

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 2022 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**Наименование дисциплины:**

Радиационная безопасность в физических исследованиях

---

**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. кандидат физ.-мат. наук Шулена Александра Владимировна, младший научный сотрудник 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 «Радиационная безопасность в физических исследованиях»**

В курсе рассматриваются вопросы, связанные с радиационной безопасностью, источниками излучений, взаимодействием радиации с биологическими объектами, последствиями действия радиации, методами детектирования различных излучений. Особое внимание уделяется нормам радиационной безопасности, организации работы с радиоактивными веществами и защите от излучений, мерам обеспечения безопасности при работе с радиоактивными объектами, радиационно-опасными физическими установками и приборами.

### **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 «Радиационная безопасность в физических исследованиях» 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-2</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-3.1</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	Знать: естественные и искусственные источники излучения, основы радиационной безопасности. Уметь: планировать и организовывать работу с радиоактивным веществом с соблюдением требований безопасности. Владеть: знаниями и методами по обеспечению радиационной безопасности в различных рабочих ситуациях.

2. **Форма обучения:** очная.

3. **Язык обучения:** русский.

4. **Содержание дисциплины**

*Тема 1. Физические основы радиационной безопасности.*

Цели и задачи радиационной безопасности. Единицы физических величин. Основные характеристики ионизирующих излучений. Взаимодействие заряженных частиц со средой. Взаимодействие нейтронов с веществом. Взаимодействие фотонного излучения с веществом. Поглощенная доза и керма. Относительная биологическая эффективность и коэффициент качества. Эквивалентная доза. Коллективная доза. Физические величины для характеристики источников  $\gamma$ -излучения.

*Тема 2. Естественные источники ионизирующих излучений. Воздействие радиации на живой организм.*

Космическое излучение. Естественные радионуклиды. Уровни внешнего облучения от естественных радионуклидов. Дозы внутреннего облучения. Суммарные дозы, создаваемые естественными источниками излучения. Облучение, обусловленное технологически повышенным естественным радиационным фоном. Глобальные выпадения. Облучение в медицинских целях. Первичные механизмы действия ионизирующего излучения. Биологические последствия острого облучения. Зависимость поражения от времени воздействия. Отдаленные последствия. Генетические эффекты.

*Тема 3. Принципы подхода к нормированию уровней облучения.*

Беспороговое действие излучения. Концепция приемлемого риска. Дозовые пределы облучения. Основные положения Норм радиационной безопасности. Дозовые пределы облучения. Планируемое повышенное облучение при радиационной аварии. Ограничение облучения населения при возникновении радиационной аварии. Допустимые уровни внешнего и внутреннего облучения. Поле излучения точечных и протяженных источников без защиты, преобразования для расчетов полей излучения. Допустимые уровни радиоактивного загрязнения открытых поверхностей рабочих помещений, оборудования и спецодежды, средств транспортирования радионуклидов. Допустимые уровни радиоактивного загрязнения кожных покровов. Контрольные уровни.

*Тема 4. Организация работы с радиоактивными веществами и защита от излучений.*

Защита от внешних потоков излучений. Защита от альфа-, бета-, гамма- излучений и нейтронов. Организация работы с радиоактивными веществами в открытом виде. Предупреждение радиационных аварий и ликвидация их последствий. Радиационная безопасность ядерных реакторов. Ядерный реактор. Принцип действия. Обеспечение радиационной безопасности на ядерных реакторах. Характеристика возможных аварий. Радиационные последствия аварии на ядерных реакторах и контроль за здоровьем населения и уровнем радиоактивного загрязнения объектов окружающей среды. Ядерные реакторы и проблемы охраны окружающей среды. Классификация радиоактивных отходов. Переработка и захоронение радиоактивных отходов.

**7. Объем дисциплины**

НАЗВАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	Трудоемкость в зачетных единицах	объем учебной нагрузки в ак. часах					Самостоятельная работа студентов
		Общая трудоемкость	в том числе ауд.занятий			Учебно-практические занятия	
			Общая аудиторная нагрузка	Лекций	Семинаров		
Радиационная безопасность в физических исследованиях	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 «Радиационная безопасность в физических исследованиях» 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					Само ст оя тель 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	Физические основы радиационной безопасности	16	4	4		8	Оп	
2	Естественные источники ионизирующих излучений. Воздействие радиации на живой организм	16	4	4		8	КР	
3	Принципы подхода к нормированию уровней облучения	15	4	4		7	КР	
4	Организация работы с радиоактивными веществами и защита от излучений	19	6	6		7	Оп, Реф	
	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, Реф - реферат

## 9. Текущий контроль и промежуточная аттестация.

Текущий контроль по дисциплине «Радиационная безопасность в физических исследованиях» 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 «Радиационная безопасность в физических исследованиях» проводится в форме экзамена.

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	Критерии оценивания результатов обучения			
	2/	3/	4/	5/

<b>обучения</b>	<b>неудовлетворительно</b>	<b>удовлетворительно</b>	<b>хорошо</b>	<b>Отлично</b>
<b>ЗНАТЬ:</b> естественные и искусственные источники излучения, основы радиационной безопасности	Отсутствие знаний естественных и искусственных источников излучения, основ радиационной безопасности	В целом успешные, но не систематические знания естественных и искусственных источников излучения, основ радиационной безопасности	В целом успешно, но содержащее отдельные пробелы знания естественных и искусственных источников излучения, основ радиационной безопасности	Успешные и систематические знания естественных и искусственных источников излучения, основ радиационной безопасности
<b>УМЕТЬ:</b> планировать и организовывать работу с радиоактивным веществом с соблюдением требований безопасности	Отсутствие умения планировать и организовывать работу с радиоактивным веществом с соблюдением требований безопасности	В целом успешное, но не систематическое умение планировать и организовывать работу с радиоактивным веществом с соблюдением требований безопасности	В целом успешно, но содержащее отдельные пробелы умение планировать и организовывать работу с радиоактивным веществом с соблюдением требований безопасности	Успешное и систематическое умение планировать и организовывать работу с радиоактивным веществом с соблюдением требований безопасности
<b>ВЛАДЕТЬ:</b> знаниями и методами по обеспечению радиационной безопасности в различных рабочих ситуациях	Отсутствие/фрагментарное владение знаниями и методами по обеспечению радиационной безопасности в различных рабочих ситуациях	В целом успешное, но не систематическое владение знаниями и методами по обеспечению радиационной безопасности в различных рабочих ситуациях	В целом успешно, но содержащее отдельные пробелы владение знаниями и методами по обеспечению радиационной безопасности в различных рабочих ситуациях	Успешное и систематическое владение знаниями и методами по обеспечению радиационной безопасности в различных рабочих ситуациях

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

*Материалы текущего контроля успеваемости обучающихся*



### Вопросы по теории:

1. Доза ионизирующего излучения. Дозиметрические величины.
2. Источники ионизирующего излучения. Основы радиационной защиты при использовании ионизирующего излучения.
3. Принципы работы приборов дозиметрического контроля.
4. Радиационный фон и облучение человека.
5. Радиационные аварии. Основные принципы обращения с радиоактивными отходами.

### Задачи:

1. Вычислить эффективный атомный номер тяжелой воды по фотоэффекту и эффекту образования пар.
2. Для рентгеновского и  $\gamma$  - излучений необратимая часть поражения  $f = 0,1$  для человека, коэффициент  $\beta$ , характеризующий скорость восстановления =  $0,022 - 0,024 \text{ сут}^{-1}$ . (Скорость восстановления  $\sim 2.5\%$  в сут.) С интервалом в 30 сут. доза излучения составила по 3 Гр (300 рад). Чему будет равен эффект облучения? При этом полагается, что биологическое действие, обусловленное реализуемой дозой, будет таким же, как и при кратковременном воздействии в этой дозе.
3. Количество  $^{90}\text{Sr}$ , которое попало с пищей в организм человека, составляет 710 Бк. В организме при этом поглощается 10% фотонов. Каково значение дозы, накопленной в костной ткани за год?
4. Какова поглощенная доза в организме человека в течении 5 лет, если через органы дыхания в него попало 250 мкг изотопа  $^{239}\text{Pu}$ ? Период полураспада  $^{239}\text{Pu}$  равен  $2.4 \cdot 10^4$  лет.
5. Индивидуальная доза облучения, полученная в результате воздействия источника  $^{60}\text{Co}$  в течении 40 с, составила 6 Гр. Сколько фотонов  $\gamma$ -излучения попало при этом в организм человека, если каждый фотон теряет в тканях тела около 40 % своей энергии?

### **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. Основные характеристики ионизирующих излучений.
2. Взаимодействие заряженных частиц со средой.
3. Взаимодействие нейтронов с веществом.
4. Взаимодействие фотонного излучения с веществом.
5. Поглощенная доза и керма.
6. Относительная биологическая эффективность и коэффициент качества.
7. Эквивалентная доза.
8. Коллективная доза.
9. Физические величины для характеристики источников  $\gamma$ -излучения.
10. Первичные механизмы действия ионизирующего излучения.

