

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ
ПРИЕМ 2020 г.
ФОРМА ОБУЧЕНИЯ очная

МЕТОДЫ РАСЧЕТА ЗАЩИТЫ ОТ НЕЙТРОННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Направление подготовки/ специальность	14.04.02 Ядерные физика и технологии		
Образовательная программа (направленность (профиль))	Ядерная и радиационная безопасность		
Специализация	Ядерная и радиационная безопасность		
Уровень образования	высшее образование - магистратура		
Курс	2	семестр	3
Трудоемкость в кредитах (зачетных единицах)	6		

Заведующий кафедрой - руководитель отделения ЯТЦ на правах кафедры Руководитель ООП Преподаватель		А.Г. Горюнов
		В.С. Яковлева
		В.И. Беспалов

2020 г.

1. Роль дисциплины «Методы расчета защиты от нейтронного излучения» в формировании компетенций выпускника:

Элемент образовательной программы (дисциплина, практика, ГИА)	Семестр	Код компетенции	Наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенций		Составляющие результатов освоения (дескрипторы компетенций)	
				Код индикатора	Наименование индикатора достижения	Код	Наименование
Методы расчета защиты от нейтронного излучения	3	ОПК(У)-2	Способен применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы	И.ОПК(У)-2.1	Применяет современные методы исследования процессов, факторов и характеристик в соответствующих областях знаний, оценивает погрешности и неопределенности результатов	ОПК(У)-2.1В1	Владеет навыками применения современных методов измерения, расчета, анализа или моделирования величин и характеристик в соответствующих областях знаний, оценки погрешностей и неопределенности результатов
						ОПК(У)-2.1У1	Умеет применять современные методы измерения, расчета, анализа или моделирования величин и характеристик в соответствующих областях знаний, оценивать и представлять результаты выполненной работы
						ОПК(У)-2.1З1	Знает современные методы измерения, расчета, анализа или моделирования величин и характеристик в соответствующих областях знаний, оценки и представления результатов выполненной работы
		ПК(У)-1	Способность к созданию теоретических и математических моделей в области ядерной физики и технологий	И.ПК(У)-1.1	Создает теоретические, физические и математические модели, описывающие процессы и механизмы переноса излучений, ядерных материалов, радиоактивных веществ, и применяет их для решения задач в области ядерной и радиационной безопасности	ПК(У)-1.1В4	Владеет навыками расчета лабиринтной защиты медицинских электронных ускорителей от тормозного и фотонейтронного излучения с использованием пакетов специальных прикладных программ для расчета защиты
						ПК(У)-1.1У4	Умеет создавать физические модели и производить расчет лабиринтной защиты медицинских электронных ускорителей от тормозного и фотонейтронного излучения
						ПК(У)-1.1З4	Знает основные процессы взаимодействия фотонов и нейтронов с веществом, модели защиты медицинских электронных ускорителей от тормозного и фотонейтронного излучения
	ПК(У)-2	Готовность применять методы исследования и расчета процессов,	И.ПК(У)-2.5	Рассчитывает защиту от ионизирующих излучений от радионуклидных	ПК(У)-2.5В1	Владеет методами расчета характеристик радиационного поля для излучений различного типа по заданным параметрам	

Элемент образовательной программы (дисциплина, практика, ГИА)	Семестр	Код компетенции	Наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенций		Составляющие результатов освоения (дескрипторы компетенций)	
				Код индикатора	Наименование индикатора достижения	Код	Наименование
			происходящих в современных физических установках и устройствах в области ядерной физики и технологий		источников, заряженных частиц, рентгеновского, тормозного и нейтронного излучения с использованием пакетов специальных программ		источника, опытом обработки, систематизации и анализа полученных результатов, пакетами специальных прикладных программ для расчета защиты
						ПК(У)-2.5У1	Умеет использовать инженерные методы расчета защиты от радионуклидных источников, заряженных частиц, рентгеновского, тормозного и нейтронного излучения с использованием пакетов специальных программ
						ПК(У)-2.531	Знает физические величины и единицы их измерения в области радиационной безопасности, основные положения норм радиационной безопасности, свойства и характеристики гамма-излучения радионуклидных источников, источников рентгеновского, тормозного и нейтронного излучения, инженерные методы защиты от ионизирующего излучения
		ПК(У)-4	Способность оценивать риск и определять меры безопасности для новых установок и технологий, составлять и анализировать сценарии потенциально возможных аварий, разрабатывать методы уменьшения риска их возникновения	И.ПК(У)-4.8	Оценивает радиационные риски и необходимость построения защиты от ионизирующих излучений при работе с радионуклидными источниками ионизирующего излучения и ускорителями частиц	ПК(У)-4.8В1	Владет методами расчета характеристик радиационного поля для излучений различного типа по заданным параметрам источника, с целью оценки рисков и определения мер радиационной безопасности
						ПК(У)-4.8У1	Умеет производить расчет характеристик радиационного поля для излучений различного типа по заданным параметрам источника, с целью оценки рисков и определения мер радиационной безопасности
						ПК(У)-4.831	Знает нормы радиационной безопасности, свойства и характеристики гамма-излучения радионуклидных источников, источников рентгеновского, тормозного и нейтронного излучения

2. Показатели и методы оценивания

Планируемые результаты обучения по дисциплине		Код индикатора достижения контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование раздела дисциплины	Методы оценивания (оценочные мероприятия)
Код	Наименование			
РД 1	Способность контролировать выполнение основных санитарных правил работы с радиоактивными веществами на основе основных нормативных документов в области радиационной защиты.	И.ПК(У)-2.5 И.ПК(У)-4.8	Раздел 1. Нормируемые и операционные дозиметрические величины. Нормы радиационной безопасности	Самостоятельные работы, выполнение ИДЗ, лабораторные работы
РД 2	Способен рассчитывать характеристики радиационного поля от нейтронного излучения по заданным параметрам источника, обрабатывать и анализировать полученные результаты, оценивать риски и определять меры радиационной безопасности.	И.ОПК(У)-2.1 И.ПК(У)-1.1 И.ПК(У)-4.8	Раздел 2. Защита от нейтронов	Самостоятельные работы, контрольная работа, выполнение ИДЗ, лабораторные работы
РД 3	Способен рассчитывать защиту медицинских электронных ускорителей от фотонейтронного и захватного гамма-излучения.	И.ОПК(У)-2.1 И.ПК(У)-1.1	Раздел 2. Защита от нейтронов	Самостоятельные работы, выполнение ИДЗ

