

«УТВЕРЖДАЮ»

И.о. декана физического факультета МГУ

профессор Белокуров В.В.



БИЛЕТЫ ГОСУДАРСТВЕННОГО ЭКЗАМЕНА

Направление подготовки 03.04.02 «Физика»

Магистерская программа

«ФИЗИКА ЯДРА И ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ»

Билет № 1

1. Ядерные реакции. Сечение ядерной реакции Законы сохранения в ядерных реакциях. Кинематика ядерной реакции . Механизмы и модели ядерных реакций
2. Физика Стандартной модели. Топ-кварк. В-физика. Бозон Хиггса. Детектор ATLAS Большого Адронного Коллайдера. Его структура.
3. Построить диаграмму Фейнмана распада Λ - бариона $\Lambda \rightarrow p + \pi^-$. Какие законы сохранения нарушаются в этом распаде?

Билет № 2

1. Взаимодействие квантовой системы с электромагнитным излучением. Классификация фотонов и мультипольные волны. Правила отбора по спину и четности для электромагнитных переходов. Длинноволновое приближение.
2. Гиперонные взаимодействия. Основные характеристики Λ -гиперядер. Λ -гиперядра. Энергия связи и спектры Λ -гиперядер. Спины Λ -гиперядер.
3. По дефектам масс для ядер-изобар ^{14}C и ^{14}N ($\Delta(^{14}\text{N}) = 2.86 \text{ МэВ}$; $\Delta(^{14}\text{C}) = 3.02 \text{ МэВ}$) определить верхнюю границу спектра бета-распада ядра ^{14}C и установить, относится переход к фермиевскому или гамов-теллеровскому типу распада.

Билет № 3

1. Ядерная резонансная флуоресценция. Эффективное сечение ЯРФ. Эксперимент по резонансному рассеянию γ -квантов. Детектор γ -квантов. Функция отклика детектора.
2. Кварковая структура мезонов. Свойства мезонов. Кварковая структура барионов. Экзотические мезоны. Очарованные барионы и мезоны. Сходства и различия со странными частицами. Чармоний.
3. Протон с кинетической энергией $T=2 \text{ МэВ}$ налетает на неподвижное ядро ^{197}Au . Определить дифференциальное сечение рассеяния $d\sigma/d\Omega$ на угол 60° . Как изменится величина дифференциального сечения рассеяния, если в качестве рассеивающего ядра выбрать ^{27}Al ?

Билет № 4

1. Основы теории рассеяния электронов. Упругое рассеяние электронов. Неупругое рассеяние электронов. Электрические и магнитные мультипольные резонансы.
2. Понятие о квантовой хромодинамике. Глюоны. Цвет кварков и глюонов. Сходства и различия взаимодействий, осуществляемых путем обмена глюонами и фотонами. Асимптотическая свобода и конфайнмент. Массы кварков. Бегущая константа квантовой хромодинамики. Простейший кварк-кварковый потенциал. Странная кварковая материя.
3. Построить диаграмму Фейнмана распада мюона. Проанализировать законы сохранения лептонных зарядов в этом распаде.

Билет № 5

1. Элементарная теория деления. Энергия деления. Деление атомных ядер нейтронами. Деление изотопов урана ^{238}U и ^{235}U нейтронами. Осколки деления
2. Общие свойства адронных атомов. Пион-ядерное взаимодействие. Δ -резонанс. Пионные атомы. Каон-ядерное взаимодействие. Взаимодействие K^- -мезонов с ядрами. Взаимодействие нейтральных каонов с ядрами.

3. Для распада Δ^{++} резонанса ($J^P = (3/2)^+$) $\Delta^{++} \rightarrow p^+ \pi^+$, определить суммарный орбитальный момент испущенных адронов.

Билет № 6

1. Взаимодействие тяжелых заряженных частиц с веществом. Удельные потери энергии заряженной частицей. Взаимодействие электронов с веществом. Ионизационные потери энергии электронами. Радиационные потери энергии электронов. Взаимодействие позитронов с веществом
2. Звёздный нуклеосинтез. Распространенность элементов. Основные характеристики звезд. Ядерные реакции в звездах. Горение водорода. Протон-протонная цепочка. CNO-цикл.
3. С какими орбитальными моментами l_p могут вылетать протоны в реакции $^{12}\text{C}(\gamma, p)^{11}\text{B}$, если конечное ядро образуется в основном состоянии, а поглотившийся $E2$ - фотон?

Билет № 7

1. Взаимодействие гамма-квантов с веществом. Взаимодействие нейтронов с веществом. Замедление нейтронов. Взаимодействие мюонов с веществом
2. Ядерные реакции в звездах. Горение гелия. Красные гиганты. Горение углерода и кислорода. Горение кремния. Реакции под действием нейтронов g - и s – процессы. Нуклеосинтез в современную эпоху
3. Построить диаграмму Фейнмана для распада положительного π -мезона. Рассчитать энергии продуктов распада.

