

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

ФИЗИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

УТВЕРЖДАЮ

И.о. декана физического
факультета МГУ



/ В.В. Белокуров /

«21» марта 2024 г.

**ПРОГРАММА-МИНИМУМ
КАНДИДАТСКОГО ЭКЗАМЕНА ПО СПЕЦИАЛЬНОСТИ**

1.5.1 Радиобиология

Шифр и наименование области науки

1. Естественные науки

Наименование отраслей науки, по которым присуждаются ученые степени

Физико-математические науки

Москва 2024

I. Описание программы

Программа-минимум кандидатского экзамена, разработана Физическим факультетом Московского государственного университета им. М.В.Ломоносова на основе паспорта научной специальности, утвержденного Высшей аттестационной комиссией при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации, и учебного плана программы подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре по специальности 1.5.1 Радиобиология, в отрасли физико-математических наук.

II. Основные разделы и вопросы к экзамену

Тема 1. Строение атомного ядра и характеристики ионизирующей и неионизирующей радиации; физические основы действия радиации. Принципы и методы дозиметрии. Дозиметрические приборы и их характеристики.

Строение атомного ядра. Стабильные и радиоактивные изотопы. Понятие радиации и радиоактивности. Естественная и искусственная радиоактивность. Типы ядерных превращений и ядерные реакции. Закон радиоактивного распада. Единицы дозы излучений. Линейная передача и линейные потери энергии излучения (ЛПЭ). Единицы измерения дозы излучения и радиоактивности. Дозы излучения: поглощенная, экспозиционная, эквивалентная, эффективная. Методы дозиметрии: ионизационный, калориметрический, сцинтилляционный, химические. Дозиметрические приборы, их типы и характеристики. Теория полости.

Тема 2. Взаимодействие радиации с веществом. Типы и характеристики ионизирующих излучений и их источники. Взаимодействие ионизирующего излучения с веществом. Влияние различных видов излучения на биологические объекты.

Взаимодействие ионизирующих излучений с веществом. Типы и характеристики ионизирующих излучений. Источники ионизирующих излучений. Поглощение рентгеновского и гамма-излучений. Фотоэффект, эффект Комптона, образование электронно-позитронных пар. Поглощение нейтронного излучения. Упругое и неупругое рассеяние. Относительная биологическая эффективность ионизирующих излучений (ОБЭ). Принцип попадания и концепция мишеней. Кривые «доза-эффект».

Тема 3. Проблема радиационной чувствительности биологических объектов. Общебиологические особенности лучевого поражения растительных и животных организмов и человека. Проблемы радиационного старения.

Радиочувствительность и радиорезистентность биологических объектов. Модификация радиочувствительности. Радиочувствительность клетки на разных стадиях жизненного цикла. Задержка прохождения клеточного цикла. Радиочувствительность разных видов клеток. 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.

Тема 4. Первичные и последующие механизмы лучевых нарушений. Прямые и косвенные эффекты. Прямое и косвенное действие ионизирующего излучения.

Радиобиологические эффекты. Прямое действие ионизирующего излучения. Многостадийность прямого действия ионизирующего излучения. Модифицирующее действие кислорода при воздействии ионизирующего излучения на уровне молекул, клеток, тканей и организма в целом. Влияние температуры на радиочувствительность макромолекул. Роль молекул-примесей. Непрямое действие ионизирующего излучения. Радиационно-химические превращения молекул воды. Роль свободных радикалов в непрямом эффекте от воздействия радиации. Эффект разведения, его использование в радиобиологии.

Тема 5. Молекулярно-клеточные и биохимические механизмы лучевого поражения. Основы действия излучений на ДНК, мембраны, клеточные органеллы; репарация лучевых повреждений и клеточная гибель; механизмы гормезиса.

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. Радиочувствительность клетки на разных стадиях жизненного цикла. Задержка прохождения клеточного цикла. Кривые «выживаемости». Механизмы гормезиса. Кривые «выживаемости» в области малых доз излучения. Апоптоз. Некроз. «Эффект свидетеля». Общий закон самоликвидации.

