



Физика для школьников 7 – 11 класса (заочный тур)
Решение задачи 8. Оптоакустические наноконтрасты

1. Суть метода заключается в регистрации ультразвукового излучения, которое возникает в результате теплового расширения объектов, нагретых посредством лазерного излучения.
2. Интенсивность сигнала определяется тремя параметрами, а именно коэффициентом теплового расширения, β , удельной теплоемкостью, C , и удельной мощностью нагрева, H (в Вт/м³).

$$I = \frac{\beta}{C} H. \quad (1)$$

Таким образом, все определяется коэффициентом теплового расширения, β , и теплоемкостью наночастиц, C , т.к. мощность нагрева одинакова ввиду одинаковости загрузки красителя.

Табличные величины:

- 1) Кремний $\beta_{Si} = 2.6 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$, $C_{Si} = 0.7 \text{ Дж/г К}$.
- 2) Оксид кремния $\beta_{SiO_2} = 5.6 \cdot 10^{-7} \text{ K}^{-1}$, $C_{SiO_2} = 1 \text{ Дж/г К}$.

Однако присутствие воды в порах приведет к изменению эффективной теплоемкости наночастицы, т.к. часть энергии будет уходить на нагрев воды, в том время, как на тепловое расширение наночастицы присутствие воды не влияет, т.к. наночастицы и вода могут расширяться независимо друг от друга.

Оценим эффективные теплоемкости наночастиц:

$$C_{Si} = \frac{C_{Si}(1 - P)\rho_{Si} + C_W P \rho_W}{(1 - P)\rho_{Si} + P\rho_W} = \frac{0.7 \cdot 0.7 \cdot 2.32 + 4.2 \cdot 0.3 \cdot 1}{0.7 \cdot 2.32 + 0.3 \cdot 1} = 1.24 \text{ Дж/гК} \quad (2)$$

$$C_{SiO_2} = \frac{C_{SiO_2}(1 - P)\rho_{SiO_2} + C_W P \rho_W}{(1 - P)\rho_{SiO_2} + P\rho_W} = \frac{1 \cdot 0.7 \cdot 2.65 + 4.2 \cdot 0.3 \cdot 1}{0.7 \cdot 2.65 + 0.3 \cdot 1} = 1.45 \text{ Дж/гК} \quad (3)$$

Отсюда вытекает, что оптоакустический сигнал будет больше для кремниевых наночастиц в

$$\eta = \frac{\beta_{Si} C_{SiO_2}}{\beta_{SiO_2} C_{Si}} = \frac{2.6 \cdot 1.45}{5.6 \cdot 1.24} = 5.4 \text{ раза.} \quad (4)$$