

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова  
ФИЛИАЛ МГУ В Г. ДУБНЕ



УТВЕРЖДАЮ  
И.о. директора  
филиала МГУ в г.Дубне  
/ Э.Э. Боос /  
14» 09 2022г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**Наименование дисциплины:**

Радиационные технологии

---

**Уровень высшего образования:**

Магистратура

---

**Направление подготовки:**

03.04.02 Физика

---

**Направленность (профиль) ОПОП:**

Фундаментальная и прикладная ядерная физика

---

**Форма обучения:** Очная форма обучения

---

Дубна 2022 г.

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по направлению подготовки программы магистратуры 03.04.02 «Физика».

Год (годы) приема на обучение \_\_\_\_\_

**Авторы–составители:**

1. д.ф.-м.н., профессор Черняев Александр Петрович, заведующий кафедрой физического факультета МГУ

**Руководитель магистерской программы:**

Доктор физ.-мат. наук, академик РАН Г.В. Трубников, по совместительству заведующий кафедрой физического факультета МГУ

## **Аннотация к рабочей программе дисциплины «Радиационные технологии»**

Целью дисциплины «Радиационные технологии» является ознакомление в рамках магистерской программы с ядерно-физическими методами на основе ускорительной техники, используемыми в радиационных технологиях в биологии, медицине, экологии и материаловедении.

### **Разделы рабочей программы**

1. Место дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы высшего образования (ОПОП ВО).
2. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия (при наличии)
3. Результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с формируемыми компетенциями
4. Формат обучения.
5. Язык обучения.
6. Содержание дисциплины.
7. Объем дисциплины
8. Структурированное по темам (разделам) содержание дисциплины (модуля) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий
9. Текущий контроль и промежуточная аттестация.
10. Фонд оценочных средств (ФОС) для оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю).
11. Шкала оценивания.
12. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения текущего контроля успеваемости.
13. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения промежуточной аттестации.
14. Материально-техническая база, информационные технологии, программное обеспечение и информационные справочные системы

## 1. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Дисциплина «Радиационные технологии» реализуется на 2-ом курсе в 3-ем семестре магистратуры и входит в состав вариативной части.

## 2. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия

Базовые знания в области общей и теоретической физики в объеме классических университетских курсов.

## 3. Результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с формируемыми компетенциями

В результате освоения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора (индикаторов) достижения компетенции	Результаты обучения
<b>МПК-3</b> Способен самостоятельно (или) в составе научного коллектива применять математические методы для исследования физических явлений и процессов в области фундаментальной и прикладной ядерной физики при решении задач профессиональной деятельности	<b>ИМПК-3.3</b> Способен использовать численные методы в модельных расчетах свойств атомных ядер и сечений ядерных реакций, при моделировании работы экспериментальных установок и анализе экспериментальных данных	Знать: основные технологии, использующие эффекты излучения, и их особенности. Уметь: планировать применения радиационных технологий в экспериментальных и промышленных целях. Владеть: методами оценки эффективности и безопасности применения радиационных технологий в конкретных ситуациях.

2. **Форма обучения:** очная.

3. **Язык обучения:** русский.

## 4. Содержание дисциплины

*Тема 1. Ускорители в ядерной физике.*

История открытия ядра. Первые эксперименты. Превращение ядер. Идеи первых ускорителей. Типы ускорителей. Принципы ускорения. Первые фундаментальные открытия на ускорителях. Ускорители в науке в 30-е, 40-е, 50-е – 80-е. Современные научные ускорители.

*Тема 2. Ускорители в физике элементарных частиц.*

Первые эксперименты. Открытие первых элементарных частиц. Конкуренция с космическими лучами. Открытия 50-х годов. Ускоритель в Протвино. БАК.

*Тема 3. Пучки вторичных частиц.*

Получение на ускорителях пучков вторичных частиц. Типы вторичных излучений и их основные характеристики. Цель создание и практическое использование.

*Тема 4. Лазеры на свободных электронах.*

Лазеры на свободных электронах. Основная физическая идея создания. Элементы конструкции. Характеристики. Области применения.

*Тема 5. Ускорители в промышленности.*

Ионная имплантация, неразрушающий контроль. Идеи реализации. Физические принципы действия. Электронная обработка материалов. Смысл технологии. Идеи реализации. Физические принципы действия. Ускорители для безопасности и обороны.

*Тема 6. Радиационное производство.*

Радиационная полимеризация. Радиационное модифицирование материалов. Радиационная деструкция. Изменение цвета изделий из драгоценных и полудрагоценных камней. Получение нанопорошков. Ускорители в энергетике.

