

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»

Направление подготовки/специальность: 14.03.01 Ядерная энергетика и теплофизика

Наименование образовательной программы: Термоядерные реакторы и плазменные установки

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины
НЕЙТРОННАЯ ФИЗИКА УПРАВЛЯЕМОГО ТЕРМОЯДЕРНОГО
СИНТЕЗА

Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.Ч.08
Трудоемкость в зачетных единицах:	7 семестр - 4;
Часов (всего) по учебному плану:	144 часа
Лекции	7 семестр - 32 часа;
Практические занятия	7 семестр - 16 часов;
Лабораторные работы	не предусмотрено учебным планом
Консультации	7 семестр - 2 часа;
Самостоятельная работа	7 семестр - 93,5 часа;
в том числе на КП/КР	не предусмотрено учебным планом
Иная контактная работа	проводится в рамках часов аудиторных занятий
включая: Контрольная работа Реферат	
Промежуточная аттестация:	
Экзамен	7 семестр - 0,5 часа;

Москва 2024

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Жиркин А.В.
	Идентификатор	R3f0c0ac7-ZhirkinAV-8b240f5e

А.В. Жиркин

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель образовательной программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Дедов А.В.
	Идентификатор	R72c90f41-DedovAV-d71cc7f4

А.В. Дедов

Заведующий выпускающей кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Дедов А.В.
	Идентификатор	R72c90f41-DedovAV-d71cc7f4

А.В. Дедов

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: изучение основ нейтронной физики, приобретение теоретических и практических навыков, необходимых для научно-исследовательской, проектной, технологической и производственной деятельности в области нейтронной и атомной физики управляемого термоядерного синтеза

Задачи дисциплины

- изучение основных проблем нейтронной физики в области управляемого термоядерного синтеза и способов их решения;
- изучение теоретических основ переноса излучений, радиационных повреждений конструкционных материалов, топливного цикла ядерной энергетики с установками деления и синтеза ядер;
- изучение экспериментов по нейтронной физике, осуществляемых на действующих и планируемых на проектируемых установках, а также методов нейтронно-физических измерений;
- приобретение навыков решения нейтронно-физических задач, возникающих при проектировании термоядерных установок.

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
ПК-4 Способен принимать участие в расчетах характеристик процессов, протекающих в конкретных технических устройствах и аппаратах энергетического оборудования, ядерных и плазменных установок	ИД-3ПК-4 Владеет навыками расчетов характеристик поля нейтронного и фотонного излучения в узлах термоядерного источника нейтронов	знать: - особенности ядерного топливного цикла с установками деления и синтеза ядер; - методику экспериментального исследования нейтронного излучения плазмы; - эффекты воздействия нейтронного излучения на конструкционные материалы; - проблемы современной ядерной и термоядерной энергетики и значение гибридных термоядерных установок в их решении;. уметь: - выполнять расчеты характеристик полей излучения в задачах с простой геометрией для источников простых геометрических форм; - решать типовые задачи взаимодействия излучений с веществом.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Термоядерные реакторы и плазменные установки (далее – ОПОП), направления подготовки 14.03.01 Ядерная энергетика и теплофизика, уровень образования: высшее образование - бакалавриат.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать вычислительную математику, общую физику, ядерную физику, математические методы моделирования физических процессов, информационные системы и безопасность, экспериментальные методы исследования, материаловедение и технологию материалов и конструкций

- уметь решать обыкновенные дифференциальные уравнения и простые уравнения в частных производных, решать задачи по общей и ядерной физике

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единицы, 144 часа.

