

Утверждено
решением Ученого Совета
физического факультета МГУ
от 26.12.2019 г.

Декан физического факультета МГУ
профессор Н.Н.Сысоев



Государственный экзамен по физике
Физический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова
Магистерская программа
«Физика магнитных явлений»

Государственный экзамен по физике
Физический факультет МГУ имени М.В.Ломоносова
Магистерская программа «Физика магнитных явлений»
Билет №01

1. Определение обратной решетки. Первая зона Бриллюэна. Спектр электронов проводимости в теории металлов Зоммерфельда.
2. Понятие об обменном взаимодействии. Прямое и косвенное обменное взаимодействие: через электроны проводимости (РККИ – взаимодействие) и суперобменное (сверхобменное) взаимодействие.
3. **Задача.** Вычислить величину молекулярного поля B_{mol} в железе и сравнить с величиной индукции $B_0 = \mu_0 I_s$, где I_s - спонтанная намагниченность. Плотность железа $\rho_{Fe} = 7873 \text{ кг / м}^3$, атомная масса $m_{at} = 55,847 \text{ г / моль}$, температура Кюри железа $T_C = 1043 \text{ К}$, магнитный момент на атом железа $\mu_{eff} = 2,2\mu_B$. Магнитная постоянная $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Гн/м}$, $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$, $k_B = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж / К}$, $\mu_B = 9,27 \cdot 10^{-24} \text{ Дж / Тл}$.

Государственный экзамен по физике
Физический факультет МГУ имени М.В.Ломоносова
Магистерская программа «Физика магнитных явлений»
Билет №02

1. Парамагнетизм электронного газа в металлах. Паулевская восприимчивость.
1. Уравнения Максвелла в среде. Материальные уравнения. Тензоры диэлектрической и магнитной проницаемости. Пространственная и времененная дисперсия.
2. **Задача.** Какое число атомов n_0 приходится на элементарную кубическую ячейку железа, если ребро ячейки равно $a = 2,86 \text{ \AA}$, атомная масса железа – 55,84, плотность железа – $\rho = 7873 \text{ кг / м}^3$? Решетка какого типа реализуется в железе? Число Авогадро равно $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$.

*Государственный экзамен по физике
Физический факультет МГУ имени М.В.Ломоносова
Магистерская программа «Физика магнитных явлений»
Билет №03*

1. Магнитные фазовые переходы первого и второго рода. Условия устойчивости и равновесия фаз.
2. Многоэлектронный атом. Электронная конфигурация. Приближение LS и jj - связей. Правила Хунда. Магнитный момент атома.
3. **Задача.** Магнитный момент молекулы кислорода O_2 равен $\mu_{eff} = 2,8\mu_B$, где магнетон Бора $\mu_B = 9,27 \cdot 10^{-26}$ Дж / Тл . Вычислить удельную восприимчивость парамагнитного газа O_2 при температуре $T = 300$ К . Число Авогадро $N_A = 6,024 \cdot 10^{23}$ моль⁻¹ , $k_B = 1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж / К .

*Государственный экзамен по физике
Физический факультет МГУ имени М.В.Ломоносова
Магистерская программа «Физика магнитных явлений»
Билет №04*

1. Парамагнетизм систем слабо взаимодействующих магнитных моментов атомов. Магнитная восприимчивость. Закон Кюри.
2. Теория металлов Зоммерфельда. Теплоемкость электронного газа.
3. **Задача.** Чему равна частота ларморовской прецессии магнитного момента электрона во внешнем поле с индукцией $\vec{B} = (0,0,B)$, где $B = 1$ Тл ? Какая энергия требуется, чтобы изменить направление магнитного момента параллельного внешнему полю на противоположное ($\uparrow\uparrow \rightarrow \uparrow\downarrow$) . Какая часть спектра электромагнитных волн (видимый свет, УФ, ИК, радио диапазон, микроволновой диапазон) соответствует этому переходу? Масса электрона $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}$ кг , заряд электрона $|e| = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл , $h = 6,62 \cdot 10^{-34}$ Дж · с $\mu_B = 9,27 \cdot 10^{-24}$ Дж / Тл .

Государственный экзамен по физике
Физический факультет МГУ имени М.В.Ломоносова
Магистерская программа «Физика магнитных явлений»
Билет №05

1. Теплоемкость кристаллической решетки. Модели Эйнштейна и Дебая.
2. Антиферромагнетизм. Восприимчивость коллинеарных антиферромагнетиков. Закон Кюри – Вейсса.
3. **Задача.** Кристаллический натрий (Na) обладает кубической симметрией и объемноцентрированной элементарной ячейкой с ребром куба

$a = 4,3 \text{ \AA} = 4,3 \cdot 10^{-8} \text{ см}$. Электропроводность Na $\sigma = 2,17 \cdot 10^7 \text{ Ом}^{-1} \cdot \text{м}^{-1}$,
отношение эффективной массы m_{eff} электрона в Na к массе свободного электрона
 m равно $m_{eff}/m = 1,2$. Масса свободного электрона $m = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$. Вычислить
время релаксации τ в натрии при температуре $T = 300 \text{ К}$.

Государственный экзамен по физике
Физический факультет МГУ имени М.В.Ломоносова
Магистерская программа «Физика магнитных явлений»
Билет №06

1. Ферромагнетизм. Температурная зависимость спонтанной намагниченности ферромагнетиков. Связь между температурой Кюри и константой молекулярного поля Вейсса. Закон Кюри – Вейсса.
2. Условия дифракции рентгеновских лучей на кристалле в формулировке Брэгга.
3. **Задача.** Кристалл меди обладает гранецентрированной кубической решеткой. При температуре $T = 300 \text{ К}$ длина ребра куба элементарной ячейки Cu равна $a = 3,6 \text{ \AA}$.
Монокристаллический образец меди вырезан параллельно одной из граней элементарной кубической ячейки. На поверхность кристалла падает параллельный пучок монохроматического рентгеновского излучения с длиной волны $\lambda = 1,658 \text{ \AA}$. При каких значениях угла скольжения θ будет наблюдаться отражение рентгеновских лучей от поверхности кристалла?

*Государственный экзамен по физике
Физический факультет МГУ имени М.В.Ломоносова
Магистерская программа «Физика магнитных явлений»
Билет №07*

1. Магнитные домены. Кривая намагничивания ферромагнетика. Петля гистерезиса. Магнитная восприимчивость и магнитная проницаемость. Кривая Столетова.
2. Ферромагнитный резонанс.
3. **Задача.** Поликристаллический образец, изготовленный из коллинеарного антиферромагнетика, помещен во внешнее магнитное поле. Считая, что оси антиферромагнетизма кристаллитов ориентированы относительно направления внешнего поля случайным образом, найти отношение восприимчивости поликристаллического образца при температуре, стремящейся к нулю ($\chi_{ноли}(T \rightarrow 0 \text{ K})$), к восприимчивости при температуре Нееля $T \rightarrow T_N$ $\chi_{ноли}(T \rightarrow T_N)$.

