

**«УТВЕРЖДАЮ»**

И.о. декана физического факультета МГУ

профессор Белокуров В.В.



**БИЛЕТЫ ГОСУДАРСТВЕННОГО ЭКЗАМЕНА**

**Направление подготовки 03.04.02 «Физика»**

**Магистерская программа**

**«РАДИАЦИОННАЯ МЕДИЦИНСКАЯ ФИЗИКА»**

## Магистерская программа «Радиационная медицинская физика»

### Билет 1

1. Радионуклиды и радиофармпрепараты ОФЭКТ и ПЭТ. Критерии их выбора. Используемое оборудование, его основные составляющие, их назначение и строение.
2. Линейные ускорители в медицине. Линейные резонансные ускорители. Основные элементы ускорителей и их предназначение.
3. Оценить различия величин мощности поглощенной дозы фотонов и электронного излучения при идентичных условиях облучения биологической ткани;  $\varphi_\gamma = \varphi_e = 1$  част/(м<sup>2</sup>\*с); значения энергий частиц 100 кэВ и 1 МэВ. Средние ионизационные потери электронов для энергий частиц 100 кэВ и 1 МэВ составляют 4,08 (МэВ\*см<sup>2</sup>)/г и 1,83 (МэВ\*см<sup>2</sup>)/г соответственно. Массовые коэффициенты передачи составляют 0,0256 см<sup>2</sup>/г и 0,0308 см<sup>2</sup>/г соответственно.

### Билет 2

1. Радионуклидная терапия. Область применения. Преимущества и недостатки. Критерии выбора радионуклида, его активности и переносчика. Методы дозиметрического планирования радионуклидной терапии.
2. Эмиссионная и трансмиссионная томография. Преобразование Радона и экспоненциальное преобразование Радона. Методы медицинской визуализации (КТ, МРТ, ПЭТ).
3. Величина измеренного тока плоскопараллельной воздушнонаполненной ионизационной камеры в стационарном режиме облучения фотонами равнялась  $i = 0,5$  мкА; толщина медной стенки камеры, на которую нормально падают фотоны, имеет толщину, равную максимальному пробегу наиболее высокоэнергетичных вторичных электронов; объём камеры  $V = 12$  см<sup>3</sup>; среднее отношение массовых тормозных способностей  $S_z/S_\gamma = 0,76$ . Рассчитать мощность дозы в стенке камеры.

### Билет 3

1. Ядерно-физическое оборудование в медицине. Радиотерапевтические кобальтовые установки. Медицинские ускорители электронов. Стереотаксическая хирургия (гамма – нож и кибер – нож). Интраоперационная лучевая терапия. Томотерапия. Установки для брахитерапии.
2. Теория полости. Основные дозиметрические задачи в рамках теории полости. Соотношение Брэгга-Грея. Модификации Спенсера, Спенсера – Аттика, Бурлина.
3. Облучение мишени из <sup>133</sup>Cs тормозным излучением длилось 10 ч. Образовавшиеся изотопы <sup>132</sup>Cs ( $T_1 = 6,7$  ч) и <sup>131</sup>Cs ( $T_2 = 9,5$  ч) испускают одну и ту же рентгеновскую линию. Сразу после окончания облучения поочерёдно были измерены 2 спектра по 10 ч. Площадь пика в 1 спектре –  $2,5 * 10^{10}$ , во втором –  $1,0 * 10^{10}$ . Найти отношение активностей двух изотопов на момент окончания активации.

### Билет 4

1. Распределения поглощенной дозы от клинических пучков. Изодозовые кривые. Терапевтический интервал и методы его модификации. Кислородный эффект при радиотерапии. Реоксигенация опухоли.

2. Радиационная безопасность. Генерирующие источники ионизирующего излучения (виды). Расчёт физической защиты.

3. Точечный изотропный источник в вакууме излучает фотоны ( $\phi = 10^7$  1/с) с равномерным энергетическим распределением  $n(E)$  в диапазоне  $0,1 \div 1$  МэВ (спектр нормирован на 1). Рассчитать интенсивность излучения на расстоянии 1м.

