

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

ЗАЩИТА ОТ ИОНИЗИРУЮЩЕГО 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		А.Г. Горюнов
Руководитель ООП		В.С. Яковлева
Преподаватель		В.И. Беспалов

2020 г.

1. Роль дисциплины «Защита от ионизирующего 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
Защита от ионизирующего 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, происходящих в современных физических установках и устройствах в области ядерной физики и технологий	И.ПК(У)-2.5	Рассчитывает защиту от ионизирующих излучений от радионуклидных источников, заряженных частиц, рентгеновского, тормозного и нейтронного излучения с	ПК(У)-2.5В1	Владеет методами расчета характеристик радиационного поля для излучений различного типа по заданным параметрам источника, опытом обработки, систематизации и анализа полученных результатов, пакетами специальных прикладных программ для расчета защиты

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
					использованием пакетов специальных программ	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	Владеет 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	Раздел 1. Введение в физику защиты	Самостоятельная работа, выполнение ИДЗ, лабораторные работы
РД 2	Способен рассчитывать характеристики радиационного поля от излучений различного типа по заданным параметрам источника, обрабатывать и анализировать полученные результаты, оценивать риски и определять меры радиационной безопасности.	И.ОПК(У)-2.1 И.ПК(У)-4.8	Раздел 2. Защита от фотонного излучения Раздел 3. Защита от заряженных частиц Раздел 4. Защита от нейтронов	Самостоятельная работа, контрольные работы, выполнение ИДЗ, лабораторные работы
РД 3	Способен рассчитывать защиту помещений и лабиринтную защиту от фотонного излучения источников различного типа.	И.ОПК(У)-2.1 И.ПК(У)-1.1 И.ПК(У)-4.8	Раздел 2. Защита от фотонного излучения	Выполнение ИДЗ, контрольная работа, лабораторные работы

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.	Контрольные работы	<p>Задачи для контрольной работы 1.</p> <p>Для точечного изотропного источника, радионуклида $^A X$ рассчитать:</p> <ul style="list-style-type: none"> • постоянную распада ($1/\tau$); • среднее время жизни радиоактивных атомов (в единицах $T_{1/2}$); • активность (Бк) через время t, если в начальный момент она равна 100 мКи; • массу (г) радиоактивных атомов в начальный момент времени; • дифференциальные и полную гамма-постоянные по мощности поглощенной дозы (аГр·м²/с·Бк); • мощность поглощенной дозы (мкГр/ч) на расстоянии 10 м через время t; • мощность экспозиционной дозы (Р/ч) в начальный момент времени на расстоянии 1 м. <p>Начальные данные взять из таблицы.</p> <p style="text-align: center;"><i>Дается таблица начальных данных для расчета, которые индивидуальны для каждого студента.</i></p> <p>Задачи для контрольной работы 2.</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 2×2×2 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 Ро-α-Ве с мощностью 10^9 нейтр./с в воде на расстоянии 90 см от источника.

	Оценочные мероприятия	Примеры типовых контрольных заданий
		<p>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.</p> <p>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.</p> <p>6. Рассчитать отношение доз от нейтронного и гамма-излучения точечного изотропного источника Ra-α-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.</p>
2.	Лабораторные работы	<p>Задание для лабораторной работы BARRIER:</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 10 ДСП. Для источников: РИ, ТИ, радионуклид расчет ДСП проводить по средней энергии. Рассчитать методом Монте Карло в программе PCLab режим работы БАРЬЕР:</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 А 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 в PCLab нормируются: для радионуклида на 1 Бк, для остальных источников на 1 фотон/с. В радионуклидном источнике убрать электроны и позитроны.</p> <p>Варианты заданий приведены в таблице.</p>

	Оценочные мероприятия	Примеры типовых контрольных заданий
		<p><i>Дается таблица начальных данных для расчета, которые индивидуальны для каждого студента.</i></p> <p>Задание для лабораторной работы FLUX:</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> <p>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.</p> <p>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> <p>Рассчитать методом Монте Карло в программе PCLab режим работы FLUX (ПОТОК): 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 (PH_{eff}).</p> <p>Результаты расчета представить в графическом виде, а также геометрию, в которой проводится моделирование. Варианты заданий приведены в таблице.</p> <p><i>Дается таблица начальных данных для расчета, которые индивидуальны для каждого студента.</i></p> <p>Некоторые задания для лабораторной работы BREMSSTRAHLUNG:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Рентгеновское излучение (РИ). $U_{max} = 300$ кВ, мишень из W, $\vartheta_e = 45^\circ$, $\vartheta_\gamma = 45^\circ$. Рассчитать и нарисовать спектры РИ для углов $\varphi_\gamma = 0^\circ, 45^\circ, 90^\circ$. Найти среднюю энергию спектров. 2) Рентгеновское излучение (РИ). $U_{max} = 200$ кВ, мишень из Mo, $\vartheta_e = 30^\circ$, $\vartheta_\gamma = 60^\circ$, $\vartheta_e = 45^\circ$, $\vartheta_\gamma = 45^\circ$, $\vartheta_e = 60^\circ$, $\vartheta_\gamma = 30^\circ$. Рассчитать и нарисовать спектры РИ для углов $\varphi_\gamma = 0^\circ$. Найти среднюю энергию спектров. 3) Тормозное излучение (ТИ). Электроны с $T_0 = 5$ МэВ, мишень из W, $\vartheta_e = 0^\circ$. Рассчитать и нарисовать: зависимость числа электронов, выходящих из барьера, от его толщины; зависимость числа фотонов, выходящих из барьера, от его толщины (определить оптимальную

