

БИЛЕТЫ ГОСУДАРСТВЕННОГО ЭКЗАМЕНА

Отделение ядерной физики

Направление подготовки магистров 011200.68 «Физика»

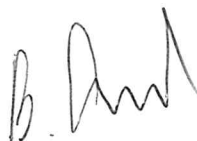
Магистерская программа «Нейтронная физика и физика наносистем»

гр. 238м

Составлены кафедрой нейтрографии

март 2017 года

Зав. кафедрой нейтрографии
профессор



В.Л. Аксенов

*Государственный экзамен по физике
Физический факультет МГУ имени М.В.Ломоносова
Направление подготовки магистров 011200.68 «Физика»
Магистерская программа «Нейтронная физика и физика наносистем»*

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.

Заведующий отделением
ядерной физики,
профессор



М.И.Панасюк

*Государственный экзамен по физике
Физический факультет МГУ имени М.В.Ломоносова
Направление подготовки магистров 011200.68 «Физика»
Магистерская программа «Нейтронная физика и физика наносистем»*

Билет № 2

1. Колебания систем с одной и многими степенями свободы. Свободные и вынужденные колебания.
2. Теорема Блоха. Понятие квазиимпульса. Зона Бриллюэна.
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.

Заведующий отделением
ядерной физики,
профессор

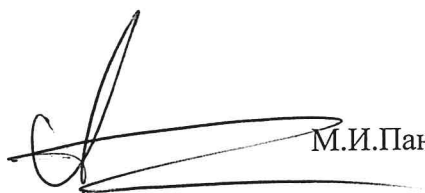

М.И.Панасюк

*Государственный экзамен по физике
Физический факультет МГУ имени М.В.Ломоносова
Направление подготовки магистров 011200.68 «Физика»
Магистерская программа «Нейтронная физика и физика наносистем»*

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?

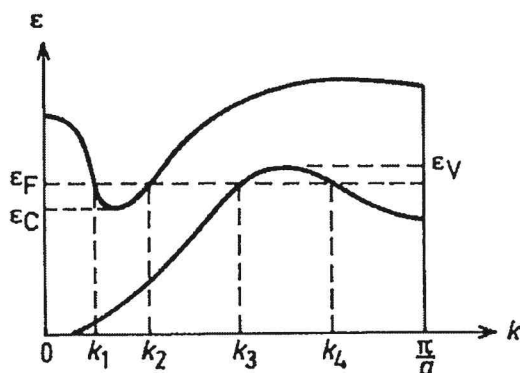
Заведующий отделением
ядерной физики,
профессор


М.И.Панасюк

Государственный экзамен по физике
Физический факультет МГУ имени М.В.Ломоносова
Направление подготовки магистров 011200.68 «Физика»
Магистерская программа «Нейтронная физика и физика наносистем»


Билет № 4

1. Течение идеальной жидкости. Уравнение Эйлера.
2. Колебания атомов в кристаллической решетке. Температура Дебая. Акустические и оптические фононы.
3. На рисунке представлена зависимость энергии ε от волнового вектора k для электронов в одномерном кристалле с периодом a . Обозначения: ε_F – уровень Ферми, ε_C – дно зоны проводимости, ε_V – вершина валентной зоны.



- (а) Если n – плотность числа электронов и p – плотность числа дырок, что можно сказать об отношении p/n ?
- (б) В элементарной ячейке этого вещества содержится четное или нечетное число электронов проводимости? Ответ аргументировать.
- (в) Чья эффективная масса больше – электронов или дырок? Ответ аргументировать. Подтвердить расчетом (используя квадратичную аппроксимацию).

Заведующий отделением
ядерной физики,
профессор


М.И.Панасюк

Государственный экзамен по физике
Физический факультет МГУ имени М.В.Ломоносова
Направление подготовки магистров 011200.68 «Физика»
Магистерская программа «Нейтронная физика и физика наносистем»

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 $1+2\sin\theta$.

Заведующий отделением
ядерной физики,
профессор



М.И.Панасюк

*Государственный экзамен по физике
Физический факультет МГУ имени М.В.Ломоносова
Направление подготовки магистров 011200.68 «Физика»
Магистерская программа «Нейтронная физика и физика наносистем»*

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 $B \cong 0.1$ кГс используют метод ЯМР ^1H 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 ^1H в намагниченной воде по сравнению с сигналом для немагнитной воды. Ответ аргументировать.

Заведующий отделением
ядерной физики,
профессор



М.И.Панасюк

*Государственный экзамен по физике
Физический факультет МГУ имени М.В.Ломоносова
Направление подготовки магистров 011200.68 «Физика»
Магистерская программа «Нейтронная физика и физика наносистем»*

Билет № 7

1. Борновское приближение. Парциальное разложение амплитуды рассеяния.
2. Ядерный магнитный резонанс и ядерный квадрупольный резонанс.
3. Структура гидрида ванадия VN_2 имеет гранецентрированную решетку с периодом $a=4.24 \text{ \AA}$. Определить брэгговские углы θ для отражений (100), (200) и (300) при дифракции нейтронов с длиной волны $\lambda=1.542 \text{ \AA}$. Значения когерентного рассеяния нейтронов для ванадия (0.01838 бн) и водорода (1.7568 бн).

