

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

ФИЗИКА ЗАЩИТЫ. ЧАСТЬ 2

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	8
Трудоемкость в кредитах (зачетных единицах)	3		

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 2»:

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 2	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)-1.13B1	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)-1.13З1	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)-2.2B1	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)-2.2З1	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)-3.2B2	Владеет опытом работы с программой PCLab для расчетов защиты и характеристик поля ионизирующего 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			ПК(У)-3.2У2	Умеет применять программу PCLab для расчетов защиты и характеристик поля ионизирующего излучения
						ПК(У)-3.232	Знает программы для расчета защиты от ионизирующих излучений, основные процессы взаимодействия фотонов 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 выбирать и применять методы расчета защиты персонала и населения от источников заряженных частиц в различных условиях их применения, в том числе и для защиты в космосе.	И.ОПК(У)-1.13 И.ПК(У)-2.2 И.ПК(У)-3.2	Раздел 1. Защита от заряженных частиц Раздел 2. Основы радиационной защиты в ближнем космосе	Самостоятельные работы, контрольные работы, выполнение ИДЗ
РД 2	Способность контролировать выполнение основных санитарных правил работы с радиоактивными веществами на основе основных нормативные документы в области радиационной защиты: НРБ-99/2009 и ОСПОРБ-99/2010.	И.ПК(У)-3.2	Раздел 3 Основы радиационной безопасности	Самостоятельные работы, выполнение ИДЗ
РД 3	Способность использовать специальные пакеты программ для расчетов защиты, обрабатывать, систематизировать и анализировать полученные результаты.	И.ОПК(У)-1.13 И.ПК(У)-2.2	Раздел 1. Защита от заряженных частиц Раздел 2. Основы радиационной защиты в ближнем космосе	Контрольные работы, выполнение ИДЗ

3. Шкала оценивания

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

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

Рекомендуемая шкала для отдельных оценочных мероприятий входного и текущего контроля

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

Шкала для оценочных мероприятий экзамена

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

4. Перечень типовых заданий

	Оценочные мероприятия	Примеры типовых контрольных заданий
1.	Контрольная работа	Задача для КР №1: Пучок протонов с плотностью $\phi = 10^{10}$ част/см²с, сечением 200 мм² и энергией E падает на внешнюю медную мишень толщиной d. Протоны, прошедшие мишень, поглощаются в медном поглотителе пучка. Облучение длится n сеансов по t часов каждый сеанс. Оценить мощность эквивалентной дозы от гамма-излучения образующегося в меди радионуклида A_ZX через 1 час после последнего сеанса облучения на расстоянии 1м от мишени. Ослабление гамма-излучения в мишени не учитывать, в поглотителе пучка учесть по экспоненциальному закону. Данные для задачи взять из табл. 1. <i>Дается таблица начальных данных для расчета, которые индивидуальны для каждого студента.</i>
2.	(Индивидуальные домашние задания (ИДЗ))	Задание 2. Коэффициенты пропускания и пробеги электронов. Защита от электронов ТЕОРИЯ: 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. Пробеги электронов. Связь активности радионуклида с плотность потока бета-частиц. Защита от электронов и бета-частиц. ЗАДАЧИ: 1. Определить R_{MAX} в воздухе для β-частиц с $E_{MAX} = 0,535$ МэВ. 2. Рассчитать толщину стекла (SiO₂; $\rho = 2,5$ г/см³) защитных очков, используемых для поглощения β-излучения при работе с ${}^{32}_{15}P$. Какие экраны, стеклянные или просвинцованные, следует применять при защите глаз от β-излучения? 3. В медицине для радиационной терапии используют гамма-излучение изотопов ${}^{137}_{55}Cs + {}^{137}_{56}Ba$. Определить необходимую толщину фольги из алюминия для полного отсекаания β-излучения ${}^{137}_{55}Cs$ с $E_{MAX} = 1,2$ МэВ. Найти толщину фольги для электронов с этой энергией. 4. Счетчиком с толщиной входной стальной фольги 30 мг/см² регистрируется β-излучение ${}^{32}_{15}P$. Оценить долю частиц (η), поглощенных в входной фольге счетчика.

	Оценочные мероприятия	Примеры типовых контрольных заданий
		5. Какой толщины следует выбрать фильтр из алюминия, чтобы снизить в 8 раз выходящее из препарата β-излучение ^{89}Sr? 6. Радионуклид $^{32}_{15}\text{P}$ активностью 10 мКи испускает β-частицы с $E_{\text{MAX}} = 1,709$ 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. 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> <i>Расчеты в программе «Компьютерная лаборатория»</i> 1) Рассчитать в режиме «БАРЬЕР» величину коэффициентов пропускания T_N и T_E для соответствующего варианта задачи 7 и проверить расчет по эмпирической формуле. 2) Рассчитать в режиме «АЛЬБЕДО» и построить зависимость полного числового альбеда электронов от их кинетической энергии в диапазоне 1–10 МэВ для барьера из вещества X. По рассчитанным данным получить аппроксимационную формулу. Вещество для расчета взять из табл. 2. <i>Дается таблица начальных данных для расчета, которые индивидуальны для каждого студента.</i> 3) Рассчитать в режиме «АЛЬБЕДО» и построить зависимость средней энергии отраженных электронов от угла падения на барьер из вещества Z. Начальная кинетическая энергия электронов равна T_0. С этой же начальной энергией рассчитать и представить в графическом виде два спектра отраженных электронов для углов падения 0° и 45°. Данные для расчета взять из табл. 2. 4) Рассчитать в режиме «БАРЬЕР» коэффициенты пропускания по числу частиц и энергии для электронов с кинетической энергией T_0, падающих нормально на барьер из вещества X. Результаты представить в графическом виде и определить по ним величину R_{max} и R_{ex}. Сравнить полученные значения с расчетом по эмпирическим формулам. Данные для расчета взять из табл. 2.