3. Шкала оценивания

Порядок организации оценивания результатов обучения в университете регламентируется отдельным локальным нормативным актом – «Система оценивания результатов обучения в Томском политехническом университете (Система оценивания)» (в действующей редакции). Используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов обучения. Итоговая оценка (традиционная и литерная) по видам учебной деятельности (изучение дисциплин, УИРС, НИРС, курсовое проектирование, практики) определяется суммой баллов по результатам текущего контроля и промежуточной аттестации (итоговая рейтинговая оценка - максимум 100 баллов).

Распределение основных и дополнительных баллов за оценочные мероприятия текущего контроля и промежуточной аттестации устанавливается календарным рейтинг-планом дисциплины.

Рекомендуемая шкала для отдельных оценочных мероприятий входного и текущего контроля

% выполнения задания	Соответствие традиционной оценке	Определение оценки
90%÷100%	«Отлично»	Отличное понимание предмета, всесторонние знания, отличные умения и владение опытом практической деятельности, необходимые результаты обучения сформированы, их качество оценено количеством баллов, близким к максимальному
70% - 89%	«Хорошо»	Достаточно полное понимание предмета, хорошие знания, умения и опыт практической деятельности, необходимые результаты обучения сформированы, качество ни одного из них не оценено минимальным количеством баллов

55% - 69%	«Удовл.»	Приемлемое понимание предмета, удовлетворительные знания, умения и опыт практической деятельности, необходимые результаты обучения сформированы, качество некоторых из них оценено минимальным количеством баллов
0% - 54%	«Неудовл.»	Результаты обучения не соответствуют минимально достаточным требованиям

Шкала для оценочных мероприятий экзамена

% выполнения заданий экзамена	Экзамен, балл	Соответствие традиционной оценке	Определение оценки
90%÷100%	18 ÷ 20	«Отлично»	Отличное понимание предмета, всесторонние знания, отличные умения и владение опытом практической деятельности, необходимые результаты обучения сформированы, их качество оценено количеством баллов, близким к максимальному
70% - 89%	14 ÷ 17	«Хорошо»	Достаточно полное понимание предмета, хорошие знания, умения и опыт практической деятельности, необходимые результаты обучения сформированы, качество ни одного из них не оценено минимальным количеством баллов
55% - 69%	11 ÷ 13	«Удовл.»	Приемлемое понимание предмета, удовлетворительные знания, умения и опыт практической деятельности, необходимые результаты обучения сформированы, качество некоторых из них оценено минимальным количеством баллов
0% - 54%	0 ÷ 10	«Неудовл.»	Результаты обучения не соответствуют минимально достаточным требованиям

4. Перечень типовых заданий

	Оценочные мероприятия	Примеры типовых контрольных заданий
1.	Контрольная работа	<p>Задачи для контрольной работы.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Точечный изотропный источник нейтронов с энергией 4 МэВ и мощностью $q = 10^9$ нейтр./с помещен в бак с водой. Во сколько раз уменьшится мощность дозы быстрых нейтронов ($T > 0,33$ МэВ), измеренная в воде на расстоянии 90 см от источника, если между источником и детектором (вблизи источника) ввести пластину из железа толщиной 15 см. 2. Сферическая защита от нейтронов точечного изотропного моноэнергетического источника с энергией 4 МэВ выполнена из железа толщиной 30 см. Во сколько раз легче будет сферическая защита из графита, на выходе которой создается такая же плотность потока нейтронов с $T > 2$ МэВ, как и на выходе железной защиты? 3. В центре бака с водой размером $2 \times 2 \times 2$ м помещен точечный изотропный источник нейтронов спектра деления и мощностью $q = 10^8$ нейтр./с. Определить мощность эффективной дозы от нейтронов с $T_{пор} = 2$ МэВ на расстоянии 100 см от источника. Найти полную мощность эффективной дозы нейтронов. 4. Рассчитать отношение доз от нейтронного и гамма-излучения точечного изотропного источника $Po-\alpha-Be$ с мощностью 10^9 нейтр./с в воде на расстоянии 90 см от источника. Считать, что на 1 нейтрон испускается 1,5 гамма-кванта с $\langle E_\gamma \rangle = 4,44$ МэВ, а $\langle T_n \rangle = 4,2$ МэВ. 5. Точечный изотропный источник нейтронов с энергией 4 МэВ и мощностью 10^9 нейтр./с находится вблизи стальной защиты толщиной 20 см. Найти за защитой мощность эффективной дозы от быстрых нейтронов с $T_{пор} = 2$ МэВ и полную мощность эффективной дозы. 6. Рассчитать отношение доз от нейтронного и гамма-излучения точечного изотропного источника $Ra-\alpha-Be$ с мощностью 10^8 нейтр./с в воде на расстоянии 100 см от источника. Считать, что на 1 нейтрон испускается 10^4 гамма-квантов с $\langle E_\gamma \rangle = 0,76$ МэВ, а $\langle T_n \rangle = 3,2$ МэВ.
2.	Лабораторные работы	<p>Задание для лабораторной работы Моделирование барьерного эффекта:</p> <p>Точечный коллимированный источник моноэнергетических фотонов (РИ, ТИ, радионуклид) с $\frac{1}{2}$ угла коллимации находится на левой границе барьера из некоторого вещества толщиной</p>

