

Химические методы получения наноструктур

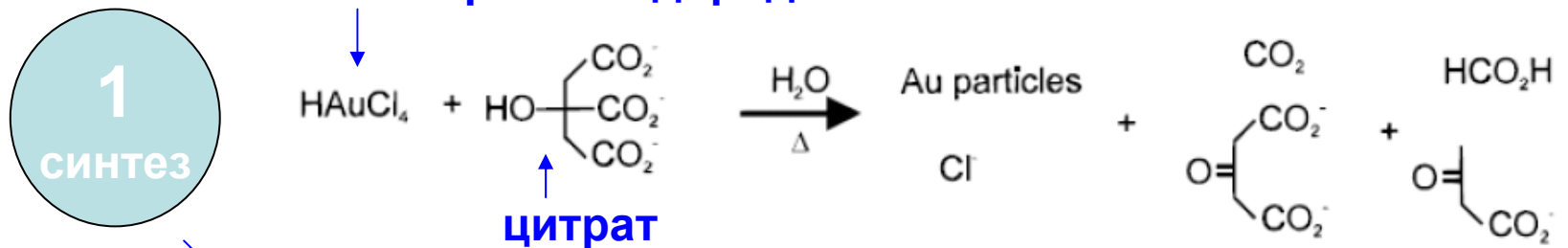
<https://elch.chem.msu.ru/rus/prgmfti.htm>

16.11.2009

Задача практикума

«Малые металлические частицы -- фрагменты наноструктур»

Золотохлористоводородная кислота



2
спектры

(эксперимент)

3
спектры

(моделирование)

