

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

Обнинский институт атомной энергетики –

филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

(ИАТЭ НИЯУ МИФИ)

ОТДЕЛЕНИЕ BIOTEХНОЛОГИЙ

Одобрено на заседании

УМС ИАТЭ НИЯУ МИФИ

Протокол № 3-8/2022 от 30.08.2022 г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

по учебной дисциплине

**КЛИНИЧЕСКАЯ ДОЗИМЕТРИЯ И РАДИАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ В
МЕДИЦИНСКОЙ РАДИОЛОГИИ**

для магистров направления подготовки

03.04.02 Физика

образовательная программа

«Инновационные технологии в ядерной медицине»

Форма обучения: очная

г. Обнинск 2022 г.

Область применения

Фонд оценочных средств (ФОС) – является обязательным приложением к рабочей программе дисциплины «Клиническая дозиметрия и радиационная безопасность в медицинской радиологии» и обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущей и промежуточной аттестации по дисциплине.

Цели и задачи фонда оценочных средств

Целью Фонда оценочных средств является установление соответствия уровня подготовки обучающихся требованиям федерального государственного образовательного стандарта.

Для достижения поставленной цели Фондом оценочных средств по дисциплине «Клиническая дозиметрия и радиационная безопасность в медицинской радиологии» решаются следующие задачи:

- контроль и управление процессом приобретения обучающимися знаний, умений и навыков, предусмотренных в рамках данной дисциплины;
- контроль и оценка степени освоения компетенций, предусмотренных в рамках данной дисциплины;
- обеспечение соответствия результатов обучения задачам будущей профессиональной деятельности через совершенствование традиционных и внедрение инновационных методов обучения в образовательный процесс в рамках данной дисциплины.

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

1.1. В результате освоения ООП магистратуры обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

| Коды компетенций | Наименование компетенции | Код и наименование индикатора достижения компетенции |
|------------------|--|--|
| УК-3 | Способен организовывать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной цели | З-УК-3 Знать: методики формирования команд; методы эффективного руководства коллективами; основные теории лидерства и стили руководства У-УК-3 Уметь: разрабатывать план групповых и организационных коммуникаций при подготовке и выполнении проекта; сформулировать задачи членам команды для достижения поставленной цели; разрабатывать командную стратегию; применять эффективные стили руководства командой для достижения поставленной цели В-УК-3 Владеть: умением анализировать, проектировать и организовывать межличностные, групповые и организационные коммуникации в команде для достижения поставленной цели; методами организации и управления коллективом |
| УКЦ-1 | Способен решать исследовательские, научно-технические и производственные задачи в условиях неопределенности, в том числе выстраивать деловую коммуникацию и организовывать работу команды с использованием цифровых ресурсов и технологий в цифровой среде | З-УКЦ-1 Знать современные цифровые технологии, используемые для выстраивания деловой коммуникации и организации индивидуальной и командной работы У-УКЦ-1 Уметь подбирать наиболее релевантные цифровые решения для достижения поставленных целей и задач, в том числе в условиях неопределенности В-УКЦ-1 Владеть навыками решения исследовательских, научно-технических и производственных задач с использованием цифровых технологий |
| ПК-3 | Способен разрабатывать технические задания на проектирование технологических процессов и схем производства устройств, приборов, систем и комплексов | З-ПК-3 знать основы проектирования технологических процессов производства устройств, приборов, систем и комплексов по профилю профессиональной деятельности У-ПК-3 уметь проводить анализ современных технологических процессов и схем производства, перспективных материалов для производства устройств, приборов, систем и комплексов по профилю профессиональной деятельности В-ПК-3 владеть навыками составления технического задания на проектирование технологических процессов и схем производства устройств, приборов, систем и комплексов по профилю профессиональной деятельности |

1.2. Этапы формирования компетенций в процессе освоения ОП магистратуры

Компоненты компетенций, как правило, формируются при изучении нескольких дисциплин, а также в немалой степени в процессе прохождения практик, НИР и во время

самостоятельной работы обучающегося. Выполнение и защита ВКР являются видом учебной деятельности, который завершает процесс формирования компетенций.

Этапы формирования компетенции в процессе освоения дисциплины:

- **начальный** этап – на этом этапе формируются знаниевые и инструментальные основы компетенции, осваиваются основные категории, формируются базовые умения. Студент воспроизводит термины, факты, методы, понятия, принципы и правила; решает учебные задачи по образцу;

- **основной** этап – знания, умения, навыки, обеспечивающие формирование компетенции, значительно возрастают, но еще не достигают итоговых значений. На этом этапе студент осваивает аналитические действия с предметными знаниями по дисциплине, способен самостоятельно решать учебные задачи, внося коррективы в алгоритм действий, осуществляя коррекцию в ходе работы, переносит знания и умения на новые условия;

- **завершающий** этап – на этом этапе студент достигает итоговых показателей по заявленной компетенции, то есть осваивает весь необходимый объем знаний, овладевает всеми умениями и навыками в сфере заявленной компетенции. Он способен использовать эти знания, умения, навыки при решении задач повышенной сложности и в нестандартных условиях.

Этапы формирования компетенций в ходе освоения дисциплины отражаются в тематическом плане (см. РПД).

1.3. Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения

| № п/п | Контролируемые разделы (темы) дисциплины | Индикатор достижения компетенции | Наименование оценочного средства текущей и промежуточной аттестации |
|---------------------------------|--|---|---|
| Текущая аттестация | | | |
| 1. | Раздел 1 | З-УК-3, У- УК-3, В- УК-3 З-УКЦ-1, У- УКЦ-1, В- УКЦ-1 З-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3 | Тест №1 |
| 2. | Раздел 2 | З-УК-3, У- УК-3, В- УК-3 З-УКЦ-1, У- УКЦ-1, В- УКЦ-1 З-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3 | Контрольная работа 1 |
| 3. | Раздел 3 | З-УК-3, У- УК-3, В- УК-3 З-УКЦ-1, У- УКЦ-1, В- УКЦ-1 З-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3 | Контрольная работа 2 |
| 4. | Раздел 4 | З-УК-3, У- УК-3, В- УК-3 З-УКЦ-1, У- УКЦ-1, В- УКЦ-1 З-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3 | Тест №2 |
| Промежуточный аттестация | | | |
| | Экзамен | З-УК-3, У- УК-3, В- УК-3 З-УКЦ-1, У- УКЦ-1, В- УКЦ-1 З-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3 | Вопросы к экзамену |

2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Конечными результатами освоения программы дисциплины являются сформированные когнитивные дескрипторы «знать», «уметь», «владеть», расписанные по отдельным компетенциям, которые приведены в п.1.1. Формирование этих дескрипторов происходит в процессе изучения дисциплины по этапам в рамках различного вида учебных занятий и самостоятельной работы.

Выделяются три уровня сформированности компетенций на каждом этапе: пороговый, продвинутый и высокий.

| Уровни | Содержательное описание уровня | Основные признаки выделения уровня | БРС, % освоения | ECTS/Пятибалльная шкала для оценки экзамена/зачета |
|--|---|--|-----------------|--|
| Высокий <i>Все виды компетенций сформированы на высоком уровне в соответствии с целями и задачами дисциплины</i> | Творческая деятельность | <i>Включает нижестоящий уровень.</i> Студент демонстрирует свободное обладание компетенциями, способен применить их в нестандартных ситуациях: показывает умение самостоятельно принимать решение, решать проблему/задачу теоретического или прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий | 90-100 | A/ Отлично/ Зачтено |
| Продвинутый <i>Все виды компетенций сформированы на продвинутом уровне в соответствии с целями и задачами дисциплины</i> | Применение знаний и умений в более широких контекстах учебной и профессиональной деятельности, нежели по образцу, большей долей самостоятельности и инициативы | <i>Включает нижестоящий уровень.</i> Студент может доказать владение компетенциями: демонстрирует способность собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из самостоятельно найденных теоретических источников и иллюстрировать ими теоретические положения или обосновывать практику применения. | 85-89 | B/ Очень хорошо/ Зачтено |
| | | | 75-84 | C/ Хорошо/ Зачтено |
| Пороговый <i>Все виды компетенций сформированы на пороговом уровне</i> | Репродуктивная деятельность | Студент демонстрирует владение компетенциями в стандартных ситуациях: излагает в пределах задач курса теоретически и практически контролируемый материал. | 65-74 | D/Удовлетворительно/ Зачтено |
| | | | 60-64 | E/Посредственно /Зачтено |
| Ниже порогового | Отсутствие признаков порогового уровня: компетенции не сформированы. Студент не в состоянии продемонстрировать обладание компетенциями в стандартных ситуациях. | | 0-59 | Неудовлетворительно/ Зачтено |

Оценивание результатов обучения студентов по дисциплине осуществляется по регламенту текущего контроля и промежуточной аттестации.

Критерии оценивания компетенций на каждом этапе изучения дисциплины для каждого вида оценочного средства и приводятся в п. 4 ФОС. Итоговый уровень сформированности компетенции при изучении дисциплины определяется по таблице. При этом следует понимать, что граница между уровнями для конкретных результатов освоения образовательной программы может смещаться.

| Уровень сформированности компетенции | Текущий контроль | Промежуточная аттестация |
|---|-------------------------|---------------------------------|
| высокий | высокий | высокий |
| | <i>продвинутый</i> | <i>высокий</i> |
| | <i>высокий</i> | <i>продвинутый</i> |
| продвинутый | <i>пороговый</i> | <i>высокий</i> |
| | <i>высокий</i> | <i>пороговый</i> |
| | продвинутый | продвинутый |
| | <i>продвинутый</i> | <i>пороговый</i> |
| | <i>пороговый</i> | <i>продвинутый</i> |
| пороговый | пороговый | пороговый |
| ниже порогового | пороговый | ниже порогового |
| | ниже порогового | - |

3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

4. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков

Итоговая аттестация по дисциплине является интегральным показателем качества теоретических и практических знаний и навыков обучающихся по дисциплине и складывается из оценок, полученных в ходе текущей и промежуточной аттестации.