	Оценочные мероприятия	Примеры типовых контрольных заданий
		Задание 4. Защита от протонов и альфа-частиц ТЕОРИЯ: 1. Основные процессы взаимодействия протонов и альфа-частиц в веществе при низких энергиях. Упругое кулоновское рассеяние. 2. Ионизационные столкновения. Формула Бете-Блоха. Ядерные взаимодействия протонов и α--частиц. 3. Пробеги протонов и альфа-частиц. Защита от протонов и альфа-частиц. ЗАДАЧИ: 1. Рассчитать, какой должна быть минимальная энергия альфа-частиц, чтобы их можно было зарегистрировать счетчиком, имеющим окно из стали толщиной 6 мг/см². 2. Вычислить число альфа-частиц, выходящих в воздух за 1 мин с 1 см² поверхности загрязненного озера, если концентрация в воде радионуклида, излучающего альфа-частицы, составляет 5 · 10⁻⁴ Ки/л и на каждый распад испускается 1 альфа-частица с энергией 4,2 МэВ. 3. В результате радиационной аварии произошло загрязнение водоема радионуклидом ²³⁹Pu . Определить удельную активность воды в водоеме и необходимость защитных мероприятий (сравнить с уровнем вмешательства), если измерения плотности потока альфа-частиц, выходящих из воды, дают 10⁻⁴ (час/см² с). Окно счетчика выполнено из золота и имеет толщину 1 мкм. 4. Пучок протонов с энергией 20 МэВ падает на лавсановый поглотитель толщиной 330 мг/см². Найти потерянную энергию протонами в поглотителе. Решить задачу а) с помощью таблиц $R_0(E)$, б) использовать формулу для энергии протона после прохождения пути S. <i>Расчет в программе «Компьютерная лаборатория»</i> Пучок протонов с кинетической энергией E_0 падает перпендикулярно на барьер из вещества Х. Рассчитать методом Монте-Карло по программе «Компьютерная лаборатория» (режим «БАРЬЕР») коэффициенты пропускания протонов по числу частиц и энергии, нарисовать результаты и определить величину R_0, R_{ex} и толщину защиты от протонного пучка. Данные взять из табл. 1. <i>Дается таблица начальных данных для расчета, которые индивидуальны для каждого студента.</i>

Оценочные мероприятия		Примеры типовых контрольных заданий
3.	Самостоятельные работы	<i>Вопросы для 1-й самостоятельной работы</i> 1. Какие процессы взаимодействия испытывают электроны и позитроны при движении в веществе? Перечислить процессы с указанием, что происходит, на что влияет. 2. Неупругие (ионизационные) столкновения электронов, что это? Что происходит с атомом после его ионизации заряженной частицей? Как зависит сечение ионизации от энергии частицы и $d\sigma/dQ$ от Q? Нарисуйте график зависимости тормозной способности на столкновения от энергии электрона. Что такое поправка на эффект плотности? 3. Тормозное излучение электронов: что происходит, зависимость сечения от E_γ и Z, угловое распределение испущенных фотонов, график тормозной способности от энергии электрона. Почему не учитывают потери на тормозное излучение для протонов и альфа-частиц? 4. Написать формулу для расчета среднего пробега электронов. Что такое коэффициенты пропускания частиц, как их определяют? Что такое экстраполированный пробег и как его определяют? Что называют максимальным пробегом заряженных частиц? Что такое глубина проникновения частицы в вещество? 5. Что называют экранированием? Нарисовать графики дифференциального сечения упругого рассеяния с учетом и без учета экранирования. В чем причина расходимости сечения Резерфорда? Какие виды упругого рассеяния в зависимости от толщины вещества вы знаете? 6. Что называют тормозной способностью вещества? В чем ее отличие от ЛПЭ? Нарисуйте графики тормозных способностей на столкновение и излучение. Что такое критическая энергия? <i>Вопросы для 3-й самостоятельной работы</i> 1. Зачем нужны ускорители заряженных частиц? Приведите примеры их использования в различных областях человеческой деятельности. Какие типы ускорителей существуют? 2. Какие излучения определяют защиту различных типов ускорителей? 3. В чем отличие больших и маленьких ускорителей как источников ионизирующего излучения? Какие источники потерь энергии существуют на больших протонных ускорителях? Что происходит при прохождении релятивистских протонов через вещество? Когда ядерные взаимодействия протонов начинают определять ослабление адронов в веществе? Что такое ядерный и межъядерный каскад? Какие частицы составляют основу этих каскадов? 4. Как появляются и развиваются электрон-фотонные ливни? В чем заключается особенность распространения мюонов в веществе? Как проектируется защита от мюонов? 5. Перечислите основные факторы вредного воздействия ускорителей. В чем заключаются особенности защиты ускорителей электронов? <i>Вопросы для 5-й самостоятельной работы</i> 1. Что называют стохастическими и нестохастическими эффектами воздействия излучения на организм? 2. Какова примерная классификация лучевых поражений организма человека?