Размер частиц

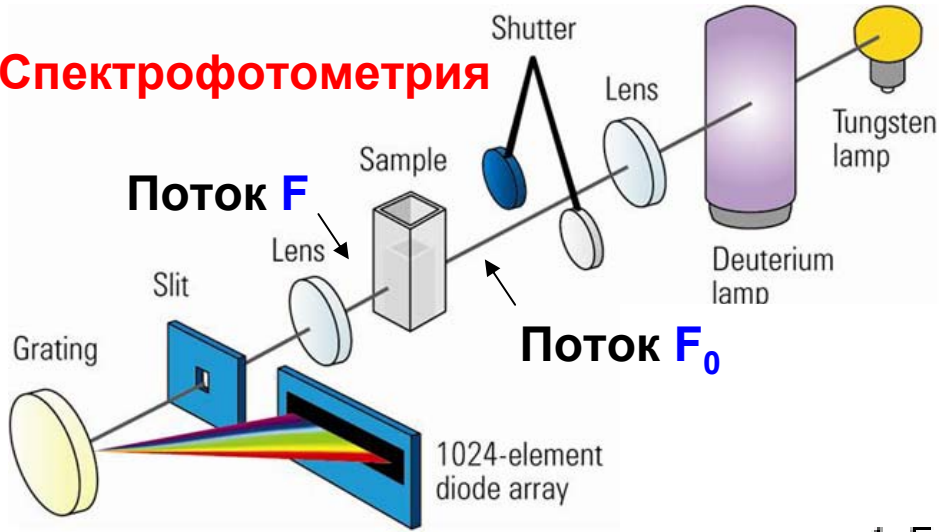
Концентрация частиц

Образцы для измерения
размерной зависимости
микроволнового поглощения

4
иммобили-
зация

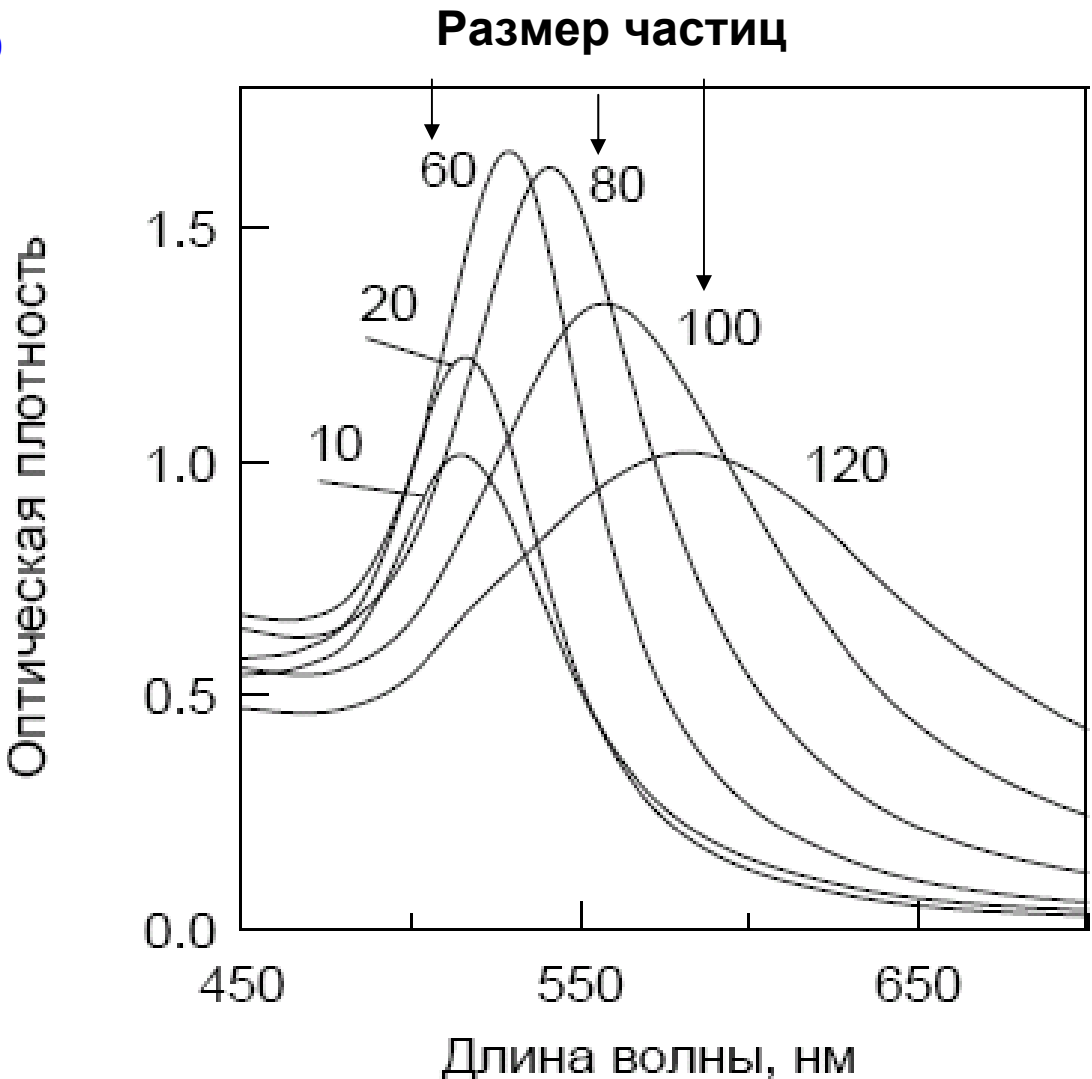
5
SEM

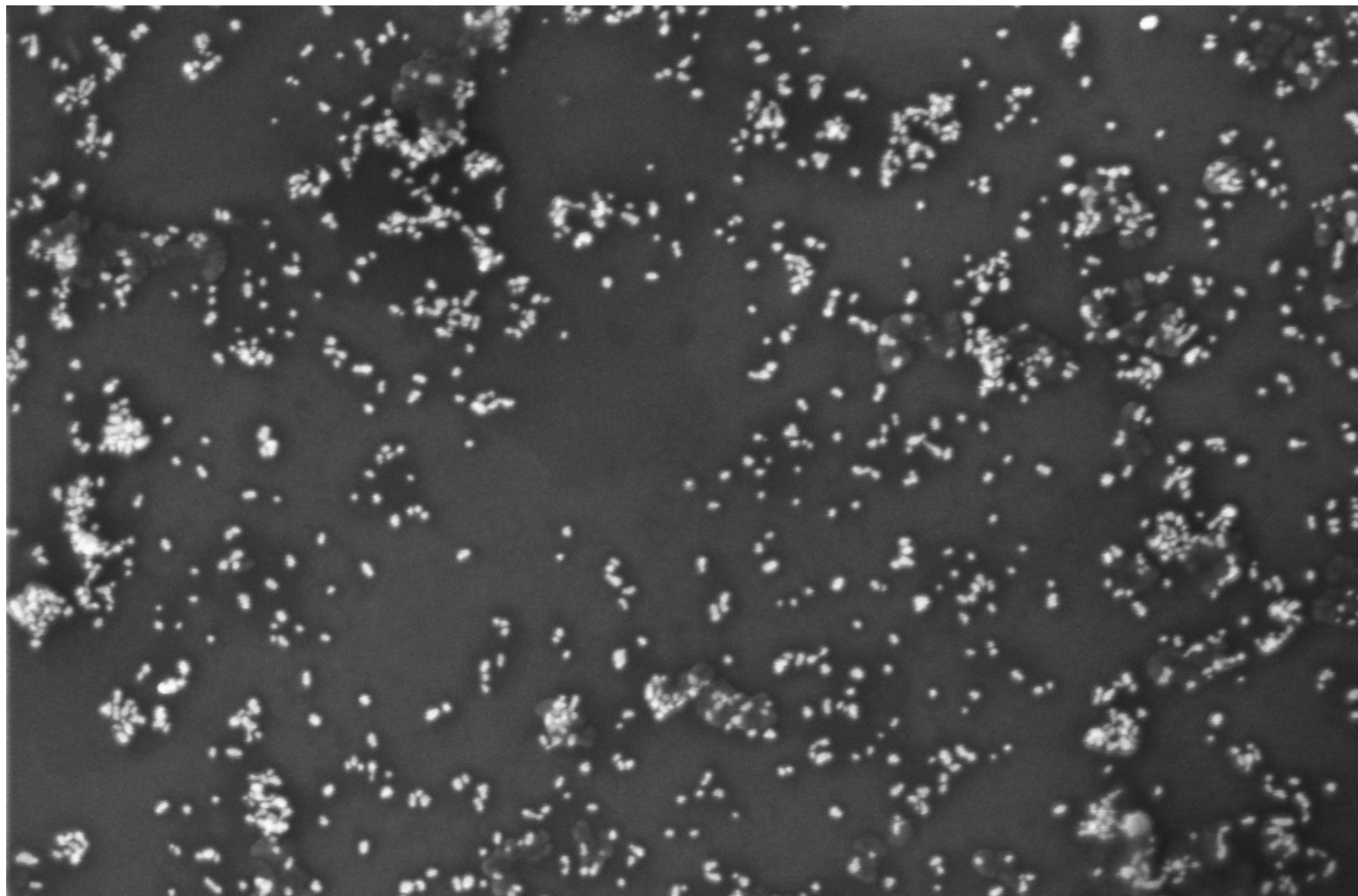
Спектрофотометрия



$T = F/F_0$ - пропускание

$D = \log(F_0 / F) = \log(1/T)$ - оптическая плотность





