

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова»
Физический факультет

УТВЕРЖДАЮ

И.о. декана физического факультета МГУ,
профессор, д.ф.-м.н.



/ В.В. Белокуров /

» марта 2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Радиобиология

Radiobiology

Программа (программы) подготовки
научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре
Радиобиология
(103-01-00-151-фмн)

Москва 2024

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с Приказом по МГУ от 24 ноября 2021 года № 1216 «Об утверждении Требований к основным программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре, самостоятельно устанавливаемых Московским государственным университетом имени М.В.Ломоносова».

1. Краткая аннотация:

Название дисциплины: Радиобиология.

Цель изучения дисциплины – расширение и углубление знаний о современном состоянии и тенденциях развития в области радиобиологии.

2. Уровень высшего образования - подготовка кадров высшей квалификации

3. Научная специальность: 1.5.1 Радиобиология; область науки: естественные науки.

4. Место дисциплины (модуля) в структуре Программы аспирантуры: дисциплины (модули), направленные на подготовку к кандидатским экзаменам - Дисциплина, совпадающая с наименованием научной специальности.

5. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических или астрономических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся:

Объем дисциплины (модуля) составляет 3 зачетных единицы, всего 108 часов, из которых 54 часа составляет контактная работа аспиранта с преподавателем (50 часов занятия лекционного типа, 4 часов мероприятия текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации), 54 часа составляет самостоятельная работа учащегося.

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

Необходимы знания высшей математики и общей физики в объеме курсов, преподаваемых на физических специальностях классических университетов, полученных на предыдущих уровнях высшего образования.

7. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (часы)	В том числе								
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них						Самостоятельная работа обучающегося, часы из них		
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Групповые консультации	Индивидуальные консультации	Учебные занятия, направленные на проведение текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации	Всего	Выполнение домашних заданий	Подготовка к коллоквиумам	Всего
Тема 1. Физические основы действия ионизирующих излучений (Строение атомного ядра и характеристики ионизирующей и неионизирующей радиации; физические основы действия радиации. Принципы и методы дозиметрии. Дозиметрические приборы и их характеристики.)	12	5					5	3	4	7
Тема 2. Взаимодействие ионизирующих излучений с веществом (Взаимодействие радиации с веществом. Типы и характеристики ионизирующих	12	5					5	3	4	7

излучений и их источники. Взаимодействие ионизирующего излучения с веществом. Влияние различных видов излучения на биологические объекты.)										
Тема 3. Радиочувствительность и радиорезистентность биологических объектов. (Проблема радиационной чувствительности биологических объектов. Общебиологические особенности лучевого поражения растений и животных организмов и человека. Проблемы радиационного старения.)	11	5					5	4	2	6
Тема 4. Механизм действия ионизирующего излучения (Первичные и последующие механизмы лучевых нарушений. Прямые и непрямые эффекты. Прямое и косвенное действие ионизирующего излучения.)	11	5					5	4	2	6
Тема 5. Действие ионизирующего излучения на клетки организма (Молекулярно-клеточные и биохимические механизмы лучевого поражения. Основы действия излучений на ДНК, мембраны, клеточные органеллы; репарация лучевых повреждений и клеточная гибель; механизмы	15	8					8	3	4	7

гормезиса.)										
Тема 6. Применение ионизирующего излучения в медицине (Основы медицинской физики и клинической радиобиологии. Использование радионуклидов и ионизирующих излучений в медицинской физике.)	15	8					8	3	4	7
Тема 7. Радиобиологические эффекты (Стохастические и не стохастические эффекты, их особенности; зависимости: доза-эффект и время-эффект; лучевая болезнь; канцерогенез; радиобиологические основы лучевой терапии опухолей. Отдаленные последствия действия излучений. Хроническое действие радиации. Основы радиационной генетики, радиационной иммунологии. Особенности биологического действия малых доз облучения.)	15	8					8	3	4	7
Тема 8. Ранние и отдаленные радиологические последствия (Последствия ядерных катастроф. Синдром Чернобыля. Радиоэкология. Принципы и методы радиационного мониторинга. Проблемы	13	6					6	3	4	7

