

**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**



Согласовано, декан ФФ

Блинов В.Е.

2025 г.

**Рабочая программа дисциплины  
ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ИЗЛУЧЕНИЯ С ВЕЩЕСТВОМ**

направление подготовки: **03.04.01 Прикладные математика и физика**  
направленность (профиль): **все профили**

Форма обучения  
**Очная**

Семестр	Общий объем	Виды учебных занятий (в часах)				Промежуточная аттестация (в часах)				
		Контактная работа обучающихся с преподавателем			Самостоятельная ра- бота, не включая период сессии	Самостоятельная подго- товка к промежуточной аттестации	Контактная работа обучающихся с преподавателем			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные за- нятия			Консультации	Зачет	Дифференциро- ванный 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, 2025**

## 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. ....	6
6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся. ....	6
7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины. ....	6
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. ....	7
Аннотация. ....	9

## 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
<b>ПК-1</b> Способен осваивать и применять специализированные знания в области физико-математических и (или) естественных наук в своей профессиональной деятельности.	<b>ПК 1.1</b> Применяет специализированные знания естественных и (или) физико-математических наук при решении поставленных задач в специализированной области своей профессиональной деятельности. <b>ПК 1.2</b> Применяет классические и новые знания при решении поставленных задач в специализированной области своей профессиональной деятельности.	<b>Знать</b> основные понятия физики элементарных частиц (типы ионизирующих излучений, классификацию элементарных частиц и физических полей); основные виды взаимодействия различных типов элементарных частиц. <b>Уметь</b> рассчитывать потери энергии частицами в зависимости от их типа и энергии в различных средах; оценивать дозы различных типов излучения. <b>Владеть</b> методами расчётов энергетических потерь различных типов излучений в веществе.

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.

Дисциплина «Взаимодействие излучения с веществом» реализуется в осеннем семестре 1-го курса магистратуры, обучающихся по направлению подготовки **03.04.01 Прикладные математика и 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. 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.**

Трудоемкость дисциплины – 3 з.е. (108 ч)

Форма промежуточной аттестации: 1 семестр – экзамен

Таблица 3.1

№	Вид деятельности	Семестр
		1
1	Лекции, ч	32
2	Практические занятия, ч	32
3	Лабораторные занятия, ч	
4	Занятия в контактной форме, ч, из них	68
5	из них аудиторных занятий, ч	64
6	в электронной форме, ч	-
7	консультаций, час.	2
8	промежуточная аттестация, ч	2
9	Самостоятельная работа, час.	40
10	Всего, ч	108

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

Лекции (32 ч)

Таблица 4.1

	Наименование темы и их содержание	Объем, час
1	<b>Раздел 1. Введение</b>  Введение: основные понятия, системы измерений, терминология. Цели и задачи ядерной медицины. Типы ионизирующих излучений. Классификация частиц и полей в Стандартной модели.	2
2	<b>Раздел 2. Взаимодействие тяжёлых заряженной частицы с веществом</b> Удельные потери энергии заряженной частицей. Дельта электроны. Многократное рассеяние заряженных частиц. Формула Бете-Блоха. Длина пробега тяжелых заряженных частиц.	6
3	<b>Раздел 3. Взаимодействие электронов с веществом</b> Удельные потери энергии. Ионизационные потери энергии электронами. Критическая энергия. Черенковское излучение. Рассеяние электронов. Электроны высоких энергий. Черенковское излучение. Взаимодействие позитронов с веществом.	6
4	<b>Раздел 4. Взаимодействие гамма-квантов с веществом</b>	6

	Фотоэффект. Взаимодействие гамма-квантов с веществом. Комптон-эффект. Образование пары -электрон позитрон.	
5	<b>Раздел 5. Взаимодействие нейтронов с веществом</b>  Свойства нейтронов различных энергий. Замедление нейтронов. Диффузия нейтронов. Отражение нейтронов.	6
6	<b>Раздел 6. Взаимодействие нейтрино и мюонов с веществом</b>  Сечение взаимодействия. Пробеги мюонов в веществе. Мезоатомы.	6

Практические занятия (32 ч)

Таблица 4.2

	Содержание практического занятия	Объем, час
1	<i>Занятие 1.</i> Упругое рассеяние (нерелятивистский случай). СЦИ. Кинематика неупругих столкновений.	2
2	<i>Занятие 2.</i> Микроскопическое сечение взаимодействия. Дифференциальные сечения.	4
3	<i>Занятие 3.</i> Квантовая теория упругого рассеяния. Приближение Борна. Упругое рассеяние заряженных частиц атомами.	4
4	<i>Занятие 4.</i> Многократное рассеяние. Сечение ионизации атома заряженными частицами. Дельта электроны.	2
5	<i>Занятие 5.</i> Контрольная работа. №1.	2
6	<i>Занятие 6.</i> Формула Бете-Блоха. Связь между потерями энергии и ионизацией.	2
7	<i>Занятие 7.</i> Тормозное излучение заряженных частиц. Полные потери энергии.	2
8	<i>Занятие 8.</i> Рассеяние электромагнитных волн на свободных зарядах. Формула Томсона.	4
9	<i>Занятие 9.</i> Контрольная работа №2.	2
10	<i>Занятие 10.</i> Рассеяние электромагнитных волн на связанных зарядах. Фотоэффект. Эффект Комптона.	2

