



Физика для школьников 7 – 11 класса (заочный тур)
Решение задачи 3. Серебряные наночастицы

1. Масса одной наночастицы

$$m_0 = \frac{C}{N} = \frac{0.02 \text{ мг/мл}}{3.6 \cdot 10^{12} \text{ 1/мл}} \approx 5.6 \cdot 10^{-15} \text{ мг} = 5.6 \cdot 10^{-21} \text{ кг.}$$

Полагая частицу шарообразной:

$$m_0 = \rho \frac{4\pi r^3}{3},$$

находим радиус

$$r = \sqrt[3]{\frac{3m_0}{4\pi\rho}} = \sqrt[3]{\frac{3 \cdot 5.6 \cdot 10^{-21} \text{ кг}}{4 \cdot 3.14 \cdot 10.5 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3}} \approx 0.5 \cdot 10^{-8} \text{ м} = 5 \text{ нм.}$$

2. Максимум находится приблизительно при значении энергии $E = 2.8 \text{ эВ}$, что соответствует длине волны

$$\lambda = \frac{h \cdot c}{e \cdot E} = \frac{6.6 \cdot 10^{-34} \text{ Джс} \cdot 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}}{1.6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл} \cdot 2.8 \text{ эВ}} \approx 442 \text{ нм}$$

(где h — постоянная Планка, c — скорость света, e — элементарный заряд). Максимум приходится на фиолетовую часть спектра, т. е. при прохождении света через кювету поглощается фиолетовый и часть синего диапазона видимого света. Поэтому проходящий свет имеет оранжево-желтый оттенок. Такая зависимость поглощения света (с наличием узкого пика) объясняется проявлением локализованного поверхностного плазмонного резонанса.

3. Если выделить все наночастицы и сплавить их, то получится кусочек серебра массой: $M = CV = 0.02 \text{ мг/мл} \cdot 10 \text{ мл} = 2 \cdot 10^{-4} \text{ г}$. Если известна площадь, то толщину пластинки можно найти:

$$d = \frac{V}{S} = \frac{m}{\rho S} = \frac{2 \cdot 10^{-4} \text{ г}}{10.5 \text{ г/см}^3 \cdot 1 \text{ см}^2} \approx 1.9 \cdot 10^{-5} \text{ см} = 190 \text{ нм.}$$

Взяв из справочников коэффициент поглощения для объемного серебра $\alpha = 8.3 \cdot 10^5 \text{ см}^{-1}$, можно оценить оптическую плотность $\alpha d \approx 16$. Это означает, что свет всего видимого диапазона уже не будет проходить через такую серебряную пластинку, и она уже будет иметь характерный серебристый оттенок. Спектр можно изобразить следующим образом:

