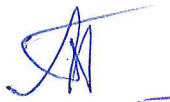
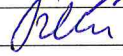
ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ
ПРИЕМ 2020 г.
ФОРМА ОБУЧЕНИЯ очная

ФИЗИКА ЗАЩИТЫ. ЧАСТЬ 1

Направление подготовки/ специальность	**14.03.02 Ядерные физика и технологии**		
Образовательная программа (направленность (профиль))	Ядерные физика и технологии		
Специализация	Радиационная безопасность человека и окружающей среды		
Уровень образования	высшее образование - бакалавриат		
Курс	4	семестр	**7**
Трудоемкость в кредитах (зачетных единицах)	**6**		

Заведующий кафедрой - руководитель отделения на правах кафедры		А.Г. Горюнов
Руководитель ООП		П.Н. Бычков
Преподаватель		В.И. Беспалов

2020 г.

1. Роль дисциплины «Физика защиты. Часть 1»:

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
Физика защиты. Часть 1	7	ОПК(У)-1	Способность использовать базовые знания естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования	И.ОПК(У)-1.13	Использует базовые знания естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применяет численные методы анализа, производит теоретические расчеты	ОПК(У)-1.13В1	Владеет методами анализа, теоретических исследований в области переноса и защиты от ионизирующих излучений
						ОПК(У)-1.13У1	Умеет производить теоретические исследования в области переноса и защиты от ионизирующих излучений
						ОПК(У)-1.133З1	Знает методы анализа результатов экспериментов, основы теоретических исследований в области переноса и защиты от ионизирующих излучений
		ПК(У)-2	Способность проводить математическое моделирование процессов и объектов атомной отрасли с использованием стандартных методов и компьютерных кодов для проектирования и анализа	И.ПК(У)-2.2	Способен использовать современные компьютерные технологии для проведения математического моделирования в различных предметных областях	ПК(У)-2.2В1	Владеет опытом подготовки ядерных Владеет опытом моделирования различных физических явлений на основе различных математических подходов
						ПК(У)-2.2У1	Умеет применять методы для моделирования различных процессов, как с использованием стандартных пакетов, так и путем написания программ
						ПК(У)-2.23З1	Знает методы математического моделирования, в частности, методы сеточного, статистического, конечно-разностного и пр. решения поставленных задач
		ПК(У)-3	Готовность к проведению физических экспериментов по заданной методике, составлению описания проводимых исследований и анализу полученных	И.ПК(У)-3.2	Осуществляет расчет защиты от гамма-излучения, рентгеновского и тормозного излучения, пучков заряженных частиц с помощью пакетов специальных прикладных программ	ПК(У)-3.2В1	Владеет навыками расчета защиты от гамма-излучения, рентгеновского и тормозного излучения, пучков заряженных частиц с помощью пакетов специальных прикладных программ
						ПК(У)-3.2У1	Умеет использовать инженерные методы расчета защиты от пучков заряженных частиц, гамма-излучения,

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
			экспериментальных данных				рентгеновского и тормозного излучения
						ПК(У)-3.231	Знает свойства и характеристики пучков заряженных частиц, гамма-излучения радионуклидных источников, рентгеновского и тормозного излучения, особенности взаимодействия с веществом

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 рассчитывать защиту от гамма-излучения радионуклидных источников, рентгеновского и тормозного излучения в различных условиях их применения.	И.ОПК(У)-1.13 И.ПК(У)-2.2 И.ПК(У)-3.2	Раздел 2. Защита от фотонного излучения	Самостоятельные работы, контрольные работы, выполнение ИДЗ, лабораторные работы
РД 2	Способность контролировать выполнение основных санитарных правил работы с радиоактивными веществами на основе основные нормативные документы в области радиационной защиты: НРБ-99/2009 и ОСПОРБ-99/2010.	И.ПК(У)-3.2	Раздел 1. Введение в физику радиационной защиты	Самостоятельные работы, выполнение ИДЗ
РД 3	Способность использовать специальные пакеты программ для расчетов защиты, уметь обрабатывать, систематизировать и анализировать полученные результаты.	И.ОПК(У)-1.13 И.ПК(У)-2.2	Раздел 1. Введение в физику радиационной защиты Раздел 2. Защита от фотонного излучения	Лабораторные 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.	Контрольные работы	Задача для КР №1: 1. Для точечного изотропного источника, радионуклида ^{A}X рассчитать: • постоянную распада (1/с); • 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·м^2/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. Начальные данные взять из таблицы. *Дается таблица начальных данных для расчета, которые индивидуальны для каждого студента.* Задача для КР №2: Рассчитать (*а*) *от первичного излучения, б*) *от рассеянного излучения*) толщину защитной стены из материала *X* и толщину защитной двери из материала *Y* между процедурной комнатой, в которой установлена промышленная гамма-установка, и комнатой управления, если оператор работает *t* часов в неделю. Гамма-установка использует радионуклид *Z* с активностью А, а минимальное расстояние от открытого источника до защиты равно $R_З$. При расчете защиты от рассеянного излучения считать, что расстояние от источника до бетонного пола равно *F*, а угол коллиматора первичного пучка равен $\theta_К$ градусов. Данные для решения задачи взять из таблицы. В каждом варианте защиту от первичного излучения рассчитывать указанными методами: УТ – универсальные таблицы; Н – номограммы; МОШП – метод ослабления широкого пучка; СО – метод слоев ослабления. *Дается таблица начальных данных для расчета, которые индивидуальны для каждого студента.* Задача для КР №3: Линейный источник из радионуклида *X* имеет длину *L* и активность А. Найти в одной из точек: P_1 или P_3 (см. рис. 9.3 и 9.7 в уч пособии) на расстоянии *a* от источника толщину защиты из заданного вещества, которая обеспечивает допустимые условия для определенной группы облучаемых лиц. Начальные данные для решения задачи взять из таблицы. *Дается таблица начальных данных для расчета, которые индивидуальны для каждого студента.*
2.	Лабораторные работы	***Задание для лабораторной работы BARRIER:*** Точечный коллимированный источник моноэнергетических фотонов (РИ, ТИ, радионуклид) с ½ 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:

	Оценочные мероприятия	Примеры типовых контрольных заданий
		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 альбедо 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. 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. 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. Варианты заданий приведены в таблице. *Дается таблица начальных данных для расчета, которые индивидуальны для каждого студента.* ***Задание для лабораторной работы FLUX:*** Гамма-излучение точечного изотропного радионуклида $^{A}_{Z}\mathrm{X}$ выходит из коллиматора с ½ угла при вершине 3º 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: *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. 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 (Eeff); Эффективность детекторов по фотопику (PHeff). Результаты расчета представить в графическом виде, а также геометрию, в которой проводится моделирование. Варианты заданий приведены в таблице. *Дается таблица начальных данных для расчета, которые индивидуальны для каждого студента.*

	Оценочные мероприятия	Примеры типовых контрольных заданий
3.	(Индивидуальные домашние задания (ИДЗ)	**Задание 3:** ***Взаимодействие фотонов с веществом*** *Контрольные вопросы* 1. Дайте описание фотоэффекта, эффекта Комптона и эффекта образования пар по следующей схеме: что происходит, законы сохранения энергии (импульса), вторичные частицы, их энергетическое и угловое распределение, зависимость сечения от атомного номера вещества и энергии фотонов. 2. Как протекает фотоядерная реакция? Что называют гигантским резонансом? В чем заключается радиационная опасность фотоядерных реакций? 3. Изобразить графически зависимость сечений основных процессов взаимодействия фотонов с веществом от их энергии. *Задачи* 1. Тонкая мишень облучается фотонами с энергией 10 МэВ. Найти отношение образовавшихся в ней позитронов к электронам. Вычислить это отношение в веществе X (см. табл. 1). *Дается таблица начальных данных для расчета, которые индивидуальны для каждого студента.* 2. Определить среднюю кинетическую энергию электронов и позитронов, образующихся в элементарном акте эффекта образования пар, если энергия фотонов равна 8 МэВ. 3. Свинцовая пластина толщиной 1 мм, помещенная в камеру Вильсона, облучается фотонами с энергией 2,62 МэВ. Всего обнаружено 435 следов позитронов и 2410 следов электронов. Определить отношение $\Sigma_{пар}/(\Sigma_{фото} + \Sigma_{комп})$. 4. Оценить максимальную энергию ядра отдачи при рождении фотоном с энергией 100 МэВ электрон-позитронной пары на ядре свинца. 5. Радиоактивный препарат излучает две линии: E_1 = 60 кэВ и E_2 = 70 кэВ. Подобрать вещество и толщину поглотителя так, чтобы линия E_2 была ослаблена в 100 раз, а линия E_1 пропущена с минимальными потерями. Во сколько раз будет ослаблена линия E_1? 6. На какой угол отклонится фотон с энергией E_γ в результате комптоновского рассеяния, если его энергия после рассеяния составит α % от начальной? Найти энергию электрона. Начальные данные взять из табл. 2. *Дается таблица начальных данных для расчета, которые индивидуальны для каждого студента* **Задание 8:** ***Защита от тормозного излучения*** *Контрольные вопросы* 1. Как образуется тормозное излучение и где оно используется? 2. Как рассчитать защиту от тормозного излучения бета-излучающих радионуклидов? 3. Что называют мощностью показателя тканевой поглощенной дозы тормозного излучения? 4. Какими методами можно рассчитать защиту от первичного тормозного излучения? 5. Как можно рассчитать защиту от рассеянного тормозного излучения?

	Оценочные мероприятия	Примеры типовых контрольных заданий
		6. В чем заключаются отличия между «новыми» и «старыми» номограммами для расчета защиты от рентгеновского излучения? *Задачи* **1.** Радиоизотопные термоэлектрические генераторы (РИТЭГ) являются источниками автономного электропитания с постоянным напряжением от 7 до 30 В и мощностью от нескольких ватт до 80 Вт. Они применяются для различной автономной аппаратуры, удаленной от традиционных источников электроснабжения и нуждающейся в небольшой мощности при очень длительном времени работы, слишком большом для топливных элементов или аккумуляторов. Наиболее широко РИТЭГи используются в качестве источников электропитания навигационных маяков, радиомаяков и метеостанций. РИТЭГи также являются основным источником электропитания на космических аппаратах, имеющих продолжительную миссию и сильно удаляющихся от Солнца (например, Вояджер-2), где использование солнечных батарей неэффективно или невозможно. В РИТЭГ используется источник тепла на основе бета-излучающего радионуклида $^{90}Sr+^{90}Y$ активностью 100 кКи. Найти толщину защиты из свинца (стали) от вторичного тормозного излучения источника для снижения мощности эквивалентной дозы на расстоянии 1 м от ее поверхности до 10 мкЗв/ч. Считать, что поглощение бета-частиц происходит в титане (на самом деле в $SrTiO_3$). **2.** Найти толщину защиты из бетона (стена лаборатории) и стали (входная дверь) для определенной категории облучаемых лиц от тормозного излучения электронного ускорителя на энергию T_0 и ток *i*. Мишень ускорителя изготовлена из вещества X. Расстояние до стены (двери) от мишени ускорителя равно R. Данные для решения задачи взять из табл. 1. *Дается таблица начальных данных для расчета, которые индивидуальны для каждого студента* **3.** Определить толщину защиты из бетона для определенной категории облучаемых лиц от первичного и рассеянного тормозного излучения (ТИ) электронного ускорителя на энергию T_0 и ток *i* в направлении, перпендикулярном к направлению рабочего пучка ускорителя. Расстояние от мишени ускорителя до защиты равно *R*, а расстояние в направлении первичного пучка ТИ до бетонной стены бункера равно 2 м. Известно, что мишень ускорителя изготовлена из вольфрама и имеет оптимальную толщину, а защита ускорителя снижает мощность дозы вне зоны рабочего пучка ТИ (конус с углом при вершине 30°) до значений, не превышающих 0,1 % от дозы в центре пучка. Расчет для рассеянного излучения выполнить в PCLab. Данные для решения задачи взять из табл. 2. *Дается таблица начальных данных для расчета, которые индивидуальны для каждого студента* ***Расчеты в программе «Компьютерная лаборатория» (КЛ/PCLab)*** **4.** Рассчитать по программе КЛ в режиме PROTECT толщину защиты из бетона, железа и свинца от первичного и рассеянного тормозного излучения (ТИ) электронного ускорителя на энергию T_0 и ток *i*. Половина угла