*Тема 7. Радиационная биология.*

Физические механизмы действия ионизирующих излучений на биологические ткани. Особенности взаимодействия ионизирующих излучений с биологическими тканями. Радиационная стерилизация в медицине. Радиационная обработка продуктов питания.

*Тема 8. Радиационная экология.*

Радиация в сельском хозяйстве. Радиационная экология.

*Тема 9. Ускорители в медицине.*

Ускорители в медицине. Дистанционная лучевая терапия. Медицинские приборы для лучевой терапии на пучках фотонов и электронов. Радиотерапевтические кобальтовые установки.

**7. Объем дисциплины**

НАЗВАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	Трудоемкость в зачетных единицах	объем учебной нагрузки в ак. часах				
		Общая трудоемкость	в том числе ауд.занятий			Самостоятельная работа студентов
			Общая аудиторная нагрузка	Лекций	Семинаров	
Радиационные технологии	2	72	36	18	18	36

**8. Структурированное по темам (разделам) содержание дисциплины (модуля) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий**

Изучение курса «Радиационные технологии» включает в себя лекции, на которых рассматривается теоретическое содержание курса; семинарские занятия, предусматривающие углубленное изучение и обсуждение вопросов, обозначенных в темах дисциплины; самостоятельную работу, заключающуюся в подготовке к лекционным и семинарским занятиям. Темы, рассматриваемые на лекциях и изучаемые самостоятельно, закрепляются на семинарских занятиях, по вопросам, вызывающим затруднения, проводятся консультации.

№ тем ы		Виды учебной нагрузки и их трудоемкость, часы					Са мо ст оя те ль на я ра бо та	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации
		Вс его ча со в	Л е к ц и и	С е м и н а р ы	Учебно-практические занятия (лабораторные или практические занятия)			
1	Ускорители в ядерной физике	7	2	2		3		
2	Ускорители в физике элементарных частиц	7	2	2		3		
3	Пучки вторичных частиц	7	2	2		3		
4	Лазеры на свободных электронах	7	2	2		3		
5	Ускорители в промышленности	7	2	2		3		
6	Радиационное производство	7	2	2		3		
7	Радиационная биология	8	2	2		4		
8	Радиационная экология	8	2	2		4		
9	Ускорители в медицине	8	2	2		4		
	Промежуточная аттестация	6				6	Экзамен	
<b>ИТОГО:</b>		<b>72</b>	<b>18</b>	<b>18</b>		<b>36</b>		

ДЗ- домашнее задание, Оп- опрос, КР- контрольная работа, Т- тестирование

#### 9. Текущий контроль и промежуточная аттестация.

Текущий контроль по дисциплине «Радиационные технологии» осуществляется на лекциях и семинарских занятиях и заключается в оценке активности и качества участия в

опросах и собеседованиях по проблемам, изучаемых в рамках тем лекционных занятий, аргументированности позиции; оценивается широта используемых теоретических знаний.

Промежуточная аттестация по дисциплине «Радиационные технологии» проводится в первом семестре в форме зачета в виде письменной работы.

Результаты сдачи экзамена оцениваются по шкале «неудовлетворительно», «удовлетворительно», «хорошо», «отлично». Оценки «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» означают успешное прохождение промежуточной аттестации.

#### 10. Фонд оценочных средств (ФОС) для оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю).

Перечень оценочных средств, применяемых на каждом этапе проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине, представлены в таблице

Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде
<b>Оценочные средства текущего контроля</b>		
Тематический опрос (в форме ответов на вопросы)	Средство контроля, организованное как специальная беседа по тематике предыдущей лекции и рассчитанное на выяснение объема и качества знаний, усвоенных обучающимися по определенному разделу, теме, проблеме.	Перечень тем, изучаемых в рамках дисциплины
Собеседование (в форме беседы, дискуссии по теме)	Средство контроля, организованное как свободная беседа, дискуссия по тематике изучаемой дисциплины, рассчитанное на выяснение объема знаний обучающегося по всем изученным разделам, темам; свободного использования терминологии для аргументированного выражения собственной позиции.	Перечень тем, изучаемых в рамках дисциплины
Тестирование	Средство контроля, позволяющее получить оценку уровня фактических знаний аспиранта по изученной теме.	Образцы тестов
<b>Оценочные средства промежуточной аттестации</b>		
Письменная работа	Средство, позволяющее оценить сформированность систематических представлений о методах научно-исследовательской деятельности.	Перечень вопросов к экзамену
Собеседование	Средство, позволяющее получить экспертную оценку знаний, умений и навыков по для оценивания и анализа различных фактов и явлений в своей профессиональной области.	Требования к порядку проведения собеседования

