

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский национальный исследовательский государственный университет»
(Новосибирский государственный университет, НГУ)

**Физический факультет
Кафедра физики элементарных частиц**



**Рабочая программа дисциплины
ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ИЗЛУЧЕНИЯ С ВЕЩЕСТВОМ**

направление подготовки: **03.04.02 Физика**

направленность (профиль):

Медицинская физика

Общая и фундаментальная физика

Форма обучения

Очная

Семестр	Общий объем	Виды учебных занятий (в часах)				Промежуточная аттестация (в часах)				
		Контактная работа обучающихся с преподавателем			Самостоятельная работа, не включая период сессии	Самостоятельная подготовка к промежуточной аттестации	Контактная работа обучающихся с преподавателем			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия			Консультации	Зачет	Дифференцированный зачет	Экзамен
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	108	32	32		22	18	2			2
Всего 108 часов / 3 зачётные единицы, из них: - контактная работа 68 часов										
Компетенции ПК-1										

Руководитель программы
д.ф.-м.н.

И. Б. Логашенко

Новосибирск, 2022

Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы.	3
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.	3
3. Трудоёмкость дисциплины в зачётных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу.	4
4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведённого на них количества академических часов и видов учебных занятий.	4
5. Перечень учебной литературы.	7
6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся.	7
7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.	7
8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.	7
9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.	7
10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.	8

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы.

Дисциплина «**Взаимодействие излучения с веществом**» представляет собой вводный курс, предназначенный для обучения студентов-физиков 1-го года магистратуры.

Целью освоения курса является ознакомление студентов с расчётами по взаимодействию различных типов ионизирующих излучений с веществом и основами физики элементарных частиц.

Дисциплина нацелена на формирование у обучающегося профессиональной компетенции:

Результаты освоения образовательной программы (компетенции)	Индикаторы	Результаты обучения по дисциплине
ПК-1 Способен использовать специализированные знания в области физики при решении поставленных задач в научно-исследовательской деятельности в соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследования.	<p>ПК 1.1 Применяет специализированные знания в области физики при решении конкретных задач в области научных исследований в соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследования.</p> <p>ПК 1.2 Выбирает наиболее эффективные методы решения конкретных задач в области научных исследований в соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследования.</p>	<p>Знать основные понятия физики элементарных частиц (типы ионизирующих излучений, классификацию элементарных частиц и физических полей); основные виды взаимодействия различных типов элементарных частиц.</p> <p>Уметь рассчитывать потери энергии частицами в зависимости от их типа и энергии в различных средах; оценивать дозы различных типов излучения.</p> <p>Владеть методами расчётов энергетических потерь различных типов излучений в веществе.</p>

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.

Дисциплина «**Взаимодействие излучения с веществом**» реализуется в осеннем семестре 1-го курса магистратуры, обучающихся по направлению подготовки 03.04.02 Физика. Курс является одной из профессиональных дисциплин по выбору, реализуемых кафедрой физики элементарных частиц. Для его восприятия требуется предварительная подготовка обучающихся по следующим разделам физики и математики: электродинамика, математический анализ, дифференциальные уравнения. Изучение дисциплины даёт магистранту необходимые знания, умения и навыки для дальнейшей учёбы, подготовки квалификационной работы и работы по специальности.

3. Трудоемкость дисциплины в зачётных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу.

Семестр	Общий объем	Виды учебных занятий (в часах)				Промежуточная аттестация (в часах)				
		Контактная работа обучающихся с преподавателем			Самостоятельная работа, не включая период сессии	Самостоятельная подготовка к промежуточной аттестации	Контактная работа обучающихся с преподавателем			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия			Консультации	Зачет	Дифференцированный зачет	Экзамен
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	108	32	32		22	18	2			2
Всего 108 часов / 3 зачётные единицы, из них: - контактная работа 68 часов										
Компетенции ПК-1										

Реализация дисциплины предусматривает практическую подготовку при проведении следующих видов занятий, предусматривающих участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью: лекции, практические занятия, самостоятельная работа студента, консультация, экзамен.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля:

Текущий контроль успеваемости: контрольные работы;

Промежуточная аттестация: экзамен.

Общая трудоемкость рабочей программы дисциплины составляет 3 зачётных единицы.

- занятия лекционного типа – 32 часа;
- практические занятия – 32 часа;
- самостоятельная работа в течение семестра, не включая период сессии – 22 часа;
- промежуточная аттестация (самостоятельная подготовка к экзамену. консультация, экзамен) – 22 часа;

Объём контактной работы обучающегося с преподавателем (занятия лекционного типа, практические занятия, консультация, экзамен) составляет 68 часов.

4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведённого на них количества академических часов и видов учебных занятий.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачётные единицы, 108 академических часов.