	Оценочные мероприятия	Примеры типовых контрольных заданий
		<p>толщину мишени d_{\max}); спектры ТИ для $\mathcal{G}_\gamma = 0^\circ$ и для толщин мишени: $d = 0,5d_{\max}$; d_{\max}; $2d_{\max}$. Найти среднюю энергию спектров.</p> <p>4) Тормозное излучение (ТИ). Электроны с $T_0 = 8$ МэВ, $\mathcal{G}_e = 0^\circ$, мишень W. Рассчитать и нарисовать: зависимость числа электронов, выходящих из барьера, от его толщины; зависимость числа фотонов, выходящих из барьера, от его толщины (определить оптимальные толщины мишеней d_{\max}); среднюю энергию фотонов от толщины барьера; спектры ТИ для $\mathcal{G}_\gamma = 0^\circ$ вперед и 0° назад и $d = d_{\max}$. Найти среднюю энергию спектров.</p> <p>5) Тормозное излучение (ТИ). Протоны с $T_0 = 150$ МэВ, $\mathcal{G}_e = 0^\circ$, мишень Cu. Рассчитать и нарисовать: зависимость числа протонов, выходящих из барьера, от его толщины; зависимость числа фотонов, выходящих из барьера, от его толщины (определить оптимальные толщины мишеней d_{\max}); среднюю энергию фотонов от толщины барьера; спектры ТИ для $\mathcal{G}_\gamma = 0^\circ, 30^\circ, 60^\circ$ и $d = d_{\max}$. Найти среднюю энергию спектров.</p> <p>6) Тормозное излучение (ТИ). Позитроны с $T_0 = 6$ МэВ, $\mathcal{G}_e = 0^\circ$, мишень Be. Рассчитать и нарисовать: зависимость числа позитронов, выходящих из барьера, от его толщины; зависимость числа фотонов, выходящих из барьера, от его толщины (определить оптимальные толщины мишеней d_{\max}); среднюю энергию фотонов от толщины барьера; спектры ТИ аннигиляционного излучения для $\mathcal{G}_\gamma = 0^\circ, 30^\circ, 60^\circ$ и $d = d_{\max}$. Найти среднюю энергию спектров.</p>
3.	Индивидуальные домашние задания (ИДЗ)	<p style="text-align: center;">Задание 1: Введение. Основные понятия</p> <p><i>Контрольные вопросы</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. В каких областях человеческой деятельности используются ионизирующие излучения в настоящее время? 2. Почему ионизирующее излучение опасно для живых организмов? 3. На какие стадии можно разделить действие излучения на биологическую молекулу? В чем заключаются их основные особенности? 4. Что называют прямым и косвенным действием излучения на биологический объект? 5. Каков вклад косвенного действия излучения в радиационное поражение биологической ткани? 6. Что такое активность радионуклида и в чем она измеряется? Что называют постоянной распада радионуклида? 7. Напишите закон радиоактивного распада. Получите связь массы радионуклида с его активностью.

	Оценочные мероприятия	Примеры типовых контрольных заданий
		<p>8. Что называют дифференциальной плотностью потока частиц, плотностью потока частиц, флюенсом частиц? Укажите их размерности. Что такое интенсивность излучения?</p> <p>9. Что называют линейной передачей энергии? В чем ее отличие от тормозной способности вещества?</p> <p>10. Что такое относительная биологическая эффективность излучения?</p> <p>11. Где используется взвешивающий коэффициент излучения и как он связан с ОБЭ?</p> <p>12. Дайте определения поглощенной, эквивалентной, эффективной дозы, кермы и укажите их размерности.</p> <p><i>Задачи</i></p> <p>1. Какова масса изотопа ${}_{92}^{238}\text{U}$ активностью 1 Ки?</p> <p>2. Параллельный и постоянный во времени пучок частиц падает на площадь $S = 10 \text{ см}^2$ плоской поверхности под углом 30° относительно нормали к поверхности. За время 100 с упало 10^5 частиц. Найти: флюенс частиц, плотность потока частиц и плотность тока в направлении нормали к поверхности.</p> <p>3. Определить постоянную распада, период полураспада и среднее время жизни радиоактивных атомов ${}_{15}^{32}\text{P}$, если за 3 дня его активность уменьшилась на 13,5% .</p> <p>4. На сколько уменьшится за 3 часа число распадов в минуту ${}_{11}^{24}\text{Na}$, если начальная активность равна 0,3 Ки?</p> <p>5. Активность ${}_{27}^{60}\text{Co}$ с периодом полураспада 5,27 года составляет 1 ГБк. Рассчитать активность и число радиоактивных атомов этого препарата через 5 лет.</p> <p>6. Определить объемную активность ${}_{19}^{40}\text{K}$ в коровьем молоке, если на 1 л молока приходится 1,4 г естественного калия, в котором содержится по массе 0,0119 % радиоактивного ${}^{40}\text{K}$.</p> <p>7. Определить в процентах массу радиоактивных атомов ${}_{27}^{60}\text{Co}$ в металлическом кобальте активностью 74 ГБк и массой 10 г.</p> <p>8. Определить флюенс фотонного излучения за время облучения 5 ч, если в начальный момент времени в точке детектирования плотность потока фотонов от источника ${}_{11}^{24}\text{Na}$ с периодом полураспада 15 ч составляла $2 \cdot 10^6 \text{ 1/см}^2\text{с}$.</p> <p>9. Оператор находится в реакторном зале в поле смешанного излучения. Мощность поглощенной дозы в биологической ткани, создаваемая быстрыми нейтронами, тепловыми нейтронами и гамма-излучением соответственно равна 0,9; 1,3; 2,1 мрад за сутки. Определить эквивалентную дозу (в мБэр, мЗв), которую он получит за неделю работы.</p> <p>10. Определить эффективную дозу, которую получил пациент при обследовании, если эквивалентная доза облучения легких равна 180 мкЗв, молочной железы – 30 мкЗв, щитовидной железы – 50 мкЗв, красного костного мозга – 110 мкЗв, гонад – 10 мкЗв, поверхности костной ткани – 23 мкЗв, желудка, толстого</p>