<i>радиационной безопасности. Химическая защита от облучений и радиосенсибилизация.)</i>										
Промежуточная аттестация: допуск к кандидатскому экзамену	4					4	4			
Итого	108	50				4	54	26	28	54

8. Образовательные технологии

Используемые формы и методы обучения: лекции и семинарские занятия, самостоятельная работа аспирантов.

В процессе преподавания дисциплины преподаватель использует как классические формы и методы обучения (лекции и семинарские занятия), так и активные методы обучения.

При проведении лекционных занятий преподаватель использует при необходимости аудиовизуальные, компьютерные и мультимедийные средства обучения, а также демонстрационные и наглядно-иллюстрационные (в том числе раздаточные) материалы.

9. Учебно-методические материалы для самостоятельной работы по дисциплине (модулю): аспирантам предоставляется программа курса, план занятий и задания для самостоятельной работы, презентации к лекционным занятиям.

10. Ресурсное обеспечение:

Основная литература:

1. Кудряшов Ю.Б., Радиационная биофизика (ионизирующие излучения). Учебник. М.: Физматлит, 2004 г. 448 с. ISBN 5-9221-0388-1.
2. Ярмоненко С.П., Вайнсон А.А. Радиобиология человека и животных. Учебное пособие. М.: Высш. шк. 2004. 551 с.
3. Стрелова О.Ю., Степанова Е.Н., Легеза В.И., Гребенюк А.Н. Основы радиобиологии и радиационной медицины. Учебное пособие. Издательство: Фолиант (мед.), 2015 г. 232 с. ID товара: 569844. ISBN: 978-5-93929-223-8.
4. Ушаков И.Б., Легеза В.И., Гребенюк А.Н. Радиобиология, радиационная физиология и медицина. Издательство: Фолиант (мед.), 2017 г. 176 с. ID товара: 591259 ISBN: 978-5-93929-279-5.
5. Климанов В.А. Дозиметрическое планирование лучевой терапии Ч.1. Дистанционная лучевая терапия пучками тормозного и гамма-излучения, М.: МИФИ, 2007. 216 с. ISBN 13: 978-5-7262-0798-8.
6. Климанов В.А. Дозиметрическое планирование лучевой терапии Ч.2. Дистанционная лучевая терапия пучками заряженных частиц и нейтронов. Брахитерапия и радионуклидная терапия, М.: МИФИ, 2008. 328 с. ISBN 13: 978-5-7262-0935-7.
7. Климанов В.А. Дозиметрическое планирование лучевой терапии Ч.3. Лучевая терапия пучками с модулированной интенсивностью. Оптимизация облучения, М.: МИФИ, 2008. 176 с. ISBN 13: 978-5-7262-0969-2.
8. Климанов В.А. Радиобиологическое и дозиметрическое планирование лучевой и радионуклидной терапии. Часть 1. Радиобиологические основы лучевой терапии. Радиобиологическое и дозиметрическое планирование дистанционной лучевой терапии пучками тормозного и гамма-излучения и электронами. Учебное пособие. М.: НИЯУ МИФИ, 2011, 500 с.
9. Климанов В.А. Радиобиологическое и дозиметрическое планирование лучевой и радионуклидной терапии. Часть 2. Лучевая терапия пучками протонов, ионов, нейтронов и пучками с модулированной интенсивностью, стереотаксис, брахитерапия, радионуклидная терапия, оптимизация, гарантия качества. Учебное пособие. М.: НИЯУ МИФИ, 2011, 604 с.
10. Климанов В.А., Крамер-Агеев Е.А., Смирнов В.В. Дозиметрия ионизирующих излучений: Учебное пособие. Под ред. В.А. Климанова. М.: НИЯУ МИФИ, 2015. 740 с.

