

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  
**ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЛУЧЕВОЙ ТЕРАПИИ**

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 работа, не включая период сессии	Самостоятельная подготовка к промежуточной аттестации	Контактная работа обучающихся с преподавателем			Зачет	Дифференцированный зачет
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия			Консультации	Зачет	Экзамен		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
1	72		32		18	18	2				2

Всего 72 часа / 2 зачётные единицы, из них:  
- контактная работа 36 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.....	10

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

Дисциплина «Физические основы лучевой терапии» представляет собой начальный курс основ лучевой терапии. Дисциплина изучается студентами 2 курса магистратуры физического факультета в осенном семестре.

Цели освоения дисциплины «Физические основы лучевой терапии»:

- овладение принципами расчета распределения доз в теле пациента, фиксации и иммобилизации лучевой терапии, уровня контроля над опухолью и повреждения здоровых тканей;
- формирование у магистрантов научного мировоззрения в области планирования дозовых нагрузок в лучевой терапии, обоснованности применяемого режима фракционирования, учета толерантных уровней по современным протоколам;
- развитие навыков самостоятельных исследований, направленных на совершенствование методов расчета распределений доз в лучевой терапии и обеспечения гарантии качества лучевой терапии.

Дисциплина нацелена на формирование у обучающегося профессиональной компетенции:

Результаты освоения образовательной программы (компетенции)	Индикаторы	Результаты обучения по дисциплине
<p><b>ПК-1</b> Способен осваивать и применять специализированные знания в области физико-математических и (или) естественных наук в своей профессиональной деятельности.</p>	<p><b>ПК 1.1</b> Применяет специализированные знания естественных и (или) физико-математических наук при решении поставленных задач в специализированной области своей профессиональной деятельности.</p> <p><b>ПК 1.2</b> Применяет классические и новые знания при решении поставленных задач в специализированной области своей профессиональной деятельности.</p>	<p><b>Знать</b> основные принципы постановки и методов решения задач в области медицинской физики и ядерной медицины, лучевой терапии и планирования дозовых нагрузок; основы и методы лучевой терапии.</p> <p><b>Уметь</b> применять методы лучевой терапии и планирования дозовых нагрузок в профессиональной деятельности.</p> <p><b>Владеть</b> навыками выбора и применения методов лучевой терапии и планирования дозовых нагрузок.</p>

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.

Дисциплина «Физические основы лучевой терапии» реализуется в осеннем семестре 2-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. Он направлен на формирование знаний и умений для решения задач, связанных с оценкой и прогнозированием радиобиологических эффектов, вызванных воздействием ионизирующего излучения на биообъекты.

**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 – 1 з.е. (36 ч)

Форма промежуточной аттестации: 1 семестр – экзамен

**4. Таблица 3.1**

№	Вид деятельности	Семестр
		1
1	Лекции, ч	
2	Практические занятия, ч	32
3	Лабораторные занятия, ч	
4	Занятия в контактной форме, ч, из них	36
5	из них аудиторных занятий, ч	32
6	в электронной форме, ч	-
7	консультаций, час.	-
8	промежуточная аттестация, ч	2
9	Самостоятельная работа, час.	36
10	Всего, ч	72

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

**Практические занятия (32 ч)**

	Наименование темы и их содержание	Объем, час
1	<b>Раздел 1. «История развития лучевой терапии»</b>  Введение: Гамма аппараты, бетатроны, первые линейные ускорители электронов. Современные линейные ускорители, гамма- и кибер-нож, томотерапия.	2
2	<b>Раздел 2. «Технологическая схема лучевой терапии»</b>  Предлучевая подготовка, способы иммобилизации и фиксирования пациентов, оконтуривание, «фьюжен» изображений, симуляция укладки, планирование, верификация, доставка дозы.	2
3	<b>Раздел 3. «Физические основы лучевой терапии»</b>  Виды ионизирующего излучения, взаимодействие пучков с тканями, дозиметрические величины, дозное распределение.	2
4	<b>Раздел 4. «Алгоритмы расчета дозных распределений»</b>  Метод суперпозиции, метод тонкого луча, метод Монте Карло.	2