Оценочные мероприятия	Примеры типовых контрольных заданий
	<p>кишечника, печени, мочевого пузыря, пищевода – по 20 мкЗв. Облучением остальных органов пренебречь.</p> <p>11. В кровь человека ввели раствор медицинского препарата, содержащего ^{24}Na активностью 2100 Бк. Активность 1 см³ крови, взятой через 5 ч после этой процедуры, оказалась равной 0,28 Бк/см³. Найти объем крови пациента.</p> <p style="text-align: center;">Задание 4: Инженерные методы расчета защиты от первичного гамма-излучения радионуклидов</p> <p><i>Контрольные вопросы</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Что такое защита временем, количеством, расстоянием? 2. Как рассчитать защиту с помощью слоев ослабления? 3. Что такое универсальные таблицы и как они используются для расчета защиты? 4. Как проводится расчет защиты методом конкурирующих линий? Для каких источников он применяется? <p><i>Задачи</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Рассчитать по слоям ослабления защиту из железа, ослабляющую в 50000 раз поглощенную дозу в воздухе от точечного изотропного источника с энергией 2 МэВ. 2. Рассчитать защиту из железа для помещений персонала группы Б от фотонного излучения точечного радионуклида с энергией 2 МэВ, имеющего активность $5 \cdot 10^9$ Бк и квантовый выход 0,6. Работа проводится на расстоянии 2 м от источника. 3. Защита из свинца толщиной 11,3 см при работе с точечным изотропным источником ^{60}Co обеспечивала ПДУ облучения персонала. Время работы увеличили в 4 раза, активность источника возросла в 25 раз. Найти дополнительную толщину защиты, чтобы сохранить ПДУ для персонала. 4. Определить, какой материал выгоднее применять: свинец (7,4 руб/кг) или железо (0,9 руб/кг) для защиты от фотонного излучения точечного изотропного источника ^{137}Cs, если он должен ослабить мощность поглощенной дозы в $2 \cdot 10^4$ раз? 5. В пункт, находящийся на расстоянии 175 км от завода, на автомашине транспортируется точечный изотропный источник ^{60}Co с активностью 70 ГБк. Источник находится в контейнере на расстоянии 60 см от экспедитора, Средняя скорость автомобиля 50 км/ч. Определить толщину стенки свинцового контейнера, если доза при перевозке не должна превышать дневной дозы для персонала группы А при шестидневной рабочей неделе. 6. Защитный вытяжной шкаф предназначен для работы с препаратами ^{60}Co. Определить толщину лицевой стенки из защитного свинцового стекла марки ТФ-5 ($\rho = 4,77$ г/см³), обеспечивающей

