

**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**



УТВЕРЖДАЮ

Декан ФФ

академик РАН А. Е. Бондарь

« 04 » 10 2020 г.

**Рабочая программа дисциплины**

**ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЛУЧЕВОЙ ТЕРАПИИ**

направление подготовки: **03.04.02 Физика, курс 2, семестр 3**  
направленность (профиль): **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
3	72		32		18	18	2			2
Всего 72 часа / 2 зачётных единицы, из них: - контактная работа 36 часов - в интерактивных формах 32 часа										
Компетенции ПК-1, ПК-2										

Разработчик:

О.А. Пашковская

Заведующий кафедрой  
физики элементарных частиц  
д.ф.м.н

И.Б. Логашенко

Руководитель программы  
д.ф.-м.н.

И. Б. Логашенко

**Новосибирск, 2020**

## Содержание

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

**Аннотация**  
**к рабочей программе дисциплины**  
**«Физические основы лучевой терапии»**  
Направление: **03.04.02 Физика**  
**Направленность (профиль): Общая и фундаментальная физика**

Программа курса «**Физические основы лучевой терапии**» составлена в соответствии с требованиями СУОС к уровню подготовки магистра по направлению **03.04.02 Физика, «Общая и фундаментальная 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 2 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 выпускника профессиональных компетенций:

способности самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области физики и решать их с помощью современной аппаратуры и информационных технологий с использованием новейшего российского и зарубежного опыта (**ПК-1**);

способности свободно владеть разделами физики, необходимыми для решения научно-инновационных задач, и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности (**ПК-2**).

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

• **Знать:**

- 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.

• **Уметь:**

- применять методы лучевой терапии и планирования дозовых нагрузок в профессиональной деятельности.

• **Владеть:**

- навыками выбора и применения методов лучевой терапии и планирования дозовых нагрузок.

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**.

## **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 осеннем 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 выпускника следующих компетенций:

способности самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области физики и решать их с помощью современной аппаратуры и информационных технологий с использованием новейшего российского и зарубежного опыта **(ПК-1)**;

способности свободно владеть разделами физики, необходимыми для решения научно-инновационных задач, и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности **(ПК-2)**.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

- **Знать:**
  - основные принципы постановки и методов решения задач в области медицинской физики и ядерной медицины, лучевой терапии и планирования дозовых нагрузок (ПК 1.1);
  - основы и методы лучевой терапии (ПК 2.1).
- **Уметь:**
  - применять методы лучевой терапии и планирования дозовых нагрузок в профессиональной деятельности (ПК 1.2, ПК 2.2).
- **Владеть:**
  - навыками выбора и применения методов лучевой терапии и планирования дозовых нагрузок (ПК 1.3).

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.

Дисциплина «Физические основы лучевой терапии» реализуется в осеннем семестре 2-го курса магистратуры, обучающихся по направлению подготовки 03.04.02 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. 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
3	72		32		18	18	2			2
Всего 72 часа / 2 зачётные единицы, из них: - контактная работа 36 часов - в интерактивных формах 32 часа										
Компетенции ПК-1, ПК-2										

Реализация дисциплины предусматривает практическую подготовку при проведении следующих видов занятий, предусматривающих участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

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 успеваемости: тестирование на знание материала предыдущей лекции;  
Промежуточная аттестация: экзамен.

Общая трудоемкость рабочей программы дисциплины составляет 2 зачётные единицы.

- практические занятия – 32 часа;
- самостоятельная работа в течение семестра, не включая период сессии – 18 часов;
- промежуточная аттестация (самостоятельная подготовка к экзамену, консультации, экзамен) – 22 часа;

Объём контактной работы обучающегося с преподавателем (практические занятия, консультации, экзамен) составляет 36 часов.

Работа с обучающимися в интерактивных формах составляет 32 часа (практические занятия).

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

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачётные единицы, 72 академических часа.

№ п/п	Раздел дисциплины	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоёмкость (в часах)					Консультации перед экзаменом (часов)	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	9	10
1.	История развития лучевой терапии	1	3		2	1			
2.	Технологическая схема лучевой терапии	2	3		2	1			
3.	Физические основы лучевой терапии	3	4		2	2			
4.	Алгоритмы расчета дозных распределений	4	3		2	1			
5.	Современные методы лучевой терапии, основы планирования дистанционной лучевой терапии	5-6	6		4	2			
6.	Основы внутриволнового и внутритканевого облучения, брахитерапия предстательной железы, интраоперационное облучение	7	3		2	1			
7.	Протонная лучевая терапия	8	3		2	1			
8.	Гарантия качества лучевой терапии	9	3		2	1			
9.	Основы взаимодействия излучения с тканеэквивалентной средой	10-11	6		4	2			

10.	Планирование фотонной лучевой терапии	12-13	6		4	2			
11.	Особенности планирования стереотаксического облучения	14	4		2	2			
12.	Оценка дозиметрического плана	15	3		2	1			
13.	Планирование внутриволнового облучения	16	3		2	1			
14.	Самостоятельная работа в период подготовки к промежуточной аттестации		18				18		
15.	Экзамен		4					2	2
<b>Всего</b>			<b>72</b>		<b>32</b>	<b>18</b>	<b>18</b>	<b>2</b>	<b>2</b>

### Программа практических занятий (32 часа)

#### Раздел 1. «История развития лучевой терапии» (2 часа)

Введение: Гамма аппараты, бетатроны, первые линейные ускорители электронов. Современные линейные ускорители, гамма- и кибер-нож, томотерапия.