№ п/п	Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы										Содержание самостоятельной работы/ методические указания	
				Контактная работа							СР				
				Лек	Лаб	Пр	Консультация		ИКР		ПА	Работа в семестре	Подготовка к аттестации /контроль		
КПР	ГК	ИККП	ТК												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
1	1.Характеристики нейтронов и реакции взаимодействия излучения с веществом	23	7	6	-	6	-	-	-	-	-	11	-	<p><u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов и подготовка к контрольной работе , коллоквиуму, защите проекта <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], стр. 45-64</p>	
1.1	Характеристики нейтронов и реакции взаимодействия излучения с веществом	23		6	-	6	-	-	-	-	-	-	11		-
2	2.Теоретические основы переноса излучений	28		8	-	6	-	-	-	-	-	-	14		-
2.1	Теоретические основы переноса излучений	28		8	-	6	-	-	-	-	-	-	14		-
3	3.Регистрация ядерных излучений и диагностика нейтронов, эксперименты с источниками нейтронов 14 МэВ	29		8	-	4	-	-	-	-	-	-	17		-
3.1	Регистрация ядерных излучений и диагностика	29		8	-	4	-	-	-	-	-	-	17		-
														<p><u>Подготовка реферата:</u> В рамках реферативной части студенту необходимо провести обзор литературных источников по выбранной теме, комплексно осветить вопрос в соответствии с темой реферата, подготовить презентацию для выступления по результатам работы на семинарском занятии. В качестве тем реферата студенту предлагаются следующие варианты: 1.Газовые ионизационные детекторы.</p>	

	нейтронов, эксперименты с источниками нейтронов 14 МэВ											2.Кристаллические, полупроводниковые детекторы. 3.Сцинтилляционные детекторы. 4.Трековые детекторы. 5.Времяпролетный и магнитный спектрометр. 6.Физические основы методов спектрометрии. Функция отклика детектора. 7.Основные характеристики спектрометра. 8.Типы сцинтилляционных гамма-спектрометров. 9.Кристалл-дифракционные фотонные и нейтронные спектрометры. Дифракция фотонов и нейтронов на плоском кристалле. 10.Магнитные спектрометры заряженных частиц. 11.Времяпролетный метод спектрометрии нейтронов. <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [4], стр. 31-45
4	4.Радиационные повреждения конструкционных материалов	12	4	-	-	-	-	-	-	8	-	<u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов и подготовка к контрольной работе , коллоквиуму, защите проекта
4.1	Радиационные повреждения конструкционных материалов	12	4	-	-	-	-	-	-	8	-	<u>Изучение материалов литературных источников:</u> [5], стр. 12-25
5	5.Топливный цикл ядерной энергетики с установками деления и синтеза ядер	12	4	-	-	-	-	-	-	8	-	<u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов и подготовка к контрольной работе , коллоквиуму, защите проекта
5.1	Топливный цикл ядерной энергетики с установками деления и синтеза ядер	12	4	-	-	-	-	-	-	8	-	<u>Изучение материалов литературных источников:</u> [7], стр. 98-115
6	6.Термоядерный источник нейтронов и проблемы атомной энергетики	4	2	-	-	-	-	-	-	2	-	<u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов и подготовка к контрольной работе , коллоквиуму, защите проекта
6.1	Термоядерный источник нейтронов и	4	2	-	-	-	-	-	-	2	-	<u>Изучение материалов литературных источников:</u>

	проблемы атомной энергетики													[6], стр. 55-69
	Экзамен	36.0		-	-	-	-	2.0	-	-	0.5	-	33.5	
	Всего за семестр	144.0		32	-	16	-	2.0	-	-	0.5	60	33.5	
	Итого за семестр	144.0		32	-	16	2.0		-		0.5	93.5		

Примечание: Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПр – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация

3.2 Краткое содержание разделов

1. 1. Характеристики нейтронов и реакции взаимодействия излучения с веществом

1.1. Характеристики нейтронов и реакции взаимодействия излучения с веществом

Открытие нейтрона. Опыты Резерфорда, Бете-Беккера, Жолио-Кюри, Чедвика. Энергия связи и радиус ядра. Свойства нейтрона. Масса нейтрона, время жизни, спин, магнитный момент нейтрона. Опыт Альвареца-Блоха. Энергия связи и радиус ядра. Взаимодействие нейтронов с ядрами. Энергетические интервалы нейтронов. Прямое взаимодействие и взаимодействие через составное ядро. Реакции взаимодействия нейтронов с ядрами. Деление ядер. Взаимодействие фотонов с веществом. Взаимодействие заряженных частиц с веществом. Сечения взаимодействия излучения с веществом.