Заведующий отделением
ядерной физики,
профессор


М.И.Панасюк

*Государственный экзамен по физике
Физический факультет МГУ имени М.В.Ломоносова
Направление подготовки магистров 011200.68 «Физика»
Магистерская программа «Нейтронная физика и физика наносистем»*


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 $d=1\text{Å}$ 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:

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

Заведующий отделением
ядерной физики,
профессор


М.И.Панасюк

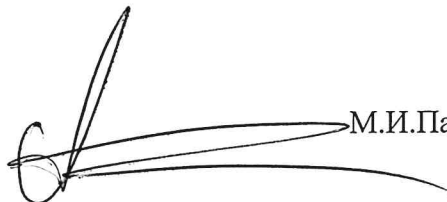
*Государственный экзамен по физике
Физический факультет МГУ имени М.В.Ломоносова
Направление подготовки магистров 011200.68 «Физика»
Магистерская программа «Нейтронная физика и физика наносистем»*

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 ${}^7\text{Be} - 15.77$.

Заведующий отделением
ядерной физики,
профессор


 М.И.Панасюк

*Государственный экзамен по физике
Физический факультет МГУ имени М.В.Ломоносова
Направление подготовки магистров 011200.68 «Физика»
Магистерская программа «Нейтронная физика и физика наносистем»*

Билет № 10

1. Фазовые переходы первого и второго рода. Условия устойчивости и равновесия.
2. Электрические и гальваномагнитные явления в двумерных структурах. Квантовый эффект Холла.
3. Рассеяние медленных ($T_n = 1$ кэВ) нейтронов на ядре ^{238}U изотропно. Как можно объяснить этот факт?

Заведующий отделением
ядерной физики,
профессор



М.И.Панасюк

*Государственный экзамен по физике
Физический факультет МГУ имени М.В.Ломоносова
Направление подготовки магистров 011200.68 «Физика»
Магистерская программа «Нейтронная физика и физика наносистем»*

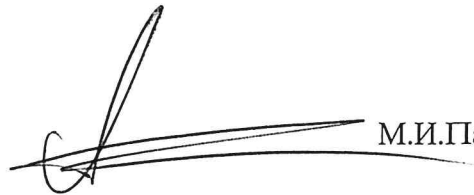
Билет № 11

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 \AA .)

При вычислениях использовать следующие значения констант:

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

Заведующий отделением
ядерной физики,
профессор

 М.И.Панасюк

*Государственный экзамен по физике
Физический факультет МГУ имени М.В.Ломоносова
Направление подготовки магистров 011200.68 «Физика»
Магистерская программа «Нейтронная физика и физика наносистем»*

Билет № 12

1. Уравнения Максвелла в среде. Материальные уравнения. Комплексная диэлектрическая проницаемость и показатель преломления, их пространственная и временная дисперсия.
2. Сверхпроводимость. Эффект Мейсснера. Сверхпроводники 1-го и 2-го рода. Основные идеи теории Бардина-Купера-Шриффера
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 .

Заведующий отделением
ядерной физики,
профессор


М.И.Панасюк

*Государственный экзамен по физике
Физический факультет МГУ имени М.В.Ломоносова
Направление подготовки магистров 011200.68 «Физика»
Магистерская программа «Нейтронная физика и физика наносистем»*

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 ($a=4.25 \text{ \AA}$) 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:

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

Заведующий отделением
ядерной физики,
профессор



М.И.Панасюк

*Государственный экзамен по физике
Физический факультет МГУ имени М.В.Ломоносова
Направление подготовки магистров 011200.68 «Физика»
Магистерская программа «Нейтронная физика и физика наносистем»*

Билет № 14

1. Основы физики молекул. Адиабатическое приближение. Термы двухатомной молекулы. Типы химической связи.
2. Простейшие модели ядра: модель жидкой капли, модель ферми-газа, оболочечная модель, обобщенная модель.
3. Для линейного ионного кристалл из $2N$ ионов с чередующимися зарядами $\pm q$ и отталкивающим потенциалом между ближайшими соседями A/R^n , в дополнение к обычному кулоновскому потенциалу, определить равновесное расстояние R_0 между ионами и равновесную энергию $U(R_0)$

Заведующий отделением
ядерной физики,
профессор

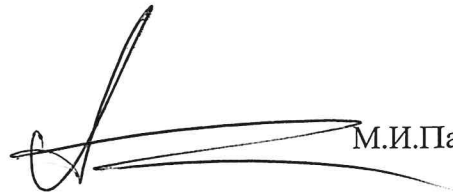
 М.И.Панасюк

Государственный экзамен по физике
Физический факультет МГУ имени М.В.Ломоносова
Направление подготовки магистров 011200.68 «Физика»
Магистерская программа «Нейтронная физика и физика наносистем»

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.