	Оценочные мероприятия	Примеры типовых контрольных заданий
		<p>безопасные условия работы, если необходимо в 10^3 раз снизить мощность поглощенной дозы в воздухе. Точечный изотропный источник находится на расстоянии 40 см от защитной стенки.</p> <p>7. Рассчитать толщину стенки свинцового сферического контейнера для хранения в нем точечного изотропного источника ^{60}Co активностью $4 \cdot 10^{10}$ Бк. При нахождении источника в контейнере мощность дозы на расстоянии 0,5 м от поверхности контейнера не должна превышать ПДУ для персонала группы А. Сферическое гнездо для источника имеет диаметр 4 см и находится в центре контейнера.</p> <p>8. Толщина стенки свинцового защитного домика равна 40 мм. Определить во сколько раз эта стенка снижает фон (по поглощенной дозе в воздухе) внутри домика от гамма-излучения ^{137}Cs, находящегося на большом расстоянии от домика, когда можно считать излучение источника плоским и мононаправленным, падающим перпендикулярно на стенку домика.</p> <p>9. Методом конкурирующих линий рассчитать толщину защиты из вещества X для уменьшения мощности дозы гамма-излучения точечного изотропного источника с двумя радионуклидами (A+B) и с общим гамма-эквивалентом Y. Гамма-эквивалент радионуклида A в n раз больше, чем у радионуклида B. Защита должна обеспечить на расстоянии R от источника ПДУ для персонала (гр. А или Б). Для радионуклида со сложным спектром расчет защиты вести по средней энергии. Данные для расчета взять из табл. 1. <i>Дается таблица начальных данных для расчета, которые индивидуальны для каждого студента.</i></p> <p style="text-align: center;">Задание 8: Защита от электронов</p> <p><i>Теория:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Основные процессы взаимодействия электронов с веществом. 2. Ионизационные столкновения электронов. Ионизационные потери энергии, формула Бете-Блоха, эффект плотности вещества. 3. Тормозное излучение. Аннигиляция позитронов. 4. Тормозная способность вещества. Пробег электронов. Связь активности радионуклида с плотность потока бета-частиц. Защита от электронов и бета-частиц. <p><i>Задачи</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Определить R_{MAX} в воздухе для β-частиц с $E_{MAX} = 0,535$ МэВ. 2. Рассчитать толщину стекла (SiO_2; $\rho = 2,5$ г/см³) защитных очков, используемых для поглощения β-излучения при работе с ^{32}P. Какие экраны, стеклянные или просвинцованные, следует применять при защите глаз от β-излучения? 3. В медицине для радиационной терапии используют гамма-излучение изотопов $^{137}_{55}\text{Cs} + ^{137}_{56}\text{Ba}$. Определить необходимую толщину фольги из алюминия для полного отсекаания β-излучения $^{137}_{55}\text{Cs}$ с $E_{MAX} = 1,2$ МэВ. Найти толщину фольги для электронов с этой энергией.

	Оценочные мероприятия	Примеры типовых контрольных заданий
		<p>4. Счетчиком с толщиной входной стальной фольги 30 мг/см^2 регистрируется β-излучение $^{32}_{15}\text{P}$. Оценить долю частиц (η), поглощенных в входной фольге счетчика.</p> <p>5. Какой толщины следует выбрать фильтр из алюминия, чтобы снизить в 8 раз выходящее из препарата β-излучение ^{89}Sr?</p> <p>6. Радионуклид $^{32}_{15}\text{P}$ активностью 10 мКи испускает β-частицы с $E_{\text{MAX}} = 1,709 \text{ МэВ}$. Работа проводится на расстоянии 1,5 м в течение 24 час в неделю. Определить толщину экрана из железа для создания предельно допустимых условий работы.</p> <p>7. Определить мощность эквивалентной дозы за барьером из Al толщиной d, если на него под углом ϑ_0 падает пучок электронов с кинетической энергией T_0 и плотностью потока Φ_0. Данные для расчета взять из табл. 1. <i>Дается таблица начальных данных для расчета, которые индивидуальны для каждого студента.</i></p> <p style="text-align: center;">Задание 11: Инженерные методы защиты от нейтронов</p> <p><i>Контрольные вопросы</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. В чем заключаются особенности (этапы) расчета защиты от нейтронов? 2. Как передается энергия биологической ткани от тепловых нейтронов? 3. Как меняется процесс передачи энергии биологической ткани при переходе от тепловых нейтронов к быстрым? 4. Что называют дозой первого столкновения? 5. Как можно рассчитать ослабление моноэнергетического пучка нейтронов? 6. Что называют длиной релаксации нейтронов? Как она используется для расчета защиты от нейтронов? 7. В чем заключается идея метода сечения выведения? Как он используется в расчетах защиты от нейтронов? 8. Что называют коэффициентами накопления подпороговых нейтронов, как они зависят от характеристик вещества, что позволяют учесть? 9. Как проводится расчет защиты от смешанного нейтронного и фотонного излучения? 10. Что необходимо знать, чтобы рассчитать наведенную активность от нейтронного излучения? Запишите выражения для определения объемной и удельной активности. <p><i>Задачи</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Плотность потока быстрых нейтронов с энергией 14 МэВ от точечного изотропного источника составляет $2 \cdot 10^6 \text{ нейтр./(см}^2\text{с)}$. Следует ослабить эту плотность потока экраном из воды до ДПП. Сечения для водорода и кислорода найти в [5]. 2. За защитой из воды толщиной 75 см в бесконечной геометрии от нейтронов плоского мононаправленного источника спектра деления обеспечивается ДМД. Определить, какую толщину защиты из воды надо

	Оценочные мероприятия	Примеры типовых контрольных заданий
		<p>добавить, чтобы сохранить прежнюю мощность дозы за защитой, если мощность источника возросла на порядок? Считать, что нейтроны с энергиями $T > 0,33$ МэВ 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 $\phi_1 = 165$ нейтр./($\text{см}^2 \cdot \text{с}$). При этом источник располагался на расстоянии 10 см от бака с водой, а детектор в воде на расстоянии 1 м от источника; • определили плотность потока тепловых нейтронов $\phi_2 = 43$ нейтр./($\text{см}^2 \cdot \text{с}$) в воде в той же точке, но воздушный зазор между источником и водой был заполнен железной пластиной толщиной 10 см. <p>Найти микроскопическое сечение $\sigma_{\text{гем}}$ для железа.</p> <p>4. Точечный изотропный источник нейтронов спектра деления помещен в бак с водой. Во сколько раз уменьшится мощность дозы быстрых нейтронов, измеренная в воде на расстоянии 1,5 м от источника, если между источником и детектором (вблизи источника) ввести пластину из железа толщиной 14 см. Длина релаксации для нейтронов спектра деления в воде $L = 10$ см.</p> <p>5. В центре бака с водой размером $2 \times 2 \times 2$ м³ помещен точечный изотропный источник моноэнергетических нейтронов с энергией 14 МэВ и мощностью $q = 10^8$ нейтр./с. Определить мощность эффективной дозы от нейтронов с $T_{\text{пор}} = 0,33$ МэВ на расстоянии 45 см от источника.</p> <p>6. Сферическая защита от нейтронов точечного изотропного моноэнергетического источника с $E = 14,9$ МэВ выполнена из железа толщиной 30 см. Как изменится вес сферической защиты, если ее изготовить из полиэтилена ($\rho = 0,93$ г/см³)? На выходе обеих защит одинаковая плотность потока нейтронов с $E > 2$ МэВ.</p> <p>7. Рассчитать расстояние от точечного изотропного источника Po-α-Be мощностью $2 \cdot 10^7$ 1/с до точки детектирования, на которое необходимо удалить источник, чтобы в точке детектирования плотность потока нейтронов при 36-часовой рабочей неделе не превышала 1/5 предельно допустимой плотности потока для персонала. Учесть, что между источником и детектором установлена защита из парафина толщиной 28,5 см.</p> <p>8. Точечный изотропный моноэнергетический источник нейтронов с энергией T и мощностью q находится вплотную слева от барьера из вещества X. Найти мощность эффективной дозы от нейтронов с энергией больше $T_{\text{пор}}$ за барьером толщиной d. Данные для решения задачи в табл. 1.</p> <p><i>Дается таблица начальных данных для расчета, которые индивидуальны для каждого студента.</i></p>
4.	Самостоятельные работы	<p><i>Вопросы для 1-й самостоятельной работы</i></p> <p>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.</p> <p>2. Что называют дифференциальной плотностью потока частиц, плотностью потока частиц, флюенсом частиц? Укажите их размерности. Что такое интенсивность излучения?</p>

	Оценочные мероприятия	Примеры типовых контрольных заданий
		<p>3. Что называют линейной передачей энергии? В чем ее отличие от тормозной способности 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. 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 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>5. 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?</p> <p>6. Описать основные особенности реакций поглощения нейтронов с вылетом заряженных частиц и нейтронов.</p> <p>7. 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?</p> <p>8. Изобразить графически общую примерную зависимость всех сечений взаимодействия нейтронов с ядрами от энергии.</p>

	Оценочные мероприятия	Примеры типовых контрольных заданий
		<p style="text-align: center;"><i>Вопросы для 3-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><i>Вопросы на экзамен:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. На какие стадии можно разделить действие излучения на биологическую молекулу? В чем заключаются их основные особенности? Что называют прямым и косвенным действием излучения на биологический объект? Каков вклад косвенного действия излучения в радиационное поражение биологической ткани? Что называют свободными радикалами? В чем заключается радиобиологический парадокс? Какова величина смертельной дозы для млекопитающих? Почему ионизирующее излучение опасно для живых организмов? 2. Дозиметрические характеристики поля излучения: поглощенная доза, эквивалентная, эффективная, керма, их размерности. 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. 4. Фотоэффект: что происходит, два способа снятия возбужденного состояния, вторичные частицы, их энергетическое и угловое распределения, зависимость сечения от Z и E, график. Эффект Комптона: что происходит, диаграмма столкновения, законы сохранения энергии и импульса, вторичные частицы, их энергетическое и угловое распределение, зависимость сечения от Z и E, график сечения. 5. Эффект образования электронно-позитронных пар: что происходит, закон сохранения энергии, (следствие из него), вторичные частицы, их энергетическое и угловое распределение, зависимость сечения от Z и E, график, спектр позитронов. Судьба позитрона. Фотоядерные реакции: определение, пороговые энергии, гигантский резонанс, величина сечения, роль реакции для защиты от излучений. График полного сечения $\Sigma(E_\gamma)$. 6. 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.