	Оценочные мероприятия	Примеры типовых контрольных заданий
		<p>10 ДСП. Для источников: РИ, ТИ, радионуклид расчет ДСП проводить по средней энергии. Использовать метод Монте Карло:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Зависимость числа фотонов за барьером от его толщины. 2. Зависимость энергии фотонов за барьером от его толщины. 3. Спектры фотонов за барьерами 2 ДСП и 5 ДСП. 4. Угловые распределения фотонов за барьерами 2 ДСП и 5 ДСП. 5. Зависимость числового и дозового альбеда от толщины барьера. 6. Спектр отраженных фотонов. 7. Зависимость мощности поглощенной дозы в воздухе за барьером от его толщины для мощности источника q (фотонов/с) или для тока 1 мкА, или активности A Бк. <p>Примечание: РИ – рентгеновское излучение задается напряжением кВ, ТИ – тормозное излучение задается кинетической энергией электронов МэВ, мощность q (фотонов/с) задается для моноэнергетического источника, для РИ и ТИ задается ток i мкА, для радионуклида задается активность Бк.</p> <p>Все результаты расчета представить в отчете в графическом виде с указанием размерностей. Результаты расчета нормируются: для радионуклида на 1 Бк, для остальных источников на 1 фотон/с. В радионуклидном источнике убрать электроны и позитроны. Варианты заданий приведены в таблице. <i>Дается таблица начальных данных для расчета, которые индивидуальны для каждого студента.</i></p> <p>Задание для лабораторной работы Моделирование нейтронного потока:</p> <p>Гамма-излучение точечного изотропного радионуклида A_ZX выходит из коллиматора с $\frac{1}{2}$ угла при вершине 3° и падает на барьер толщиной d из вещества Y, который находится на расстоянии 2 см от источника. За барьером на расстоянии 1 см находится сцинтилляционный детектор:</p> <ol style="list-style-type: none"> а) NaI(Tl) с радиусом R_1 и толщиной ΔZ_1. Защитная оболочка детектора выполнена из MgO и Al толщиной 1 мм каждого вещества. Детектор окружен свинцовой защитой толщиной 1 см с отверстием для пучка диаметром 10 мм. б) полупроводниковый Ge с радиусом R_2 и толщиной ΔZ_2, который окружен свинцовой защитой толщиной 1 см с отверстием для пучка диаметром 10 мм. <p>Используя метод Монте Карло рассчитать:</p>

	Оценочные мероприятия	Примеры типовых контрольных заданий
		<p>Распределение импульсов поглощенной в детекторах энергии гамма-излучения источника; Аппаратурный спектр импульсов (функцию отклика детекторов, Detector Response Function (DRF)); Полную эффективность регистрации детекторов (E_{eff}); Эффективность детекторов по фотопику (P_{Heff}). Результаты расчета представить в графическом виде, а также геометрию, в которой проводится моделирование. Варианты заданий приведены в таблице. <i>Дается таблица начальных данных для расчета, которые индивидуальны для каждого студента.</i></p>
3.	Индивидуальные домашние задания (ИДЗ)	<p style="text-align: center;">Задание 2: Взаимодействие нейтронов с веществом</p> <p>Контрольные вопросы</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Перечислить основные свойства нейтрона. 2. На какие энергетические группы делят нейтроны по величине их кинетической энергии? 3. Что такое упругое рассеяние? Какие типы упругого рассеяния испытывают нейтроны? В чем особенность упругого рассеяния нейтронов на ядрах водорода? 4. Что такое латаргия нейтрона? Где ее используют? 5. Перечислить основные характеристики упругого потенциального рассеяния нейтронов. В чем отличие упругого резонансного рассеяния от потенциального? Как ведет себя сечение упругого резонансного рассеяния? 6. Неупругое рассеяние нейтронов: основные закономерности процесса и отклонения от них, величина потерь энергии нейтронов, зависимость сечения от энергии нейтрона. 7. Радиационный захват нейтронов: как протекает реакция, соотношение с упругим рассеянием, вид сечения вблизи резонанса, зависимость сечения от энергии нейтронов и массового числа, свойства возникающего гамма-излучения. Где используется реакция радиационного захвата? 8. Описать основные особенности реакций поглощения нейтронов с вылетом заряженных частиц и нейтронов. 9. Деление ядер: причина и механизм деления, спонтанное и вынужденное деление, зависимость сечения от энергии нейтронов, характеристики вторичных продуктов, возникающих при делении. Что такое запаздывающие нейтроны? 10. Изобразить графически общую примерную зависимость всех сечений взаимодействия нейтронов с ядрами от энергии.

