



**Физика для школьников 7 – 11 класса (заочный тур)**  
**Решение задачи 1. Распыление наночастиц**

1. Чтобы испарить металл, в частности индий, обычно нужно его нагреть до температуры плавления, расплавить, нагреть до температуры кипения и испарить. Но эти рассуждения верны, если процесс происходит при нормальном атмосферном давлении. Известно, что температура кипения зависит от давления над поверхностью жидкости. Кипение наступает, когда давление паров жидкости сравнивается с давлением газа над поверхностью. Оценим температуру, при которой давление паров индия будет равным остаточному давлению:

$$T = \frac{1260}{8,18 + 3,00} = 112,7K$$

т. е. ниже температуры плавления.

Это означает, что расплавленный металл при столь низком давлении начнет кипеть сразу после плавления.

$$Q = cm\Delta T + mr + m\lambda = 0,238 \frac{\text{Дж}}{\text{г} \cdot \text{К}} 5\text{г}(156 - 25)\text{К} + \frac{\left(3,24 \frac{\text{кДж}}{\text{МОЛЬ}} + 225 \frac{\text{кДж}}{\text{МОЛЬ}}\right) \cdot 5\text{г}}{114 \text{ г/моль}} = 10,16\text{кДж}$$

С другой стороны  $Q = U \cdot I \cdot \tau$ , откуда

$$\tau = \frac{Q}{U \cdot I} = \frac{10166\text{Дж}}{20\text{В} \cdot 5\text{А}} \approx 100\text{сек}$$

2. Плавление состоит в разрыве связей в кристаллической решетке. У наноструктур достаточно много уже разорванных связей по отношению к неразорванным. Первые находятся на поверхности, вторые – в объеме тела. Это объясняет, почему у наноструктур температура плавления ниже. Меньше связей необходимо разорвать.

Отношение числа связей на поверхности к числу связей в объеме можно грубо выразить следующим образом:

$$\frac{N_{\text{поверхность}}}{N_{\text{объем}}} = \frac{4\pi r^2 / a^2}{\frac{4\pi r^3}{3a^3}} \sim \frac{a}{r},$$

где  $a$  — характерное расстояние между атомами.

Таким образом, температура плавления может уменьшиться на 20%, когда доля атомов на поверхности будет составлять тот же процент. Или отношение будет равно 1/5. При этом  $r$  должно быть равно 2 нм.