	Оценочные мероприятия	Примеры типовых контрольных заданий
		<p>7. Гамма-постоянная радионуклида: определение, дифференциальная, полная, формула для вычисления, связь с мощностью дозы. Керма-эквивалент: определение, размерность, связь с активностью нуклида. Радиевый гамма-эквивалент: определение, размерность, связь с гамма-постоянной, мощностью поглощенной и экспозиционной дозы.</p> <p>8. Фактор накопления: определение, виды ФН, основные закономерности ФН, формула Тейлора для ФН. Мощность поглощенной и эквивалентной дозы на расстоянии R от точечного изотропного моноэнергетического источника фотонов с мощностью q (формула 3-х сомножителей).</p> <p>9. Защита временем, количеством, расстоянием. Практические методы расчета защиты от фотонов: универсальные таблицы Гусева, номограммы, защиты по слоям ослабления, метод конкурирующих линий. Описание методов, основные соотношения с учетом метода итераций.</p> <p>10. Альbedo излучений: положительная и отрицательная стороны, основные альбедные задачи, типы альbedo. Альbedo фотонов: энергетическое распределение, зависимость от угла падения, угла отражения, энергии источника, от атомного номера и толщины рассеивателя. Скайшайн. Расчет защиты от рассеянного излучения радионуклидов: основные соотношения с учетом метода итераций.</p> <p>11. Что называют рентгеновским излучением, каков его спектральный состав? Как получают рентгеновское излучение и где оно используется? Что такое радиационный выход рентгеновской трубки? Какими методами можно рассчитать защиту от первичного рентгеновского излучения? Как рассчитать защиту от рассеянного рентгеновского излучения?</p> <p>12. Тормозное излучение. Каков спектральный состав и угловое распределение тормозного излучения? Изобразить графически потери энергии на столкновения и излучение для электронов. Что такое критическая энергия? Основные особенности эффекта аннигиляция позитронов. Пробег электронов. Что такое экстраполированный пробег и как его определяют? Что называют максимальным пробегом заряженных частиц? Защита от электронов и бета-частиц. Методы расчета защиты от тормозного излучения β-частиц.</p> <p>13. Методы расчета защиты от тормозного излучения электронов низких и больших энергий.</p> <p>14. Расчет лабиринтной защиты: алгоритм расчета, схема распространения излучения, рисунок лабиринта и выражение для мощности дозы на входе от одного пути.</p> <p>15. Радиоллиз: что называют радиоллизом, три стадии радиоллиза, зависимость структуры трека от ЛПЭ. Радиоллиз воздуха: основные составляющие, расчет равновесной концентрации токсических веществ в воздухе от источников заряженных частиц и фотонов, расчет запретного периода.</p> <p>16. Основные процессы взаимодействия электронов и позитронов с веществом, кратко, что происходит. Упругое рассеяние электронов. Сечение Мотта. Что называют экранированием? Нарисовать графики дифференциального сечения упругого рассеяния с учетом и без учета экранирования. Многократное рассеяние электронов. Ионизационные столкновения электронов. Ионизационные потери энергии, формула Бете-Блоха. Нарисовать зависимость тормозной способности по формуле Бете-Блоха от энергии частицы. Указать физические причины такой зависимости. Что называют эффектом плотности?</p>

	Оценочные мероприятия	Примеры типовых контрольных заданий
		<p>17. Основные процессы взаимодействия протонов и альфа-частиц в веществе при низких энергиях. (с описанием закономерностей каждого процесса). Формула Бете-Блоха. Пробеги протонов и альфа-частиц. Как влияет упругое рассеяние на траектории легких и тяжелых заряженных частиц в веществе? Какова основная роль ядерных реакций в области небольших энергий протонов и альфа-частиц? Нарисуйте коэффициенты пропускания по числу частиц для электронов и протонов. В чем заключается основная причина их сильного отличия? Защита от протонов и альфа-частиц.</p> <p>18. 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>19. Взаимодействие нейтронов с веществом: радиационный захват нейтронов, деление ядер.</p> <p>20. Особенности (этапы) расчета защиты от нейтронов. Расчет защиты от нейтронов по слоям ослабления. Расчет защиты от нейтронов с помощью метода длин релаксации.</p> <p>21. Метод сечения выведения и его использование для расчета защиты от нейтронов. Коэффициенты накопления подпороговых нейтронов.</p> <p>22. 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><i>Примеры задач на экзамен:</i></p> <p>1. Оператор выполняет работы с точечным изотропным источником ^{137}Cs активностью 1,5 ГБк за защитным экраном ручным захватом. Сколько часов в неделю он может работать, чтобы не превысить ПДД для рук, если длина рукоятки захвата 80 см.</p> <p>2. Для работ используется точечный изотропный источник ^{60}Co активностью 1 ГБк. Сколько времени в день (при 6 дневной раб. неделе) можно работать персоналу без защиты, если расстояние от источника до рабочего места 4 м?</p> <p>3. Рассчитать (по слоям ослабления всеми методами) защиту из железа в барьерной геометрии, ослабляющую в 6000 раз поглощенную дозу в воздухе от точечного изотропного источника с энергией 5 МэВ.</p> <p>4. Определить объемную активность ^{40}K в коровьем молоке, если на 1 л молока приходится 1,7 г естественного калия, в котором содержится по массе 0,013 % радиоактивного ^{40}K.</p> <p>5. В опытах по определению энергетического распределения фотонов в бесконечной водной среде детектор помещали на расстоянии 36 см от точечного изотропного источника ^{60}Co активностью 2 Ки. Определить мощность поглощенной дозы в точке расположения детектора (мкГр/с).</p>

