

# Вопросы к Госэкзамену по магистерской программе Ядерная физика и ядерная фотоника.

## Современные проблемы физики.

- Основные свойства стабильных ядер. Масса, радиус, эксперименты по определению. NZ-диаграмма и линии нуклонной стабильности. Симметрии ядерных систем. Квантовые характеристики ядерных состояний.
- Основные свойства ядерного взаимодействия между нуклонами.
- Ядерная нестабильность. Закон радиоактивного распада. Бета-распад. Альфа-распад.
- Фундаментальные частицы Стандартной модели: лептоны и кварки. Квантовые числа и законы сохранения. Кварковая структура адронов.
- Фундаментальные взаимодействия, их константы, радиусы и переносчики. Распады адронов и лептонов.

## Дополнительные главы электродинамики и квантовой механики

- Координатное и импульсное представление. Нестационарное уравнение Шредингера. Стационарное уравнение Шредингера. Волновые функции. Граничные условия для кусочно-непрерывных потенциалов
- Гармонический осциллятор. Операторы рождения-уничтожения. Уровни энергии и волновые функции.
- Опыт Штерна-Герлаха. Чистые и смешанные состояния. Матрицы Паули. Оператор спина и проекций спина. Оператора проекции спина на ось  $z$  и его собственные функции.
- Теория возмущений для вырожденного (1 порядок) и невырожденного уровней энергии (1 и 2 порядок). Поправки к уровням энергии, волновые функции
- Вариационный принцип в классической теории поля. Уравнения Эйлера-Лагранжа. Лагранжиан и уравнения электромагнитного поля в электродинамике Максвелла.
- Функционал действия для заряженной частицы, находящейся в заданном электромагнитном поле. Применение вариационного принципа для получения уравнения движения заряженной частицы в четырехмерной форме.
- Уравнение для четырехмерного потенциала электромагнитного поля в калибровке Лоренца. Функция Грина и решение для запаздывающего потенциала.
- Трансляционная инвариантность функционала действия электромагнитного поля, и соответствующий ей ток Нётер. Канонический, симметричный и метрический тензоры энергии-импульса для электромагнитного поля.

## **Теория атомного ядра**

- Основные характеристики дейтрона. Спиновая зависимость ядерных сил. Эффективный радиус ядерного взаимодействия.
- Нецентральные ядерные силы. Потенциал ядерного взаимодействия с учетом обменных сил. Изотопический спин и зарядовая независимость ядерного взаимодействия.
- Одночастичная модель оболочек. Магические ядра. Спин и четность основных и низжайших возбужденных ядерных состояний в рамках оболочечной модели.
- Явление спаривания нуклонов в ядрах. Модель БКШ. Представления о квазичастицах.
- Каноническое преобразование Н.Н.Боголюбова. Метод Хартри-Фока-Боголюбова. Низколежащие возбужденные состояния ядра в сверхтекучей модели (“энергетическая щель”).

## **Ускорители заряженных частиц**

- Резонансное ускорение заряженных частиц. Ускоряющие структуры на бегущей волне.
- Ускоряющие структуры на стоячей волне. Основные характеристики ускоряющих резонаторов и структур: добротность, шунтовое сопротивление, фактор пролетного времени.
- Бетатронные колебания. Уравнение Хилла. Параметры Твисса. Эмиттанс пучка.
- Накопительные кольца. Время жизни пучка в накопительном кол

## **Методы регистрации частиц и излучений. Ядерная электроника.**

- Методы создания пучков гамма-квантов, заряженных частиц, нейтронов.
- Основные характеристики детекторов. Модель детектора. Токовый, импульсный режим среднеквадратичного напряжения. Разрешающая способность по энергии. Фактор Фано. Эффективность детектора. Мертвое время в парализуемом и непарализуемом случае. Методы измерения мертвого времени.
- Диффузия и дрейф электронов и ионов в газах. Ионизационные камеры. Пропорциональные счетчики. Коэффициент газового усиления. Счетчики Гейгера
- Неорганические сцинтилляторы. Принципы работы. Спектры высвечивания. Основные типы и характеристики. Временное разрешения. Регистрация гамма-квантов с помощью сцинтилляторов. Функция отклика.
- Вторичная электронная эмиссия и ион-электронная эмиссия. Цилиндр Фарадея: принцип работы и основные конструкции. Вторичный электронный умножитель: назначение, физический принцип работы. ВЭУ с дискретным и непрерывным динодом. Счётный и токовый режим, принципиальные схемы подключения. Микроканальные пластины.