11	<i>Занятие 11.</i> Эффект образования электрон-позитронных пар. Полное сечение взаимодействия фотонов.	4
12	<i>Занятие 12.</i> Повторение пройденных тем.	2

### Самостоятельная работа студентов (40 часов)

Таблица 4.3

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

Код компетенции	Индикатор	Результат обучения по дисциплине	Оценочные средства
ПК-1	<b>ПК 1.1</b> Применяет специализированные знания естественных и (или) физико-математических наук при решении поставленных задач в специализированной области своей профессиональной деятельности.	<b>Знать</b> основные понятия физики элементарных частиц (типы ионизирующих излучений, классификацию элементарных частиц и физических полей); основные виды взаимодействия различных типов элементарных частиц.	Опрос в начале каждой лекции, выполнение контрольных работ, экзамен.
	<b>ПК 1.2</b> Применяет классические и новые знания при решении поставленных задач в специализированной области своей профессиональной деятельности.	<b>Уметь</b> рассчитывать потери энергии частицами в зависимости от их типа и энергии в различных средах; оценивать дозы различных типов излучения. <b>Владеть</b> методами расчётов энергетических потерь различных типов излучений в веществе.	Опрос в начале каждой лекции, выполнение контрольных работ, экзамен.



**Таблица 10.2**  
**Таблица 10.2**

Критерии оценивания результатов обучения	Шкала оценивания
<p><b><u>Устный опрос:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– ответ наполнен теоретическим и фактическим материалом, подкрепленными ссылками на научную литературу и источники,</li> <li>– полнота понимания и изложения причинно-следственных связей,</li> <li>– осмысленность, логичность и аргументированность изложения материала,</li> <li>– точность и корректность применения терминов и понятий,</li> <li>– ответ дан полностью.</li> </ul> <p>Свободно и аргументированно отвечает на дополнительные вопросы. В ответе обучающийся мог допустить не принципиальные неточности.</p> <p><b><u>Письменная контрольная (тестовая) работа:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– не менее 95% ответов должны быть правильными.</li> </ul> <p><b><u>Экзамен:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– самостоятельность, осмысленность, структурированность, логичность и аргументированность изложения материала, отсутствие затруднений в объяснении процессов и явлений, а также при формулировке собственных суждений,</li> <li>– точность и корректность применения терминов и понятий,</li> <li>– наличие исчерпывающих ответов на дополнительные вопросы.</li> </ul> <p>При изложении ответа на вопрос(ы) преподавателя обучающийся мог допустить не принципиальные неточности.</p>	<p><i>Отлично</i></p>
<p><b><u>Устный опрос:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– ответ наполнен теоретическим и фактическим материалом, подкрепленными ссылками на научную литературу и источники,</li> <li>– неполнота реализации выбранных методов,</li> <li>– полнота понимания и изложения причинно-следственных связей,</li> <li>– осмысленность, логичность и аргументированность изложения материала, наличие затруднений в формулировке собственных суждений,</li> <li>– точность и корректность применения терминов и понятий, при наличии незначительных ошибок,</li> <li>– ответ дан полностью.</li> </ul> <p>Отвечает на дополнительные вопросы. В ответе обучающийся мог допустить не принципиальные неточности.</p> <p><b><u>Письменная контрольная (тестовая) работа:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– не менее 80% ответов должны быть правильными.</li> </ul> <p><b><u>Экзамен:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– самостоятельность, осмысленность, структурированность, логичность и аргументированность изложения материала, наличие затруднений в объяснении отдельных процессов и явления, а также при формулировке собственных суждений,</li> <li>– точность и корректность применения терминов и понятий при наличии незначительных ошибок,</li> <li>– наличие полных ответов на дополнительные вопросы с возможным присутствием ошибок.</li> </ul>	<p><i>Хорошо</i></p>