Текущая аттестация в семестре проводится с целью обеспечения своевременной обратной связи, для коррекции обучения, активизации самостоятельной работы обучающихся.

Промежуточная аттестация предназначена для объективного подтверждения и оценивания достигнутых результатов обучения после завершения изучения дисциплины.

Текущая аттестация осуществляется два раза в семестр:

- контрольная точка № 1 (КТ № 1) – выставляется в электронную ведомость не позднее 8 недели учебного семестра. Включает в себя оценку мероприятий текущего контроля аудиторной и самостоятельной работы обучающегося по разделам/темам учебной дисциплины с 1 по 8 неделю учебного семестра.
- контрольная точка № 2 (КТ № 2) – выставляется в электронную ведомость не позднее 16 недели учебного семестра. Включает в себя оценку мероприятий текущего контроля аудиторной и самостоятельной работы обучающегося по разделам/темам учебной дисциплины с 9 по 16 неделю учебного семестра.

Результаты текущей и промежуточной аттестации подводятся по шкале балльно-рейтинговой системы.

| Этап рейтинговой системы / Оценочное средство | Неделя | Балл | |
|--|-------------|-----------|-----------|
| | | Минимум* | Максимум |
| Текущая аттестация | 1-16 | 36 | 60 |

| | | | |
|---------------------------------|--------------|-----------|------------|
| Контрольная точка № 1 | 7-8 | 18 | 30 |
| <i>Тест №1</i> | 7 | 6 | 10 |
| <i>Контрольная работа №1</i> | 8 | 12 | 20 |
| Контрольная точка № 2 | 15-16 | 18 | 30 |
| <i>Тест №2</i> | 15 | 6 | 10 |
| <i>Контрольная работа №2</i> | 16 | 12 | 20 |
| Промежуточная аттестация | - | 24 | 40 |
| Экзамен | - | | |
| <i>Вопросы к экзамену</i> | - | 24 | 40 |
| ИТОГО по дисциплине | | 60 | 100 |
| ИТОГО по дисциплине | | 60 | 100 |

* Минимальное количество баллов за оценочное средство – это количество баллов, набранное обучающимся, при котором оценочное средство засчитывается, в противном случае обучающийся должен ликвидировать появившуюся академическую задолженность по текущей или промежуточной аттестации. Минимальное количество баллов за текущую аттестацию, в т.ч. отдельное оценочное средство в ее составе, и промежуточную аттестацию составляет 60% от соответствующих максимальных баллов.

Студент считается аттестованным по разделу, зачету или экзамену, если он набрал не менее 60% от максимального балла, предусмотренного рабочей программой.

Студент может быть аттестован по дисциплине, если он аттестован по каждому разделу, зачету/экзамену и его суммарный балл составляет не менее 60.

Определение бонусов и штрафов

Бонусы: поощрительные баллы студент может получить к своему рейтингу в конце семестра за присутствие на лекциях, практических и лабораторных занятиях и активную и регулярную работу на занятиях.

Бонус (премиальные баллы) не может превышать 5 баллов, вместе с баллами за текущую аттестацию – не более 60 баллов за семестр.

ВОПРОСЫ К ЭКЗАМЕНУ

1. Система дозиметрических величин. Экспозиционная и поглощённая дозы, единицы измерения.
2. Система дозиметрических величин. Эквивалентная и эффективная дозы, единицы измерения.
3. Система дозиметрических величин. Ожидаемые эквивалентная и эффективная дозы, единицы измерения.
4. Система дозиметрических величин. Амбиентный и индивидуальный эквивалент дозы, единицы измерения.
5. Система дозиметрических величин. Поглощённая доза излучения и поглощённая доза в органе, линейная передача энергии; единицы измерения.
6. Система дозиметрических величин. Активность радионуклидного источника, флюенс и плотность потока частиц; единицы измерения.
7. Система дозиметрических величин. Поглощённая доза излучения и керма; единицы измерения.
8. Биологическое действие ионизирующих излучений. Детерминированные эффекты облучения.
9. Биологическое действие ионизирующих излучений. Стохастические эффекты облучения.
10. Биологическое действие ионизирующих излучений. Понятие об относительной биологической эффективности излучений.
11. Основные принципы обеспечения радиационной безопасности.
12. Управление источником как метод и средство радиационной безопасности.
13. Контроль профессионального облучения. Стратегия обеспечения радиационной безопасности.
14. Контроль профессионального облучения. Тактика обеспечения радиационной безопасности.
15. Контроль профессионального облучения. Нормируемые величины облучения персонала в нормальных условиях эксплуатации источников излучения.

16. Контроль профессионального облучения. Нормируемые величины планируемого повышенного облучения.
17. Физические основы дозиметрии фотонного излучения. Коэффициенты ослабления и передачи энергии; единицы измерения.
18. Физические основы дозиметрии фотонного излучения. Эффективный атомный номер сложного вещества.
19. Принцип ионизационного метода дозиметрии на примере ионизационной камеры.
20. Соотношение Брэгга-Грея.
21. Напёрстковые ионизационные камеры. Ход с жёсткостью.
22. Конденсаторные ионизационные камеры.
23. Чувствительность газоразрядного счётчика по мощности дозы.
24. Чувствительность по мощности дозы сцинтилляционного детектора, работающего в счётчиковом режиме.
25. Принцип фотографического метода дозиметрии.
26. Принцип люминесцентного метода дозиметрии.
27. Физические основы дозиметрии нейтронов.
28. Активационный метод дозиметрии нейтронов.
29. Понятие о трековом методе дозиметрии заряженных частиц.
30. Понятие о дозиметрии радиоактивных газов и аэрозолей.

ЗАДАЧИ К ЭКЗАМЕНУ

1. Какова активность (без учета дочерних продуктов) а) 1 г ${}^{226}_{88}\text{Ra}$ и б) 1 г ${}^{238}_{92}\text{U}$? Во сколько раз активность ${}^{226}_{88}\text{Ra}$ больше активности ${}^{238}_{92}\text{U}$?
2. Определить мощность воздушной кермы на расстоянии 1 м от точечного изотропного источника, испускающего гамма-кванты с энергиями 1 МэВ (квантовый выход 12 %) и 0,05 МэВ (85 %). Активность источника 10^8 Бк.
3. При работе с источником ${}^{32}\text{P}$, который является чистым β -излучателем, плотность потока β -частиц составила 40 част./ $(\text{см}^2\cdot\text{с})$. Чему будет равна эквивалентная доза в коже?
4. Определить удельную активность ${}^{40}\text{K}$ в образце, представляющем собой соль KCl , если содержание ${}^{40}\text{K}$ в естественном калии составляет 0,0118 % по массе.
5. Найти величину кермы в воздухе, создаваемую источником ${}^{51}\text{Cr}$ за четыре часа, если в начальный момент времени плотность потока γ -квантов в точке наблюдения составляла $2\cdot 10^4$ 1/ $(\text{см}^2\cdot\text{с})$.
6. Мощность воздушной кермы, создаваемой источником γ -квантов со средней энергией 0,5 МэВ, составляет 10 мкГр/ч. Рассчитать эффективную дозу, полученную за 36 часов работы; принять, что облучение происходит в передне-задней геометрии.
7. В известняковых почвах удельная активность ${}^{238}\text{U}$ составляет 30 Бк/кг. Сколько миллиграммов ${}^{238}\text{U}$ содержит 1 кг известняка?
8. Определить мощность воздушной кермы γ -квантов на расстоянии 2 м от точечного изотропного источника активностью $4\cdot 10^9$ Бк, испускающего γ -кванты с энергией 1 МэВ. Выход γ -квантов на один распад – 0,5. Найти керма-постоянную данного источника.
9. Какова будет эффективная доза в однородном изотропном смешанном гамма-нейтронном поле излучения, если в любой точке поля экспозиционная доза γ -излучения (средняя энергия 0,3 МэВ) составит 100 мР, а флюенс тепловых нейтронов равен 10^6 нейтр./ см^2 ?
10. Объемная активность ${}^{60}\text{Co}$ в водяном паре, протекающем по трубопроводу диаметром 10 см, в момент остановки реактора составляет 10^3 Бк/л. Трубопровод

расположен по окружности радиусом 3 м. Чему равна мощность воздушной кермы в центре круга?

11. Рассчитать толщину железного экрана при работе с источником ^{137}Cs , если необходимо снизить интенсивность γ -излучения в $1,25 \cdot 10^4$ раз. Решить задачу с использованием слоев ослабления.
12. Определить кратность ослабления плотности потока тепловых нейтронов, нормально падающих на лист кадмия толщиной 1 мм. Микроскопическое сечение радиационного захвата кадмия $\sigma = 2520$ б.
13. Мощность воздушной кермы на высоте 1 м над центром пятна, загрязненного ^{137}Cs , составила 0,13 мГр/ч. Чему равна общая активность загрязненного участка, если пятно имеет форму круга с диаметром 4 м?
14. Рассчитать толщину защиты из воды для точечного изотропного источника, испускающего несколько моноэнергетических γ -квантов, если ослабить мощность дозы излучения необходимо в 10^3 раз. Энергии испускаемых фотонов ε [МэВ] и дифференциальные керма-постоянные нуклидов $\Gamma_{K,i}$ [аГр·м²/(с·Бк)] известны: $\varepsilon_1=0,1$ ($\Gamma_{K,1}=0,5$); $\varepsilon_2=0,2$ ($\Gamma_{K,2}=0,2$); $\varepsilon_3=0,4$ ($\Gamma_{K,3}=0,1$); $\varepsilon_4=0,8$ ($\Gamma_{K,4}=0,1$); $\varepsilon_5=1,0$ ($\Gamma_{K,5} = 0,1$).
15. Плотность потока тепловых нейтронов, создаваемая точечным изотропным источником на рабочем месте оператора (персонал гр. А), равна 10^9 нейтр./(см²·с). Определить толщину защиты из кадмия ($\sigma_{\text{Cd}} = 2520$ б), при которой будут обеспечены допустимые уровни облучения персонала в течение 36-часовой рабочей недели в изотропной геометрии облучения.