	Оценочные мероприятия	Примеры типовых контрольных заданий
		коллиматора первичного пучка ТИ равна θ, расстояние от мишени ускорителя до защиты R_3 не меняется. При защите от рассеянного ТИ принять, что первичный тормозной пучок падает нормально на бетонную стену. Расстояние от центра падения пучка до защитной стены, расположенной перпендикулярно плоскости падения первичного пучка, также равно R_3. За защитой находится определенная категория облучаемых лиц. Найти толщину защиты из бетона для первичного излучения другим методом (метод слоев ослабления или номограммы Машковича). Данные для решения взять из табл. 3. *Дается таблица начальных данных для расчета, которые индивидуальны для каждого студента*
4.	Самостоятельные работы	*Вопросы для 1-й самостоятельной работы* 1. Укажите с примерами, в каких областях человеческой деятельности используются ионизирующие излучения в настоящее время? 2. На какие стадии можно разделить действие излучения на биологическую молекулу? В чем заключаются их основные особенности? 3. Что называют прямым и косвенным действием излучения на биологический объект? Каков вклад косвенного действия излучения в радиационное поражение биологической ткани? Что называют свободными радикалами? 4. В чем заключается радиобиологический парадокс? Какова величина смертельной дозы для млекопитающих? Почему ионизирующее излучение опасно для живых организмов? *Вопросы для 2-й самостоятельной работы* 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 вещества? Дайте определение поглощенной дозы, единицы измерения. 4. Что такое относительная биологическая эффективность излучения? Где используется взвешивающий коэффициент излучения и как он связан с ОБЭ? Дайте определение эквивалентной дозы, единицы измерения. 5. Дайте определения поглощенной, эквивалентной, эффективной дозы, кермы и укажите их размерности. 6. Получите связь плотности потока фотонов с мощностью поглощенной дозы в воздухе.

	Оценочные мероприятия	Примеры типовых контрольных заданий
		7. Что называют базисными и фантомными дозиметрическими величинами? Что такое стандартный фантом МКРЕ? Что такое коэффициенты перехода, зачем нужны? *Вопросы и задачи для 9-й самостоятельной работы* 5. Что называют рентгеновским излучением, каков его спектральный состав? Как получают рентгеновское излучение и где оно используется? Что такое радиационный выход рентгеновской трубки? 6. Рассчитать защиту от первичного рентгеновского излучения с помощью номограмм: $U_{max} = 200$ кВ, $i = 2$ мА, $R_З = 2$ м, (бетон, Pb), гр. А персонала. Одна итерация. 7. Рассчитать защиту от рассеянного рентгеновского излучения с помощью номограмм: $U_{max} = 200$ кВ, $i = 2$ мА, $R_З = 2$ м, (бетон, Pb), $\theta_{колл} = 15^\circ$, гр. А персонала. Одна итерация. 8. Как рассчитать защиту от тормозного излучения бета-радионуклидов? 9. Как рассчитать защиту от тормозного излучения электронов с энергиями 0,2–3,0 МэВ? 10. Что называют мощностью показателя тканевой поглощенной дозы тормозного излучения? Рассчитать защиту от первичного тормозного излучения с помощью слоев десятикратного ослабления: $E_0 = 10$ МэВ, $i = 0,2$ мА, $R_З = 2$ м, (бетон, Fe), гр. Б персонала. Бетон 2 итерации, Fe – одна. 11. Рассчитать защиту от первичного тормозного излучения с помощью номограмм: $E_0 = 10$ МэВ, $i = 0,2$ мА, $R_З = 2$ м, (бетон, Fe), гр. Б персонала. Бетон – 2 итерации, Fe – одна. 12. Рассчитать защиту от рассеянного тормозного излучения с помощью номограмм: $E_0 = 10$ МэВ, $i = 0,2$ мА, $R_З = 2$ м, (бетон, Fe), $\theta_{колл} = 15^\circ$, гр. Б персонала. Бетон – 2 итерации, Fe – одна. *Вопросы для 10-й самостоятельной работы* 1. Что такое наведенная активность воздуха, в результате каких процессов она образуется? Для электронных ускорителей на энергии до 100 МэВ, какое излучение вносит основной вклад в активацию воздуха? 2. Как рассчитать концентрацию ядер определенного нуклида в воздухе? 3. Что такое запретный период и как его рассчитать? 4. Что такое радиолиз? Перечислить основные особенности каждой стадии радиолиза. 5. Что такое радиационно-химический выход? Из чего состоит трек ионизирующей частицы? Что такое шпора? 6. Какие вредные вещества представляют наибольшую опасность при радиолизе воздуха? Опишите их