5	<b>Раздел 5. «Современные методы лучевой терапии, основы планирования дистанционной лучевой терапии»</b>  Методы визуализации анатомии пациента, направление пучков, расчет дозы, гистограмма доза- объем. Использование модификаторов пучка (клинья, блоки, многолепестковые колиматоры, болюсы). Модуляции интенсивности. Понятия конвенциональной, конформной лучевой терапии, IGRT, IMRT, VMAT (RapidArc). Радиохирургия. Облучение подвижных мишней.	4
6	<b>Раздел 6. «Брахитерапия и интраоперационное облучение»</b>  Основы внутривлагомого и внутритканевого облучения. Брахитерапия предстательной железы, Применение интраоперационного облучения.	2
7	<b>Раздел 7. «Протонная лучевая терапия»</b>  Сравнение применения современных методов лучевой терапии, преимущества адронов, пик Брэгга, способы формирования протонного пучка, современные протонные центры.	2
8	<b>Раздел 8. «Гарантия качества лучевой терапии»</b>  Состояние лучевой терапии в РФ. Общие методы QA, фантомы, допустимые отклонения. Верификация планов лучевой терапии.	2
9	<b>Раздел 9. «Основы взаимодействия излучения с тканеэквивалентной средой»</b>  Физические эффекты взаимодействия ионизирующих излучений с биологическими тканями.	4
10	<b>Раздел 10. «Планирование фотонной лучевой терапии»</b>  Топометрическая подготовка, оконтуривание, методы вычислений дозы, понятие гетерогенности, программы планирования	4
11	<b>Раздел 11. «Особенности планирования стереотаксического облучения»</b>  Отличительные особенности прецизионного подведения дозы, радиохирургия, гипофракционирование.	2
12	<b>Раздел 12. «Оценка дозиметрического плана»</b>  Покрытие мишени, толерантность критических органов.	2

13	<b>Раздел 13. «Планирование внутриполостного облучения»</b> Особенности расчетов доз при внутриполостном облучении.	2

### **Самостоятельная работа студентов (36 часов)**

Перечень занятий на СРС	Объем, час
Подготовка к практическим занятиям	14
Изучение теоретического материала, не освещаемого на занятиях	4
Подготовка к экзамену	18

#### **5. Перечень учебной литературы.**

1. Линденбратен, Леонид Давидович. Медицинская радиология: (Основы лучевой диагностики и лучевой терапии) : [Учебник для мед. вузов] / Л.Д. Линденбратен, И.П. Королюк 2-е изд., перераб. и доп. М. : Медицина, 2000. - 671 с. : ил. ; 24 см. (9 экз.)
2. Международный симпозиум по отдельным вопросам дозиметрии (Вена; 1960). Сборник материалов симпозиума по отдельным вопросам дозиметрии : избранные доклады иностранных ученых на международном симпозиуме в Вене 7-11 июня 1960 г. Москва : Госатомиздат, 1962. - 229 с. : ил. ; 22 см. (2 экз.)

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

3. Линденбратен, Леонид Давидович. Медицинская радиология: (Основы лучевой диагностики и лучевой терапии) : [Учебник для мед. вузов] / Л.Д. Линденбратен, И.П. Королюк 2-е изд., перераб. и доп. М. : Медицина, 2000. - 671 с. : ил. ; 24 см.

#### **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.
3. Каньон линейного ускорителя ФГБУ НМИЦ им. ак. Е. Н. Мешалкина для проведения практических занятий;

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.

Для проведения практических занятий предусмотрена возможность использования программно-аппаратного комплекса Радиологического отделения ФГБУ «НМИЦ им Е.Н. Мешалкина» в составе – медицинские стереотаксические комплексы (ускорители) Axesse, дозиметрическая аппаратура.

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***

В начале каждого занятия (начиная со второго), проводится 15-минутное тестирование на знание материала предыдущего занятия.

### **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

<b>Код компетенции</b>	<b>Индикатор</b>	<b>Результат обучения по дисциплине</b>	<b>Оценочные средства</b>
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 принципы постановки и методов решения задач в области медицинской физики и ядерной медицины, лучевой терапии и планирования дозовых нагрузок; основы и методы лучевой терапии.	Проведение тестирования, экзамен.
	<b>ПК 1.2</b> Применяет классические и новые знания при решении поставленных задач в специализированной области своей профессиональной деятельности.	<b>Уметь</b> применять методы лучевой терапии и планирования дозовых нагрузок в профессиональной деятельности. <b>Владеть</b> навыками выбора и применения методов лучевой терапии и планирования дозовых нагрузок.	Проведение тестирования, экзамен.

