Билеты ГОС магистерской программы «Физика ускорителей и радиационной медицины»

Билет 1

1. Высоковольтный метод ускорения. Генераторы высокого напряжения трансформаторного типа. Каскадные и электростатические ускорители. Тандемные ускорители.

2. Радионуклидная и таргетная терапия. Уравнения производства радионуклидов. Основные способы получения медицинских изотопов.

3. Определить энергию деления при симметричном и асимметричном делении ^{235}U.

Билет 2

1. Ускорение частиц в вихревом электрическом поле. Ускорители индукционного типа (ЛИУ и бетатроны). Бетатронное условие.

2. Эмиссионная и трансмиссионная томография. Преобразование Радона и экспоненциальное преобразование Радона. Методы медицинской визуализации (КТ, МРТ, ПЭТ).

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

Билет 3

1. Ускорение частиц в постоянном магнитном поле. Классический циклотрон. Фазотрон. Изохронный циклотрон. Микротрон.

2. Источники ионизирующего излучения для брахитерапии. Методы расчета дозовых распределений в брахитерапии.

3. Рассчитать толщину защиты из свинца для точечного изотропного источника ^{152}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 4

1. Ускорители частиц с постоянным радиусом орбиты. Синхротрон и синхрофазотрон.

2. Протонная и ионная лучевая терапия. Формирование дозовых полей в протонной и ионной лучевой терапии. Аналитическая аппроксимация глубинного дозового распределения широкого пучка протонов.

3. Оценить максимальную энергию дейтронов в классическом циклотроне, если ускоряющее напряжение 100 кэВ.

Билет 5

1. Магнитные и электростатические линзы с продольными и поперечными полями. Фокусное расстояние линзы, матрица преобразования пучка.

2. Дистанционная фотонная и электронная лучевая терапия. Характеристики клинических пучков фотонов и электронов. Методы расчета дозы в фотонной и электронной лучевой терапии. Методы учета негомогенностей в фотонной лучевой терапии.

3. При бета-минус распаде испускаются электроны и два гамма-кванта: с энергией 1,7 МэВ (квантовый выход 20%), с энергией 1,5 МэВ (квантовый выход 30%), Q величина равна 3 МэВ. Определить граничную энергию всех групп электронов.

Билет 6

1. Линейные резонансные ускорители. Особенности линейных ускорителей электронов и протонов.

2. Радиационная безопасность. Основные понятия. Операционные и нормативные величины.

3. Оценить различия величин мощности поглощенной дозы фотонов и электронного излучения при идентичных условиях облучения биологической ткани; $j_g = j_e = 1$ част/(м^2*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^2)/г и 1,83 (МэВ*см^2)/г соответственно. Массовые коэффициенты передачи составляют 0,0256 см^2/г и 0,0308 см^2/г соответственно.

Билет 7

1. Резонансный метод ускорения. Автофазировка. Синхротронные колебания.

2. Биологическое действие ионизирующих излучений. Кривые «доза-эффект» в рамках различных моделей (многоударная, многомишенная, линейно-квадратичная). Относительная биологическая эффективность. Фракционирование дозы в лучевой терапии.

3. Определить закон изменения частоты ускоряющего поля синхрофазотрона со временем, если в процессе ускорения магнитное поле увеличивается по линейному закону.

Билет 8

1. Поперечное движение частиц в линейных и циклических ускорителях. Бетатронные колебания. Слабая и сильная фокусировка.

2. Теория полости (соотношения Брегга-Грея и Спенсера — Аттикса). Ионизационный метод дозиметрии.

3. Облучение мишени из 133 Cs тормозным излучением длилось 10 ч. Образовавшиеся изотопы 132 Cs (T_1 = 6,7 ч) и 131 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 9

1. Бетатронные резонансы в циклических ускорителях.

2. Характеристики радиационных полей. Дозовые величины. Связь между дозовыми величинами и характеристиками радиационных полей.

3. Величина измеренного тока плоскопараллельной воздухонаполненной 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^3; среднее отношение массовых тормозных способностей $S_z/S_г$ = 0,76. Рассчитать мощность дозы в стенке камеры.

Билет 10

1. Собственные поля пучков. Кулоновский сдвиг частот бетатронных колебаний.

2. Процессы взаимодействия фотонов с веществом (фотоэффект, когерентное рассеяние, комптоновское рассеяние, рождение электрон-позитронных пар, ядерный фотоэффект). Зависимость сечения процессов от энергии фотона.

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 11

1. Фазовое пространство. Теорема Лиувилля. Адиабатические инварианты. Инвариант Куранта-Снайдера. Эмиттанс. Аксептанс.

2. Процессы взаимодействия нейтронов с веществом (упругое резонансное и упругое потенциальное рассеяние, неупругое рассеяние, радиационный захват, неупругие реакции поглощения: с вылетом заряженных частиц и нейтронов; деления). Зависимость сечения взаимодействия нейтронов от их энергии.

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

Билет 12

1. Высокочастотная квадрупольная фокусировка.

2. Радиационные потери энергии заряженных частиц. Критическая энергия. Радиационная длина. Свойства тормозного, синхротронного, Черенковского и переходного излучений.

3. Металлический кубик обогащённого молибдена со стороной 2 см облучили фотонами для получения генератора ^{99}Mo-^{99m}Tc. К моменту его доставки в лабораторию радиохимического выделения активность ^{99}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}Mo 181 кэВ - 6.05 %, 739.5 кэВ - 12.20 %; ^{99m}Tc 140 кэВ - 89 %. μ_{Mo} для 150 кэВ – 4 1/см, 700 кэВ – 0,7 1/см; μ_{Pb} для 150 кэВ – 23 1/см, 700 кэВ – 1 1/см. $Г_{150}$ = 5 аЗв*м^2/(с*Бк); $Г_{700}$ = 29 аЗв*м^2/(с*Бк).

Билет 13

1. Метод встречных пучков. Коллайдеры. Накопление тяжелых частиц. Накопление легких частиц. Синхротронное излучение.

2. Упругое рассеяние заряженных частиц. Закономерности многократного упругого рассеяния.

3. Определить вероятность образования кремния ^{31}Si с $T_{1/2}$= 157.3 мин в реакции $^{31}P(n, p)^{31}Si$, если известно, что после облучения в течение 4 ч мишени фосфора массой 1 г в потоке нейтронов плотностью $2\cdot10^{10}$ н/с·см^2 ее активность, измеренная через 1 час после окончания облучения, оказалась $3.9\cdot10^6$ распадов/с.

Билет 14

1. Динамика поляризованных пучков в циклических ускорителях. Спиновые резонансы и методы их преодоления.

2. Ионизационные потери заряженных частиц. Зависимость удельных ионизационных потерь от энергии частицы. Пробег тяжелых заряженных частиц в веществе. Стрэгглинг. Кривая Брэгга.

3. Точечный радиоактивный источник ^{60}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 $J_{доп}$ гамма-фотонов на выходе из контейнера равна $8*10^6$ $с^{-1}м^{-2}$. 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* $см^{-1}$.