Критерии и шкала оценивания

| Оценка | Критерии оценки |
|----------------------------|--|
| Отлично 36-40 | Студент должен: - продемонстрировать глубокое и прочное усвоение знаний программного материала; - исчерпывающе, последовательно, грамотно и логически стройно изложить теоретический материал; - правильно формулировать определения; - продемонстрировать умения самостоятельной работы с литературой; - уметь сделать выводы по излагаемому материалу. |
| Хорошо 30-35 | Студент должен: - продемонстрировать достаточно полное знание программного материала; - продемонстрировать знание основных теоретических понятий; достаточно последовательно, грамотно и логически стройно излагать материал; - продемонстрировать умение ориентироваться в литературе; - уметь сделать достаточно обоснованные выводы по излагаемому материалу. |
| Удовлетворительно 25-29 | Студент должен: - продемонстрировать общее знание изучаемого материала; - показать общее владение понятийным аппаратом дисциплины; - уметь строить ответ в соответствии со структурой излагаемого вопроса; - знать основную рекомендуемую программой учебную литературу. |

| | |
|------------------------------------|--|
| Неудовлетворительно 24 и меньше | Студент демонстрирует: - незнание значительной части программного материала; - не владение понятийным аппаратом дисциплины; - существенные ошибки при изложении учебного материала; - неумение строить ответ в соответствии со структурой излагаемого вопроса; - неумение делать выводы по излагаемому материалу. |
|------------------------------------|--|

Комплект индивидуальных домашних заданий

Примеры индивидуального домашнего задания:

Вариант № 1 (ДЗ)

1. Рассчитать квантовые выходы всех γ -квантов, испускаемых радионуклидом, схеме распада которого изображена на рис. 1.3. Относительные выходы γ -квантов с разной энергией относятся как: $\eta_1(0,5 \text{ МэВ}): \eta_2(2 \text{ МэВ}): \eta_3(2,75 \text{ МэВ}): \eta_4(1,5 \text{ МэВ}): \eta_5(2,25 \text{ МэВ}) = 18:5:7; \eta_4(1,5 \text{ МэВ}): \eta_5(2,25 \text{ МэВ}) = 14:5$.

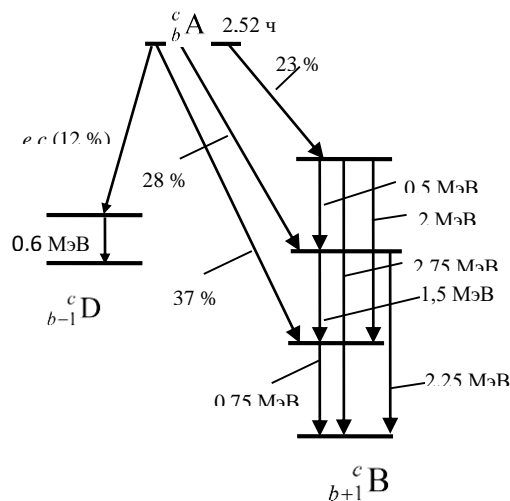


Рис. 1.3. Схема распада радионуклида $^c_b A$ к задаче 1.13

№ 2 Персонал гр. А работает с препаратом, являющимся чистым β -излучателем со средней энергией β -частиц 0,7 МэВ. Допустимо ли работать с этим препаратом по 10 часов в неделю в течение года, если плотность потока на руки составляет $800 \beta\text{-част.}/(\text{см}^2\cdot\text{с})$?

№ 3 По трубам прокачивается газ ^{131}I , который адсорбируется в цилиндрической колонке (диаметр 1 м, высота 0,2 м) до удельной активности 80 Бк/л. Определить мощность воздушной кермы фотонов на оси колонки на расстоянии 1 м от ее поверхности, считая, что цилиндрическая колонка полностью и равномерно заполнена ^{131}I . Ослаблением излучения в воздухе, стенках труб и колонке пренебречь.

№ 4 Рассчитать толщину защиты из железа, ослабляющую по поглощенной дозе в воздухе в 25 раз γ -излучение находящихся в одной точке двух точечных изотропных источников с энергиями испускаемых фотонов 0,4 и 2 МэВ, если керма-эквивалент нуклида с энергией 0,4 МэВ в четыре раза превышает керма-эквивалент нуклида с энергией 2 МэВ. Для тех же условий найти толщину защиты для кратности ослабления 1000.

Вариант № 2 (ДЗ)

№ 1 Рассчитать керма-постоянную радионуклида ${}^c_b A$, схема распада которого изображена на рис. 2.3, если выход γ -квантов с энергией 0,2 МэВ относится к выходу γ -квантов с энергией 0,7 МэВ как 5:7.