Оценочные мероприятия	Примеры типовых контрольных заданий
	<p>Задачи:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Нейтрон с начальной кинетической энергией 2 МэВ замедляется в углероде (свинце) до $T = 0,025$ эВ. Найти среднее число упругих соударений с ядрами замедлителя, которое испытает нейтрон в первом и втором случае. 2. Нейтроны с кинетической энергией T_0 упруго рассеиваются на ядре с массовым числом A. Определить распределение нейтронов по энергиям после одного соударения. Расчет провести для $T_0 = 1$ МэВ и $A = 1; 12; 200$. 3. При упругом центральном столкновении нейтрона с неподвижным ядром замедляющего вещества кинетическая энергия нейтрона уменьшилась в 1,4 раза. Найти массу ядра замедляющего вещества. Определить вещество. 4. При упругом рассеянии нейтронов на ядрах образующиеся ядра отдачи имеют непрерывный спектр от 0 до T_{\max}. Найти распределение ядер отдачи по энергии, если угловое распределение рассеянных нейтронов изотропное (рассеяние на тяжелых ядрах). 5. Известно, что при взаимодействии нейтронов с резонансной энергией $T_r = 132$ эВ в одном случае из 10 взаимодействий происходит упругое рассеяние, а в девяти - неупругое. Полная ширина резонанса Γ. Найти величину сечения упругого рассеяния с резонансной энергией. 6. Вычислить макроскопическое сечение упругого рассеяния тепловых нейтронов молекулами воды (данные для водорода и кислорода в [5]). 7. Найти число нейтронов, приходящихся на 1 испущенный гамма-квант, если известно из эксперимента, что возможно только испускание гамма-квантов и нейтронов ($\Gamma = \Gamma_\gamma + \Gamma_n$) и гамма-квантов испускается много больше, чем нейтронов ($\Gamma_\gamma \gg \Gamma_n$). Оценить отношение n_γ/n_n для ^{115}In при энергии резонанса 1,44 эВ, если в резонансе $\sigma_{ar} = 27000$ б. 8. Поглощенная доза в биологической ткани при облучении потоком тепловых нейтронов составляет 100 мкГр. Какой поглощенной дозе фотонного излучения она соответствует по биологическому действию? 9. Найти период полураспада ^{238}U относительно спонтанного деления, если измеренное число таких распадов в 1 г чистого ^{238}U равно 25 за один час. 10. Оценить поток антинейтрино и уносимую ими мощность из реактора на тепловых нейтронах с мощностью 100 МВт, если на каждый акт деления приходится 5 β^--распадов продуктов деления.

	Оценочные мероприятия	Примеры типовых контрольных заданий
		<p>11. Определить эффективность борного счетчика длиной $L=20$ см для параллельного пучка нейтронов с энергией 1 эВ, направленного вдоль оси счетчика, если давление газа (BF_3) равно 400 мм рт. ст. Сечение поглощения нейтронов при $T = 0,025$ эВ равно 753 б.</p> <p>12. Вычислить длины рассеяния λ_s, поглощения λ_a и переноса λ_{tr} тепловых нейтронов в графите.</p> <p style="text-align: center;">Задание 5 Расчет лабиринта от фотонейтронов</p> <p>Контрольные вопросы</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Какие типы излучений необходимо учитывать при расчетах лабиринтов для электронных ускорителей на энергии более 10 МэВ? 2. Какие материалы и почему необходимо в этом случае применять для защитных дверей лабиринтов? <p>Задача</p> <p>Онкологический диспансер приобретает электронный медицинский ускоритель для лучевой терапии пучком ТИ с максимальной энергией E_γ. Процедурная комната, где будет находиться ускоритель (см. рис. 1), имеет полную площадь всей внутренней поверхности (стены, пол, потолок), равную S. Площадь поперечного сечения лабиринта равна S_M, входа в лабиринт – S_0. Расстояние от изоцентра до т. А равно d_1, длина первого колена лабиринта равна d_2, второго – d_3. Основной коллиматор ускорителя изготовлен из вольфрама и формирует конический рабочий пучок. Половина угла коллиматора равна 14°. Диафрагма и многолепестковый коллиматор также изготовлены из вольфрама. Ускоритель работает в одну смену по 6 ч в день, 5 дней в неделю, 250 дней в году. Рабочая нагрузка в неделю равна W. Максимальная мощность дозы ТИ в изоцентре равна $\dot{D}_{0,\max}$.</p> <p>Рассчитать мощность эквивалентной дозы на входе в лабиринт (т. С) и толщину защитной двери лабиринта от фотонейтронов и гамма-излучения радиационного захвата для средней и максимальной мощности дозы тормозного излучения ускорителя (материалы: свинец, сталь, борированный полиэтилен). Вход в лабиринт находится в помещении постоянного пребывания персонала гр. А.</p> <p>Рассчитать мощность эквивалентной дозы на входе в лабиринт (т. С) и толщину защитной двери лабиринта от фотонейтронов и гамма-излучения радиационного захвата для средней и максимальной мощности дозы тормозного излучения ускорителя (материалы: свинец, сталь, борированный полиэтилен). Вход в лабиринт находится в помещении постоянного пребывания персонала гр. А.</p>

	Оценочные мероприятия	Примеры типовых контрольных заданий
		<div data-bbox="992 209 1646 890" data-label="Diagram"> <p>The diagram shows a cross-section of a room with a labyrinthine entrance. A source 'o' is located in a central chamber. A vertical barrier '4' is positioned between the source and a detector 'A'. Distances are marked: d_1 from the source to the barrier, d_2 from the barrier to the detector, and d_3 from the source to a point 'C'. Fluxes S_0 and S_M are shown. The room is divided into regions 1, 2, 3, and 4.</p> </div> <p data-bbox="1003 948 1637 975" style="text-align: center;"><i>Рис. 1. Помещение ускорителя с лабиринтом</i></p> <p data-bbox="781 1007 1532 1034" style="text-align: center;">Начальные данные для решения задачи взять из табл. 1.</p> <p data-bbox="725 1059 2072 1086" style="text-align: center;"><i>Дается таблица начальных данных для расчета, которые индивидуальны для каждого студента.</i></p>
4.	Самостоятельные работы	<p data-bbox="1128 1166 1675 1193" style="text-align: center;"><i>Вопросы для 1-й самостоятельной работы</i></p> <ol data-bbox="725 1219 2072 1433" style="list-style-type: none"> 1. Что такое активность радионуклида и в чем она измеряется? Что называют постоянной распада радионуклида? Напишите закон радиоактивного распада. Получите связь массы радионуклида с его активностью. 2. Что называют дифференциальной плотностью потока частиц, плотностью потока частиц, флюенсом частиц? Укажите их размерности. Что такое интенсивность излучения? 3. Что называют линейной передачей энергии? В чем ее отличие от тормозной способности