Билет № 8

1. Ядерные модели. Модель оболочек. Капельная модель. Модель Ферми-газа. Коллективные модели ядра. Обобщённая модель ядра.
2. Основные понятия теории групп и их представлений. Группы и алгебры. Модель унитарной симметрии и модель кварков. Кварковая модель. Мезоны в кварковой модели. Шарм и его появление в физике частиц. Бьюти. Truth или top. Барионы в кварковой модели. Нейтральные слабые токи. Цвет и его появление в физике частиц
3. Определить вероятное значение суммарного орбитального момента лептонов, испущенных при β -распаде трития: ${}^3_1\text{H} \rightarrow {}^3_2\text{He} + e^- + \bar{\nu}_e$.

Билет № 9

1. Гигантские резонансы в ядрах. Дипольный гигантский резонанс. Расщепление ДГР в аксиально-симметричных ядрах. Распад ДГР. Конфигурационное расщепление ДГР. Изоспиновое расщепление ДГР
2. Основные физические характеристики нейтрино. Основные типы взаимодействия с веществом. Взаимодействие нейтрино с атомными ядрами. Взаимодействие нейтрино с нуклонами и кварками. Классификация нейтрино по источникам и энергиям. Спектр нейтрино.
3. Построить диаграмму Фейнмана для распада положительного К-мезона. Рассчитать энергии продуктов распада.

Билет № 10

1. Ускорители частиц. Каскадный генератор Циклотрон. Электростатический генератор (генератор Ван де Граафа). Линейный ускоритель. Бетатрон. Микротрон. Синхротрон. Ускоритель на встречных пучках (коллайдер). Вторичные пучки частиц.
2. Методы регистрации нейтрино. Обратный бета-распад. Радиохимический метод. Сцинтилляционный метод. Детектор SNO. Детектор JUNO. Черенковские нейтринные телескопы. Принцип работы. Нейтринный комплекс в Камиоке. Детекторы и достижения. Методы обнаружения осцилляций. Детекторы OPERA, NovA, LBNE
3. Построить диаграмму Фейнмана для распада положительного π -мезона. Рассчитать энергии продуктов распада.

Билет № 11

1. N-Z диаграмма атомных ядер. Образование экзотических ядер. Эксперименты с экзотическими ядрами. Протоноизбыточные ядра. Нейтроноизбыточные ядра. Тяжелые и сверхтяжелые ядра. Экзотические распады
2. Солнечные нейтрино. Основные ядерные реакции-источники нейтрино. Реакторные и ускорительные нейтрино. Примеры получения и регистрации. Астрофизические нейтрино. Их основные источники. Нейтринные осцилляции. Угол смешивания. MSW-эффект.
3. Определить CP-четности нейтральных систем двух и трех пионов. $J^{PC}(\pi) = 0^{-+}$.

Билет № 12

1. Радиоактивность и его типы. Двойной бета-распад. Ядерная изомерия. Протонная радиоактивность. Двухпротонная радиоактивность. Кластерная радиоактивность. Нейтронная радиоактивность. Трансурановые элементы. Запоздывающие частицы
2. Физика Стандартной модели. Топ-кварк. В-физика. Бозон Хиггса. Детектор ATLAS Большого Адронного Коллайдера. Его структура.
3. Рассчитать кинетическую энергию ядра T_c ^{12}C , возникающего в результате испускания γ -кванта из первого возбужденного состояния 2^+ ядра ^{12}C ($E=4.44$ МэВ). Сравнить результат с шириной этого уровня (среднее время жизни $\tau=10^{-13}$ сек) и установить, возможно поглощение испущенного γ -кванта покоящимися ядрами ^{12}C .

Билет № 13

1. Детекторы частиц и детектирующие установки. Сильные взаимодействия адронов и кварков. Электрон-позитронная аннигиляция во встречных пучках ускорителей. Объединение слабого и ЭМ-взаимодействий. Глубоко-неупругие взаимодействия
2. Кварковая структура мезонов. Свойства мезонов. Кварковая структура барионов. Экзотические мезоны. Очарованные барионы и мезоны. Сходства и различия со странными частицами. Чармоний.
3. Определить мультипольность γ -квантов, при переходах ядра ^{17}O из первого возбужденного состояния $1/2^+$ в основное состояние. На основе модели оболочек указать конфигурационную структуру основного и возбужденного состояний ядра ^{17}O .

Билет № 14

1. Взаимодействие гамма-квантов с веществом. Взаимодействие нейтронов с веществом. Замедление нейтронов. Взаимодействие мюонов с веществом
2. Основные физические характеристики нейтрино. Основные типы взаимодействия с веществом. Взаимодействие нейтрино с атомными ядрами. Взаимодействие нейтрино с нуклонами и кварками. Классификация нейтрино по источникам и энергиям. Спектр нейтрино.
3. Показать, что в распадах $\Delta \rightarrow N + \pi$, где N-нуклон (протон либо нейтрон) сохраняется **изоспин**. Указать, по какому из фундаментальных взаимодействий происходит распад.