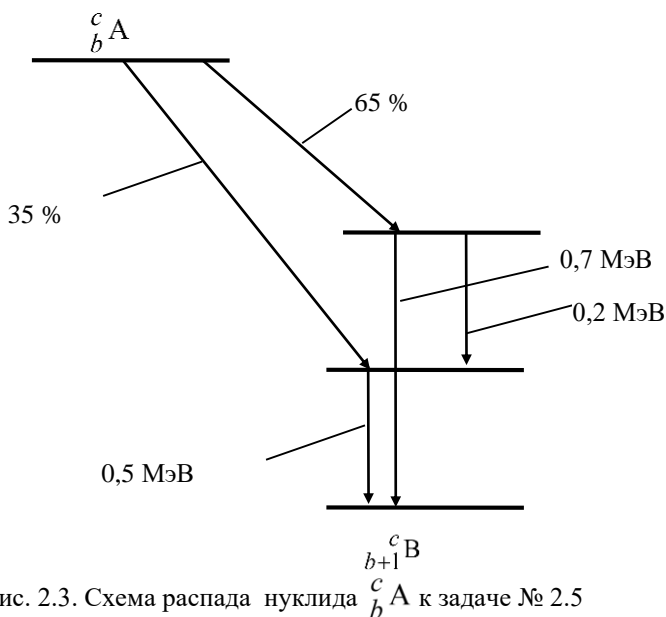


Рис. 2.3. Схема распада нуклида ${}^c_b A$ к задаче № 2.5

№ 2 Активность точечного изотропного источника ${}^{137}\text{Cs}$ 10^9 Бк. Будет ли превышен уровень, соответствующий годовому пределу дозы (для персонала гр.А), если оператор работает на расстоянии 0,8 м от источника по 36 часов в неделю, а геометрия облучения – ПЗ?

№ 3 В цилиндрическом сосуде (диаметр 10 см, высота 10 см) содержался радиоактивный раствор ${}^{152}\text{Eu}$ ($\Gamma_K = 41,2 \text{ аГр} \cdot \text{м}^2/(\text{с} \cdot \text{Бк})$, $T_{1/2} = 13,2$ года). После удаления из сосуда раствора, мощность воздушной кермы, измеренная на расстоянии 5 см от верхнего основания, составила 5 мкГр/с. Считая, что активность ${}^{152}\text{Eu}$ равномерно адсорбировалась на поверхности дна и стенок цилиндра, определить количество ${}^{152}\text{Eu}$, осевшего на поверхности цилиндра.

№ 4 За защитой из бетона в одной точке находятся три точечных изотропных источника: ${}^{137}\text{Cs}$ (активность 10^9 Бк), ${}^{60}\text{Co}$ (10^8 Бк), ${}^{54}\text{Mn}$ (10^9 Бк). Рассчитать толщину бетонной защиты, ослабляющей мощность воздушной кермы фотонов в 10^3 раз.

Вариант № 3 (ДЗ)

№ 1 Рассчитать керма-постоянную радионуклида, схема распада которого изображена на рис. 2.5. Испускание фотонов с энергиями 0,3 и 1 МэВ равновероятно. Принять, что все позитроны нуклида полностью аннигилировали в самом источнике.

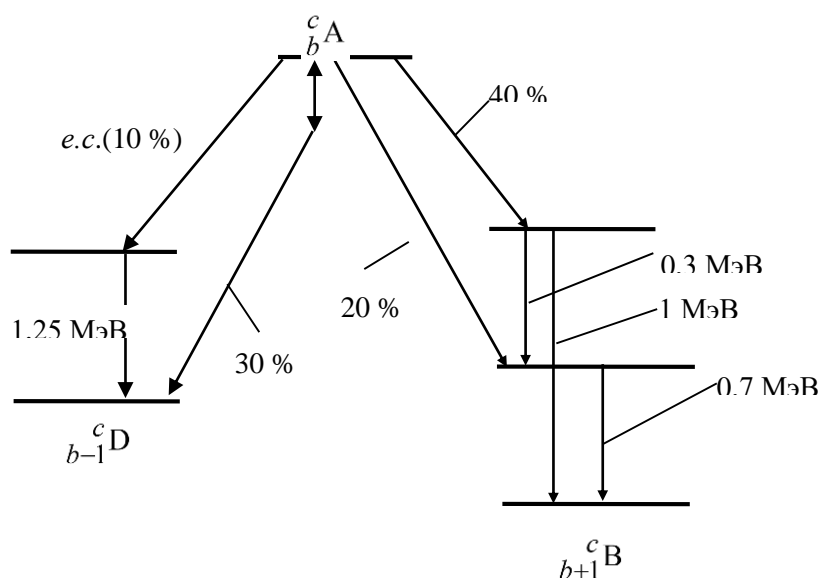


Рис. 2.5. Схема распада радионуклида ${}^c_b A$ к задаче № 2.7

№ 2 Активность точечного изотропного источника ${}^{60}\text{Co}$ 10^8 Бк. Будет ли превышен уровень, соответствующий годовому пределу дозы (персонал гр.А), если оператор находится на расстоянии 1 м от источника, время работы – по 36 часов в неделю, а геометрия облучения – ПЗ?

№ 3 Обширный водоем равномерно загрязнен продуктами деления с удельным керма-эквивалентом $80 \text{ нГр}/(\text{с}\cdot\text{м})$. Рассчитать мощность воздушной кермы на поверхности водоема, если средняя энергия фотонов продуктов деления равна $0,8 \text{ МэВ}$. Расчеты провести с учетом и без учета многократно рассеянного излучения в воде.