	Оценочные мероприятия	Примеры типовых контрольных заданий
		физические свойства, воздействие на здоровье. 7. Как защититься от вредных веществ, образующихся в воздухе под действием ионизирующего излучения? Что такое запретный период? Как его определить? 8. Приведите алгоритм расчета равновесной концентрации вредного вещества, образующегося в воздухе под действием ионизирующего излучения.
5.	Экзамен	***Вопросы на экзамен:*** 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. 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. 4. 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 $\Sigma(E_\gamma)$**.** 5. Фоновое облучение человека: основные компоненты фона, основные компоненты естественного фона, какими частицами определяются. Уровни основных составляющих фона для России. 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. 7. 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.

	Оценочные мероприятия	Примеры типовых контрольных заданий
		8. 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. 9. 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). 10. 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. 11. Альбедо излучений: положительная и отрицательная стороны, основные альбедные задачи, типы альбедо. Альбедо 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. 12. Расчет защиты для линейного источника (с выводом формулы). Учет рассеянного излучения при расчете поля излучения линейного источников. 13. Расчет защиты для дискового источника (с выводом формулы). Учет рассеянного излучения при расчете поля излучения дискового источников. 14. 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? 15. Методы расчета защиты от тормозного излучения электронов низких и больших энергий. 16. Расчет лабиринтной защиты: алгоритм расчета, схема распространения излучения, рисунок лабиринта и выражение для мощности дозы на входе от одного пути. 17. Радиолиз: что называют радиолизом, три стадии радиолиза, зависимость структуры трека от ЛПЭ. Радиолиз воздуха: основные составляющие, расчет равновесной концентрации токсических веществ в воздухе от источников заряженных частиц и фотонов, расчет запретного периода. ***Задачи на экзамен:*** 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.

	Оценочные мероприятия	Примеры типовых контрольных заданий
		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? 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. 4. Определить объемную активность $^{40}_{19}K$ в коровьем молоке, если на 1 л молока приходится 1,7 г естественного калия , в котором содержится по массе 0,013 % радиоактивного $^{40}_{19}K$. 5. В опытах по определению энергетического распределения фотонов в бесконечной водной среде детектор помещали на расстоянии 36 см от точечного изотропного источника $^{60}_{27}Co$ активностью 2 Ки. Определить мощность поглощенной дозы в точке расположения детектора (мкГр/с). 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? 7. Защита из свинца толщиной 12 см при работе с точечным изотропным источником $^{60}_{27}Co$ 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. 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. 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. 10. В гамма-дефектоскопии используется радионуклид с керма-эквивалентом 1700 нГр×м^2/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. 11. Определить толщину бетонной и железной защиты для персонала гр. А от рассеянного излучения радионуклидного источника с керма-эквивалентом 1700 $нГр \cdot м^2/с$ и эффективной энергией 0,6 МэВ, если расстояние от источника до бетонного пола равно 1,3 м, а половина угла коллиматора

	Оценочные мероприятия	Примеры типовых контрольных заданий
		первичного пучка равна 15°. $R_З$=1 м. 12. ТВЭЛ длиной 90 см с эффективной энергией гамма-излучения 0,8 МэВ ($n_\gamma = 1$) и активностью $3 \cdot 10^{12}$ Бк, лежит на дне водной шахты промежуточного хранения. Определить необходимую толщину водной защиты, если расстояние от источника до оператора 3 м и он находится над серединой источника. Защита должна обеспечивать ПДУ для персонала при 36 ч работы в неделю. Пренебречь поглощением и рассеянием излучения в источнике и воздухе. 13. Определить толщину защиты из обычного бетона (плотность 2,35 г/см^3), расположенную параллельно дисковому источнику диаметром 120 см с поверхностным удельным гамма-эквивалентом $9 \cdot 10^{-3}$ мг-экв. Ra/см^2, если эффективная энергия фотонов 1 МэВ. Защита должна обеспечить на расстоянии 1 м над центром дискового источника мощность поглощенной дозы не более ДМД при 18 часах работы в неделю. 14. 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. 15. 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.

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 дается 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.