#### 11. Шкала оценивания.

Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения			
	2/ неудовлетворительно	3/ удовлетворительно	4/ хорошо	5/ Отлично
ЗНАТЬ: основные технологии, использующие эффекты излучения, и их особенности	Отсутствие знаний основных технологий, использующих эффекты излучения, и их особенностей	В целом успешные, но не систематические знания основных технологий, использующих эффекты излучения, и их особенностей	В целом успешно, но содержащее отдельные пробелы знания основных технологий, использующих эффекты излучения, и их особенностей	Успешные и систематические знания основных технологий, использующих эффекты излучения, и их особенностей
УМЕТЬ: планировать применения радиационных технологий в экспериментальных и промышленных целях	Отсутствие умения планировать применения радиационных технологий в экспериментальных и промышленных целях	В целом успешное, но не систематическое умение планировать применения радиационных технологий в экспериментальных и промышленных целях	В целом успешно, но содержащее отдельные пробелы умение планировать применения радиационных технологий в экспериментальных и промышленных целях	Успешное и систематическое умение планировать применения радиационных технологий в экспериментальных и промышленных целях
ВЛАДЕТЬ: методами оценки эффективности и безопасности применения радиационных технологий в конкретных ситуациях	Отсутствие/фрагментарное владение методами оценки эффективности и безопасности применения радиационных технологий в конкретных ситуациях	В целом успешное, но не систематическое владение методами оценки эффективности и безопасности применения радиационных технологий в конкретных ситуациях	В целом успешно, но содержащее отдельные пробелы владение методами оценки эффективности и безопасности применения радиационных технологий в конкретных ситуациях	Успешное и систематическое владение методами оценки эффективности и безопасности применения радиационных технологий в конкретных ситуациях



## **12. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения текущего контроля успеваемости.**

### ***Материалы текущего контроля успеваемости обучающихся***

#### Типовые контрольные задания:

1. Описать открытия элементарных частиц в 50-е годы. Условия для создания модели кварков.
2. Встречные пучки. Где действуют такие ускорители и что на них открыто.
3. Описать разные принципы радиационной модификации материалов.
4. Физические принципы радиационной стерилизации.
5. Принципы контактной лучевой терапии.
6. Что такое радиотерапевтический интервал.
7. На каких законах физики основана ПЭТ-диагностика.

## **13. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения промежуточной аттестации.**

Экзамен состоит из двух частей.

Первая письменная, в виде теста: студенты группы прежде чем получить билет должны в течение 10 мин экзамена ответить на 10 вопросов по материалу сдаваемого курса.

Вторая часть устная –ответ на вопросы.

### ***Материалы промежуточной аттестации обучающихся***

#### Вопросы к экзамену:

1. Назовите 3-4 «нобелевских» эксперимента на ускорителях. Их идея и результат.
2. Назовите 4-5 ускорителей высоких энергий в странах СНГ. Что на них было получено.
3. Назовите типы вторичных излучений и основные их характеристики.
4. Можно ли найти практическое применение нейтрино.
5. Где действуют лазеры на свободных электронах? В чем преимущество этих технологий над другими видами. Их положение и состояние в мировой экономике.
6. Что Вы знаете об электронной обработке материалов. Какие качества материалов она позволяет улучшить?
7. Сравнить развитие радиационного производства в России и мире.
8. Какие изделия на практике облучают и экономический эффект.
9. Как можно использовать ускорители в атомной энергетике.
10. Взаимодействие ионизирующего излучения с клеткой.
11. Взаимодействие ионизирующего излучения с макромолекулами.
12. Взаимодействие ионизирующего излучения с целым организмом.
13. Какие продукты стерилизуют? В чем преимущество по сравнению с теплыми методами стерилизации?
14. Что происходит в России и мире в радиационной обработке продуктов питания.
15. Назовите известные действующие проекты в радиационной экологии.
16. Состояние дистанционной лучевой терапии в России.
17. Основная идея лучевой терапии тяжелыми заряженными частицами.
18. Приведите примеры наработки изотопов для ядерной медицины.