№ п/п	Раздел дисциплины	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоёмкость (в часах)					Промежуточная аттестация (в часах)
			Всего	Аудиторные часы		Сам. работа во время занятий (не включая период сессии)	Сам. работа во время промежуточной аттестации	
				Лекции	Практические занятия			
1	2	3	4	5	6	7	8	10
1.	Введение	1	6	2	2	2		
2.	Взаимодействие тяжёлых заряженной частицы с веществом. Удельные потери энергии заряженной частицей. Дельта электроны.	2-4	16	6	6	4		
3.	Взаимодействие электронов с веществом.	5-7	16	6	6	4		
4.	Взаимодействие гамма-квантов с веществом	8-10	16	6	6	4		
5.	Взаимодействие нейтронов с веществом.	11-13	16	6	6	4		
6.	Взаимодействие нейтрино и мюонов с веществом.	14-16	16	6	6	4		
7.	Самостоятельная работа в период подготовки к промежуточной аттестации		18				18	
8.	Консультации		2					2
9.	Экзамен		4					2
Всего			108	32	32	22	18	4

Программа и основное содержание лекций (32 часа)

Раздел 1. Введение (2 часа)

Введение: основные понятия, системы измерений, терминология. Цели и задачи ядерной медицины. Типы ионизирующих излучений. Классификация частиц и полей в Стандартной модели.

Раздел 2. Взаимодействие тяжёлых заряженной частицы с веществом (6 часов)

Удельные потери энергии заряженной частицей. Дельта электроны. Многократное рассеяние заряженных частиц. Формула Бете-Блоха. Длина пробега тяжелых заряженных частиц.

Раздел 3. Взаимодействие электронов с веществом (6 часов)

Удельные потери энергии. Ионизационные потери энергии электронами. Критическая энергия. Черенковское излучение. Рассеяние электронов. Электроны высоких энергий. Черенковское излучение. Взаимодействие позитронов с веществом.

Раздел 4. Взаимодействие гамма-квантов с веществом (6 часов)

Фотоэффект. Взаимодействие гамма-квантов с веществом. Комптон-эффект. Образование пары e^-e^+ электрон позитрон.

Раздел 5. Взаимодействие нейтронов с веществом (6 часов)

Свойства нейтронов различных энергий. Замедление нейтронов. Диффузия нейтронов. Отражение нейтронов.

Раздел 6. Взаимодействие нейтрино и мюонов с веществом (6 часов)

Сечение взаимодействия. Пробеги мюонов в веществе. Мезоатомы.

Программа практических занятий (32 часа)

Занятие 1. Упругое рассеяние (нерелятивистский случай). СЦИ. Кинематика неупругих столкновений. **(2 часа)**

Занятие 2. Микроскопическое сечение взаимодействия. Дифференциальные сечения. **(4 часа)**

Занятие 3. Квантовая теория упругого рассеяния. Приближение Борна. Упругое рассеяние заряженных частиц атомами. **(4 часа)**

Занятие 4. Многократное рассеяние. Сечение ионизации атома заряженными частицами. Дельта электроны. **(2 часа)**

Занятие 5. Контрольная работа. №1. **(2 часа)**

Занятие 6. Формула Бете-Блоха. Связь между потерями энергии и ионизацией. **(2 часа)**

Занятие 7. Тормозное излучение заряженных частиц. Полные потери энергии. **(2 часа)**

Занятие 8. Рассеяние электромагнитных волн на свободных зарядах. Формула Томсона. **(4 часа)**

Занятие 9. Контрольная работа №2. **(2 часа)**

Занятие 10. Рассеяние электромагнитных волн на связанных зарядах. Фотоэффект. Эффект Комптона. **(2 часа)**

Занятие 11. Эффект образования электрон-позитронных пар. Полное сечение взаимодействия фотонов. **(4 часа)**

Занятие 12. Повторение пройденных тем. **(2 часа)**

Самостоятельная работа студентов (40 часов)

Перечень занятий на СРС	Объем, час
Подготовка к практическим занятиям	8

Подготовка к контрольным работам	8
Изучение теоретического материала, не освещаемого на лекциях	6
Подготовка к экзамену	18

5. Перечень учебной литературы.

1. Перкинс Д., Введение в физику высоких энергий., / Пер.с англ. А.В.Беркова ; Под ред.Б.А.ДолгошеинаМ. : Энергоатомиздат, 1991427 с. : ил. ISBN 5283024679 (3 экз.)
2. Экспериментальные методы ядерной физики : [Учеб. пособие для физ. и инж.- физ. фак. вузов]. [Ч.1]. Детекторы элементарных частиц/ В.И. Калашникова, М.С. Козодаев / Под ред. [и с предисл.] М.С. Козодаева. М. : Наука, 1966. - 407 с. (21 экз.)