Тема 6. Основы медицинской физики и клинической радиобиологии. Использование радионуклидов и ионизирующих излучений в медицинской физике.

Применение ионизирующего излучения в медицине. Диагностика и Лечение. Методы лучевой терапии. Распределения поглощенной дозы от клинических пучков. Изодозовые кривые. Брахитерапия. Компьютерное планирование облучения. Гистограммы «доза –объем». Терапевтический интервал. Модификация терапевтического интервала. Кислородный эффект при радиотерапии. Реоксигенация опухоли. Принципы получения изображений в медицинской визуализации. Виды томографии. Их физические принципы. Рентгенологические методы визуализации изображения. Компьютерная томография, однофотонная эмиссионная компьютерная томография. Позитронно-эмиссионная томография. Магниторезонансная томография. Радионуклидная сцинтиграфия.

Тема 7. 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.

Радиобиологические эффекты. Детерминированные и вероятностные радиобиологические эффекты. 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. Механизм биологического действия ионизирующего излучения. Лучевая болезнь человека. Особенности действия малых доз ионизирующего излучения.

Тема 8. Последствия ядерных катастроф. Синдром Чернобыля. Радиоэкология. Принципы и методы радиационного мониторинга. Проблемы радиационной безопасности. Химическая защита от облучений и радиосенсибилизация.

Естественные и искусственные источники излучения. Лучевые поражения при внешнем и внутреннем облучении. Физические и медицинские последствия ядерных катастроф и радиационных аварий. Ранние и отдаленные радиологические последствия. Ликвидация последствий аварии на Чернобыльской АЭС. Радиоэкология и радиационная защита от радиоактивного загрязнения. Закономерности аккумуляции радиоактивных изотопов в организмах и популяциях животных. Миграция радиоактивных изотопов. Радиоактивные загрязнения почв и водоемов. Методы, объекты и аппаратура радиационного мониторинга. Радиационно-гигиенический мониторинг. Принципы и нормы радиационной безопасности. Операционные и нормируемые величины. Химическая защита организмов от лучевого поражения. Радиопротекторы. Механизм радиозащитного действия. Комбинированное действие ионизирующего излучения и других физико-химических факторов.

III. Критерии оценивания

Критерии и показатели оценивания ответа на экзамене			
Неудовлетворительно	Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
Фрагментарные знания в области радиобиологии	Неполные знания в области радиобиологии	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания в области радиобиологии	Сформированные и систематические знания в области радиобиологии

