

УТВЕРЖДАЮ
и.о. директора филиала МГУ в г. Дубне
член-корр. РАН, профессор Э.Э.Боос



БИЛЕТЫ ГОСУДАРСТВЕННОГО ЭКЗАМЕНА

Магистерская программа

Направление подготовки 03.04.02 «Физика»

Направленность (профиль) ОПОП «Фундаментальная и прикладная ядерная физика»

Билет № 1

1. Функция Лагранжа и уравнения Лагранжа системы материальных точек. Интегралы движения.
2. Формирование кристаллической структуры из изолированных атомов. Типы связи в твердых телах.
3. Для получения нейтронов широко используется реакция $t(d,n)\alpha$. Определить энергию нейтронов T_n , вылетающих под углом 90° в нейтронном генераторе, использующем дейтроны, ускоренные до энергии $T_d = 0.2$ МэВ.

Билет № 2

1. Колебания систем с одной и многими степенями свободы. Свободные и вынужденные колебания.
2. Стандартная модель: фундаментальные частицы и фундаментальные взаимодействия. Основные свойства нуклонов. Основные свойства ядерного взаимодействия между нуклонами.
3. Вычислить относительную долю пространства, заполненного сферами, в следующих кристаллических структурах: простая кубическая структура, объемноцентрированная кубическая структура, гранецентрированная кубическая структура. Предполагается, что каждая из структур является плотной упаковкой, т.е. образована жесткими сферами одинакового радиуса, которые касаются друг друга.

Билет № 3

1. Движение в центральном поле. Атом водорода: волновые функции и уровни энергии.
2. Симметрия кристаллов. Базис и кристаллическая структура. Элементарная ячейка. Решетка Браве.
3. Для получения нейтронов используется реакция ${}^7\text{Li}(p,n){}^7\text{Be}$. Энергия протонов $T_p = 5$ МэВ. Для эксперимента необходимы нейтроны с энергией $T_n = 1.75$ МэВ. Под каким углом θ_n относительно направления протонного пучка будут вылетать нейтроны с такой энергией?

Билет № 4

1. Течение идеальной жидкости. Уравнение Эйлера.
2. Колебания атомов в кристаллической решетке. Температура Дебая. Акустические и оптические фононы.
3. В двумерной квадратной решетке с периодом a кинетическая энергия свободного электрона в узле первой зоны Бриллюэна больше, чем у электрона на середине грани зоны на коэффициент b . Определить b .

Билет № 5

1. Течение вязкой жидкости. Уравнение Навье-Стокса. Число Рейнольдса.
2. Формирование зонного спектра. Эффективная масса. Энергия Ферми и поверхность Ферми.
3. Дифференциальное сечение ядерной реакции $d\sigma/d\Omega$ под углом 90° составляет 10 мб/ср. Рассчитать величину интегрального сечения, если угловая зависимость дифференциального сечения имеет вид $1+2\sin\theta$.

Билет № 6

1. Механизмы ядерных реакций. Модель составного ядра. Прямые процессы.
2. Методы исследования структуры твердых тел. Рентгеновская дифракция. Дифракция нейтронов.
3. Для измерения магнитных полей $B \approx 0.1$ кГс используют метод ЯМР 1Н в проточной воде, при котором вода предварительно намагничивается пропусканием ее через область магнитного поля $B_0 = 10$ кГс. Время перемещения воды из этой области до измерительной ячейки намного меньше времени релаксации намагниченности. Оценить увеличение сигнала ЯМР 1Н в намагниченной воде по сравнению с сигналом для немагнитной воды. Ответ аргументировать.

Билет № 7

1. Борновское приближение. Парциальное разложение амплитуды рассеяния.
2. Детектирование заряженных и нейтральных частиц и гамма-квантов. Основные типы детекторов.
3. Структура гидрида ванадия VH_2 имеет гранецентрированную решетку с периодом $a = 4.24$ Å. Определить брэгговские углы θ для отражений (100), (200) и (300) при дифракции нейтронов с длиной волны $\lambda = 1.542$ Å. Значения когерентного рассеяния нейтронов для ванадия (0.01838 бн) и водорода (1.7568 бн).

Билет № 8

1. Канонические распределения. Идеальные бозе- и ферми-газы.
2. Методы исследования поверхности твердых тел. Сканирующая туннельная микроскопия. Атомно-силовая микроскопия.
3. Пучок электронов с энергией 1 кэВ испытывает дифракцию на плоскостях с межплоскостным расстоянием $d = 1$ Å при прохождении через поликристаллическую металлическую фольгу. (а) Определить длину волны электронов. (б) Определить брэгговский угол для дифракционного максимума первого порядка.