	Оценочные мероприятия	Примеры типовых контрольных заданий
		<p>вещества? Дайте определение поглощенной дозы, единицы измерения.</p> <p>4. Что такое относительная биологическая эффективность излучения? Где используется взвешивающий коэффициент излучения и как он связан с ОБЭ? Дайте определение эквивалентной дозы, единицы измерения.</p> <p>5. Дайте определения поглощенной, эквивалентной, эффективной дозы, кермы и укажите их размерности.</p> <p>6. Получите связь плотности потока фотонов с мощностью поглощенной дозы в воздухе.</p> <p>7. Что называют базисными и фантомными дозиметрическими величинами? Что такое стандартный фантом МКРЕ? Что такое коэффициенты перехода, зачем нужны?</p> <p style="text-align: center;"><i>Вопросы для 2-й самостоятельной работы</i></p> <p>1. Основные составляющие естественного радиационного фона. Чем вызван техногенный радиационный фон. Укажите годовые составляющие средней индивидуальной дозы фонового облучения для Российской Федерации.</p> <p>2. Что является мерой индивидуального риска? Что такое детерминированные и стохастические эффекты действия ионизирующего излучения? Как они проявляются?</p> <p>3. Какие основные категории облучаемых лиц по НРБ-99/2009? Назовите значения основных пределов доз по НРБ-99/2009. Что называют допустимыми уровнями? Как их вычислить?</p> <p>4. Какова допустимая мощность дозы при проектировании защиты для персонала и населения? Какие основные принципы радиационной безопасности рекомендует МКРЗ, их смысл? В чем заключается принцип ALARA? Как он практически реализуется?</p> <p>5. Что такое санитарно-защитная зона и зона наблюдения, в чем их отличие? Перечислите базовые дозиметрические величины. Какое поле излучения они определяют?</p> <p>6. Какие дозиметрические величины называют нормируемыми, как используются? Зачем нужны операционные дозиметрические величины? Назовите их. Для контроля каких радиационных условий используются операционные величины?</p> <p style="text-align: center;"><i>Вопросы для 3-й самостоятельной работы</i></p> <p>1. Перечислить основные свойства нейтрона. Привести энергетические группы, на которые делят нейтроны по величине их кинетической энергии.</p> <p>2. Каким образом взаимодействуют нейтроны с атомами вещества? В чем особенность этих взаимодействий? Что такое упругое рассеяние? Какие типы упругого рассеяния испытывают нейтроны? В чем особенность упругого рассеяния нейтронов на ядрах водорода?</p> <p>3. Что такое летаргия нейтрона? Где ее используют? Перечислить основные характеристики</p>

	Оценочные мероприятия	Примеры типовых контрольных заданий
		<p>упругого потенциального рассеяния нейтронов. В чем отличие упругого резонансного рассеяния от потенциального? Как ведет себя сечение упругого резонансного рассеяния?</p> <p>4. Неупругое рассеяние нейтронов: основные закономерности процесса и отклонения от них, спектр и угловое распределение рассеянных нейтронов, зависимость сечения от энергии нейтрона. Что такое спектр испарения?</p> <p style="text-align: center;"><i>Вопросы для 4-й самостоятельной работы</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Что относят к основным характеристикам нейтронных источников? 2. Какие ядерные реакции используются для генерации нейтронов в различных источниках? 3. Как устроены (α, n) источники нейтронов? Какие радионуклиды используются в этих источниках? Каков спектр нейтронов у (α, n) источников? 4. В чем заключаются недостатки и достоинства (γ, n) источников нейтронов? 5. В чем достоинства и недостатки источников нейтронов на основе ускорителей заряженных частиц? 6. Какие ядерные реакторы используются в качестве источников нейтронов? Какой спектр у нейтронов реактора и как получают нейтроны разных энергий в этом случае? 7. Как получают самые большие плотности потока и флюенса нейтронов? Какие исследования возможно проводить на таком источнике нейтронов? <p style="text-align: center;"><i>Вопросы для 5-й самостоятельной работы</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Какие реакции определяют формирование эквивалентной дозы от нейтронов различных энергий? 2. Как рассчитать толщину защиты с помощью метода длин релаксации? Для каких нейтронов он применим? 3. В чем заключается метод сечения выведения? Как он используется для расчета защиты от нейтронов? Для каких нейтронов и сред он применяется? Формула для гетерогенной среды. 4. Что такое коэффициент накопления подпороговых нейтронов, для чего он применяется? Как он изменяется с толщиной водородсодержащей среды и в тяжелых средах?
5.	Экзамен	<p>Вопросы на экзамен:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Дозиметрические характеристики поля излучения: поглощенная доза, эквивалентная, эффективная, керма, их размерности.