#### 14. Материально-техническая база, информационные технологии, программное обеспечение и информационные справочные системы

##### Основная литература

1. Лебедев А.Н., Шальнов А.В. Основы физики и техники ускорителей. М.: Энергоатомиздат, 1991.
2. Рябухин Ю.С., Шальнов А.В. Ускоренные пучки и их применение. М.: Атомиздат, 1980.
3. Широков Ю.М., Юдин Н.П. Ядерная физика. М.: Наука. 1972.
4. Мухин К.Н. Экспериментальная ядерная физика. М.: Энергоатомиздат. 1993.
5. Ишханов Б.С., Капитонов И.М., Юдин Н.П. Частицы и атомные ядра. Изд-во Моск. ун-та, 2005.
6. Черняев А.П. Ускорители в современном мире. М.: Типография МГУ, 2013.
7. Черняев А.П. Физические основы медицинской техники. Изд-во Моск. ун-та, 2007.
8. Черняев А.П. Ионизирующие излучения. М.: КДУ, 2014.

##### Дополнительная литература

1. Костылев В.А., Наркевич Б.Я. Медицинская физика. М.: Медицина, 2008.
2. Абрамов А.И. История ядерной физики. М.: КомКнига, 2006.
3. Бардаханов С.П., Корчагин А.И., Куксанов Н.К. и др. Применение мощных ускорителей электронов типа ЭЛВ для получения нанопорошков // *Problems of atomic science and technology*. 2008. №5, P.165–168. [https://vant.kipt.kharkov.ua/ARTICLE/VANT\\_2008\\_5/article\\_2008\\_5\\_165.pdf](https://vant.kipt.kharkov.ua/ARTICLE/VANT_2008_5/article_2008_5_165.pdf)
4. Джонс Х. Физика радиологии. М.: Атомиздат, 1965.
5. Бор Н. Прохождение атомных частиц через вещество / Пер. с англ. М.: ИЛ, 1950.
6. Балашов В.В. Строение вещества. Изд-во Моск. ун-та, 1993.
7. Меликов Ю.В. Экспериментальная техника в ядерной физике. Изд-во Моск. ун-та, 1973.
8. Тернов И.М., Михайлин В.В. Синхротронное излучение. Теория и эксперимент. М.: Энергоатомиздат, 1986.
9. Ишханов Б.С. Субатомная физика. Вопросы. Задачи. Факты. Изд-во Моск. ун-та, 1994.
10. Алимов А.С. Практическое применение электронных ускорителей. Препринт НИИЯФ МГУ № 2011-13/877.
11. Пшеченков К.А., Зейрук В.Н., Еланский С.Н., Мальцев С.В., Прямов С.Б. Технологии хранения картофеля. М.: Агроспас, 2016.
12. Общий стандарт на пищевые продукты, обработанные проникающим излучением. CODEX STAN 106-1983. REV. 1-2003. [www.fao.org/input/download/standards/16/CXS\\_106r.pdf](http://www.fao.org/input/download/standards/16/CXS_106r.pdf)
13. Кодекс Алиментариус. Облученные продукты питания. Совместная программа ФАО/ВОЗ по стандартам на пищевые продукты. М.: Весь Мир, 2007. [http://www.fao.org/tempref/codex/Publications/Booklets/RU/Irradiated\\_Rus.ed\\_final.pdf](http://www.fao.org/tempref/codex/Publications/Booklets/RU/Irradiated_Rus.ed_final.pdf)
14. Радиационная стерилизация пищевых продуктов. 2011. <http://gamma-stop.ru/index/sterilizacija/0-32>.
15. Молин А.А. Развитие нормативного регулирования и популяризация применений радиационных технологий в области пищевой промышленности // ООО «Объединенная инновационная корпорация». Предприятие Госкорпорации «Росатом». 2012. <http://2012.atomexpo.ru/>
16. Публичный годовой отчет Корпорации Росатом. Москва. 2011. <https://rosatom.ru/upload/iblock/987/987c327ac260116ce18bc3d7fb1bfff1.pdf>

17. Андреева Н.С., Шведунов В.И. и др. Радиационные технологии: взгляд из России // Ассоциация «РадТех». Москва, 2015.
18. Бекман И.Н. Курс лекций. Ядерная медицина. Изд. хим. ф-та МГУ (каф. радиохимии), 2006.

При реализации дисциплины может быть использовано следующее программное обеспечение:

1. Операционная система Astra Linux ( <https://astralinux.ru/> ) или аналог, с офисным пакетом.

Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем

1. База данных РИНЦ (российский индекс научного цитирования) <http://www.elibrary.ru>

#### **Материально-техническое обеспечение**

В соответствии с требованиями п. 5.3. образовательного стандарта МГУ по направлению подготовки 03.04.02 «Физика», курс может быть прочитан в поточной аудитории при наличии: работающих электрических розеток, компьютера, проектора, экрана, учебной доски.