11. Биологические последствия острого облучения. Зависимость поражения от времени воздействия. Отдаленные последствия. Генетические эффекты.
12. Космическое излучение. Естественные радионуклиды. Уровни внешнего облучения от естественных радионуклидов.
13. Суммарные дозы, создаваемые естественными источниками излучения.
14. Облучение, обусловленное технологически повышенным естественным радиационным фоном.
15. Глобальные выпадения.
16. Облучение в медицинских целях.
17. Беспороговое действие излучения. Концепция приемлемого риска.
18. Дозовые пределы облучения.
19. Основные положения Норм радиационной безопасности.
20. Ограничение облучения населения и планируемое повышенное облучение при возникновении радиационной аварии.
21. Допустимые уровни внешнего и внутреннего облучения. Дозы внутреннего облучения.
22. Допустимые уровни радиоактивного загрязнения открытых поверхностей рабочих помещений, оборудования и спецодежды.
23. Допустимые уровни радиоактивного загрязнения кожных покровов.
24. Допустимые уровни радиоактивного загрязнения средств транспортирования радионуклидов.
25. Контрольные уровни.
26. Защита от внешних потоков излучений.
27. Организация работы с радиоактивными веществами в открытом виде.
28. Предупреждение радиационных аварий и ликвидация их последствий.
29. Ядерный реактор. Принцип действия.
30. Обеспечение радиационной безопасности на ядерных реакторах.
31. Характеристика возможных аварий. Радиационные последствия аварии на ядерных реакторах и контроль за здоровьем населения и уровнем радиоактивного загрязнения объектов окружающей среды.
32. Ядерные реакторы и проблемы охраны окружающей среды, вопросы радиационной безопасности.
33. Классификация радиоактивных отходов. Переработка и захоронение радиоактивных отходов.

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

##### Основная литература

1. В.И. Иванов «Курс дозиметрии», Москва, Атомиздат, 1978.
2. Бекман И.Н. «Атомная и ядерная физика: радиоактивность и ионизирующие излучения», ЮРАЙТ, Москва, 398 с., 2017.
3. У.Я. Маргулис «Атомная энергия и радиационная безопасность» Москва. «Энергоатомиздат» 1988.
4. В.А. Иванов «Ионизирующие излучения: дозиметрия и защита» методическое пособие для студентов ОЯФ, НИИЯФ МГУ, Москва 2001

##### Дополнительная литература

1. Ю.В. Сивинцев «Насколько опасно облучение?» Издательство «Знание» Москва, 1988
2. В.И. Иванов, В.П. Машкович «Сборник задач по дозиметрии и защите от ионизирующих излучений», Москва, Атомиздат, 1973.
3. Р.В. Арутюнян, Л.А. Большов, И.И. Линге, Е.М. Мелихова, С.В. Панченко «Уроки Чернобыля и Фукусимы и актуальные проблемы совершенствования системы защиты

- населения и территорий при авариях на АЭС» Медицинская радиология и радиационная безопасность (<http://www.medradiol.ru>). 2016. Том 61. № 3, с.36-51.
4. И. Я. Василенко, О. И. Василенко. «Радиация и человек.» Проблемы глобальной безопасности. 2002, N 6, С. 13–16.
  5. И. Я. Василенко, О. И. Василенко. «Радиационный риск при облучении в малых дозах ничтожно мал.» Бюллетень по атомной энергии. 2001, № 12, С. 34-37.
  6. Радиационная дозиметрия. Под ред. Дж. Хайна и Г.Браунелла. Пер. с англ. М., Изд-во иностр. лит., 1958.
  7. А.Н. Кронгауз и др. «Физические основы клинической дозиметрии», Москва, Атомиздат, 1969.
  8. Н.Г. Гусев, В.П. Машкович, А.П. Суворов «Защита от ионизирующих излучений» Москва, Атомиздат, 1968.
  9. Б.М. Исаев, Ю.И. Брегадзе Нейтроны в радиобиологическом эксперименте. М., «Наука», 1967.
  10. А.П. Черняев «Взаимодействие ионизирующего излучения с веществом», Москва, Физматлит, 2004.
  11. Барсуков О.А. «Радиационная экология», Москва, Научный мир, 2003.

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. <http://www.edu.ru> – портал Министерства образования и науки РФ
2. <http://www.ict.edu.ru> – система федеральных образовательных порталов «ИКТ в образовании»
3. <http://www.openet.ru> - Российский портал открытого образования
4. <http://www.mon.gov.ru> - Министерство образования и науки Российской Федерации
5. <http://www.fasi.gov.ru> - Федеральное агентство по науке и инновациям
6. <https://www.atomic-energy.ru> - Научный портал «Атомная энергия 2.0».
7. <http://rb.mchs.gov.ru/> - сайт межведомственной информационной системы по вопросам обеспечения радиационной безопасности населения и проблемам преодоления последствий радиационных аварий.

#### **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.