100 nm EHT = 4.29 kV Signal A = InLens Date : 28 Oct 2009

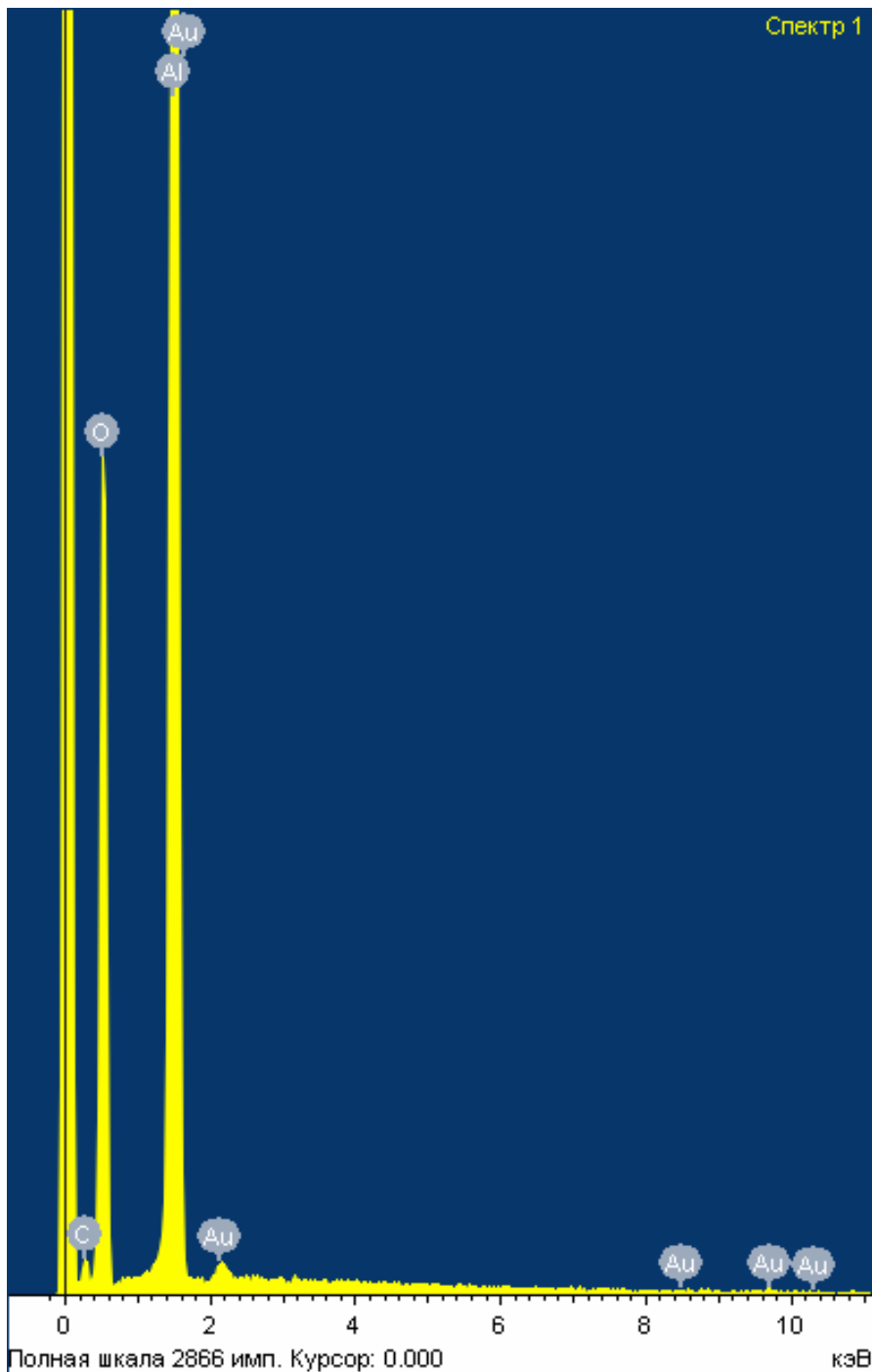
Gun Vacuum = 1.84e-009 mBar

WD = 2 mm Photo No. = 5189 Time : 17:51:08

System Vacuum = 3.38e-006 mBar

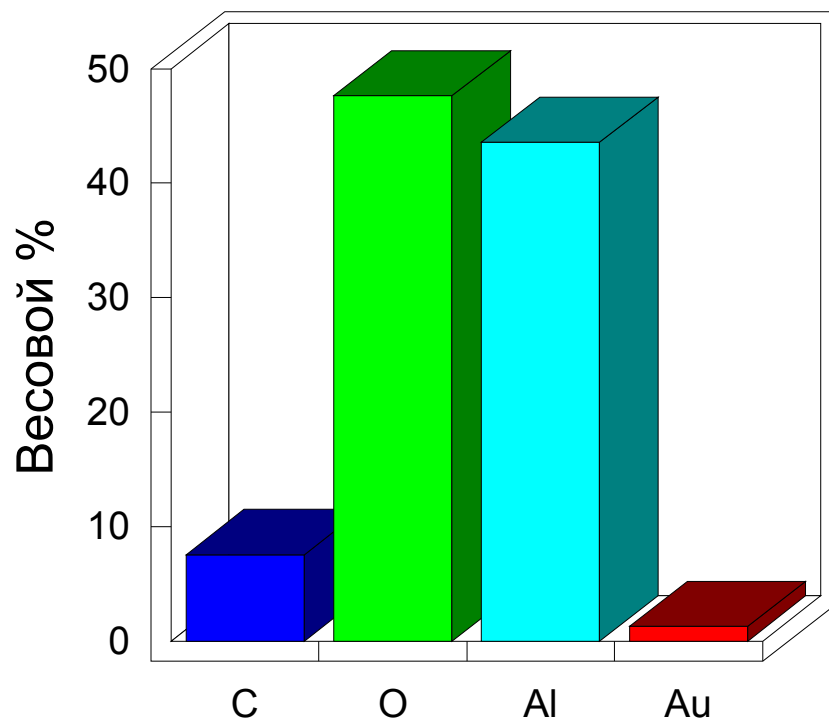
Stage at T = -1.0 °





Локальный анализ (EDX, Energy Dispersive X-ray Analysis)

Оценка соотношения элементов:

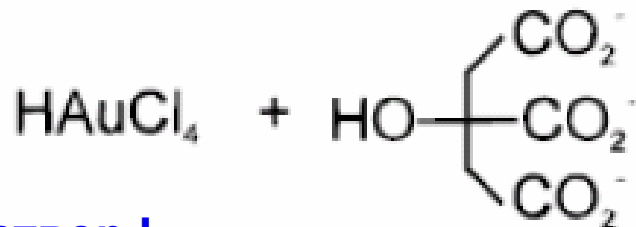


Аu на сапфире

Подготовка к началу работы (24.11.2009)

1

синтез



Раствор I

Раствор II

(цитрат натрия, Na_3Cyt)

1. Рассчитать молекулярные массы реагентов.
2. Рассчитать их молярное содержание (моль/мл) в **1 мас.%** растворах.
3. Рассчитать объем раствора II, который нужно добавить к 0.5 мл раствора I для обеспечения стехиометрического соотношения реагентов.