IV. Рекомендуемая основная литература

1. Ярмоненко С.П., Вайнсон А.А. Радиобиология человека и животных. Учебное пособие. М.: Высш. Шк. 2004. 551 с.
2. 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.
3. Кудряшов Ю.Б., Радиационная биофизика (ионизирующие излучения). Учебник. М.: Физматлит, 2004 г. 448 с. ISBN 5-9221-0388-1.
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. Давыдов М.Г., Бураева Е.А., Зорина Л.В. Учебник для вузов. Феникс, 2013 г. 635 с. ID товара: 364291 ISBN: 978-5-222-20288-3.
6. 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.
7. 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.
8. 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.
9. 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.
10. 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.
11. Климанов В.А., Крамер-агеев А., Смирнов В.В. Дозиметрия ионизирующих излучений: Учебное пособие. Под ред. В.А. Климанова. М.: НИЯУ МИФИ, 2015. 740 с.
12. Ремизов А. Н. Медицинская и биологическая физика: Учеб. Для вузов. М.: Дрофа, 2003 г. 560 с.: ил. ISBN 5— 7107—5001—8.
13. Черняев А.П. Ядерно-физические методы в медицине: учебное пособие. М.: КДУ 2016. 192 с.
14. Ишханов Б.С., Капитонов И.М., Юдин Н.П., Частицы и атомные ядра: Учебник. Иад. 2-е, испр. И доп. М.: Издательство ЛКИ, 2007. 584 с.
15. 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.
16. 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.
 17. Иванов В.А. «Курс дозиметрии», 1978. 392 с.
 18. Костылев В.А., Наркевич Б.Я. Медицинская физика. Издательство «Медицина», 2008. 464 с.
 19. А.П. Черняев, М.В. Желтоножская, Е.П. Морозова. Введение в физику микромира, 2017. 39 с.
 20. А.П. Черняев, А.В. Белоусов, Д.А. Товмасын. Введение в физику ускорителей заряженных частиц, 2017. 44 с.
 21. Санпин 2.6.1.2523-09 "Нормы радиационной безопасности НРБ-99/2009"
 22. А.П. Черняев, К.В. Морозов, Н.А. Николаева, П.Д. Ремизов. Взаимодействие ионизирующего излучения с веществом, 2017. 32 с.
 23. Черняев А.П., Лыкова Е.Н., Поподько А.И., Радиотерапевтическое оборудование, 2017. 39 с.
 24. Желтоножская М.В., Близнюк У.А., Борщegovская П.Ю.// Радиационная безопасность, 2017. 66 с.
 25. М.Ф. Ломанов, М.В. Желтоножская, Р.Б. Бахтиозин. Протонная лучевая терапия, 2017. 54 с.
 26. С.М. Варзарь, Д.В. Волков, Ф.Р. Студеникин. Приборы и методы медицинской диагностики, 2017. 49 с.
 27. Черняев А.П. Ускорители в современном мире. Издательство Московского университета, 2013. 368 с.
 28. П.Ю. Борщegovская, Е.М. Кольцова, «Введение в радиобиологию», 2017. 32 с.
 29. У.А. Близнюк, Е.Н. Лыкова, Д.Н. Гречухина, «Клиническая дозиметрия», 2017. 41 с.
 30. Е.Н. Лыкова, Д.Н. Гречухина, «Дозиметрическое планирование лучевой терапии», 2017. 54 с.
 31. Костылев В.А., Наркевич Б.Я. Радиационная безопасность в медицине. Учебное пособие. М.: Издательство «Трoвант», 2014. 202 с.
 32. Тарутин И. Г. Радиационная защита в лучевой терапии / И. Г. Тарутин Е. В. Титович, Г. В. Гацкевич. Минск: Беларуская навука, 2015 г. 212 с. ISBN 978-985-08-1914-7.
 33. Штольц В., Бернхардт Р. Дозиметрия ионизирующего излучения. Рига «Зинатне», 1982. 142 с.
 34. Лелеков В.И. Дозиметрия и защита от излучений: учебное пособие / Москва: Изд-во МГОУ, 2010 г. 103 с.: ил. ISBN 978-5-7045-0946-2.
 35. Тимкин А.В. Радиационная безопасность. Учебное пособие. Мичуринск: МГПИ, 2007г. 188с.

36. Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ – 99/2010).
37. Серия технических докладов No. 398. Определение поглощенной дозы при дистанционной лучевой терапии: Международные практические рекомендации по дозиметрии, основанные на эталонах единицы поглощенной дозы в воде. Международное Агентство По Атомной Энергии, Вена, 2004.
38. Общие Инструкции Оценки И Реагирования На Радиологические Аварийные Ситуации Магатэ, Вена, 2004 Год, Iaea-Tecdoc-1162.
39. Глоссарий Магатэ По Вопросам Безопасности Терминология, Используемая В Области Ядерной Безопасности И Радиационной Защиты Издание 2007 Года Международное Агентство По Атомной Энергии Вена, 2008.
40. Серия Норм Безопасности, № Rs-G-1.5. Радиологическая Защита При Медицинском Облучении Ионизирующим Излучением Руководство По Безопасности. Международное Агентство По Атомной Энергии Вена, 2004.