	Оценочные мероприятия	Примеры типовых контрольных заданий
		<p>6. С точечным изотропным источником (энергия 1 МэВ) работали 6 ч в неделю без защиты. При этом оператор получал предельно допустимую недельную дозу. Объем работ увеличился до 30 ч в неделю. Какая толщина бетонной защиты необходима, чтобы доза не превышала прежней величины?</p> <p>7. Защита из свинца толщиной 12 см при работе с точечным изотропным источником $^{60}_{27}\text{Co}$ обеспечивала ПДУ облучения персонала. Время работы увеличили в 3 раза, активность источника возросла в 20 раз. Найти дополнительную толщину защиты, чтобы сохранить ПДУ для персонала.</p> <p>8. В пункт, находящийся на расстоянии 190 км от завода, на автомашине транспортируется точечный изотропный источник 1 Ки с эффективной энергией гамма-излучения 1,5 МэВ и гамма-эквивалентом 3 мг-экв Ra на 1 мКи. Источник находится на расстоянии 0,7 м от сопровождающего лица. Средняя скорость автомобиля 50 км/ч. Определить толщину стенки свинцового контейнера, где находится источник, если доза при перевозке не должна превышать дневной дозы для персонала при шестидневной рабочей неделе.</p> <p>9. Рассчитать защиту из бетона от первичного излучения ^{137}Cs активностью 8000 Ки (1) таблицы Гусева, 2) метод слоев ослабления). Расстояние до защиты 2 м, за стеной гр. А персонала.</p> <p>10. В гамма-дефектоскопии используется радионуклид с керма-эквивалентом $1700 \text{ нГр} \cdot \text{м}^2 / \text{с}$ с эффективной энергией 0,6 МэВ. Определить толщину бетонной и железной защиты, снижающей мощность эквивалентной дозы первичного излучения на расстоянии 1,5 м до предельно допустимой для персонала гр. А.</p> <p>11. Определить толщину бетонной и железной защиты для персонала гр. А от рассеянного излучения радионуклидного источника с керма-эквивалентом $1700 \text{ нГр} \cdot \text{м}^2 / \text{с}$ и эффективной энергией 0,6 МэВ, если расстояние от источника до бетонного пола равно 1,3 м, а половина угла коллиматора первичного пучка равна 15°. $R_3=1$ м.</p> <p>12. Найти толщину защиты из бетона (стена лаборатории) и стали (входная дверь) для персонала гр. А от тормозного излучения электронного ускорителя на энергию 1,0 МэВ и ток 0,3 мкА. Мишень ускорителя изготовлена из W. Расстояние до стены (двери) от мишени ускорителя равно 2 м.</p> <p>13. В помещении с объемом 100 м^3 работает линейный электронный ускоритель на энергию 20 МэВ с током пучка 0,3 мА. Работы проводятся с ускоренными электронами, которые выводятся в воздух помещения. Найти равновесную концентрацию озона в помещении ускорителя и запретный период, если расстояние от выводного окна ускорителя до стены помещения равно 4 м.</p> <p>14. Счетчиком с толщиной входной стальной фольги 40 мг/см^2 регистрируется β-излучение $^{32}_{15}\text{P}$. Оценить долю частиц (η), поглощенных входной фольгой счетчика.</p> <p>15. Рассчитать толщину стекла (SiO_2, $\rho = 2,5 \text{ г/см}^3$) защитных очков, используемых для поглощения β-излучения при работе с $^{32}_{15}\text{P}$. Какие экраны, стеклянные или просвинцованные, следует применять при</p>

	Оценочные мероприятия	Примеры типовых контрольных заданий
		<p>защите глаз от β-излучения?</p> <p>16. Рассчитать, какой должна быть минимальная энергия альфа-частиц, чтобы их можно было зарегистрировать счетчиком, имеющим окно из стали толщиной 8 мг/см².</p> <p>17. Вычислить число альфа-частиц, выходящих в воздух за 1 мин с 1 см² поверхности загрязненного озера, если концентрация альфа-излучающего препарата в воде составляет $5 \cdot 10^{-4}$ Ки/л и на каждый распад испускается 1 альфа-ч. с энергией 4,2 МэВ. Нарисовать рисунок и дать пояснения к решению задачи.</p> <p>18. Проводятся работы с тормозным излучением линейного ускорителя электронов на энергию 10 МэВ с током электронного пучка 1 мА. Половина угла конического коллиматора пучка $\alpha = 15^\circ$, расстояние от мишени ускорителя до стены помещения равно 4 м. Объем помещения 90 м³. Найти равновесную концентрацию озона при работе ускорителя и величину запретного периода, если кратность воздухообмена $K = 10$ 1/ч.</p> <p>19. Рассчитать толщину органического стекла ($C_5O_2H_8$)_n, $\rho = 1,18$ г/см²,) защитных очков, используемых для поглощения β-излучения при работе с $^{32}_{15}P$ Какие экраны следует применять при защите глаз от β-излучения.</p> <p>20. Радионуклид $^{32}_{15}P$ активностью 15 мКи испускает β-частицы с $E_{\max} = 1,709$ МэВ. Работа проводится на расстоянии 1,5 м в течение 24 час в неделю. Определить толщину экрана из железа для создания предельно допустимых условий работы.</p> <p>21. 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>22. За защитой из воды толщиной 75 см в бесконечной геометрии от нейтронов плоского мононаправленного источника спектра деления обеспечивается ДМД. Определить, какую 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>23. 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

	Оценочные мероприятия	Примеры типовых контрольных заданий
		<p>толщиной 10 см</p> <p>24. 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>25. 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>26. 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>27. 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 ЗАЩИТА ОТ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ	Лекции	16	час.
«Отлично»	A	90 - 100 баллов		по направлению 14.04.02 Ядерные физика и технологии	Практ. занятия	32
«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 излучений различного типа по заданным параметрам источника, обрабатывать и анализировать полученные результаты, оценивать риски и определять меры радиационной безопасности.
РД 3	Способен рассчитывать защиту помещений и лабиринтную защиту от фотонного излучения источников различного типа.