Подготовка к началу работы (24.11.2009)



Консультации: Петр Воробьев, petro999@list.ru

Обозначения

ε_2 - проницаемость металла (функция частоты).

ε_1 - проницаемость среды.

a - радиус частицы.

$$k = \omega/c$$

$$k_1 = \sqrt{\varepsilon_1}k$$

Решение уравнений Максвелла

Параметризация электрического и
магнитного поля:

$$\mathbf{E} = \varepsilon k^2 (u \mathbf{r} + \nabla (k^{-2} \frac{\partial}{\partial r} r u)) + ik [\text{grad } v, \mathbf{r}]$$

$$\mathbf{H} = \varepsilon k^2 (v \mathbf{r} + \nabla (k^{-2} \frac{\partial}{\partial r} r v)) - \varepsilon ik [\text{grad } u, \mathbf{r}]$$

$$\nabla^2 u + \varepsilon \frac{\omega^2}{c^2} u = 0$$

Общий вид функций u и v во внешней области

$$u = k_1^{-1} \cos \varphi \sum \frac{i^{l-1}(2l+1)}{l(l+1)} [j_l(k_1 r) + a_l h_l^{(1)}(k_1 r)] P_l^1(\cos \theta)$$

$$v = k^{-1} \sin \varphi \sum \frac{i^{l-1}(2l+1)}{l(l+1)} [j_l(k_1 r) + b_l h_l^{(1)}(k_1 r)] P_l^1(\cos \theta)$$

j_l и $h_l^{(1)}$ - Сферические функции Бесселя и Ханкеля

P_l^1 - Присоединенные полиномы Лежандра

Оптическая теорема

Поле на больших расстояниях

$$\mathbf{E} = E_0 \left[\mathbf{e} e^{ikz} + \mathbf{F}(\mathbf{n}) \frac{e^{ikr}}{r} \right]$$

Сечение взаимодействия:

$$\sigma_t = \frac{4\pi}{k} \text{Im} [(\mathbf{e}, \mathbf{F}(\mathbf{n}_0))]]$$

Сечение взаимодействия

Выражение для сечения через коэффициенты во внешней области:

$$\sigma_t = -\frac{2\pi}{k_1^2} \sum (2l + 1) (\operatorname{Re}[a_l] + \sqrt{\varepsilon_1} \operatorname{Re}[b_l])$$

Общие выражения для коэффициентов

$$a_l = \frac{\varepsilon_2 j_l(k_2 a)(k_1 a j_l(k_1 a))' - \varepsilon_1 j_l(k_1 a)(k_2 a j_l(k_2 a))'}{\varepsilon_1 h_l^{(1)}(k_1 a)(k_2 a j_l(k_2 a))' - \varepsilon_2 j_l(k_2 a)(k_1 a h_l^{(1)}(k_1 a))'}$$

$$b_l = \frac{j_l(k_2 a)(k_1 a j_l(k_1 a))' - j_l(k_1 a)(k_2 a j_l(k_2 a))'}{h_l^{(1)}(k_1 a)(k_2 a j_l(k_2 a))' - j_l(k_2 a)(k_1 a h_l^{(1)}(k_1 a))'}$$

Сечение для малых частиц ($ka \ll 1$).

$$\sigma_t = \frac{12\pi ka^3 \epsilon_1^{3/2} \epsilon_2''}{(\epsilon_2' + 2\epsilon_1)^2 + \epsilon_2''^2}$$

Модель Друдэ для проницаемости

$$\varepsilon(\omega) = \varepsilon_0 - \frac{\omega_p^2}{\omega^2 + i\omega\gamma}$$

$$\varepsilon_0 = 9.84, \omega_p = 13.84 \cdot 10^{15} \text{ s}^{-1}.$$

$$\gamma = (10.95 \cdot 10^{13} + v_f/a) \text{ s}^{-1}$$

$$v_f = 1.4 \cdot 10^8 \text{ cm s}^{-1} \quad \text{скорость Ферми}$$