2. 2. Теоретические основы переноса излучений

2.1. Теоретические основы переноса излучений

Дифференциальные и интегральные характеристики поля излучения. Поточковые, токовые и дозовые характеристики поля излучения. Уравнение переноса излучений. Диффузия нейтронов Замедление нейтронов. Теория возраста. Численные методы решения уравнения переноса излучений. Общая характеристика методов. Детерминистские численные методы. Метод Монте-Карло в задачах переноса излучений. Асимптотические и полуэмпирические методы расчета переноса излучений.

3. 3. Регистрация ядерных излучений и диагностика нейтронов, эксперименты с источниками нейтронов 14 МэВ

3.1. Регистрация ядерных излучений и диагностика нейтронов, эксперименты с источниками нейтронов 14 МэВ

Методы регистрации ядерных излучений. Дозиметрия, радиометрия и спектрометрия излучений. Диагностический комплекс ITER. Нейтронные диагностики в полномасштабных экспериментах ядерного синтеза: обзор систем JET. Спектрометрия нейтронов на JET. Время пролетный спектрометр. Спектрометры с протонами отдачи. Магнитный спектрометр. Обоснование нейтронных данных в интегральных экспериментах с источниками нейтронов 14 МэВ.

4. 4. Радиационные повреждения конструкционных материалов

4.1. Радиационные повреждения конструкционных материалов

Общая характеристика. Радиационный каскад. Типы радиационных повреждений. Пороговая энергия смещения атома. Влияние облучения на изменения свойств. Параметры, определяющие эффекты радиационного повреждения. Поглощение нейтронов топливными и конструкционными материалами. Радиационное распухание (свелинг). Влияние облучения на коррозию. Отжиг радиационных повреждений. Требования к конструкционным материалам. Ограничения конструкционных материалов. Макроскопические эффекты деградации. Малоактивируемые материалы. Кинетика спада радиоактивности элементов. Ферритно-мартенситные стали (ФМС). Преимущества ферритно-мартенситных сталей по сравнению с аустенитными. Высокохромистые ферритно-мартенситные стали. Недостатки сталей ферритно-мартенситного класса. Температура вязко-хрупкого перехода. Механизм вязко-хрупкого перехода. Причина появления низкотемпературного радиационного охрупчивания.

5. 5. Топливный цикл ядерной энергетики с установками деления и синтеза ядер

5.1. Топливный цикл ядерной энергетики с установками деления и синтеза ядер

Понятие ядерного топливного цикла и его особенности. Топливный цикл реакторов деления. Типы топливного цикла в зависимости от вида ядерного горючего. Виды ядерного топливного цикла с реакторами деления. Этапы ядерного топливного цикла. Дейтерий-тритиевый топливный цикл термоядерного источника нейтронов (ТИН). Топливный цикл ядерной энергетики с реакторами деления и синтеза. Производство делящихся изотопов в термоядерных реакторах. Реакторы деления и синтеза в объединённом топливном цикле. Ториевый цикл в ядерной энергетической системе с реакторами деления и синтеза. Предпосылки к практической реализации гибридного термоядерного реактора.

6. Термоядерный источник нейтронов и проблемы атомной энергетики

6.1. Термоядерный источник нейтронов и проблемы атомной энергетики

Виды термоядерных реакций их реализуемость. Критерий Лоусона. Конструкции установок управляемого термоядерного синтеза на основе реакции взаимодействия изотопов дейтерия и трития. Реакции ядерного синтеза, сопровождающиеся образованием нейтронов, в дейтерий-тритиевой плазме. Возникающие проблемы. Источники радиоактивного загрязнения термоядерных установок. «Зелёная» энергетика. Проблемы ядерной и термоядерной энергетики. Гибридный термоядерный реактор (термоядерный источник нейтронов – ТИН). Задачи ТИН. Проблемы нейтронно-физических исследований чистого и гибридного ядерного синтеза. Потенциальные преимущества гибридных систем.

3.3. Темы практических занятий

1. Регистрация ядерных излучений и диагностика нейтронов;
2. Метод Монте-Карло;
3. Численные детерминистские методы;
4. Уравнения переноса для нейтронов и фотонов. Аналитические методы решения;
5. Характеристики поля излучений. Взаимодействие излучения с веществом.