№ 4 За защитой из воды толщиной 30 см находится точечный изотропный источник ${}^{137}\text{Cs}$ активностью $5 \cdot 10^{10}$ Бк. Определить мощность воздушной кермы на расстоянии 1 м от источника.

Критерии и шкала оценивания

Домашнее задание считается выполненным при условии решения всех 4 предложенных заданий одного из вариантов.

Все решенные задания в каждом варианте суммарно оцениваются 20 баллами: каждое задание, в зависимости от степени решения задачи, оценивается от 5 до 3 баллов каждое.

| Оценка | Баллы |
|---------------------|--------------------|
| Отлично | от 18 до 20 баллов |
| Хорошо | от 15 до 17 баллов |
| Удовлетворительно | от 10 до 14 баллов |
| Неудовлетворительно | Менее 10 баллов |

| Критерии оценивания расчетной задачи: | Баллы: |
|--|----------|
| Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы: 1) правильно записаны формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи выбранным | 5 |

| | |
|--|----------|
| способом; 2) проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу, и представлен ответ (с указанием единиц измерения). При этом допускается решение «по частям» (с промежуточными вычислениями). | |
| Представленное решение содержит п.1 полного решения, но и имеет один из следующих недостатков: В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущена ошибка ИЛИ Необходимые математические преобразования и вычисления логически верны, не содержат ошибок, но не закончены. ИЛИ Не представлены преобразования, приводящие к ответу, но записан правильный числовой ответ или ответ в общем виде ИЛИ Решение содержит ошибку в необходимых математических преобразованиях и не доведено до числового ответа. | 4 |
| Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев: Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа. ИЛИ В решение отсутствует одна из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи. ИЛИ В одной из исходных формул, необходимых для решения задачи (или утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи. | 3 |
| ВСЕ случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 (4, 3, 2) балла. | 0 |

Комплект тестовых заданий

Пример тестовых заданий:

Рейтинговый тест №1

Вариант 1

1. Атомное ядро – это

- А) центральная массивная часть атома, состоящая из протонов и электронов
- Б) центральная массивная часть атома, состоящая из протонов и нейтронов**
- В) центральная массивная часть атома, состоящая из протонов, электронов и нейтронов

2. Ядро с определенными параметрами (A,Z) называют

- А) нуклоном
- Б) нуклидом**
- В) нейтроном

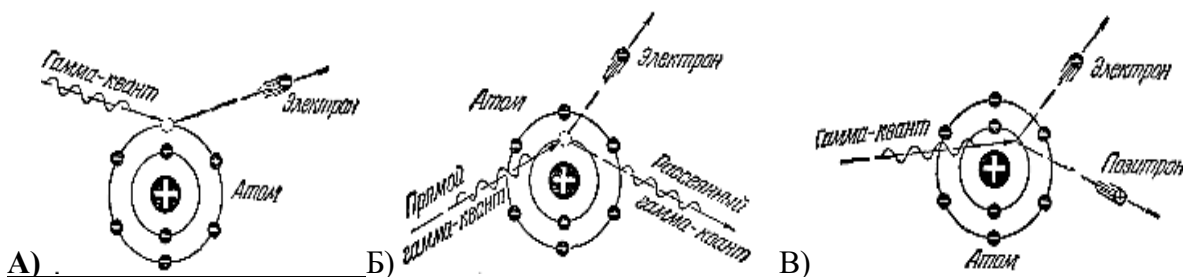
3. Атомное ядро – это
А) центральная массивная часть атома, состоящая из протонов и электронов
Б) центральная массивная часть атома, состоящая из протонов и нейтронов
В) центральная массивная часть атома, состоящая из протонов, электронов и нейтронов
4. Какую характеристику ядра атома называют зарядовым числом?
А) Число электронов вокруг ядра
Б) Число протонов в ядре
В) Число нуклонов, формирующих ядро
5. Радиоактивность – это
А) превращение стабильных ядер в нестабильные под действием внешнего излучения.
Б) ядерное превращение с изменением только энергетического состояния ядра.
В) самопроизвольное превращение нестабильных ядер атома, сопровождающееся испусканием излучения (корпускулярного или гамма-излучения).
6. Излучение, в поле которого любые направления распространения частиц и фотонов являются равновероятными называют
А) мононаправленным
Б) моноэнергетическим
В) изотропным
7. Характеристики источников ионизирующего излучения
А) активность, период полураспада, постоянная распада, выход частиц
Б) поток частиц, плотность потока частиц, флюенс, линейный коэффициент ослабления, линейная передача энергии, фактор накопления
В) активность, период полураспада, фактор накопления
8. Что такое постоянная распада?
А) Число распадов в единицу времени
Б) Вероятность распада в единицу времени
В) Величина, характеризующая скорость распада
9. Характеристики полей ионизирующего излучения
А) активность, период полураспада, постоянная распада, выход частиц
Б) поток частиц, плотность потока частиц, флюенс, линейный коэффициент ослабления, линейная передача энергии, фактор накопления
В) активность, период полураспада, фактор накопления
10. Взаимодействие фотонного излучения с веществом, при котором энергия фотонов в поле ядра переходит в энергию покоя и кинетическую энергию электрона и позитрона, называется
А) комптон-эффектом
Б) образованием электрон-позитронной пары
В) фотоэффектом
11. Наибольшей проникающей способностью обладает излучения
А) бета (β) - излучение
Б) гамма (γ) - излучение
В) альфа (α)– излучение

