествами гражданственности.

СЛК-2. Быть способным к социальному взаимодействию.

СЛК-3. Обладать способностью к межличностным коммуникациям.

СЛК-4. Владеть навыками здорового образа жизни.

Профессиональные компетенции:

ПК-1. Применять знания теоретических и экспериментальных основ ядерной физики и ядерных технологий, методов измерения величин, организации и ведения научно-производственной, научно-педагогической работы в области ядерно-физических технологий и атомной энергетики.

ПК-2. Пользоваться компьютерными методами сбора, хранения и обработки информации.

ПК-5. Применять полученные знания фундаментальных положений физики, экспериментальных, теоретических и компьютерных методов исследования, планирования, организации и ведения научно-технической работы.

ПК-9. Пользоваться глобальными информационными ресурсами.

ПК-10. Пользоваться государственными языками Республики Беларусь и иными иностранными языками как средством делового общения.

ПК-12. Осуществлять поиск, систематизацию и анализ информации по перспективным направлениям развития отрасли, инновационным технологиями, проектам и решениям.

Взаимосвязь учебной дисциплины «Основы радиационной физики реакторных материалов» с учебными дисциплинами «Фазовые превращения в металлах», «Физическое материаловедение», «Радиационные эффекты в твердых телах» состоит в использовании и развитии знаний, изложенных в темах по изучению строения кристаллической решетки реакторных материалов, структурно-фазовых превращений, физических свойств, радиационных дефектов. Знания, полученные при изучении учебной дисциплины «Основы радиационной физики реакторных материалов», будут использованы в учебных дисциплинах «Материалы ядерной техники», «Конструкционные материалы ядерных реакторов», «Топливные материалы ядерных реакторов», «Структурно-фазовые изменения при облучении».

Общее количество часов, отводимое на изучение учебной дисциплины 40, из них количество аудиторных часов - 20. Аудиторные занятия проводятся в виде лекций - 16 ч, УСП - 4 ч .

Занятия проводятся на 5-м курсе в 9-м семестре. Форма текущей аттестации по учебной дисциплине - зачет.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

1. Основные радиационные явления и повреждаемость материалов под действием облучения.

Характеристики, описывающие взаимодействие излучения с веществом. Образование элементарных радиационных дефектов и каскадов атомных столкновений. Баланс энергии в каскаде. Виды каскадов и их описание.

Количественная оценка степени радиационного воздействия на материалы. Особенности взаимодействия быстрых нейтронов с веществом, оценка степени повреждения материалов при облучении нейтронами.

2. Радиационный рост реакторных материалов.

Особенности и закономерности радиационного роста различных видов урана. «Эффект жеванности». Коэффициент радиационного роста. Теоретические модели радиационного роста α -урана. Закономерности радиационного роста конструкционных материалов. Особенности и физическая интерпретация данных по радиационному росту конструкционных материалов.

3. Распухание реакторных материалов.

Радиационное распухание топливных материалов. Основные закономерности газового распухания. Механизм зарождения и роста газовых пузырьков. Методы борьбы с газовым распуханием. Распухание топлива, обусловленное твердыми продуктами деления. Вакансионное распухание конструкционных материалов. Зависимость распухания от условий облучения. Методы уменьшения вакансионного распухания.

4. Радиационные процессы в облучаемых реакторных материалах.

Структурно-фазовые превращения при облучении. Радиационно-индуцированная сегрегация. Обратный эффект Киркендалла. Радиационно-индуцированная сепарация атомов. Аморфизация, упорядочение и разупорядочение сплавов под облучением.

5. Основные закономерности изменения механических свойств облучаемых реакторных материалов.

Механизмы радиационного упрочнения. Влияние условий облучения на упрочнение при облучении. Низкотемпературное радиационное охрупчивание. Основные закономерности изменения механических свойств различных реакторных материалов при облучении. Высокотемпературное радиационное охрупчивание (ВТРО). Механизмы ВТРО. Влияние условий облучения и структурно-фазового состояния материалов на ВТРО. Способы уменьшения ВТРО. Закономерности радиационной ползучести. Влияние условий облучения и испытаний на характеристики ползучести. Особенности радиационной ползучести α -урана. Механизмы радиационной ползучести конструкционных материалов.