При вычислениях использовать следующие значения констант:

$$h = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ Дж сек}; \quad m_e = 9.11 \cdot 10^{-31} \text{ кг}; \quad 1 \text{ эВ} = 1.602 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}.$$

Билет № 9

1. Реальные газы. Уравнение Ван-дер-Ваальса.
2. Эффект Мессбауэра. Мессбауэровская спектроскопия твердых тел. Влияние локального окружения на мессбауэровские спектры.
3. Рассчитать энергии и пороги следующих реакций:

1. $d(d, {}^3\text{He})n$;

2. ${}^7\text{Li}(p, n){}^7\text{Be}$

Избытки масс приближенно равны (МэВ): $p - 7.29$; $n - 8.07$; $d - 13.14$; ${}^3\text{He} - 14.93$; ${}^7\text{Li} - 14.91$ и ${}^7\text{Be} - 15.77$.

Билет № 10

1. Фазовые переходы первого и второго рода. Условия устойчивости и равновесия.
2. Сверхпроводимость. Эффект Мейсснера. Сверхпроводники 1-го и 2-го рода. Основные идеи теории Бардина-Купера-Шриффера
3. Рассеяние медленных ($T_n = 1$ кэВ) нейтронов на ядре ${}^{238}\text{U}$ изотропно. Как можно объяснить этот факт?

Билет № 11

1. Уравнение Максвелла в вакууме. Скалярный и векторный потенциалы. Калибровочная инвариантность. Энергия электромагнитного поля. Вектор Пойнтинга
2. Неупорядоченные среды. Ближний и дальний порядок. Прыжковая проводимость. Закон Мотта. Щель подвижности.
3. Оценить энергию падающего пучка (а) фотонов и (б) нейтронов, при которой будет наблюдаться отчетливая дифракционная картина от кристалла (Типичный период кристаллической решетки принять равным 1 Å.)

При вычислениях использовать следующие значения констант:

$$\hbar = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ дж сек}; \quad m_n = 1.675 \cdot 10^{-27} \text{ кг}; \quad 1 \text{ эВ} = 1.602 \cdot 10^{-19} \text{ дж}.$$

Билет № 12

1. Деление тяжелых ядер нейтронами. Цепная реакция деления. Ядерные реакторы как источники нейтронов. Другие источники нейтронов.
2. Понятие об обменном взаимодействии. Обменный интеграл. Ферромагнетизм. Магнитные домены. Антиферромагнетизм.
3. Для газа свободных электронов плотностью n (n электронов в единице объема),

вывести выражение $\varepsilon(\omega) = 1 - \frac{\omega_p^2}{\omega^2}$, $\omega_p^2 = \frac{ne^2}{\varepsilon_0 m}$ для диэлектрической проницаемости как функции ω .

Билет № 13

1. Прохождение частиц через потенциальный барьер. Туннельный эффект.
2. Магнитные свойства веществ. Диамагнетизм и парамагнетизм. Гиромагнитное отношение. Закон Кюри и закон Кюри-Вейсса.
3. Для металлического натрия с ОЦК структурой ($a=4.25 \text{ Å}$) определить концентрацию электронов проводимости, предполагая один электрон проводимости на атом. В рамках модели свободных электронов получить выражение для энергии Ферми при $T=0 \text{ К}$, и рассчитать её для электронов проводимости металлического натрия.

При вычислениях использовать следующие значения констант:

$$\hbar = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ дж сек}; \quad m_e = 9.11 \cdot 10^{-31} \text{ кг}; \quad 1 \text{ эВ} = 1.602 \cdot 10^{-19} \text{ дж}.$$

Билет № 14

1. Уравнения Максвелла в среде. Материальные уравнения. Комплексная диэлектрическая проницаемость и показатель преломления, их пространственная и временная дисперсия.
2. Простейшие модели ядра: модель жидкой капли, модель ферми-газа, оболочечная модель, обобщенная модель.
3. Для линейного ионного кристалла из $2N$ ионов с чередующимися зарядами $\pm q$ и отталкивающим потенциалом между ближайшими соседями A/Rn , в дополнение к обычному кулоновскому потенциалу, определить равновесное расстояние R_0 между ионами и равновесную энергию $U(R_0)$

Билет № 15

1. Дисперсия и поглощение света. Отражение и преломление на границах двух сред. Рассеяние света. Формула Рэлея.
2. Основные свойства ядер. Квантовые характеристики ядерных состояний
3. Оценить намагниченность M монокристалла железа, если бы он полностью спонтанно намагнитился.

Для справки: Железо (атомный номер $A=56$) имеет ОЦК структуру с параметром элементарной ячейки $a=2.86 \text{ \AA}$, магнитный момент иона железа $\mu_0 \approx 2.2\mu_B$ ($\mu_B = 9.27 \cdot 10^{-24} \text{ Дж Тл}^{-1}$ – магнетон Бора), плотность железа $\rho = 7.9 \text{ г/см}^3$. Ответ дать в системе СИ.