Заведующий отделением
ядерной физики,
профессор



М.И.Панасюк

Государственный экзамен по физике
Физический факультет МГУ имени М.В.Ломоносова
Направление подготовки магистров 011200.68 «Физика»
Магистерская программа «Нейтронная физика и физика наносистем»

Билет № 16

1. Циклотронное и синхротронное излучение. Рассеяние электромагнитных волн на свободных электронах.
2. Деление тяжелых ядер нейтронами. Цепная реакция деления. Ядерные реакторы как источники нейтронов. Другие источники нейтронов.
3. Дана двумерная квадратная решетка с параметром a и одним атомом массой m в узле, взаимодействующим только с ближайшими соседями с силовой константой K . Примем, что фоновая дисперсионная кривая описывается функцией $\omega_q = \sqrt{\frac{4K}{m}} \sin\left(\frac{qa}{2}\right)$. Определить, в длинноволновом пределе (звук), плотность фоновых состояний $D(\omega) = dN / d\omega$, т.е. число решеточных колебательных (акустических) мод в интервале $d\omega$.

Заведующий отделением
ядерной физики,
профессор

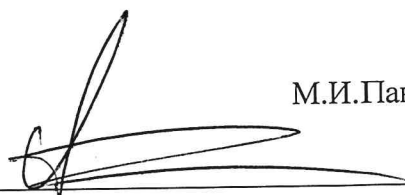
 М.И.Панасюк

Государственный экзамен по физике
Физический факультет МГУ имени М.В.Ломоносова
Направление подготовки магистров 011200.68 «Физика»
Магистерская программа «Нейтронная физика и физика наносистем»

Билет № 17

1. Многоэлектронный атом. Приближение самосогласованного поля.
2. Основные свойства нуклонов. Основные свойства ядерного взаимодействия между нуклонами.
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 .

Заведующий отделением
ядерной физики,
профессор



М.И.Панасюк

*Государственный экзамен по физике
Физический факультет МГУ имени М.В.Ломоносова
Направление подготовки магистров 011200.68 «Физика»
Магистерская программа «Нейтронная физика и физика наносистем»*

Билет № 18

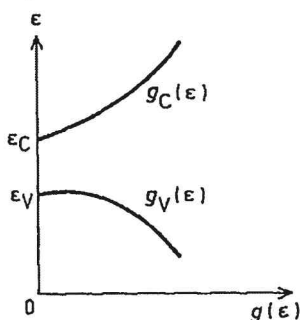
1. Основные постулаты квантовой механики. Волновая функция, операторы физических величин. Принцип неопределенности.
2. Э
3. Ядерные реакции и их основные характеристики. (Законы сохранения, энергия и порог реакции, сечения.)
4. Оценить намагниченность M монокристалла железа, если бы он полностью спонтанно 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.

Заведующий отделением
ядерной физики,
профессор


М.И. Панасюк

Билет № 19

1. Уравнения Гейзенберга и Шредингера. Стационарные состояния.
2. Детектирование заряженных и нейтральных частиц и гамма-квантов. Основные типы детекторов.
3. Рассмотрим собственный полупроводник. Пусть ε – энергия электрона, $g_C(\varepsilon)$ – плотность состояний в зоне проводимости, $g_V(\varepsilon)$ – плотность состояний в валентной зоне (см. рисунок)



Предположим, что $\varepsilon_C - \varepsilon_F \gg k_B T$, $\varepsilon_F - \varepsilon_V \gg k_B T$ (k_B – постоянная Больцмана, T – температура полупроводника) и

$$g_C(\varepsilon) = C_1 (\varepsilon - \varepsilon_C)^{1/2}$$

$$g_V(\varepsilon) = C_2 (\varepsilon_V - \varepsilon)^{1/2}$$

где ε_C – энергия дна зоны проводимости и ε_V – энергия вершины валентной зоны. Энергию Ферми обозначим как ε_F . (а) Найти выражение для n – числа электронов в зоне проводимости, через $\varepsilon_C, \varepsilon_F, k_B, T, C_1$ и безразмерный определенный интеграл. (б) Найти выражение для p – числа дырок в валентной зоне, через $\varepsilon_V, \varepsilon_F, k_B, T, C_2$ и безразмерный определенный интеграл. (в) Найти явное выражение для $\varepsilon_F(T)$.

Заведующий отделением
 ядерной физики,
 профессор

М.И. Панасюк

*Государственный экзамен по физике
Физический факультет МГУ имени М.В.Ломоносова
Направление подготовки магистров 011200.68 «Физика»
Магистерская программа «Нейтронная физика и физика наносистем»*

Билет № 20

1. Стандартная модель: фундаментальные частицы и фундаментальные взаимодействия.
2. Понятие об обменном взаимодействии. Обменный интеграл. Ферромагнетизм. Магнитные домены. Антиферромагнетизм.
3. Для газа свободных электронов в металле (электроны не взаимодействуют между собой и с решеткой металла) вывести известную формулу для плотности электронных состояний на поверхности Ферми $\rho(\varepsilon_F) = C\sqrt{\varepsilon_F}$, где

$$C = \frac{V}{2\pi^2} \left(\frac{2m}{\hbar^2} \right)^{\frac{3}{2}}, V - \text{объем металла.}$$

Заведующий отделением
ядерной физики,
профессор

 М.И. Панасюк