Учебно-методическая карта дисциплины

Номер раздела	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов				Количество часов УСР	Литература	Формы контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	<p><i>Основные радиационные явления и повреждаемость материалов под действием облучения.</i></p> <p>Характеристики, описывающие взаимодействие излучения с веществом. Образование элементарных радиационных дефектов и каскадов атомных столкновений. Баланс энергии в каскаде. Виды каскадов и их описание.</p> <p>Количественная оценка степени радиационного воздействия на материалы. Особенности взаимодействия быстрых нейтронов с веществом, оценка степени повреждения материалов при облучении нейтронами.</p>	2				2	1-3, 5	Контроль ная работа
2	<p><i>Радиационный рост реакторных материалов.</i></p> <p>Особенности и закономерности радиационного роста различных видов урана. «Эффект жеванности». Коэффициент радиационного роста. Теоретические модели радиационного роста α-урана. Закономерности радиационного роста конструкционных материалов. Особенности и физическая интерпретация данных по радиационному росту конструкционных материалов.</p>	3					1, 2, 4	

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Перечень основной и дополнительной литературы

Основная

1. Вас Гэри С. Основы радиационного материаловедения. Металлы и сплавы. М.: Техносфера, 2014. – 992 с.
2. Физическое материаловедение: Учебник для вузов / Под общей ред. Б.А. Калина. Т. 4. Радиационная физика твердого тела. Компьютерное моделирование // Ганченкова М.Г., Григорьев Е.Г., Калинин Б.А., Соловьев Г.И., Удовский А.Л., Якушин В.Л. // М.: НИЯУ МИФИ, 2012. – 624 с.
3. Воеводин В.Н., Неклюдов И.М. Эволюция структурно-фазового состояния и радиационная стойкость конструкционных материалов. Киев: Наукова Думка. 2006. – 376 с.

Дополнительная

4. Амаев А.Д. Радиационная повреждаемость и работоспособность конструкционных материалов. / Амаев А.Д., Крюков А.М. Неклюдов И.М., Паршин А.М., Платонов П.А., Тихонов А.Н., Хлопкин Н.С., Штромбах Я.И. С.-П.: Политехника. 1997. –311 с.
5. Иванов Л.И., Платов Ю.М. Радиационная физика металлов и ее приложения. М.: Интерконтакт Наука. 2002. – 300 с.
6. Зеленский В.Ф., Неклюдов И.М., Черняева Т.П. Радиационные дефекты и набухание металлов. Киев: Наукова Думка. 1988. – 296 с.

Перечень используемых средств диагностики результатов учебной деятельности

1. Контрольная работа.
2. Зачет.

Примерный перечень заданий по управляемой самостоятельной работе студентов (рекомендуемые разделы)

Контрольные задания по темам:

1. Оценка степени повреждения материалов при облучении нейтронами.
2. Вакансионное набухание конструкционных материалов.

Рекомендации по контролю качества усвоения знаний и проведение аттестации

Контрольные мероприятия проводятся в соответствии с учебно-методической картой дисциплины. В случае неявки на контрольное мероприятие по уважительной причине студент вправе по согласованию с преподавателем и с разрешения заведующего кафедрой мероприятие может быть проведено повторно.

Контрольная работа проводится в письменном виде и включает 5 вопросов, на ее выполнение отводится 90 мин. По согласованию с преподавателем при подготовке ответа могут использоваться калькуляторы и справочные пособия. Оценка результатов контрольных работ проводится в десятибалльной шкале.

Текущая аттестация по учебной дисциплине проводится в форме зачета. К сдаче зачета допускаются студенты, имеющие положительную (выше четырех по десятибалльной шкале) текущей успеваемости.

**ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ УВО
ПО ИЗУЧАЕМОЙ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ
С ДРУГИМИ ДИСЦИПЛИНАМИ СПЕЦИАЛЬНОСТИ**

Название дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы по изучаемой учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
Конструкционные материалы ядерных реакторов	Кафедра физики твердого тела	Предложений нет	Рекомендовать к утверждению учебную программу в представленном варианте протокол № __10__ от _16_ . 05 _2017__
Топливные материалы ядерных реакторов	Кафедра физики твердого тела	Предложений нет	Рекомендовать к утверждению учебную программу в представленном варианте протокол № __10__ от _16_ . 05 _2017__
Структурно-фазовые изменения при облучении	Кафедра физики твердого тела	Предложений нет	Рекомендовать к утверждению учебную программу в представленном варианте протокол № __10__ от _16_ . 05 _2017__

ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ
ПО ИЗУЧАЕМОЙ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

на / учебный год

№№ п.п.	Дополнения и изменения	Основания

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры
(протокол № ____ от _____ 20__ г.)

Заведующий кафедрой
физики твердого тела
д.ф.-м.н., профессор

_____ В.В. Углов

УТВЕРЖДАЮ

Декан физического факультета
д.ф.-м.н., профессор

_____ В.М. Анищик