

**Вступительный экзамен по физике на направлению подготовки  
03.04.02 «Физика»**

1. Найдите среднее значение проекции спина электрона на ось  $x$  в состоянии с нормированной волновой функцией  $\psi(\mathbf{r}) = \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \end{pmatrix} \cdot \frac{\chi(\mathbf{r})}{\sqrt{5}}$ .
2. Однородный проводящий шар находится в среде с заданной проводимостью  $\sigma_0$ . Плотность тока вдали от шара однородна. При каком значении проводимости шара  $\sigma$  в нем выделяется наибольшее количество тепла в единицу времени?
3. Комплексный диэлектрический отклик (диэлектрическая проницаемость) в среде задан выражением  $\varepsilon(\omega) = 1 - \omega_p^2 / (\omega^2 + i\omega\nu - \omega_0^2)$ , где  $\nu$ ,  $\omega_0$ ,  $\omega_p$  – действительные частоты, характеризующие среду. Среда является устойчивой при  $\nu > 0$ . В некоторой точке среды задано электрическое поле  $\vec{E} = \vec{x}_0 E_0 \sin \omega_0 t$ . Чему равна плотность тока, возбуждаемого этим полем в среде? Указание: все величины заданы в системе СГС, ответ требуется дать в этой же системе.
4. Записать распределение Гиббса в классической статистической физике. Определить с его помощью уравнения состояния нерелятивистского идеального газа, состоящего из  $N$  частиц без внутренней структуры. Газ находится в термостате с температурой  $T$  и занимает объем  $V$ .
5. Вычислить флуктуации энтропии невырожденного нерелятивистского идеального газа материальных точек при фиксированном числе частиц и флуктуирующем объеме системы.
6. Исследовать на устойчивость стационарное решение системы уравнений  
$$\partial_t a = -bf, \quad \partial_t b = af^* - vb, \quad \partial_t f = ab^* - \gamma f.$$
7. Найти солитон уравнения

$$\frac{\partial v}{\partial t} + v^3 \frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial^3 v}{\partial x^3} = 0$$

8. Операторы  $\hat{a}$  и  $\hat{a}^\dagger$  удовлетворяют коммутационному соотношению  $[\hat{a}, \hat{a}^\dagger] = 1$ . Для гамильтониана  $\hat{H} = \hbar\omega\hat{a}^\dagger\hat{a}$  найти  $\hat{a}_H(t)$  и  $\hat{a}_H^\dagger(t)$  – операторы  $\hat{a}$  и  $\hat{a}^\dagger$  в представлении Гейзенберга.
9. Решить уравнения, порожденные функцией Гамильтона  $H = p_1 p_2 + q_1 q_2$ . Найти соответствующую этой системе функцию Лагранжа.
10. Для одномерной системы с функцией Лагранжа  $L = t\sqrt{1 + \dot{q}^2}$  составить функцию Гамильтона, получить уравнения движения и решить их в явном виде.
11. Используя построение Эвальда, доказать справедливость соотношения  $2(\vec{k}\vec{G}) + \vec{G}^2 = 0$ , где  $\vec{k}$  – волновой вектор,  $\vec{G} = 2\pi\vec{H}$ , а  $\vec{H}$  – вектор обратной решетки кристалла.
12. Исходя из принципа плотнейших упаковок, определить коэффициенты компактности для ГЦК и ОЦК решеток.
13. Кубический кристалл упруго деформируется в направлении  $\langle 100 \rangle$ . Выразить коэффициент Пуассона  $\nu$  через компоненты матрицы упругих коэффициентов  $C_{ij}$ .
14. Существуют две общепризнанные модели возникновения собственных равновесных точечных дефектов: модель Френкеля и модель Шоттки. В чем различия этих моделей? Для каких кристаллов наиболее применима каждая из них?
15. Перечислите основные механизмы движения дислокаций. При каких условиях реализуется каждый из них?
16. Химически чистое железо может иметь ОЦК- и ГЦК-решетки в зависимости от режимов термообработки. Какой тип решетки будет у образца железа, если установлено, что его плотность  $\rho = 7800 \text{ кг/см}^3$ , а ребро элементарной ячейки  $a = 0,285 \text{ нм}$ ?  
Для справки: массовое атомное число железа  $A_{Fe} = 55,84$ ,  $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$ .
17. В приближении Дебая оценить скорость звука в серебре, если известно, что температура Дебая для серебра  $\theta_{Ag} = 215 \text{ К}$ . Серебро имеет ГЦК-решетку, минимальное межатомное расстояние  $r = 0,289 \text{ нм}$ .  
Для справки:  $k_B = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К}$ ,  $\hbar = 1,05 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$ .

18. Диэлектрик имеет статическую диэлектрическую проницаемость  $\varepsilon = 3$  и  $\operatorname{tg} \delta = 10^{-3}$  на частоте  $\omega = 10^8$  рад/с. Какая мощность будет выделяться на этой частоте в плоском конденсаторе с таким диэлектриком при амплитуде переменного электрического поля  $E_0 = 100$  В/см, если он имеет размеры  $1 \times 1 \times 0,1$  см<sup>3</sup>?
19. В приближении Зоммерфельда показать, что плотность состояний для одномерного электронного газа имеет вид  $G(E) = \frac{\text{const}}{\sqrt{E}}$ , где  $E$  – энергия.
20. Изобразите статическую вольтамперную характеристику туннельного контакта двух сверхпроводников разной природы с параметрами энергетических щелей  $\Delta_1$  и  $\Delta_2$ , причем  $\Delta_1 > \Delta_2$ . При каких напряжениях будет наблюдаться резкий рост тока?

## Структура билета и критерии оценивания

Экзаменационный билет состоит из 20 заданий (вопросов и задач), ответ на каждый из которых оценивается максимум в 10 баллов. Итоговая оценка формируется путем суммирования баллов за 10 задач, за которые абитуриент получил наибольшие баллы.

Максимальное количество баллов – 100.

Критерии оценивания	Оценка (баллы)
Максимально полный и точный ответ на вопрос. Верное и полное решение задачи.	10
В целом правильный ответ на вопрос, содержащий более 1-2 неточности непринципиального характера или 1 ошибку. Решение задачи содержит арифметические ошибки, не меняющие размерностей физических величин.	8-9
Ответ на вопрос частично правильный, имеются верные рассуждения, но допущены существенные ошибки. Решение задачи содержит существенные физические ошибки, при этом рассматриваемое явление на качественном уровне описано верно и с использованием адекватных приближений, основные физические законы, необходимые для решения задачи, воспроизведены верно.	6-7
Показано знание некоторых основных понятий и важнейших соотношений, относящихся к поставленному вопросу, но ответ на вопрос не сформулирован или же дан неверный ответ. Решение задачи содержит грубые физические ошибки, при этом исходные формулы, определяющие искомые величины, приведены верно.	4-5
Показано знание некоторых основных понятий и важнейших соотношений, не относящихся напрямую к поставленному вопросу, при этом ответ на вопрос не сформулирован или дан неверный ответ. Решение задачи содержит грубые физические ошибки, исходные формулы, определяющие искомые величины, приведены с ошибками.	2-3
Экзаменуемый приступил к выполнению задания. Ответ не сформулирован.	1
Экзаменуемый к выполнению задания не приступал.	0