3.4. Темы лабораторных работ

не предусмотрено

3.5 Консультации

Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "1.Характеристики нейтронов и реакции взаимодействия излучения с веществом"
2. Обсуждение материалов по кейсам раздела "2.Теоретические основы переноса излучений"
3. Обсуждение материалов по кейсам раздела "3.Регистрация ядерных излучений и диагностика нейтронов, эксперименты с источниками нейтронов 14 МэВ"
4. Обсуждение материалов по кейсам раздела "4.Радиационные повреждения конструкционных материалов"
5. Обсуждение материалов по кейсам раздела "5.Топливный цикл ядерной энергетики с установками деления и синтеза ядер"
6. Обсуждение материалов по кейсам раздела "6.Термоядерный источник нейтронов и проблемы атомной энергетики"

3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ

Курсовой проект/ работа не предусмотрены

3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1)	Коды индикаторов	Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1)						Оценочное средство (тип и наименование)	
		1	2	3	4	5	6		
Знать:									
проблемы современной ядерной и термоядерной энергетики и значение гибридных термоядерных установок в их решении;	ИД-3ПК-4							+	Контрольная работа/Контрольное мероприятие 6. Термоядерный источник нейтронов и проблемы ядерной энергетики
эффекты воздействия нейтронного излучения на конструкционные материалы	ИД-3ПК-4				+				Контрольная работа/Контрольное мероприятие 4. Радиационное повреждение материалов
методику экспериментального исследования нейтронного излучения плазмы	ИД-3ПК-4			+					Реферат/Презентация РГР (реферат) по заданной теме
особенности ядерного топливного цикла с установками деления и синтеза ядер	ИД-3ПК-4						+		Контрольная работа/Контрольное мероприятие 5. Топливный цикл ядерной энергетики с установками деления и синтеза ядер
Уметь:									
решать типовые задачи взаимодействия излучений с веществом	ИД-3ПК-4		+						Контрольная работа/Контрольное мероприятие 2. Решение уравнения переноса излучений. Расчет характеристик полей излучения в задачах с простой геометрией для источников простых геометрических форм
выполнять расчеты характеристик полей излучения в задачах с простой геометрией для источников простых геометрических форм	ИД-3ПК-4	+							Контрольная работа/Контрольное мероприятие 1. Ядерные реакции. Взаимодействие излучений с веществом

4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)

4.1. Текущий контроль успеваемости

7 семестр

Форма реализации: Обмен электронными документами

1. Контрольное мероприятие 6. Термоядерный источник нейтронов и проблемы ядерной энергетики (Контрольная работа)

Форма реализации: Письменная работа

1. Контрольное мероприятие 1. Ядерные реакции. Взаимодействие излучений с веществом (Контрольная работа)
2. Контрольное мероприятие 2. Решение уравнения переноса излучений. Расчет характеристик полей излучения в задачах с простой геометрией для источников простых геометрических форм (Контрольная работа)
3. Контрольное мероприятие 4. Радиационное повреждение материалов (Контрольная работа)
4. Контрольное мероприятие 5. Топливный цикл ядерной энергетики с установками деления и синтеза ядер (Контрольная работа)

Форма реализации: Проверка задания

1. Презентация РГР (реферат) по заданной теме (Реферат)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Экзамен (Семестр №7)

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и аттестационной составляющих.

В диплом выставляется оценка за 7 семестр.

Примечание: Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

1. Апсэ В.А.- "Моделирование физических процессов в энергетических ядерных реакторах на быстрых нейтронах", Издательство: "МЭИ", Москва, 2015 - (128 с.)
<https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383007334.html>;
2. Сивухин Д. В.- "Атомная и ядерная физика" Т. 5, (2-е изд.,стер.), Издательство: "ФИЗМАТЛИТ", Москва, 2002 - (784 с.)
http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=2315;
3. Защита от ионизирующих излучений: в 2 т. : учебник для физических и инженерно-физических специальностей вузов / Ред. Н. Г. Гусев . – М. : Энергоатомиздат, 1990 . - ISBN 5-283-00030-X .;