Таблица 10.2

<b>Критерии оценивания результатов обучения</b>	<b>Шкала оценивания</b>
---	-------------------------

<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 непринципиальные неточности.</p>	<i>Отлично</i>
<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>	<i>Хорошо</i>
<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 подкреплен 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>	<i>Удовлетворительно</i>
<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 подкрепленное 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>	<i>Неудовлетворительно</i>

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

#### **Пример теста**

Выбрать все возможные правильные варианты ответов

1. Доминирующий тип взаимодействия фотонов с энергией от 20кэВ до 25 МэВ в материалах с низким Z
  - а) Комптон-эффект
  - б) упругое рассеяние
  - с) фотоэффект
2. Задачи дозиметрического планирования
  - а) обеспечение максимума дозы в опухолевом очаге
  - б) обеспечение толерантностей критических уровней
  - с) изготовление индивидуального плана
3. Способы иммобилизации пациента
  - а) термопластическая маска
  - б) тканеэквивалентный болюс
  - с) стереотаксическая рама

Письменно ответить на вопросы:

Вариант 1:

1. Какое излучение используется в дистанционной лучевой терапии?
2. Для чего применяется рентгенотерапия в настоящее время?

Вариант 2:

1. Можно ли лечить опухоль легкого с помощью рентгенотерапии?
2. Сколько линий распада у Со-60?

Вариант 3:

1. Для чего нужны кВ-системы на ускорителях электронов?
2. Что важного сделал для современной ЛТ Гондри Хаунсфилд?

Вариант 4

1. Наиболее распространённые типы кВ-систем?
2. Какой тип излучения используется в Гамма-ноже?

#### **Вопросы для устного экзамена по курсу «Физические основы лучевой терапии»**

1. Определение дистанционной лучевой терапии. Аппараты, используемые в дистанционной лучевой терапии
2. Понятие и способы визуализации в дистанционной лучевой терапии, IGRT.
3. Технологическая схема дистанционной лучевой терапии

4. Назначение и способы иммобилизации пациентов в дистанционной лучевой терапии
5. Основной принцип лучевой терапии
6. Основные определения объемов в лучевой терапии
7. Методики IMRT и VMAT
8. Что такое «Step-and-shoot»?
9. Преимущества брахитерапии
10. Интраоперационное облучение
11. Брахитерапия предстательной железы
12. Какие радиоактивные источники чаще всего используются при внутриволосном облучении, их клиническое применение?
13. Точка А и точка Б при планировании внутриволосного облучения при раке шейки матки
14. Основные источники ошибок и радиационных аварий при дистанционной лучевой терапии
15. Основные этапы программы гарантии качества в лучевой терапии
16. Изодозовые распределения и модификация изодозовых кривых
17. Отличие прямого и обратного планирования
18. Гистограмма «доза-объем», виды гистограмм
19. Что такое «Поперечная модуляция интенсивности пучков»?
20. Критерии качества дозиметрических планов
21. Что такое толерантность OAR и как медицинские физики определяют значения толерантностей OAR при оценке дозиметрических планов?
22. Особенности дозиметрического планирования при радиохирургии
23. Понятие и способы радиомодификации
24. Технология онкотерапии

### **Пример билета на экзамен**

1. Основные типы взаимодействия фотонов с биологическими тканями
2. Что включает в себя понятие гарантия качества лучевой терапии

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 «Физические основы лучевой терапии»**

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

### Аннотация

#### к рабочей программе дисциплины «Физические основы лучевой терапии»

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

Программа курса «**Физические основы лучевой терапии**» 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.

Целью курса «Физические основы лучевой терапии» является освоение основных методов лучевой терапии, иммобилизации пациентов, планирования дозных распределений, оценки дозовых нагрузок.

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.	<p><b>ПК 1.1</b> Применяет специализированные знания естественных и (или) физико-математических наук при решении поставленных задач в специализированной области своей профессиональной деятельности.</p> <p><b>ПК 1.2</b> Применяет классические и новые знания при решении поставленных задач в специализированной области своей профессиональной деятельности.</p>	<p><b>Знать</b> основные принципы постановки и методов решения задач в области медицинской физики и ядерной медицины, лучевой терапии и планирования дозовых нагрузок; основы и методы лучевой терапии.</p> <p><b>Уметь</b> применять методы лучевой терапии и планирования дозовых нагрузок в профессиональной деятельности.</p> <p><b>Владеть</b> навыками выбора и применения методов лучевой терапии и планирования дозовых нагрузок.</p>

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

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля:

Текущий контроль: тестирование на знание материала предыдущего занятия.

Промежуточная аттестация: экзамен.

Общая трудоемкость рабочей программы дисциплины составляет **2** зачётные единицы/72 академических часа.