Билет 5

1. Лучевая терапия на ускорителях электронов. Глубинные дозовые распределения электронного и тормозного излучения. Характеристики клинических пучков фотонов. Методы расчёта дозы. Учёт неомогенностей.

2. Сцинтилляционный метод дозиметрии фотонного излучения. Принцип метода. Дозиметрические характеристики сцинтилляторов.

3. Получить выражение для частоты поперечных колебаний частиц в ВЧК-структуре с круглыми электродами.

Билет 6

1. Циклотронный и реакторные методы производства радионуклидов. Генераторный метод наработки радионуклидов. Преимущества и недостатки каждого метода. Примеры наработки конкретных радионуклидов.

2. Протонная и ионная лучевая терапия. Методы формирования дозового поля. Особенности передачи энергии тяжелыми заряженными частицами. Пик Брегга. Модифицированный пик Брегга.

3. Рассчитать эффективный (в энергетических диапазонах преобладания фотоэффекта и эффекта образования пар) атомный номер воды ( $H_2O$ ), воздуха (весовой состав воздуха, %, N – 75,5, O – 23,2, Ar – 1,3) и мягкой биологической ткани ( $C_5H_{40}O_{18}N_x$ ).

Билет 7

1. Клиническая дозиметрия. Дозиметрические характеристики для планирования лучевой терапии. Калибровка пучков фотонов и электронов с помощью полостных ионизационных камер. Количественная оценка дозы пучка с помощью термолюминесцентных дозиметров. Оценка дозового распределения с помощью тканезквивалентных фантомов.

2. Линейная передача и линейные потери энергии излучения (ЛПЭ). Относительная биологическая эффективность (ОБЭ) и коэффициент качества КК ионизирующих излучений. Зависимость ОБЭ от ЛПЭ. Биологическое действие ионизирующего излучения. Радиобиология клетки. Кривые «доза-эффект» в рамках различных моделей. Фракционирование облучения. Концепция ВДФ (время-доза-фракционирование). Линейно-квадратичная модель (ЛКО) реакции клеток на облучение.

3. Определить энергию, оставляемую потоком  $\Phi$  протонов с энергией  $E_0$  в шаре с радиусом  $R$ . Пробег протонов в веществе шара определяется соотношением  $R_{max} = \alpha E_0$ .

Билет 8

1. Особенности полупроводниковых детекторов. Носители электрических зарядов в беспримесном проводнике. Примесные проводники. P-n переход. Вольт-амперная характеристика полупроводникового детектора с p-n переходом. Дозиметрические характеристики полупроводниковых детекторов.

2. Фантомы для клинической дозиметрии. Верификация плана облучения. Глубинная зависимость процентной дозы для разных видов ионизирующего излучения. Абсолютные и относительные измерения поглощенной дозы при дистанционной лучевой терапии. Формирование дозовых полей.

3. При наработке медицинского изотопа радиоактивное ядро образуется как в основном состоянии, так и в изомерном.  $\sigma_g = 20$  б,  $\sigma_i = 1$  б. Изомерное состояние распадается в основное. Их периоды полураспада  $T_g = 2$  ч,  $T_i = 20$  мин. Активация длилась 1 ч. Чему равна радионуклидная чистота основного состояния на момент окончания облучения?

Билет 9

1. 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.

2. Защита от фотонного излучения. Факторы накопления фотонного излучения. Гамма-постоянная. Расчет физической защиты от открытых и закрытых источников ионизирующего излучения.

3. Металлический кубик обогащённого молибдена со стороной 2 см облучили фотонами для получения генератора  $^{99}\text{Mo}$ - $^{99\text{m}}\text{Tc}$ . К моменту его доставки в лабораторию радиохимического выделения активность  $^{99}\text{Mo}$  составляла 50 ГБк. Толщина свинцовой стенки защитного бокса составляет 3 см. Какая мощность дозы (Зв/ч) создаётся в 2 м от источника? Выход линий  $^{99}\text{Mo}$  181 кэВ - 6.05 %, 739.5 кэВ - 12.20 %;  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  140 кэВ - 89 %.  $\mu_{\text{Mo}}$  для 150 кэВ - 4 1/см, 700 кэВ - 0,7 1/см;  $\mu_{\text{Pb}}$  для 150 кэВ - 23 1/см, 700 кэВ - 1 1/см.  $\Gamma_{150} = 5 \text{ аЗв} \cdot \text{м}^2 / (\text{с} \cdot \text{Бк})$ ;  $\Gamma_{700} = 29 \text{ аЗв} \cdot \text{м}^2 / (\text{с} \cdot \text{Бк})$ .