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	12	36
ТК3	Контрольная работа	2	10
ТК4	Самостоятельная работа	3	6
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	Видеоресурсы
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	30.08.2021	РД1	Практическое занятие 1. Ионизирующие излучения: практическая польза, потенциальная угроза здоровью.	2				ОСН1-3		
			Лабораторная работа 1. Введение в программу КЛ (PCLab). Режим DEMO.	2				ОСН1-3		
			Выполнение мероприятий в рамках самостоятельной работы студента: изучение материала по пройденной теме, лабораторной работы		8			ОСН1-3		
2	06.09.2021	РД1	Лекция 1. Основные понятия. Дозиметрические характеристики поля излучения.	2				ОСН1-3 ДОП2-4		
			Практическое занятие 2. Плотность потока, активность, доза.	2		ТК2	3	ОСН1-3 ДОП2-4		
			Выполнение мероприятий в рамках самостоятельной работы студента: изучение материала по пройденной теме, выполнение ИДЗ		8			ОСН1-3 ДОП2-4	ЭР 1-3	
3	13.09.2021	РД1	Практическое занятие 3. Ослабление узкого пучка Гамма-постоянная радионуклидов.	2		ТК2, ТК3	8	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. Нормируемые и операционные дозиметрические величины.	2		ТК4	2	ОСН1-3		
			Практическое занятие 4. Нормы радиационной безопасности.	2		ТК2	3	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 фотонов с веществом. Факторы накопления.	2		ТК2	3	ОСН1-2 ДОП 1		
			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 ДОП 1		
6	04.10.2021	РД2	Лекция 3. Инженерные методы расчета защиты от гамма-излучения радионуклидов.	2				ОСН1-3 ДОП2-4		
			Практическое занятие 6. Инженерные методы расчета защиты от первичного и рассеянного гамма-излучения радионуклидов.	2		ТК2	3	ОСН1-3		
			Выполнение мероприятий в рамках самостоятельной работы студента: изучение материала по пройденной теме, выполнение ИДЗ		8			ОСН1-3	ЭР 5	
7	11.10.2021	РД2	Практическое занятие 7. Защита от рентгеновского и тормозного излучения.	2		ТК2	3	ОСН1-3		
			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	ЭР 1,2	
8	18.10.2021	РД1 РД2	Лекция 4. Защита от рентгеновского и тормозного излучения.	2				ОСН1-3		
			Практическое занятие 8. Расчет лабиринтов.	2		ТК2	3	ОСН1-3 ДОП 3		
			Выполнение мероприятий в рамках самостоятельной работы студента: изучение материала по пройденной теме, выполнение ИДЗ		8			ОСН1-3 ДОП 3	ЭР 5	
9	25.10.2022		Конференц-неделя 1							
			Выполнение мероприятий в рамках самостоятельной работы студента: Выполнение ИДЗ, лабораторных работ		12			ОСН1-3 ДОП1-4	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. Радиолит воздуха под действием ионизирующего излучения.	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. Пробеги электронов и бета-частиц. Защита от электронов и бета-частиц.	2		TK3	5	ОСН1-3 ДОП1-3		
			Практическое занятие 10. Активация воздуха тормозным излучением.	2		TK2	3			
			Выполнение мероприятий в рамках самостоятельной работы студента: изучение материала по пройденной теме, выполнение ИДЗ		8			ОСН1-3	ЭР 1-5	
12	15.11.2021	РД1 РД2	Практическое занятие 11. Защита от электронов и бета-частиц.	2		TK2	3	ОСН1-3		
			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. Пробеги протонов и альфа-частиц. Защита от протонов и альфа-частиц.	2				ОСН1-3		
			Практическое занятие 12. Защита от протонов и альфа-частиц.	2		TK2	3			
			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. Взаимодействия нейтронов.	2		TK2	3	ОСН1-2 ДОП 1		
			Лабораторная работа 7. Программа КЛ, режим BREMSSTRAHLUNG.	2		TK1	4			
			Выполнение мероприятий в рамках самостоятельной работы студента: выполнение ИДЗ, лабораторной работы		8			ОСН1-2 ДОП 1		
15	06.12.2021	РД1 РД2 РД3	Лекция 7. Взаимодействия нейтронов с веществом.	2		TK4	2	ОСН1-2 ДОП 1		
			Практическое занятие 14. Источники нейтронов.	2						
			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. Инженерные методы расчета защиты от нейтронов.	2		TK2	3	ОСН1-2		
			Лабораторная работа 8. Программа КЛ, режим PHANTOM.	2		TK1	4			
			Выполнение мероприятий в рамках самостоятельной работы студента: выполнение ИДЗ, лабораторной работы		8			ОСН1-2		
17	20.12.2021	РД1 РД2 РД3	Лекция 8. Инженерные методы расчета защиты от нейтронов.	2		TK4	2	ОСН1-3		
			Практическое занятие 16. Защита от смешанного нейтронного и гамма-излучения. Активация материалов в поле нейтронов.							
			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	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 2	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 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.

А.Г. Горюнов