	Оценочные мероприятия	Примеры типовых контрольных заданий
		3. Какие источники излучения полностью освобождаются от радиационного контроля и учета? 4. На какие категории делятся радиационные объекты по степени радиационной опасности? Их характеристики. 5. Выполнение каких мероприятий должна обеспечить администрация учреждения, где предполагается проводить работы с источниками излучения? 6. Какие источники излучения являются закрытыми? В чем заключаются основные правила работы с закрытыми источниками излучения? 7. Какие источники излучения называют открытыми? Что такое МЗА, МЗУА? Перечислите группы радиационной опасности радионуклидов с указанием их МЗА. 8. Чем определяются классы работ с РВ в открытом виде? Какие требования предъявляются к помещениям для работ каждого класса?
4.	Экзамен	Вопросы на экзамен: 1. 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? 2. 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. 3. Зачем нужны ускорители заряженных частиц? Приведите примеры их использования в различных областях человеческой деятельности. Какие типы ускорителей существуют? Какие излучения определяют защиту различных типов ускорителей? 4. Что происходит при прохождении релятивистских протонов через вещество? Когда ядерные взаимодействия протонов начинают определять ослабление адронов в веществе? Что такое ядерный и межъядерный каскад? Какие частицы составляют основу этих каскадов? Как появляются и развиваются электрон-фотонные ливни? В чем заключается особенность распространения мюонов в веществе? Как проектируется защита от мюонов? 5. Основные факторы вредного воздействия ускорителей. Особенности защиты ускорителей на большие энергии. Методы расчета такой защиты. Особенности защиты ускорителей электронов. 6. Какие источники радиационной опасности присутствуют в космосе? Дать характеристику каждому из них. В чем заключаются особенности радиационного воздействия ГКЛ?

	Оценочные мероприятия	Примеры типовых контрольных заданий
		7. Что называют РПЗ? Их расположение, состав, среднесуточные дозы. Что такое солнечный ветер? Что происходит во время солнечных вспышек и как часто они происходят? 8. Зависимость дозы за защитой КА от протонов, электронов, тормозного излучения. В чем заключаются основные проблемы радиационной опасности в космосе? Какие мероприятия позволяют обеспечивать радиационную безопасность космических полетов? Вопросы по основам радиационной безопасности: 1. Нестохастические и стохастические эффекты воздействия излучения на организм. Категории радиационных объектов по степени радиационной опасности. 2. Примерная классификация лучевых поражений организма человека. 3. Организация работ с ИИИ: общие положения, работы с закрытыми ИИ. 4. Проведение работ с открытыми ИИ: основные мероприятия, группы РВ, классы работ, МЗА, МЗУА. 5. Требования по ограничению облучения населения в условиях радиационной аварии. Уровни вмешательства. Выполнение каких мероприятий должна обеспечить администрация учреждения, где предполагается проводить работы с источниками излучения? 6. Средства индивидуальной защиты для работы с РВ. Основные задачи службы радиационной безопасности. Задачи на экзамен: 1. Счетчиком с толщиной входной стальной фольги 40 мг/см² регистрируется β-излучение $^{32}_{15}\text{P}$. Оценить долю частиц (η), поглощенных входной фольгой счетчика. 2. 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 защите глаз от β-излучения? 3. Рассчитать, какой должна быть минимальная энергия альфа-частиц, чтобы их можно было зарегистрировать счетчиком, имеющим окно из стали толщиной 8 мг/см². 4. 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. 5. Рассчитать толщину органического стекла $(\text{C}_5\text{O}_2\text{H}_8)_n$, $\rho = 1,18 \text{ г/см}^3$, защитных очков, используемых для поглощения β-излучения при работе с $^{32}_{15}\text{P}$. Какие экраны следует применять при защите глаз от β-излучения. 6. Радионуклид $^{32}_{15}\text{P}$ активностью 15 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.

	Оценочные мероприятия	Примеры типовых контрольных заданий
		7. Пучок протонов с мощностью $5 \cdot 10^{10}$ л/с и импульсом 25 ГэВ/с падает на мишень из Fe диаметром 10 см и длиной 10 см. Определить мощность поглощенной дозы в воздухе (мкГр/ч) на расстоянии 3 м от мишени в направлении 45° относительно направления первичного пучка.

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.	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.
3.	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.
4.	Экзамен	В течение 1,5 аудиторных часов необходимо написать ответы на 2 вопроса и решить одну задачу.