6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся.

3. Перкинс Д., Введение в физику высоких энергий.

7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

Для освоения дисциплины используются следующие ресурсы:

- электронная информационно-образовательная среда НГУ (ЭИОС);
- образовательные интернет-порталы;
- информационно-телекоммуникационная сеть Интернет.

7.1 Современные профессиональные базы данных

Не используются.

7.2. Информационные справочные системы

Не используются.

8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Для обеспечения реализации дисциплины используется стандартный комплект программного обеспечения (ПО), включающий регулярно обновляемое лицензионное ПО Windows и MS Office.

Использование специализированного программного обеспечения для изучения дисциплины не требуется.

9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для реализации дисциплины используются специальные помещения:

1. Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, практических занятий, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля, промежуточной и итоговой аттестации.
2. Помещения для самостоятельной работы обучающихся.

Учебные аудитории укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду НГУ.

Для проведения занятий лекционного типа предлагаются следующие наборы демонстрационного оборудования и учебно-наглядных пособий:

- комплект лекций-презентаций по темам дисциплины.

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине для обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется согласно «Порядку организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в Новосибирском государственном университете».

10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.

10.1 Порядок проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине

Текущий контроль

Текущий контроль осуществляется в ходе семестра путем опроса в начале каждой лекции по материалам предыдущей лекции. Также студентам необходимо успешно выполнить две контрольные работы, предполагающие решение задач из пройденных разделов.

Промежуточная аттестация

Освоение компетенций оценивается согласно шкале оценки уровня сформированности компетенции. Положительная оценка по дисциплине выставляется в том случае, если заявленная компетенция ПК-1 сформирована не ниже порогового уровня.

Окончательная оценка работы студента в течение семестра происходит на экзамене. Он проводится в конце семестра в экзаменационную сессию по билетам в устной форме. Вопросы билета подбираются таким образом, чтобы проверить уровень сформированности компетенции ПК-1.

Вывод об уровне сформированности компетенций принимается преподавателем. Каждый вопрос билета оценивается от 0 до 5 баллов. Положительная оценка ставится, когда все компетенции освоены не ниже порогового уровня. Оценки «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» означают успешное прохождение промежуточной аттестации.

Соответствие индикаторов и результатов освоения дисциплины

Таблица 10.1

Индикатор	Результат обучения по дисциплине	Оценочные средства
-----------	----------------------------------	--------------------

<p>ПК 1.1 Применяет специализированные знания в области физики при решении конкретных задач в области научных исследований в соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследования.</p>	<p>Знать основные понятия физики элементарных частиц (типы ионизирующих излучений, классификацию элементарных частиц и физических полей); основные виды взаимодействия различных типов элементарных частиц.</p>	<p>Опрос в начале каждой лекции, выполнение контрольных работ, экзамен.</p>
<p>ПК 1.2 Выбирает наиболее эффективные методы решения конкретных задач в области научных исследований в соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследования.</p>	<p>Уметь рассчитывать потери энергии частицами в зависимости от их типа и энергии в различных средах; оценивать дозы различных типов излучения. Владеть методами расчётов энергетических потерь различных типов излучений в веществе.</p>	<p>Опрос в начале каждой лекции, выполнение контрольных работ, экзамен.</p>

10.2 Описание критериев и шкал оценивания индикаторов достижения результатов обучения по дисциплине «Взаимодействие излучения с веществом».

Таблица 10.2

Критерии оценивания результатов обучения	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Уровень освоения компетенции			
		Не сформирован (0 баллов)	Пороговый уровень (3 балла)	Базовый уровень (4 балла)	Продвинутый уровень (5 баллов)
1	2	3	4	5	6
Полнота знаний	ПК 1.1	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имеют место грубые ошибки.	Демонстрирует общие знания базовых понятий по темам/разделам дисциплины. Допускается значительное количество негрубых ошибок.	Уровень знаний соответствует программе подготовки по темам/разделам дисциплины. Допускается несколько негрубых/несущественных ошибок. Не отвечает на дополнительные вопросы.	Уровень знаний соответствует программе подготовки по темам/разделам дисциплины. Свободно и аргументированно отвечает на дополнительные вопросы.
Наличие умений	ПК 1.2	Отсутствие минимальных умений. Не умеет решать стандартные задачи. Имеют место грубые ошибки.	Продемонстрированы частично основные умения. Решены типовые задачи. Допущены негрубые ошибки.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками или с недочетами.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задания в полном объеме без недочетов и ошибок.
Наличие навыков (владение опытом)	ПК 1.2	Отсутствие владения материалом по темам/разделам дисциплины. Нет навыков в решении стандартных задач. Наличие грубых ошибок.	Имеется минимальный набор навыков при решении стандартных задач с некоторыми недочетами.	Имеется базовый набор навыков при решении стандартных задач с некоторыми недочетами.	Имеется базовый набор навыков при решении стандартных задач без ошибок и недочетов. Продемонстрированы знания по решению нестандартных задач.