4. Абрамов, А. И. Основы экспериментальных методов ядерной физики : Учебное пособие для вузов / А. И. Абрамов, Ю. А. Казанский, Е. С. Матусевич . – М. : Атомиздат, 1970 . – 558 с.;
5. Келли, Б. Радиационное повреждение твердых тел : пер. с англ. / Б. Келли ; ред. Ю. А. Осипьян . – М. : Атомиздат, 1970 . – 236 с.;
6. Рыжков С. В., Чирков А. Ю.- "Системы альтернативной термоядерной энергетики", Издательство: "ФИЗМАТЛИТ", Москва, 2018 - (200 с.)
<https://e.lanbook.com/book/104975>;
7. Туманов Ю. Н.- "Плазменные и высокочастотные процессы получения и обработки материалов в ядерном топливном цикле: настоящее и будущее", Издательство: "ФИЗМАТЛИТ", Москва, 2003 - (760 с.)
http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=59742.

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. СДО "Прометей";
2. Office / Российский пакет офисных программ;
3. Windows / Операционная система семейства Linux;
4. Видеоконференции (Майнд, Сберджаз, ВК и др).

5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. ЭБС "Университетская библиотека онлайн" - http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red
3. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	А-110, Вычислительная лаборатория	стол преподавателя, стол компьютерный, стул, доска интерактивная, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, указка лазерная, многофункциональный центр, сервер, компьютер персональный, принтер, наборы демонстрационного оборудования
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	А-110, Вычислительная лаборатория	стол преподавателя, стол компьютерный, стул, доска интерактивная, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, указка лазерная, многофункциональный центр, сервер, компьютер персональный, принтер, наборы демонстрационного оборудования
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	А-110, Вычислительная лаборатория	стол преподавателя, стол компьютерный, стул, доска интерактивная, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, указка лазерная, многофункциональный центр, сервер, компьютер персональный, принтер, наборы демонстрационного оборудования
Помещения для	А-110,	стол преподавателя, стол компьютерный,

самостоятельной работы	Вычислительная лаборатория	стул, доска интерактивная, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, указка лазерная, многофункциональный центр, сервер, компьютер персональный, принтер, наборы демонстрационного оборудования
Помещения для консультирования	А-208, Преподавательская	кресло рабочее, рабочее место сотрудника, стол, шкаф для документов, компьютерная сеть с выходом в Интернет, колонки, компьютер персональный, принтер
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	А-025, Кладовка лабораторного оборудования	стеллаж, оборудование специализированное

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Нейтронная физика управляемого термоядерного синтеза

(название дисциплины)

7 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 Контрольное мероприятие 1. Ядерные реакции. Взаимодействие излучений с веществом (Контрольная работа)
- КМ-2 Контрольное мероприятие 2. Решение уравнения переноса излучений. Расчет характеристик полей излучения в задачах с простой геометрией для источников простых геометрических форм (Контрольная работа)
- КМ-3 Презентация РГР (реферат) по заданной теме (Реферат)
- КМ-4 Контрольное мероприятие 4. Радиационное повреждение материалов (Контрольная работа)
- КМ-5 Контрольное мероприятие 5. Топливный цикл ядерной энергетики с установками деления и синтеза ядер (Контрольная работа)
- КМ-6 Контрольное мероприятие 6. Термоядерный источник нейтронов и проблемы ядерной энергетики (Контрольная работа)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5	КМ-6
		Неделя КМ:	4	8	10	12	14	16
1	1. Характеристики нейтронов и реакции взаимодействия излучения с веществом							
1.1	Характеристики нейтронов и реакции взаимодействия излучения с веществом		+					
2	2. Теоретические основы переноса излучений							
2.1	Теоретические основы переноса излучений			+				
3	3. Регистрация ядерных излучений и диагностика нейтронов, эксперименты с источниками нейтронов 14 МэВ							
3.1	Регистрация ядерных излучений и диагностика нейтронов, эксперименты с источниками нейтронов 14 МэВ				+			
4	4. Радиационные повреждения конструкционных материалов							
4.1	Радиационные повреждения конструкционных материалов					+		
5	5. Топливный цикл ядерной энергетики с установками деления и синтеза ядер							
5.1	Топливный цикл ядерной энергетики с установками деления и синтеза ядер						+	

6	6.Термоядерный источник нейтронов и проблемы атомной энергетики						
6.1	Термоядерный источник нейтронов и проблемы атомной энергетики						+
Вес КМ, %:		20	20	20	10	15	15