	Оценочные мероприятия	Примеры типовых контрольных заданий
		<p>2. Детерминированные (пороговые, соматические) и стохастические (генетические) эффекты действия радиации. Основные категории облучаемых лиц, основные пределы доз и их значения для этих категорий по НРБ-99/2009. Допустимые мощности дозы по ОСПОРБ-99/2010 при проектировании защиты. Санитарно-защитная зона, зона наблюдения. Цель радиационной защиты.</p> <p>3. Базовые дозиметрические величины. Нормируемые (защитные) дозиметрические величины. Операционные дозиметрические величины: амбиентный эквивалент дозы (определение, рисунок); индивидуальный эквивалент дозы (определение, рисунок). Соотношение между операционной и нормируемой величинами.</p> <p>4. Группы нейтронов по энергии. Взаимодействие нейтронов с веществом: упругое рассеяние, неупругое рассеяние. Неупругое взаимодействие с поглощением нейтронов и вылетом заряженных частиц и нейтронов</p> <p>5. Взаимодействие нейтронов с веществом: радиационный захват нейтронов, деление ядер.</p> <p>6. Особенности (этапы) расчета защиты от нейтронов. Расчет защиты от нейтронов по слоям ослабления. Расчет защиты от нейтронов с помощью метода длин релаксации.</p> <p>7. Метод сечения выведения и его использование для расчета защиты от нейтронов. Коэффициенты накопления подпороговых нейтронов.</p> <p>8. Защита от смешанного фотонного и нейтронного излучения. Активация материалов в поле нейтронов. Защитные материалы от нейтронного излучения: основные требования к выбору материала, защита стационарных и передвижных установок.</p> <p>9. Источники нейтронного и гамма-излучения в АЗ реактора АЭС и в технологическом контуре. Основная причина попадания р/в в теплоноситель.</p> <p>10. Как АЭС влияет на окружающую среду? Что называют аэрозолями? Как в АЭС образуются аэрозоли, каков их состав, как они попадают в атмосферу? Влияние на биологические объекты ^{131}I, ^{85}Kr. Какие существуют меры защиты от аэрозолей на АЭС? Допустимые выбросы и сбросы, значения квот для АЭС на облучение населения от выбросов и сбросов.</p> <p>Примеры задач на экзамен:</p> <p>1. Известно, что при взаимодействии нейтронов с резонансной энергией $T_r = 132$ эВ в одном случае из 10 взаимодействий происходит упругое рассеяние, а в девяти - неупругое. Полная ширина резонанса Γ. Найти величину сечения упругого рассеяния с резонансной энергией.</p> <p>2. За защитой из воды толщиной 75 см в бесконечной геометрии от нейтронов плоского мононаправленного источника спектра деления обеспечивается ДМД. Определить, какую</p>

	Оценочные мероприятия	Примеры типовых контрольных заданий
		<p>толщину защиты из воды надо добавить, чтобы сохранить прежнюю мощность дозы за защитой, если мощность источника возросла на порядок? Считать, что нейтроны с $T > 0,33$ эВ определяют дозу за защитой.</p> <p>3. В эксперименте измеряли сечение выведения нейтронов для железной пластины и точечного изотропного источника нейтронов с энергией 15 МэВ. Для этого провели 2 серии измерений:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Определили плотность потока тепловых нейтронов в воде $\phi_1 = 165$ нейт./см²с. При этом источник располагался на расстоянии 10 см от бака с водой, детектор в воде на расстоянии 1 м от источника. • Определили плотность потока тепловых нейтронов $\phi_2 = 43$ нейт./см²с в воде в той же точке, но воздушный зазор между источником и водой был заполнен железной пластиной толщиной 10 см <p>4. Точечный изотропный источник нейтронов с энергией 4 МэВ и мощностью $q = 10^9$ нейт./с помещен в бак с водой. Во сколько раз уменьшится мощность дозы быстрых нейтронов ($T > 0,33$ МэВ), измеренная в воде на расстоянии 1 м от источника, если между источником и детектором (вблизи источника) ввести пластину из железа толщиной 15 см?</p> <p>5. Сферическая защита от нейтронов точечного изотропного моноэнергетического источника с энергией 4 МэВ выполнена из железа толщиной 30 см. Во сколько раз легче будет сферическая защита из полиэтилена, на выходе которой создается такая же плотность потока нейтронов с $T > 2$ МэВ, как и на выходе из железной защиты?</p> <p>6. Рассчитать отношение доз от нейтронного и гамма-излучения точечного изотропного источника Ро-α-Ве с мощностью 10^8 н/с в воде на расстоянии 120 см от источника. Считать, что на 1 нейтрон испускается 3 гамма-кванта с $\langle E_\gamma \rangle = 4,44$ МэВ, а $\langle T_n \rangle = 4,2$ МэВ.</p> <p>7. Плоскопараллельный пучок нейтронов со спектром деления и с плотностью потока 10^{12} н/см²с направлен на защиту из 30 см стали и 150 см воды. Определить плотность потока нейтронов за защитой, если ДСП в воде равна 10 см, а $\sigma_{Fe} = 2$ б.</p>

5. Методические указания по процедуре оценивания

	Оценочные мероприятия	Процедура проведения оценочного мероприятия и необходимые методические указания
1.	Контрольная работа	Выполняется во время самостоятельной работы студента и сдается на проверку. Оценивается по 5-ти бальной системе.
2.	Защита лабораторной работы	Защита лабораторной работы проходит в рамках собеседования по полученным результатам.
3.	Самостоятельная работа	Выполняется в аудиторное время, 15–20 мин каждая самостоятельная. Проводится в форме письменного ответа на один вопрос (или решение одной задачи) из списка вопросов и задач. Ответ оценивается по 5-ти бальной системе.
4.	Индивидуальное домашнее задание	Часть задач решается в аудиторное время, а часть во время самостоятельной работы студента. Защита задания проводится во время консультаций, при этом студент должен письменно ответить на один вопрос и решить одну задачу из списка вопросов и задач.
5.	Экзамен	В течение 1,5 аудиторных часов необходимо написать ответы на 2 вопроса и решить две задачи.

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН ДИСЦИПЛИНЫ
2020/2021 учебный год

ОЦЕНКИ			Дисциплина МЕТОДЫ РАСЧЕТА ЗАЩИТЫ ОТ НЕЙТРОННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ по направлению 14.04.02 Ядерные физика и технологии	Лекции	16	час.
«Отлично»	A	90 - 100 баллов		Практ. занятия	32	час.
«Хорошо»	B	80 – 89 баллов		Лаб. занятия	16	час.
	C	70 – 79 баллов		Всего ауд. работа	64	час.
«Удовл.»	D	65 – 69 баллов		CPC	152	час.
	E	55 – 64 баллов		ИТОГО	216	час.
Зачтено	P	55 - 100 баллов			6	зе.
Неудовлетвори тельно / незачтено	F	0 - 54 баллов				

Результаты обучения по дисциплине:

РД 1	Способность контролировать выполнение основных санитарных правил работы с радиоактивными веществами на основе основных нормативных документов в области радиационной защиты.
РД 2	Способен рассчитывать характеристики радиационного поля от нейтронного излучения по заданным параметрам источника, обрабатывать и анализировать полученные результаты, оценивать риски и определять меры радиационной безопасности.
РД 3	Способен рассчитывать защиту медицинских электронных ускорителей от фотонейтронного и захватного гамма-излучения.

