

**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 д.ф.-м.н.
В.Е. Блинов
28.08 2023 г.

**Рабочая программа дисциплины
ОСНОВЫ БОР-НЕЙТРОНОЗАХВАТНОЙ ТЕРАПИИ**

направление подготовки: **03.04.02 Физика**
направленность (профиль): **Медицинская 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	36	14	4		16				2	
Всего 36 часов / 1 зачётные единицы, из них: - контактная работа 20 часов										
Компетенции ПК-1										

Руководитель программы
д.ф.-м.н.

И. Б. Логашенко

Новосибирск, 2023

Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы.	3
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.	4
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.	5
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 «Основы бор-нейтронозахватной терапии» представляет собой начальный курс, предназначенный для обучения студентов-физиков, специализирующихся в области медицинской физики и смежных областях.

Целью освоения курса является ознакомление студентов с основами бор-нейтронозахватной терапии злокачественных опухолей, включая взаимодействие нейтронов с атомными ядрами, этапами развития методики терапии, современным состоянием разработок источников эпитепловых нейтронов, медицинскими аспектами проведения терапии.

Дисциплина нацелена на формирование у обучающегося профессиональной компетенции:

Результаты освоения образовательной программы (компетенции)	Индикаторы	Результаты обучения по дисциплине
<p>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>	<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 основы метода бор-нейтронозахватной терапии, этапы ее развития, процессы взаимодействия нейтронов с атомными ядрами, перенос нейтронов и гамма-излучения в веществе, относительную биологическую эффективность, реакции генерации нейтронов, типы и характеристики ускорителей заряженных частиц.</p> <p>Уметь определять энергию нейтронов в зависимости от энергии ионов и угла вылета, интерпретировать спектры нейтронов с целью определения терапевтического отношения и глубины терапии, оценивать длину свободного пробега нейтрона и значение логарифмической потери энергии.</p>

Всюду, где это допускается уровнем знаний и подготовки студентов, материал лекционного курса увязывается с современными исследованиями в области бор-нейтронозахватной терапии. Все практические занятия проводятся в интерактивной форме. Специально указываются темы, активно обсуждающиеся в текущей профессиональной научной литературе и планах дальнейших работ в институтах, в котором студенты планируют проходить научную практику.

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.

Дисциплина «Основы бор-нейтронозахватной терапии» реализуется в осеннем семестре 2-го курса магистратуры, обучающихся по направлению подготовки 03.04.02 Физика, кафедрой физики элементарных частиц. Для освоения материала желателен предшествующий освоению некоторых разделов физики (ядерной физики, взаимодействия излучения с веществом, анатомии и лучевой диагностики). В свою очередь, учебный курс «Основы бор-нейтронозахватной терапии» предоставляет студентам теоретические знания и практические навыки, необходимые при прохождении преддипломной практики.

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.

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	36	14	4		16				2	
Всего 36 часов / 1 зачётные единицы, из них: - контактная работа 20 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 и её контроль преподавателями с помощью заданий, дифференцированный зачет.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля:

- текущий контроль успеваемости: доклады на занятиях, задания для самостоятельного решения;
- промежуточная аттестация: дифференцированный зачет.

Общая трудоёмкость рабочей программы дисциплины составляет 1 зачетные единицы.

- занятия лекционного типа – 14 часов;
- практические занятия – 4 часов;
- самостоятельная работа обучающегося в течение семестра, не включая период сессии – 16 часов;

Объём контактной работы обучающегося с преподавателем (занятия лекционного типа, практические занятия, дифференцированный зачет) составляет 20 часов.

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

Общая трудоемкость дисциплины составляет 1 зачетную единицу, 36 академических часов.

№ п/п	Раздел дисциплины	Неделя семестра	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (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	Этапы развития методики БНЗТ	1	2	2					
2	Реакторные источники нейтронов	2	2	2					
3	Ускорители заряженных частиц	3	2	2					
4	Ускоритель-тандем с вакуумной изоляцией	4	4	2	2				
5	Нейтроногенерирующая мишень	5	4	2	2				
6	Система формирования пучка нейтронов	6	1	1					
7	Ускорительные источники эпитепловых нейтронов для клиники	7	1	1					
8	БНЗТ как вид лучевой терапии	8	2	2					
9	Самостоятельная работа в период подготовки к промежуточной аттестации		16			16			
10	Дифференцированный зачет		2						2
Всего			36	14	4	16			2

Программа и основное содержание лекций (14 часов)

Раздел 1. Этапы развития методики БНЗТ (2 часа)

1. Ранние клинические испытания в США. Работы доктора Хатанака в Японии. Клинические испытания глубинных внутримозговых опухолей с применением ядерных реакторов. Использование ускорителей заряженных частиц для получения пучков эпитепловых нейтронов.

Раздел 2. Реакторные источники нейтронов (2 часа)

2. Деление ядер, спектр нейтронов. Характеристики реакторов, на которых проводились испытания методики БНЗТ. Характеристики пучков нейтронов: глубина терапии, терапевтическое отношение, мощность дозы, вклад фотонов, вклад быстрых нейтронов.