11. Ремизов А. Н. Медицинская и биологическая физика: Учеб. для вузов. М.: Дрофа, 2003 г. 560 с.: ил. ISBN 5— 7107—5001—8.
12. Ишханов Б.С., Капитонов И.М., Юдин Н.П., Частицы и атомные ядра: Учебник. Иад. 2-е, испр. и доп. М.: Издательство Л КИ, 2007. 584 с.
13. Беляев В.Н., Климанов В.А. Физика ядерной медицины. Ч.2. Позитронно-эмиссионные сканеры, реконструкция изображений в позитронно-эмиссионной томографии, комбинированные системы ПЭТ/КТ и ОФЭКТ/ПЭТ, кинетика радиофармпрепаратов, радионуклидная терапия, внутренняя дозиметрия. Учебное пособие. М.: НИЯУ МИФИ, 2012, 248 с.
14. Климанов В.А. Физика ядерной медицины. Ч.1. Физический фундамент ядерной медицины, уст-во и основные хар-ки гамма-камер и коллиматоров гамма-излучения, однофотонная эмиссионная томография, реконструкция распределений активности радионуклидов в организме человека. Учебное пособие. М.: НИЯУ МИФИ, 2012, 308 с.
15. Иванов В.А. «Курс дозиметрии», 1978. 392 с.
16. Костылев В.А., Наркевич Б.Я. Медицинская физика. Издательство «Медицина», 2008. 464 с.

Дополнительная литература:

1. А.П. Черняев, М.В. Желтоножская, Е.П. Морозова. Введение в физику микромира, 2017. 39 с.
2. Черняев А.П. Ядерно-физические методы в медицине: учебное пособие. М.: КДУ 2016. 192 с.
3. А.П. Черняев, А.В. Белоусов, Д.А. Товмасын. Введение в физику ускорителей заряженных частиц, 2017. 44 с.
4. СанПиН 2.6.1.2523-09 "Нормы радиационной безопасности НРБ-99/2009"
5. А.П. Черняев, К.В. Морозов, Н.А. Николаева, П.Д. Ремизов. Взаимодействие ионизирующего излучения с веществом, 2017. 32 с.
6. Черняев А.П., Лыкова Е.Н., Поподько А.И., Радиотерапевтическое оборудование, 2017. 39 с.
7. Желтоножская М.В., Близнюк У.А., Борщеговская П.Ю.// Радиационная безопасность, 2017. 66 с.
8. М.Ф. Ломанов, М.В. Желтоножская, Р.Б. Бахтиозин. Протонная лучевая терапия, 2017. 54 с.
9. С.М. Варзарь, Д.В. Волков, Ф.Р. Студеникин. Приборы и методы медицинской диагностики, 2017. 49 с.
10. Черняев А.П. Ускорители в современном мире. Издательство Московского университета, 2013. 368 с.
11. П.Ю. Борщеговская, Е.М. Кольцова, «Введение в радиобиологию», 2017. 32 с.
12. У.А. Близнюк, Е.Н. Лыкова, Д.Н. Гречухина, «Клиническая дозиметрия», 2017. 41 с.
13. Е.Н. Лыкова, Д.Н. Гречухина, «Дозиметрическое планирование лучевой терапии», 2017. 54 с.

11. Язык преподавания – русский

12. Преподаватели:

1. Д.ф.-м.н., профессор, Черняев Александр Петрович, тел.: 8(495)939-13-44, e-mail: a.p.chernyaev@yandex.ru.
2. К.ф.-м.н., доцент Борщеговская Полина Юрьевна, тел.: 8(495)939-13-44, 8(495)939-13-44, e-mail: alexeevapo@mail.ru.