Оценочные мероприятия:

Для дисциплин с формой контроля - экзамен

Оценочные мероприятия		Кол-во	Баллы
Текущий контроль:			80
ТК1	Защита отчета по лабораторной работе	7	28
ТК2	Защита индивидуального домашнего задания	8	32
ТК3	Контрольная работа	1	5
ТК4	Самостоятельная работа	5	15
Промежуточная аттестация:			20
ПА1	Экзамен	1	20
ИТОГО			100

Неделя	Дата начала недели	Результат обучения по дисциплине	Учебная деятельность	Кол-во часов		Оценочное мероприятие	Кол-во баллов	Информационное обеспечение		
				Ауд.	Сам.			Учебная литература	Интернет-ресурсы	Видео-ресурсы
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	30.08.2021	РД1	Практическое занятие 1. Активность радионуклидов.	2				ОСН1-3 ДОП1,3		
			Лабораторная работа 1. Введение в программу КЛ (PCLab). Режим DEMO.	2				ОСН1-3		
			Выполнение мероприятий в рамках самостоятельной работы студента: выполнение ИДЗ, лабораторной работы		8			ОСН1-3		
2	06.09.2021	РД1	Лекция 1. Дозиметрические характеристики поля излучения. Нормируемые и операционные дозиметрические величины.	2		ТК4	3	ОСН1-3 ДОП1,3		
			Практическое занятие 2. Дозиметрические характеристики поля излучения.	2				ОСН1-3 ДОП1,4		
			Выполнение мероприятий в рамках самостоятельной работы студента: изучение материала по пройденной теме, выполнение ИДЗ		8			ОСН1-3 ДОП1,4	ЭР 1-3	
3	13.09.2021	РД1	Практическое занятие 3. Классификация источников излучения и защит.	2				ОСН1-3		
			Лабораторная работа 2. Программа КЛ, режим CONST.	2		ТК1	4			
			Выполнение мероприятий в рамках самостоятельной работы студента: выполнение ИДЗ, лабораторной работы		8			ОСН1-3	ЭР 1-3	
4	20.09.2021	РД1	Лекция 2. Нормы радиационной безопасности.	2		ТК4	3	ОСН1-3		
			Практическое занятие 4. Фоновое облучение. НРБ-99/2009.	2		ТК2	4	ОСН1-3		
			Выполнение мероприятий в рамках самостоятельной работы студента: изучение материала по пройденной теме, выполнение ИДЗ		8			ОСН1-3	ЭР 1-3	
5	27.09.2021	РД2	Практическое занятие 5. Взаимодействие нейтронов с веществом. Кинематика.	2				ОСН1-2 ДОП 2		
			Лабораторная работа 3. Программа КЛ, режим ВФ.	2		ТК1	4	ОСН1-3		
			Выполнение мероприятий в рамках самостоятельной работы студента: выполнение ИДЗ, лабораторной работы		8			ОСН1-3 ДОП2,4		
6	04.10.2021	РД2	Лекция 3. Взаимодействие нейтронов с веществом.	2		ТК4	3	ОСН1-2 ДОП 2		
			Практическое занятие 6. Взаимодействие нейтронов с веществом. Сечение упругого рассеяния.	2		ТК2	4	ОСН1-2 ДОП 2		
			Выполнение мероприятий в рамках самостоятельной работы студента: изучение материала по пройденной теме, выполнение ИДЗ		8			ОСН1-2 ДОП 2	ЭР 5	
7	11.10.2021	РД2	Практическое занятие 7. Взаимодействие нейтронов с веществом. Неупругие процессы взаимодействия.	2		ТК2	4	ОСН1-2 ДОП 2		
			Лабораторная работа 4. Программа КЛ, режим ALBEDO.	2		ТК1	4	ОСН1-3		
			Выполнение мероприятий в рамках самостоятельной работы студента: выполнение ИДЗ, лабораторной работы		8			ОСН1-3 ДОП 2	ЭР 1,2	
8	18.10.2021	РД1 РД2	Лекция 4. Источники нейтронов.	2		ТК4	3	ОСН1-2		
			Практическое занятие 8. Источники нейтронов. Часть 1.	2		ТК2	4	ОСН1-2		
			Выполнение мероприятий в рамках самостоятельной работы студента: изучение материала по пройденной теме, выполнение ИДЗ		8			ОСН1-2 ДОП 2	ЭР 5	
9	25.10.2022		Конференц-неделя 1							
			Выполнение мероприятий в рамках самостоятельной работы студента: Выполнение ИДЗ, лабораторных работ		12			ОСН1-2 ДОП 2	ЭР 1-5	
Всего по контрольной точке (аттестации) 1				32	76		40			

