

Государственный экзамен по физике
Физический факультет МГУ имени М.В.Ломоносова
Магистерская программа "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. Оценить максимальную энергию электронов, ускоренных в бетатроне, если магнитное поле с радиусом меняется по закону $B(r) = B_0 - kr$, где $B_0 = 1 \text{ Тл}$, а $k = \frac{dB}{dR} = \frac{1 \text{ Тл}}{м}$.

Заведующий отделением
ядерной физики,
профессор



М.И.Панасюк

Государственный экзамен по физике
Физический факультет МГУ имени М.В.Ломоносова
Магистерская программа "Физика ускорителей и радиационной медицины"

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 (РКТ, МРТ, ПЭТ-томография).
3. Оценить частоту поперечных колебаний альфа-частиц в ВЧК-структуре с круглыми электродами, если радиус апертуры 5 см, частота приложенного напряжения 10 МГц, напряженность электрического поля 150 кВ/см.

Заведующий отделением
ядерной физики,
профессор



М.И.Панасюк

Государственный экзамен по физике
Физический факультет МГУ имени М.В.Ломоносова
Магистерская программа "Физика ускорителей и радиационной медицины"

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. Оценить толщину водного слоя, в котором поглощенная доза, создаваемая продуктами фотопротонной реакции, равняется поглощенной дозе, создаваемой вторичными электронами. Водный слой бесконечных размеров облучается фотонами с энергией 30 МэВ, сечение фотопротонной реакции считать равным 15 мбарн, полное сечение взаимодействия фотонов 0.4 барн.

Заведующий отделением
ядерной физики,
профессор



М.И.Панасюк

Государственный экзамен по физике
Физический факультет МГУ имени М.В.Ломоносова
Магистерская программа "Физика ускорителей и радиационной медицины"

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.

Заведующий отделением
ядерной физики,
профессор



М.И.Панасюк

Государственный экзамен по физике
Физический факультет МГУ имени М.В.Ломоносова
Магистерская программа "Физика ускорителей и радиационной медицины"

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 неомогенностей в фотонной лучевой терапии.
3. Альфа-излучатель равномерно распределен в плоской бесконечной пластине толщиной 1. Оценить зависимость поглощенной дозы, создаваемой альфа-частицами от ее толщины. Пробег альфа-частиц дается выражением $R_{max} = \alpha E^p$.

Заведующий отделением
ядерной физики,
профессор



М.И.Панасюк

Государственный экзамен по физике
Физический факультет МГУ имени М.В.Ломоносова
Магистерская программа "Физика ускорителей и радиационной медицины"

Билет № 6

1. Линейные резонансные ускорители. Особенности линейных ускорителей электронов и протонов.
2. Радиационная безопасность. Основные понятия. Операционные и нормативные величины.
3. Найти число целых спиновых резонансов, которые преодолеваются в синхротроне, если максимальная кинетическая энергия протонов и дейтронов равна 12.3 ГэВ и 5.7 ГэВ/нуклон соответственно. Энергию инъекции принять равной 440 МэВ/нуклон.

Заведующий отделением
ядерной физики,
профессор



М.И.Панасюк

*Государственный экзамен по физике
Физический факультет МГУ имени М.В.Ломоносова
Магистерская программа "Физика ускорителей и радиационной медицины"*

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.

Заведующий отделением
ядерной физики,
профессор



М.И.Панасюк

*Государственный экзамен по физике
Физический факультет МГУ имени М.В.Ломоносова
Магистерская программа "Физика ускорителей и радиационной медицины"*

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. Вычислить максимальную активность ${}^{75}_{33}\text{As}$, который получается в результате распада ${}^{75}_{34}\text{Se}$, получаемого в реакторе после облучения стабильного изотопа ${}^{74}_{34}\text{Se}$. Плотность потока тепловых нейтронов 10^{13} нейтрон/см² × сек, сечение радиационного захвата 52 барн.

Заведующий отделением
ядерной физики,
профессор



М.И.Панасюк

*Государственный экзамен по физике
Физический факультет МГУ имени М.В.Ломоносова
Магистерская программа "Физика ускорителей и радиационной медицины"*

Билет № 9

1. Бетатронные резонансы в циклических ускорителях.
2. Характеристики радиационных полей. Дозовые величины. Связь между дозовыми величинами и характеристиками радиационных полей.
3. Однородный поток протонов с энергией E_0 падает на шар радиуса R . Оценить зависимость отношения поглощенной дозы к потоку протонов от радиуса шара. Пробег протонов дается выражением $R_{max} = \alpha E^p$.

Заведующий отделением
ядерной физики,
профессор



М.И.Панасюк

*Государственный экзамен по физике
Физический факультет МГУ имени М.В.Ломоносова
Магистерская программа "Физика ускорителей и радиационной медицины"*

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.

Заведующий отделением
ядерной физики,
профессор



М.И.Панасюк

Государственный экзамен по физике
Физический факультет МГУ имени М.В.Ломоносова
Магистерская программа "Физика ускорителей и радиационной медицины"

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. Оценить число бетатронных колебаний за один оборот в FD структуре, для которой показатель спада магнитного поля $|n_F| = |n_D| = n = 3$.

Заведующий отделением
ядерной физики,
профессор



М.И.Панасюк

Государственный экзамен по физике
Физический факультет МГУ имени М.В.Ломоносова
Магистерская программа "Физика ускорителей и радиационной медицины"

Билет № 12

1. Высокочастотная квадрупольная фокусировка.
2. Радиационные потери энергии заряженных частиц. Критическая энергия. Радиационная длина. Свойства тормозного, синхротронного, Черенковского и переходного излучений.
3. Оценить среднее значение коэффициента качества (КК) фотопротонов, образовавшихся в результате фотоядерных реакций фотонами с энергией 30 МэВ в воде. Зависимость КК от энергии считать линейной, при энергии протона 5 МэВ $КК = 2$, а при энергии 20 МэВ $КК = 1.4$.

Заведующий отделением
ядерной физики,
профессор



М.И.Панасюк

Государственный экзамен по физике
Физический факультет МГУ имени М.В.Ломоносова
Магистерская программа "Физика ускорителей и радиационной медицины"

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. Оценить максимально возможный ток электростатического ускорителя, в котором в качестве переносчика зарядов на кондуктор используется металлическая лента толщиной $d = 3 \text{ см}$ и шириной $l = 10 \text{ см}$. Лента разделена на отдельные участки изолирующим материалом с диэлектрической проницаемостью $\epsilon = 12$ и приводится во вращение валом радиуса $R = 50 \text{ см}$, вращающимся с угловой скоростью $\omega = 10 \text{ об/с}$. Напряжение источника 5 кВ.

Заведующий отделением
ядерной физики,
профессор



М.И.Панасюк

Государственный экзамен по физике
Физический факультет МГУ имени М.В.Ломоносова
Магистерская программа "Физика ускорителей и радиационной медицины"

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. Найти область изменения возможных значений синхронной фазы в разрезном микротроне, если динамическое условие резонанса записывается как $T_{i+1} - T_i = 2T_{RF}$, где T_i – период обращения на i -ой орбите, а T_{RF} – период изменения ускоряющего напряжения.

Заведующий отделением
ядерной физики,
профессор



М.И.Панасюк