10.3 Типовые контрольные задания и материалы, необходимые для оценки результатов обучения

Контрольные работы

Контрольная работа №1

1. α -частица с кинетической энергией 40 МэВ проходит 1 см в воздухе при нормальных условиях. Оценить ионизационные потери.
2. Объяснит форму кривой Брэгга.
3. Мюон с кинетической энергией 1 ГэВ проходит 1 см воды. Найти относительные флуктуации ионизационных потерь.

4. Каон с кинетической энергией 10 МэВ проходит 1 мм воды. Найти относительные флуктуации ионизационных потерь.
5. Найти пробег пиона с энергией 10 МэВ в воздухе, зная, что для нерелятивистской α -частицы пробег в воздухе даётся следующей формулой: $R\alpha = 0.3T^{3/2}$, где R измеряется в см, а T – в МэВ.
6. Пучок электронов с импульсом 1 ГэВ/с пролетает через магнитный спектрометр, состоящий из магнита длиной 1 метр и полем 1 Тесла. Угол влёта частиц постоянный. Оценить поперечное отклонение в магнитном поле на выходе из магнита, сравнить данное отклонение с характерным сдвигом за счёт эффекта многократного рассеяния в воздухе.

Контрольная работа №2

1. Электрон с энергией 300 МэВ пролетает через стальную мишень и излучает тормозные γ – кванты. Оценить толщину мишени, при которой средний угол многократного рассеяния электрона в мишени сравнится с характерным углом тормозного излучения.
2. Во сколько раз ослабится поток γ -квантов с энергией 4 МэВ после прохождения 1 г/см² а) свинца б) углерода.
3. Радиоактивный источник, испускающий γ -кванты с энергией 1.5 МэВ, помещён в железный контейнер, ослабляющий интенсивность γ -квантов в 10⁶ раз. Чему равна толщина стенок контейнера?
4. Средняя энергия нейтронов, испускаемых радий-бериллиевым источником в реакции ${}^9\text{Be}(\alpha, n){}^{12}\text{C}$, равна 6 МэВ. Оценить среднее количество актов рассеяния нейтрона на ядрах водорода, необходимое для уменьшения его энергии до тепловой.
5. Какой толщины должен быть слой ¹⁰B, чтобы поглотить 99% падающего пучка тепловых нейтронов? Сечение захвата тепловых нейтронов ядром ¹⁰B около 4000 б. Плотность бора составляет 2.4 г/см³. Насколько возрастёт толщина поглотителя, если его сделать из природного бора? Сечение захвата тепловых нейтронов ядром ¹¹B равно 50 мб.

Вопросы на экзамен

1. Виды ионизирующих излучений. Первичное и вторичное ионизирующее излучение.
2. Источники ионизирующих излучений.
3. Радиоактивный распад.
4. Ускорители заряженных частиц.
5. Взаимодействие гамма-квантов с веществом.
6. Прохождение электронов через вещество.
7. Взаимодействие позитронов с веществом.
8. Взаимодействие нейтронов с веществом.
9. Удельные потери энергии заряженной частицей.
10. Взаимодействие мюонов с веществом.
11. Взаимодействие нейтрино с веществом
12. Фотоэффект.
13. Комптон-эффект.
14. Электромагнитные ливни.
15. Черенковское излучение.

16. Сечение взаимодействия нейтрино с веществом.
17. Мезоатомы.
18. Пробеги мюонов в веществе.
19. Образование пары -электрон позитрон.
20. Формула Бете-Блоха.
21. Длина пробега тяжелых заряженных частиц. Пик Брэгга.
22. Дельта электроны.
23. Замедление, диффузия и отражение нейтронов.

Пример экзаменационного билета

1. Виды ионизирующих излучений. Первичное и вторичное ионизирующее излучение.
2. Черенковское излучение.
3. Рассчитать удельные ионизационные потери энергии для протонов с энергией 10 МэВ в алюминии.

Оценочные материалы по промежуточной аттестации, предназначенные для проверки соответствия уровня подготовки по дисциплине требованиям СУОС, хранятся на кафедре-разработчике РПД в печатном и электронном виде.

**Лист актуализации рабочей программы
по дисциплине «Взаимодействие излучения с веществом»
по направлению подготовки 03.04.02 Физика
Профиль: «Медицинская физика», «Общая и фундаментальная физика»**

№	Характеристика внесенных изменений (с указанием пунктов документа)	Дата и № протокола Учёного совета ФФ НГУ	Подпись ответственного