- Общая схема полупроводникового детектора. Элементы измерительного тракта. Основные типы полупроводниковых детекторов. Поверхностно – барьерный детектор, диффузионно – дрейфовый детектор, детектор на основе CDV алмаза, HPGe детектор.

- ΔE – E метод идентификации частиц. Физический принцип метода. Схема измерительной системы.

### **Электромагнитные взаимодействия ядер**

- Элементарная теория взаимодействия электромагнитного излучения с квантовой системой. Правила отбора для электромагнитных переходов. Длинноволновое приближение. Правило сумм Томаса-Райха-Куна.

- Фоторасщепление дейтрона. Фоторасщепление сложных ядер. Гигантский дипольный резонанс (ГДР). Общие характеристики ГДР. Ширина ГДР. Эффект Даноса-Окамото.

- ГДР в одночастичной модели ядерных оболочек. Необходимость многочастичной модели оболочек. Конфигурационное расщепление ГДР.

- Изоспиновое расщепление ГДР. Формализм изоспина. Правила отбора по изоспину для E1-переходов. Отношение вероятностей возбуждения T> и T< компонент ГДР.

### **Основы физики лазеров**

- Скоростные уравнения для трехуровневой лазерной системы. Область применимости, основные преимущества и недостатки трехуровневой и четырёхуровневой схем. Стационарный режим лазерной генерации. Области устойчивости.

- Формирование коротких лазерных импульсов методом модуляции добротности. Оценка на пиковую мощность и энергию.

- Принципы генерации предельно коротких световых импульсов. Синхронизация мод. Компрессия импульсов.

- Релаксационные колебания в лазерных системах. Основные закономерности и оценки

### **Ядерные реакции**

- Основные виды ядерных реакций. Кинематика. Порог. Универсальные и приближенные законы сохранения.

- Каналы ядерной реакции. S-матрица. Теорема взаимности и принцип детального равновесия.

- Концепция составного ядра (экспериментальное обоснование, гипотеза Бора, составное ядро в области изолированных уровней, формула Брейта-Вигнера).

- Прямые реакции, основные особенности. На примере (d,p) реакции: связь энергетических спектров и угловых распределений протонов с характеристиками ядерных состояний, выражение для амплитуды, метод искаженных волн, спектроскопический фактор.

## **Ядерная фотоника**

- Кильватерное ускорение электронов в разреженной плазме. Основные режимы. Современное состояние и перспективы.
- Распространение электромагнитного излучения в плазме. Плазменные волны. Прямое лазерное ускорение в подкритической плазме. Лазерное ускорение ионов в плотной плазме.
- Обратное комптоновское рассеяние лазерного импульса на электронном пучке. Нелинейное комптоновское рассеяние
- Методы создания пучков гамма-квантов в МэВном диапазоне. Методы монохроматизации по энергии пучков гамма-квантов. Источники комптоновского излучения в МэВном диапазоне.
- Ядерная изомерия. Природа изомерии. Применение изомеров. Методы триггеринга изомерных состояний.

Ядерная резонансная флуоресценция. Формула Брейта-Вигнера. Учет Допплеровского уширения линии.

- Схема эксперимента по изучению ЯРФ. Основная формула эксперимента по рассеянию. - Необходимость использования непрерывного пучка в экспериментах по ЯРФ.
- Критерии тонкой мишени эксперимента по рассеянию. Калибровка установки. Германиевый детектор. Методы измерения мультипольности рассеянного гамма-кванта.

## **Физика деления и синтеза ядер.**

- Процесс ядерного деления в рамках модели жидкой капли (барьер деления, седловая точка, спонтанное и вынужденное деление).
- Основные наблюдаемые характеристики процесса ядерного деления (массовые и энергетические распределения осколков деления, нейтроны деления, сечения деления). Энергия, выделяющаяся при ядерном делении.
- Двугорбый барьер деления (экспериментальные проявления). Спонтанно-делящиеся изомеры. Макро-микроскопический метод В.М.Струтинского.
- Угловые распределения осколков вынужденного деления (Статистические модели переходных состояний в седловой точке и точке разрыва, динамические подходы).