<p><b><u>Устный опрос:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– теоретический и фактический материал в слабой степени подкреплён ссылками на научную литературу и источники,</li> <li>– частичное понимание и неполное изложение причинно-следственных связей,</li> <li>– осмысленность в изложении материала, наличие ошибок в логике и аргументации,</li> <li>– корректность применения терминов и понятий, при наличии незначительных ошибок,</li> <li>– фрагментарность раскрытия темы.</li> </ul> <p>При ответах на вопросы допускает ошибки.</p> <p><b><u>Письменная контрольная (тестовая) работа:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– не менее 50% ответов должны быть правильными.</li> </ul> <p><b><u>Экзамен:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– теоретический и фактический материал в слабой степени подкреплён ссылками на научную литературу и источники,</li> <li>– частичное понимание и неполное изложение причинно-следственных связей,</li> <li>– самостоятельность и осмысленность в изложении материала, наличие ошибок в логике и аргументации, в объяснении процессов и явлений, а также затруднений при формулировке собственных суждений,</li> <li>– корректность применения терминов и понятий, при наличии незначительных ошибок,</li> <li>– наличие неполных и/или содержащих существенные ошибки ответов на дополнительные вопросы.</li> </ul>	<p><i>Удовлетворительно</i></p>
<p><b><u>Устный опрос:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– отсутствие теоретического и фактического материала, подкреплённого ссылками на научную литературу и источники,</li> <li>– непонимание причинно-следственных связей,</li> <li>– компилятивное, неосмысленное, нелогичное и неаргументированное изложение материала,</li> <li>– грубые ошибки в применении терминов и понятий,</li> <li>– фрагментарность раскрытия темы,</li> <li>– неподготовленность ответа на основе предварительного изучения литературы по темам, неучастие в коллективных обсуждениях в ходе практического (семинарского) занятия.</li> </ul> <p><b><u>Письменная контрольная (тестовая) работа:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– присутствие многочисленных ошибок (более 70% ответов содержат ошибки).</li> </ul> <p><b><u>Экзамен:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– фрагментарное и недостаточное представление теоретического и фактического материала, не подкреплённое ссылками на научную литературу и источники,</li> <li>– непонимание причинно-следственных связей,</li> <li>– отсутствие осмысленности, структурированности, логичности и аргументированности в изложении материала,</li> <li>– грубые ошибки в применении терминов и понятий,</li> <li>– отсутствие ответов на дополнительные вопросы.</li> </ul>	<p><i>Неудовлетворительно</i></p>

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

#### Контрольные работы

##### Контрольная работа №1

1.  $\alpha$ -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  $\alpha$ -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  $\gamma$  – 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  $\gamma$ -квантов с энергией 4 МэВ после прохождения 1 г/см<sup>2</sup> а) свинца б) углерода.
3. Радиоактивный источник, испускающий  $\gamma$ -кванты с энергией 1.5 МэВ, помещён в железный контейнер, ослабляющий интенсивность  $\gamma$ -квантов в 10<sup>6</sup> 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  ${}^{10}\text{B}$ , чтобы поглотить 99% падающего пучка тепловых нейтронов? Сечение захвата тепловых нейтронов ядром  ${}^{10}\text{B}$  около 4000 б. Плотность бора составляет 2.4 г/см<sup>3</sup>. Насколько возрастёт толщина поглотителя, если его сделать из природного бора? Сечение захвата тепловых нейтронов ядром  ${}^{11}\text{B}$  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 ФГОС ВО, хранятся на кафедре-разработчике РПД в печатном и электронном виде.

**Лист актуализации рабочей программы  
по дисциплине «Взаимодействие излучения с веществом»**

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

**Аннотация**  
**к рабочей программе дисциплины**  
**«Взаимодействие излучения с веществом»**  
направление подготовки: **03.04.01 Прикладные математика и физика**  
направленность (профиль): **все профили**

Программа дисциплины «Взаимодействие излучения с веществом» составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО к уровню подготовки магистра по направлению **03.04.01 Прикладные математика и физика**, а также задачами, стоящими перед Новосибирским государственным университетом по реализации программы развития НГУ. Дисциплина реализуется на физическом факультете федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский национальный исследовательский государственный университет» (Новосибирский государственный университет, НГУ) кафедрой физики элементарных частиц в качестве дисциплины по выбору. Дисциплина изучается студентами 1 курса магистратуры физического факультета в осеннем семестре.

Цель курса – дать студентам-физикам базовые знания, умения и навыки расчётов во взаимодействии различных типов ионизирующих излучений с веществом.

Дисциплина нацелена на формирование у обучающегося профессиональной компетенции:

Результаты освоения образовательной программы (компетенции)	Индикаторы	Результаты обучения по дисциплине
<b>ПК-1</b> Способен осваивать и применять специализированные знания в области физико-математических и (или) естественных наук в своей профессиональной деятельности.	<b>ПК 1.1</b> Применяет специализированные знания естественных и (или) физико-математических наук при решении поставленных задач в специализированной области своей профессиональной деятельности. <b>ПК 1.2</b> Применяет классические и новые знания при решении поставленных задач в специализированной области своей профессиональной деятельности.	<b>Знать</b> основные понятия физики элементарных частиц (типы ионизирующих излучений, классификацию элементарных частиц и физических полей); основные виды взаимодействия различных типов элементарных частиц. <b>Уметь</b> рассчитывать потери энергии частицами в зависимости от их типа и энергии в различных средах; оценивать дозы различных типов излучения. <b>Владеть</b> методами расчётов энергетических потерь различных типов излучений в веществе.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, практические занятия, самостоятельная работа студента и её контроль преподавателями с помощью заданий, консультации, экзамен.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля:

текущий контроль успеваемости: контрольные работы;

промежуточная аттестация: экзамен.

Общая трудоёмкость рабочей программы дисциплины составляет **3** зачётные единицы/ **108** академических часов.