3. К.ф.-м.н., ассистент Лыкова Екатерина Николаевна, тел.: 8(495)939-13-44, e-mail: iv-kate@yandex.ru.
4. К.т.н., старший научный сотрудник кафедры физики ускорителей и радиационной медицины физического факультета, Желтоножская Марина Викторовна, тел.: 8(495)939-13-44, e-mail: zhelton@yandex.ru
5. К.ф.-м.н., старший преподаватель Близнюк Ульяна Александровна, тел.: 8(495)939-13-44, e-mail: uabliznyuk@gmail.com
6. К.ф.-м.н., ассистент Студеникин Феликс Рикардович, тел.: 8(495)939-13-44, e-mail: f.studenikin@gmail.com

Фонды оценочных средств, необходимые для оценки результатов обучения

Образцы тем домашних заданий:

1. Применение излучений в народном хозяйстве, науке и медицине.
2. Проблема защиты человека и окружающей среды от действия ионизирующего излучения, радиоактивных загрязнений.
3. Радиофармпрепараты для медицинской диагностики.
4. Применение радионуклидов для лучевого лечения.
5. Дистанционная лучевая терапия.
6. Роль свободных радикалов в непрямом эффекте от воздействия радиации.
7. Кривые «выживаемости» в области малых доз излучения.
8. Синдром Чернобыля.
9. Миграция радиоактивных изотопов.
10. Периоды развития рака.
11. Основные неотъемлемые черты опухоли.
12. Лучевая болезнь человека.

Вопросы для промежуточной аттестации – зачета:

1. Строение атомного ядра. Стабильные и радиоактивные изотопы.
2. Понятие радиации и радиоактивности. Естественная и искусственная радиоактивность.
3. Типы ядерных превращений и ядерные реакции. Закон радиоактивного распада.
4. Единицы дозы излучений. Линейная передача и линейные потери энергии излучения (ЛПЭ). Единицы измерения дозы излучения и радиоактивности. Дозы излучения: поглощенная, экспозиционная, эквивалентная, эффективная.
5. Методы дозиметрии: ионизационный, калориметрический, сцинтилляционный, химические. Дозиметрические приборы, их типы и характеристики. Теория полости.
6. Взаимодействие ионизирующих излучений с веществом. Типы и характеристики ионизирующих излучений. Источники ионизирующих излучений.
7. Поглощение рентгеновского и гамма-излучений. Фотоэффект, эффект Комптона, образование электронно-позитронных пар. Поглощение нейтронного излучения. Упругое и неупругое рассеяние.
8. Относительная биологическая эффективность ионизирующих излучений (ОБЭ). Принцип попадания и концепция мишеней. Кривые «доза-эффект».
9. Радиочувствительность и радиорезистентность биологических объектов. Модификация радиочувствительности.
10. Радиочувствительность клетки на разных стадиях жизненного цикла. Задержка прохождения клеточного цикла. Радиочувствительность разных видов клеток.
11. Радиочувствительность тканей и органов. Радиационные синдромы. Радиационные изменения кроветворной системы, желудочно-кишечного тракта, центральной нервной