12. Средняя энергия ионизации составляет
 А) 34 эВ Б) 34 кэВ В) 34 МэВ

13. Активность радионуклида в источнике (образце) – это...
 А) отношение числа dN_0 спонтанных (самопроизвольных) ядерных превращений, происходящих в источнике (образце), к массе этого источника (образца) dm .
 Б) отношение числа ионизирующих частиц dN , проникающих в элементарную сферу, к площади центрального сечения dS этой сферы.
 В) отношение числа dN_0 спонтанных (самопроизвольных) ядерных превращений, происходящих в источнике (образце) за интервал времени dt , к этому интервалу.

14. Определить период полураспада $T_{1/2}$ и постоянную распада λ радионуклида, если за сутки его активность уменьшилась на 75 %.
 А) $\lambda = 1,6 \cdot 10^{-5} \text{ с}^{-1}$; $T_{1/2} = 0,5 \text{ сут}$;
 Б) $\lambda = 1,6 \text{ с}^{-1}$; $T_{1/2} = 0,5 \text{ с}$;
 В) $\lambda = 1,6 \cdot 10^{-2} \text{ с}^{-1}$; $T_{1/2} = 0,5 \text{ час}$;

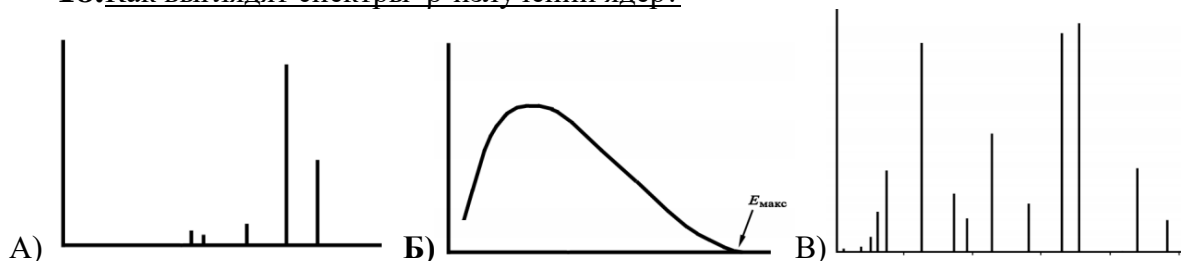
15. Что такое фотоэлектрическое поглощение?



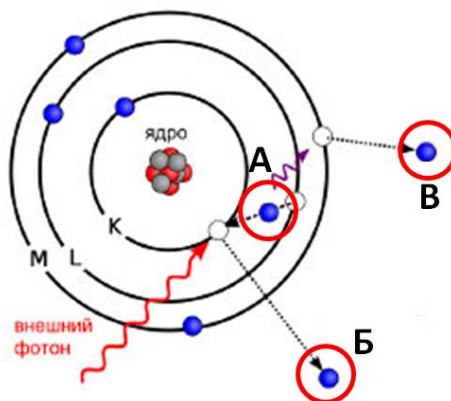
16. Комптон-эффект - это
 А) взаимодействие фотонов с атомами поглотителя, при котором фотон полностью отдает свою энергию орбитальному электрону и прекращает свое существование.
 Б) взаимодействие фотонного излучения с веществом, при котором энергия фотонов в поле ядра переходит в энергию покоя и кинетическую энергию электрона и позитрона.
 В) упругое столкновение фотонного излучения со свободными или слабо связанными электронами внешней оболочки атома, при котором фотон передает часть своей энергии самому электрону и изменяет направление своего движения.

17. Пороговая энергия эффекта образования электрон-позитронной пары в поле ядра при взаимодействии γ -излучения с веществом
 А) 2,044 МэВ Б) 1,022 МэВ В) 1,022 кэВ

18. Как выглядят спектры β -излучений ядер?



19. Оже-эффект. Показать на схеме Оже-электрон.



20. Указать соответствующие энергии нейтронов

| | |
|------------------------|----------------------|
| быстрые нейтроны | 1–200 кэВ |
| промежуточные нейтроны | от 200 кэВ до 20 МэВ |
| надтепловые нейтроны | менее 0,25 эВ |
| тепловые нейтроны | от 0,25 эВ до 1кэВ |

Критерии оценивания компетенций (результатов):

Тест считается выполненным при условии правильного решения не менее 60% предложенных заданий одного из вариантов.

Описание шкалы оценивания:

Все решенные задания в каждом варианте суммарно оцениваются 2 баллами: задания 1-20 – 1 балл каждое (минимум 12 баллов).

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ ФОНДА ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Рассмотрен на заседании отделения
биотехнологий ИАТЭ НИЯУ МИФИ и
рекомендован к переутверждению

(протокол № 12 от «06» 06 2022г.)

Начальник отделения биотехнологий ИАТЭ
НИЯУ МИФИ



А.А. Котляров