Неделя	Дата начала недели	Результат обучения по дисциплине	Учебная деятельность	Кол-во часов		Оценочное мероприятие	Кол-во баллов	Информационное обеспечение		
				Ауд.	Сам.			Учебная литература	Интернет-ресурсы	Видео-ресурсы
10	01.11.2021	РД1 РД2	Практическое занятие 9. Источники нейтронов. Часть 2.	2				ОСН1-3		
			Лабораторная работа 5. Программа КЛ, режим BARRIER.	2		TK1	4			
			Выполнение мероприятий в рамках самостоятельной работы студента: выполнение ИДЗ, лабораторной работы		8			ОСН1-3		
11	08.11.2021	РД1 РД2	Лекция 5. Инженерные методы расчета защиты от нейтронов.	2				ОСН1-3 ДОП1,4		
			Практическое занятие 10. Защита от нейтронов. Метод длин релаксации.	2						
			Выполнение мероприятий в рамках самостоятельной работы студента: изучение материала по пройденной теме, выполнение ИДЗ		8			ОСН1-3 ДОП1,4	ЭР 1-5	
12	15.11.2021	РД1 РД2	Практическое занятие 11. Защита от нейтронов. Метод сечения выведения.	2		TK2	4	ОСН1-3 ДОП 1		
			Лабораторная работа 6. Программа КЛ, режим FLUX.	2		TK1	4			
			Выполнение мероприятий в рамках самостоятельной работы студента: выполнение ИДЗ, лабораторной работы		8			ОСН1-3		
13	22.11.2021	РД1 РД2 РД3	Лекция 6. Расчет первичной и вторичной защиты электронных ускорителей от фотонейтронов.	2				ОСН1-3		
			Практическое занятие 12. Защита от нейтронов и сопутствующего гамма-излучения.	2		TK2, TK3	9			
			Выполнение мероприятий в рамках самостоятельной работы студента: изучение материала по пройденной теме, выполнение ИДЗ		8			ОСН1-3		
14	29.11.2021	РД1 РД2	Практическое занятие 13. Активация материалов в поле нейтронов.	2				ОСН1-3		
			Лабораторная работа 7. Программа КЛ, режим BREMSSTRAHLUNG.	2		TK1	4			
			Выполнение мероприятий в рамках самостоятельной работы студента: выполнение ИДЗ, лабораторной работы		8			ОСН1-3		
15	06.12.2021	РД1 РД2 РД3	Лекция 7. Расчет лабиринта помещения медицинского электронного ускорителя от фотонейтронов.	2				ОСН1-3		
			Практическое занятие 14. Расчет первичной и вторичной защиты от фотонейтронов электронных ускорителей.	2		TK2	4			
			Выполнение мероприятий в рамках самостоятельной работы студента: изучение материала по пройденной теме, выполнение ИДЗ		8			ОСН1-3	ЭР 1-5	
16	13.12.2021	РД1 РД2 РД3	Практическое занятие 15. Расчет лабиринта помещения медицинского электронного ускорителя от фотонейтронов.	2		TK2	4	ОСН1-3		
			Лабораторная работа 8. Программа КЛ, режим PHANTOM.	2		TK1	4			
			Выполнение мероприятий в рамках самостоятельной работы студента: выполнение ИДЗ, лабораторной работы		8			ОСН1-3		
17	20.12.2021	РД1	Лекция 8. Источники излучения и выбросы АЭС.	2		TK4	3	ОСН1-3		
			Практическое занятие 16. Защитные материалы от нейтронного излучения.							
			Выполнение мероприятий в рамках самостоятельной работы студента: изучение материала по пройденной теме		8					
18	27.12.2021		Конференц-неделя 2.							
			Выполнение мероприятий в рамках самостоятельной работы студента: Выполнение ИДЗ, лабораторных работ		12					
			Всего по контрольной точке (аттестации) 2	32	76		40			
			Экзамен			ПА1	20			
			Общий объем работы по дисциплине	64	152		100			

Информационное обеспечение:

№ (код)	Основная учебная литература (ОСН)
ОСН 1	Беспалов, В. И. Лекции по радиационной защите: Учебное пособие [Электронный ресурс] / В. И. Беспалов. – Томск: Томский политехнический университет, 2017. – 695 с. – Режим доступа: https://portal.tpu.ru/files/departments/publish/FTI_Bespalov.pdf
ОСН 2	Беспалов, В. И. Лекции по радиационной защите: Учебное пособие [Электронный ресурс] / В. И. Беспалов. – Томск: Томский политехнический университет, 2017. – 695 с.. – Книга находится в премиум-версии ЭБС IPR BOOKS. – ISBN 978-5-4387-0786-8. – Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/84016.html
ОСН 3	Беспалов В. И. Надзор и контроль в сфере безопасности. Радиационная защита: учебное пособие для бакалавриата и магистратуры / В. И. Беспалов; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). – 4-е изд. – Москва: Юрайт, 2016. – 508 с.: ил.. – Университеты России. – Библиография в конце лекций. – Предметный указатель: с. 505-507. – ISBN 978-5-9916-7028-9.
№ (код)	Дополнительная учебная литература (ДОП)
ДОП 1	Машкович, Вадим Павлович. Защита от ионизирующих излучений: справочник / В. П. Машкович, А. В. Кудрявцева. — 5-е изд. — Москва: Столица, 2013. — 494 с.: ил.. — Библиогр.: с. 479-489. — Предметный указатель: с. 490-492. — ISBN 978-5-90537-925-3.
ДОП 2	Беспалов В. И. Взаимодействие ионизирующих излучений с веществом: учебное пособие [Электронный ресурс] / В. И. Беспалов; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). – 5-е изд. – 1 компьютерный файл (pdf, 6,7 МВ). – Томск: Изд-во ТПУ, 2014. – Заглавие с титульного экрана. – Электронная версия печатной публикации. – Системные требования: Adobe Reader. Режим доступа: http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2015/m102.pdf (контент)
ДОП 3	Голубев Б. П. Дозиметрия и защита от ионизирующих излучений: учебник для вузов / Б. П. Голубев. – 4-е изд., перераб. и доп. – Москва: Энергоатомиздат, 1986. – 464 с.: ил.. – Для студентов вузов. – Библиогр.: с. 455-456. – Предм. указ.: с. 456-458.
ДОП 4	Иванов В. И. Сборник задач по дозиметрии и защите от ионизирующих излучений: учебное пособие / В. И. Иванов, В. А. Климанов, В. П. Машкович. – 4-е изд., перераб. и доп. – Москва: Энергоатомиздат, 1992. – 256 с.: ил.. – ISBN 5-283-03083-0.

Согласовано:

Заведующий кафедрой - руководитель отделения
на правах кафедры
«25» июня 2020 г.



Горюнов А.Г.