Раздел 3. Ускорители заряженных частиц (2 часа)

3. Циклические и линейные ускорители: циклотрон, высоковольтный ускоритель (ускоритель прямого действия), ускоритель тандемного типа, резонансный (радиочастотный) ускоритель. Характеристики ускорителей, области их применений.

Раздел 4. Ускоритель-тандем с вакуумной изоляцией (2 часа)

4. Особенности ускорителя, его характеристики. Инъекции пучка ионов в ускоритель. Подавление нежелательного потока вторичных заряженных частиц. Диагностика пучка заряженных частиц.

Раздел 5. Нейтроногенерирующая мишень (2 часа)

5. Основные реакции генерации нейтронов. Экзотермические и эндотермические реакции. Кинематическая коллимация. Основные параметры реакций. Сечение генерации нейтронов, спектр нейтронов. Типы нейтроногенерирующих мишеней: стационарная, вращающаяся, струйная. Конструкции мишеней. Характеристики и особенности. Примеры мишеней. Излучение и модификация поверхности при поглощении заряженных частиц в веществе.

Раздел 6. Система формирования пучка нейтронов (1 часа)

6. Составные части системы формирования пучка: замедлитель, отражатель, поглотитель, фильтр и коллиматор. Модифицированный фантом головы Снайдера, Относительная и составная биологическая эффективность. Перенос нейтронов и гамма-излучения. Метод Монте-Карло. Измерение параметров нейтронного пучка: времяпролетная методика, дозиметрий, активационная методика.

Раздел 7. Ускорительные источники эпитепловых нейтронов для клиники (1 часа)

7. Обзор современного состояния разработок ускорительных источников нейтронов для онкологических клиник и планов проведения терапии.

Раздел 8. БНЗТ как вид лучевой терапии (2 часа)

8. Место БНЗТ среди методов лучевой терапии. Показания и противопоказания. Злокачественная опухоль как объект воздействия БНЗТ. Многокомпонентный подход «препарат-опухоль-нейтроны». Лечение на клеточном уровне. Опухоли, подходящие для лечения с помощью БНЗТ. Предварительная оценка эффективности БНЗТ. Прогноз результатов лечения.

Программа практических занятий (4 часа)

Занятия 1. Подготовка обзора информации о современных работах в области ускорителей заряженных частиц. **(2 часа)**

Занятие 2. Анализ современных исследовательских данных в области БНЗТ. **(2 часа)**

Самостоятельная работа студентов (16 часов)

Перечень занятий на СРС	Объем, час
Подготовка к практическим занятиям.	4
Подготовка сообщения по выбранной теме для доклада	12

5. Перечень учебной литературы.

1. Линденбрaten Л.Д. Медицинская радиология: (Основы лучевой диагностики и лучевой терапии) : [Учебник для мед. вузов] / Л.Д. Линденбрaten, И.П. Королук. 2-е изд., перераб. и доп. М. : Медицина, 2000. 671 с., ISBN 5-225-04403-4 (9 экз.)
2. Шайн А. А. Онкология : учебник для вузов по спец. "Лечеб. дело", "Педиатрия", "Медико-профилакт. дело" / А.А. Шайн. Тюмень : Академия, 2004. 543 с., ISBN 5-94725-044-6 (6 экз.)

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

3. Метастазы злокачественных опухолей в головной мозг [Текст: электронный ресурс] : методическое пособие : [для студентов Института медицины и психологии НГУ] / Г.П. Логачева, С.П. Шевченко, В.С. Черный [и др.] ; М-во образования и науки РФ, Новосиб. гос. ун-т, Мед. фак., Центр постдиплом. мед. образования [и др.]. (Новосибирск : РИЦ НГУ, 2016) , ISBN 978-5-4437-0544-6 (10 экз.) . URL: <http://e-lib.nsu.ru/dsweb/Get/Resource-1131/page001.pdf>.

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.

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.

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, заданий для самостоятельного решения и докладов на занятиях.

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 в части, относящейся к формированию способности использовать специализированные знания в области бор-нейтронозахватной терапии в профессиональной деятельности.

Окончательная оценка работы студента в течение семестра происходит при сдаче дифференцированного зачета. Дифференцированный зачет 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
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.	Знать основы метода бор-нейтронозахватной терапии, этапы ее развития, процессы взаимодействия нейтронов с атомными ядрами, перенос нейтронов и гамма-излучения в веществе, относительную биологическую эффективность, реакции генерации нейтронов, типы и характеристики ускорителей заряженных частиц.	Опрос в начале каждой лекции, подготовка докладов, дифференцированный зачет.

<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 определять энергию нейтронов в зависимости от энергии иона и угла вылета, интерпретировать спектры нейтронов с целью определения терапевтического отношения и глубины терапии, оценивать длину свободного пробега нейтрона и значение логарифмической потери энергии.</p>	<p>Опрос в начале каждой лекции, подготовка докладов, дифференцированный зачет.</p>
---	---	---

10.2 Описание критериев и шкал оценивания индикаторов достижения результатов обучения по дисциплине «Основы бор-нейтронозахватной терапии».

