



**Физика для школьников 7 – 11 класса (заочный тур)**  
**Решение задачи 6. Плотнупакованные нанокристаллы**

1. Для ответа на первый вопрос можно воспользоваться общим правилом, согласно которому размерные эффекты становятся существенными при уменьшении линейных размеров объектов до величины порядка длины волны де Бройля:

$$\lambda = \frac{h}{\sqrt{2m^*E}}$$

где  $m^*$  – эффективная масса электронов, а  $E$  – их энергия. Подставляя значение энергии Ферми для меди при комнатной температуре ( $7 \text{ эВ} \approx 11.2 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$ ) и массу свободного электрона, получаем оценку длины волны де Бройля  $\sim 0.5 \text{ нм}$ , что и является оценкой линейного размера нанокристалла меди, при котором размерный эффект для него становится существенным.

2. Для ответа на второй вопрос достаточно рассмотреть элементарную ячейку макро- и нанокристаллов вольфрама. При таком подходе плотность есть отношение массы всех атомов, входящих в элементарную ячейку, к объему этой ячейки. Для ОЦК решетки объемного вольфрама число атомов в элементарной ячейке – 2, в то время как для ГЦК решетки нанокристалла вольфрама это значение равно уже 4. Таким образом, в отсутствие уменьшения постоянной решетки плотность нанокристалла возростала бы вдвое. С учетом уменьшения постоянной решетки объем элементарной ячейки в случае нанокристалла будет также уменьшаться в  $1/(0.98^3) \approx 1.06$  раз. Результирующее относительное изменение плотности будет, таким образом, составлять  $2/(0.98^3) \approx 2.13$  раз.