Билет 10

1. Взаимодействие нейтронов с веществом. Дозиметрия нейтронов. Радиационная защита от тепловых, промежуточных и быстрых нейтронов.

2. Ускорители протонов и ионов в медицине. Их основные элементы и их предназначение. Лучевая терапия тяжёлыми заряженными частицами и наработка радиоизотопов.

3. Вычислить преобразование Радона для функции  $\mu(x, y) = A\eta(R - \sqrt{x^2 + y^2})$

Билет 11

1. Взаимодействие фотонов с веществом (фотоэффект, рождение пар, рассеяние, фотоядерные эффекты). Дозиметрия фотонного излучения.

2. Фотографический метод дозиметрии. Принцип метода, дозиметрические характеристики. Пленочный дозиметр как потоковый детектор.

3. Оценить искажение за счет геометрического ослабления и поглощения при эмиссионной томографии головы с размерами фантома  $R = 25$  см, размер опухоли по центру  $-l_1 = l_2 = 8$  см.

#### Билет 12

1. Ионизационный метод дозиметрии. Эффективность собирания ионов. Вольт-амперная характеристика ионизационной камеры. Полостные ионизационные камеры. Дозиметрические характеристики. Рекомбинация. Поправки на эффект полярности, отклонение температуры и давления. Учёт влияния стенки.

2. Действие ионизирующего излучения на организм в целом. Детерминированные и стохастические радиобиологические эффекты. Основные радиационные синдромы при больших дозах излучения. Особенности действия малых доз ионизирующего излучения. Предельные уровни облучения органов и тканей организма.

3. Рассчитать толщину защиты из свинца для точечного изотропного источника  $^{152}\text{Eu}$  активностью 50 ГБк, которая обеспечит допустимые условия облучения персонала группы А на расстоянии 1,5 м при работе с ним 24 ч в неделю.

#### Билет 13

1. Ионизационные и радиационные потери заряженных частиц. Зависимость ионизационных и радиационных потерь тяжелых заряженных частиц и электронов от параметров частиц и среды.

2. Предлучевая топометрическая подготовка. Цели, задачи и возможности. Получение данных о пациенте, необходимых для подготовки лучевого лечения. Особенности проведения КТ-симуляции для планирования лучевой терапии. Иммобилизация больного. Контроль за соблюдением гарантии качества лучевой терапии.

3. Точечный радиоактивный источник  $^{60}\text{Co}$  находится в центре свинцового сферического контейнера с толщиной стенок  $x = 1$  см и наружным радиусом  $R = 20$  см. Определить максимальную активность источника, который можно хранить в контейнере, если допустимая плотность потока  $J_{\text{дон}}$  гамма-фотонов на выходе из контейнера равна  $8 \cdot 10^6 \text{ с}^{-1} \text{ м}^{-2}$ . Принять, что при каждом акте распада ядро кобальта испускает 2 гамма-фотона, средняя энергия которых равна 1,25 МэВ. Линейный коэффициент ослабления фотонов равен  $0,64 \text{ см}^{-1}$ .

#### Билет 14

1. Учет непостоянства формы контуров тела и гетерогенности облучаемых тканей. Гистограммы «доза-объем» при планировании облучения. Снижение уровня облучения кожных покровов. Дозиметрическое планирование в лучевой терапии (дистанционное и контактное облучение).

2. Методы, объекты и аппаратура радиационного мониторинга. Принципы и нормы радиационной безопасности. Категории облучаемых лиц. Классы нормативов. Меры вмешательства. Меры обеспечения радиационной безопасности при работе с источниками ионизирующего излучения.

3. В генераторе радионуклидов начальная активность материнского изотопа составляет 10 ГБк. Период полураспада материнского ядра составляет 66 ч, дочернего – 6 ч. Найти максимально возможную активность дочернего изотопа.