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 задания с негрубыми ошибками или с недочетами.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задания в полном объеме без недочетов и ошибок.

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

Примеры заданий для самостоятельного решения

Практическое задание № 1.

Тема «Ускоритель-тандем с вакуумной изоляцией»

Анализа публикаций за последние 5 лет по теме.

1. Опишите 2-3 тренда дальнейших исследований в области физики ускорителей для лучевой терапии.

**Результат анализа результатов исследований
в области радиотерапии в системе PubMed**

Год	<i>Аспект, который вы выбрали</i>	Результат авторов	<i>3 критерий, который надо выбрать</i>	Тенденции развития лучевой терапии	Чем интересны результаты этого года для физика биологических систем
2019					
...					

2. Вывод по таблице сформулируйте, используя один из 5 вариантов оценки результатов работы с информацией.

1 вариант. Обоснуйте свой интерес к определенной тенденции развития лучевой терапии.

2 вариант. Определите, какая тенденция или тенденции являются значимыми для физики биологических систем. Укажите, почему именно так.

3 вариант. Определите по каким критериям следует оценивать результаты решений проблем лучевой терапии, которые предоставят физики биологических систем.

4 вариант. Оцените возможности современной физики биологических систем для радиотерапии.

5 вариант. Выскажите критические суждения о результатах исследований в области радиотерапии.

Ваш вывод должен соответствовать результатам анализа информации, который будет предоставлен в таблице.

Перечень тем докладов

1. Реакции генерации нейтронов, их характеристики.
2. Взаимодействие пучка заряженных частиц с конструкционными материалами и мишенями.
3. Организация процесса работы ускорительного комплекса.
4. Организация проведения терапии на примере ядерных реакторов.
5. Обеспечение контроля поглощенной дозы.
6. Лечение меланомы методом БНЗТ: физический аспект.
7. Лечение глиобластомы методом БНЗТ: физический аспект.
8. Биологическая безопасность в лучевой терапии.
9. Доза-эффект в БНЗТ: вид опухоли и тип источника эпитепловых нейтронов.

Список вопросов для дифференцированного зачета

1. Взаимодействие продуктов ядерной реакции с веществом.

2. Линейная передача энергии.
 3. Относительная эффективность ионизирующего излучения.
 4. Клинические испытания глубинных внутримозговых опухолей с применением ядерных реакторов.
 5. Использование ускорителей заряженных частиц для получения пучков тепловых нейтронов.
 6. Деление ядер, спектр нейтронов.
 7. Характеристики реакторов, на которых проводились испытания методики БНЗТ.
 8. Характеристики пучков нейтронов: глубина терапии, терапевтическое отношение, мощность дозы, вклад фотонов, вклад быстрых нейтронов.
 9. Циклические и линейные ускорители: циклотрон, высоковольтный ускоритель (ускоритель прямого действия), ускоритель тандемного типа, резонансный (радиочастотный) ускоритель.
 10. Характеристики ускорителей, области их применений.
 - a. Инъекции пучка ионов в ускоритель.
 - b. Подавление нежелательного потока вторичных заряженных частиц. Диагностика пучка заряженных частиц.
 11. Основные реакции генерации нейтронов. Экзотермические и эндотермические реакции.
 12. Кинематическая коллимация. Типы нейтроногенерирующих мишеней: стационарная, вращающаяся, струйная. Конструкции мишеней.
 13. Излучение и модификация поверхности при поглощении заряженных частиц в веществе.
 14. Составные части системы формирования пучка: замедлитель, отражатель, поглотитель, фильтр и коллиматор.
 15. Метод Монте-Карло.
 16. Измерение параметров нейтронного пучка: времяпролетная методика, дозиметрий, активационная методика.
 17. Обзор современного состояния разработок ускорительных источников нейтронов для онкологических клиник и планов проведения терапии.
-

1. Виды лучевой терапии. Стандартная лучевая терапия и протонная терапия. Лечение тяжелыми ионами и быстрыми нейтронами.
2. Показания и противопоказания к лучевой терапии.
3. Оценка эффективности проведенного лечения в зависимости от типа опухоли.
4. Инструментальные методы исследования. Рентгенография, компьютерная томография (КТ), магнитно-резонансная томография (МРТ), позитронно-эмиссионная томография (ПЭТ). Морфологические методы исследования.
5. Место БНЗТ среди методов лучевой терапии. Злокачественная опухоль как объект воздействия БНЗТ.

Пример билета для дифференцированного зачета

1. Ускорители заряженных частиц для БНЗТ. Типы ускорителей, их характеристики.
2. Злокачественная опухоль как объект воздействия БНЗТ.

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 «Основы бор-нейтронозахватной терапии»
по направлению подготовки 03.04.02 Физика
Профиль «Медицинская физика»**

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