#### Раздел 2. «Технологическая схема лучевой терапии» (2 часа)

Предлучевая подготовка, способы иммобилизации и фиксирования пациентов, оконтуривание, «фьюжен» изображений, симуляция укладки, планирование, верификация, доставка дозы.

#### Раздел 3. «Физические основы лучевой терапии» (2 часа)

Виды ионизирующего излучения, взаимодействие пучков с тканями, дозиметрические величины, дозное распределение.

#### Раздел 4. «Алгоритмы расчета дозных распределений» (2 часа)

Метод суперпозиции, метод тонкого луча, метод Монте Карло.

#### Раздел 5. «Современные методы лучевой терапии, основы планирования дистанционной лучевой терапии» (4 часа)

Методы визуализации анатомии пациента, направление пучков, расчет дозы, гистограмма доза-объем. Использование модификаторов пучка (клинья, блоки, многолепестковые коллиматоры, болюсы). Модуляции интенсивности. Понятия конвенциональной, конформной лучевой терапии, IGRT, IMRT, VMAT (RapidArc). Радиохирургия. Облучение подвижных мишеней.

## **Раздел 6. «Брахитерапия и интраоперационное облучение» (2 часа)**

Основы внутриволосного и внутритканевого облучения. Брахитерапия предстательной железы, Применение интраоперационного облучения.

## **Раздел 7. «Протонная лучевая терапия» (2 часа)**

Сравнение применения современных методов лучевой терапии, преимущества адронов, пик Брэгга, способы формирования протонного пучка, современные протонные центры.

## **Раздел 8. «Гарантия качества лучевой терапии» (2 часа)**

Состояние лучевой терапии в РФ. Общие методы QA, фантомы, допустимые отклонения. Верификация планов лучевой терапии.

## **Раздел 9. «Основы взаимодействия излучения с тканеэквивалентной средой» (4 часа)**

Физические эффекты взаимодействия ионизирующих излучений с биологическими тканями.

## **Раздел 10. «Планирование фотонной лучевой терапии» (4 часа)**

Топометрическая подготовка, оконтуривание, методы вычислений дозы, понятие гетерогенности, программы планирования

## **Раздел 11. «Особенности планирования стереотаксического облучения» (2 часа)**

Отличительные особенности прецизионного подведения дозы, радиохирургия, гипофракционирование.

## **Раздел 12. «Оценка дозиметрического плана» (2 часа)**

Покрывание мишени, толерантность критических органов.

## **Раздел 13. «Планирование внутриволосного облучения» (2 часа)**

Особенности расчетов доз при внутриволосном облучении.

### **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.**

### **5.1. Основная литература**



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

## **5.2. Дополнительная литература**

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.

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

3. Линденбрaten, Леонид Давидович. Медицинская радиология: (Основы лучевой диагностики и лучевой терапии) : [Учебник для мед. вузов] / Л.Д. Линденбрaten, 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) Axxesse, 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 заявленные компетенции ПК-1 и ПК-2 сформированы 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 компетенций ПК-1 и ПК-2.

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.

## **Описание критериев и шкал оценивания индикаторов достижения результатов обучения по дисциплине «Физические основы лучевой терапии».**

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 ПК 2.1	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имеют место грубые ошибки.	Минимально допустимый уровень знаний. 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 ПК 2.2	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 задания 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 1.3	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.

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

### Пример теста

Выбрать все возможные правильные варианты ответов

- Доминирующий тип взаимодействия фотонов с энергией от 20кэВ до 25 МэВ в материалах с низким  $Z$ 
  - Комптон-эффект
  - упругое рассеяние
  - фотоэффект
- Задачи дозиметрического планирования
  - обеспечение максимума дозы в опухолевом очаге
  - обеспечение толерантностей критических уровней
  - изготовление индивидуального плана

3. Способы иммобилизация 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 Co-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 онкотермия

### **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 СУОС, хранятся на кафедре-разработчике РПД в печатном и электронном виде.

**Лист актуализации рабочей программы  
по дисциплине «Физические основы лучевой терапии»  
по направлению подготовки 03.04.02 Физика  
Профиль «Общая и фундаментальная физика»**

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