- системы, желез внутренней секреции, сердечно-сосудистой системы, органов дыхания, органов зрения и других органов и тканей. Основные радиационные синдромы.
12. Радиобиологические эффекты. Прямое действие ионизирующего излучения. Многостадийность прямого действия ионизирующего излучения.
 13. Модифицирующее действие кислорода при воздействии ионизирующего излучения на уровне молекул, клеток, тканей и организма в целом. Влияние температуры на радиочувствительность макромолекул. Роль молекул-примесей.
 14. Непрямое действие ионизирующего излучения. Радиационно-химические превращения молекул воды. Роль свободных радикалов в непрямом эффекте от воздействия радиации. Эффект разведения, его использование в радиобиологии.
 15. Действие ионизирующего излучения на клетки организма. Действие ионизирующего излучения на структуры клеток. ДНК и мембраны клеток. Радиационные повреждения ДНК. Одиночные и двойные разрывы ДНК. Репарация радиационных повреждений ДНК.
 16. Радиочувствительность клетки на разных стадиях жизненного цикла. Задержка прохождения клеточного цикла. Апоптоз. Некроз. «Эффект свидетеля». Общий закон самоликвидации.
 17. Кривые «выживаемости». Механизмы гормезиса. Кривые «выживаемости» в области малых доз излучения.
 18. Применение ионизирующего излучения в медицине. Диагностика и Лечение. Методы лучевой терапии.
 19. Распределения поглощенной дозы от клинических пучков. Изодозовые кривые. Компьютерное планирование облучения. Гистограммы «доза –объем».
 20. Терапевтический интервал. Модификация терапевтического интервала. Кислородный эффект при радиотерапии. Реоксигенация опухоли.
 21. Принципы получения изображений в медицинской визуализации. Виды томографии. Их физические принципы.
 22. Рентгенологические методы визуализации изображения. Компьютерная томография, однофотонная эмиссионная компьютерная томография. Позитронно-эмиссионная томография. Магниторезонансная томография. Радионуклидная сцинтиграфия.
 23. Радиобиологические эффекты. Детерминированные и вероятностные радиобиологические эффекты.
 24. Патогенез клинических симптомов при опухолевом росте. Свойства доброкачественных и злокачественных новообразований. Основные этапы формирования и метастазирования опухоли на примере многослойного плоского эпителия. Периоды развития рака. Основные неотъемлемые черты опухоли. Основные положения онкогенной теории рака.
 25. Механизм биологического действия ионизирующего излучения. Лучевая болезнь человека. Особенности действия малых доз ионизирующего излучения.
 26. Естественные и искусственные источники излучения. Лучевые поражения при внешнем и внутреннем облучении.
 27. Физические и медицинские последствия ядерных катастроф и радиационных аварий. Ранние и отдаленные радиологические последствия. Ликвидация последствий аварии на Чернобыльской АЭС.
 28. Радиоэкология и радиационная защита от радиоактивного загрязнения. Закономерности аккумуляции радиоактивных изотопов в организмах и популяциях животных. Миграция радиоактивных изотопов. Радиоактивные загрязнения почв и водоемов.
 29. Методы, объекты и аппаратура радиационного мониторинга. Радиационно-гигиенический мониторинг.

30. Принципы и нормы радиационной безопасности. Операционные и нормируемые величины.
31. Химическая защита организмов от лучевого поражения. Радиопротекторы. Механизм радиозащитного действия. Комбинированное действие ионизирующего излучения и других физико-химических факторов.

**Методические материалы
для проведения процедур оценивания результатов обучения**

Зачет проходит по билетам, включающим 5 вопросов. Уровень знаний аспиранта по каждому вопросу на «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно». В случае если на все вопросы был дан ответ, оцененный не ниже чем «удовлетворительно», аспирант получает общую оценку «зачтено».

Шкала оценивания знаний, умений и навыков

Результат освоения дисциплины	Критерии оценивания знаний, умений и навыков			
	2/ не зачтено	3/ зачтено	4/ зачтено	5/ зачтено
Знания	Отсутствие знаний основных законов радиобиологии	В целом успешные, но не систематические знания основных законов радиобиологии	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы знания основных законов радиобиологии	Успешные и систематические знания основных законов радиобиологии
Умения	Отсутствие умения применять знания основных законов радиобиологии для решения научных задач	В целом успешное, но не систематическое умение применять знания основных законов радиобиологии для решения научных задач	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение применять знания основных законов радиобиологии для решения научных задач	Успешное и систематическое умение применять знания основных законов радиобиологии для решения научных задач
Навыки	Отсутствие/фрагментарное владение навыками решения научных задач в области радиобиологии	В целом успешное, но не систематическое владение навыками решения научных задач в области радиобиологии	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы владение навыками решения научных задач в области радиобиологии	Успешное и систематическое владение навыками решения научных задач в области радиобиологии