

## Физика – школьники. Задача 12\* «Разноцветный раствор» (повышенной сложности).

Молодой естествоиспытатель получил в свое распоряжение сухую смесь хорошо люминесцирующих наночастиц сферической формы, полученных из селенида кадмия CdSe. Эта смесь состояла из наночастиц двух разных диаметров, один из них был известен и составлял 2 нм. До того, как эти наночастицы были смешаны, их спектры поглощения и люминесценции были измерены двумя разными исследователями. Спектры измерялись для «растворов» (на самом деле, это были, конечно, золи) наночастиц в гексане. Полученные спектры приведены на рис.1.

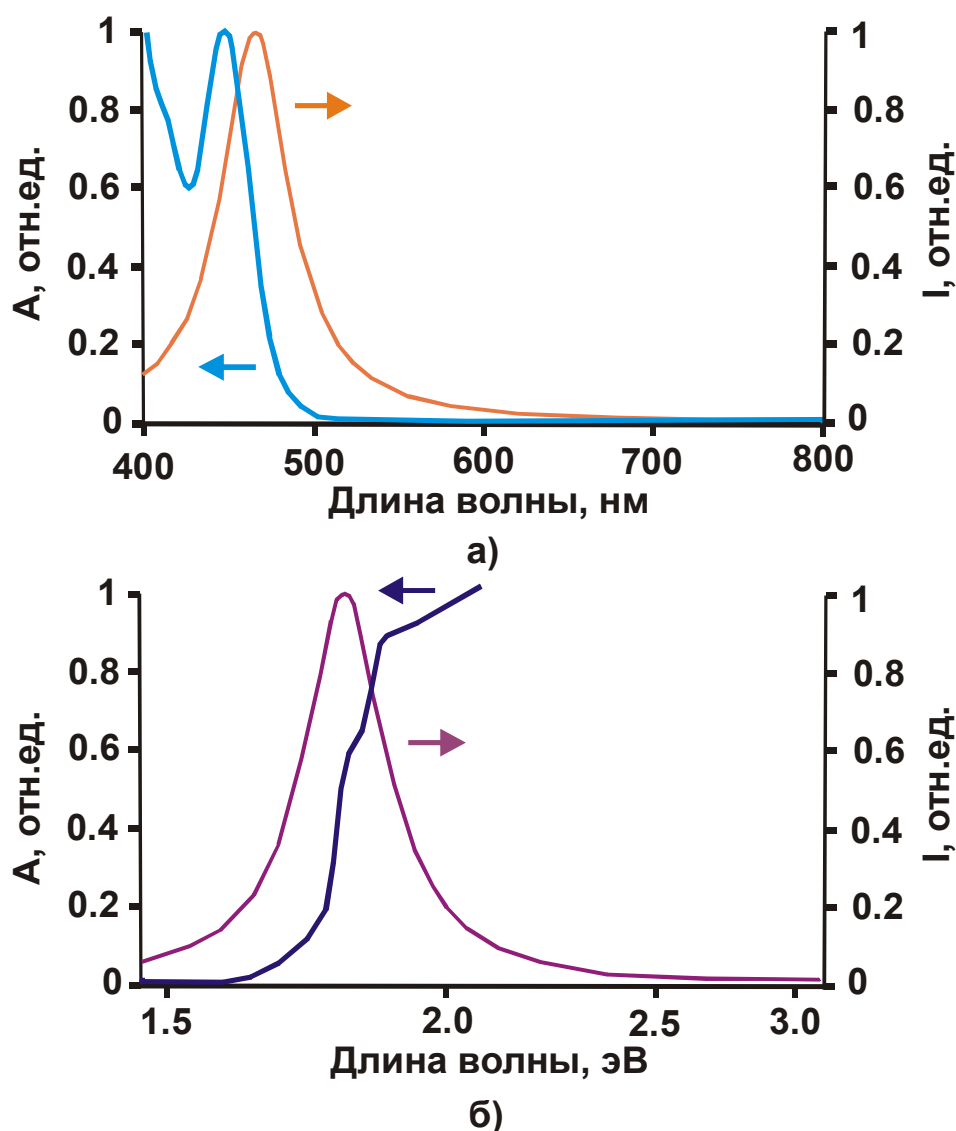


Рис.1. Спектры поглощения и люминесценции наночастиц из CdSe, «растворенных» в гексане: А – поглощение, I – интенсивность люминесценции. Спектры изображены так, как они часто изображаются в научных статьях. Длины волн возбуждающего излучения составляли 355 нм и 3.50 эВ, соответственно. Длины волн, соответствующие максимумам люминесценции равны 465 нм и 1.83 эВ соответственно.

**Вопрос 1. Имел ли право исследователь, измерявший спектр на рис.1б, использовать электронвольт в качестве единицы измерения длины волны? Обоснуйте свой ответ (1 балл).**

**Вопрос 2. Какие длины волн в нанометрах соответствуют длине волны излучения возбуждения и длине волны максимума люминесценции на рис.1б (1 балл)?**

**Вопрос 3. Каким цветам соответствуют длины волн максимумов люминесценции QD на рис.1 (1 балл)?**

**Вопрос 4. Диаметр каких наночастиц больше – спектр люминесценции которых изображен на рис.1а или спектр люминесценции которых изображен на рис.1б (1 балл)?**

Молодой естествоиспытатель насыпал полученную смесь в прозрачный сосуд и аккуратно, не взбалтывая наночастиц, налил сверху органический растворитель гексан и плотно закрыл сосуд, чтобы растворитель не испарялся. Столб жидкости в сосуде составил 5 см. После этого естествоиспытатель уехал на каникулы. Вернувшись через месяц, он обнаружил, что в сосуде образовался «раствор», цвет которого изменялся в зависимости от высоты, измеренной от дна сосуда. Естествоиспытатель аккуратно (не перемешивая «раствор») измерил спектры люминесценции на разных высотах и получил результаты, которые изображены на рис.2. Из этих спектров он сделал заключение, что сами наночастицы не изменились.

**Вопрос 5. Как Вы думаете, на основании каких именно параметров измеренных спектров люминесценции естествоиспытатель сделал такой вывод (2 балла)?**

**Вопрос 6. Объясните, почему «раствор» изменял цвет в зависимости от высоты (2 балла)?**

Кроме того, молодой естествоиспытатель заметил, что соотношение интенсивностей двух пиков в спектрах люминесценции в зависимости от высоты  $h$ , отсчитываемой от дна сосуда, подчиняется формуле  $\ln \frac{I_k}{I_c} = -Kh$ , где  $I_k$  – интенсивность пика люминесценции, максимум которого расположен при меньшей длине волны,  $I_c$  – интенсивность пика люминесценции, максимум которого расположен при большей длине волны,  $K$  – положительная постоянная. Измерив постоянную  $K$ , молодой естествоиспытатель получил значение  $0.65 \text{ см}^{-1}$ . Сообразив, что он имеет дело с аналогом барометрической формулы, естествоиспытатель на основании данных о плотности CdSe ( $4.0 \text{ г/см}^3$ ), плотности гексана ( $0.66 \text{ г/см}^3$ ), температуре ( $20 \text{ }^\circ\text{C}$ ) и диаметре одних из наночастиц, составлявших смесь, сумел оценить диаметр других наночастиц, находившихся в той сухой смеси, которую он получил.

**Вопрос 7. Напишите выражение для постоянной  $K$ , которое естествоиспытатель использовал для вычисления диаметра тех наночастиц, для которых он был неизвестен.**

Аккуратно подпишите все обозначения в этой формуле. Каков этот неизвестный диаметр (3 балла)?

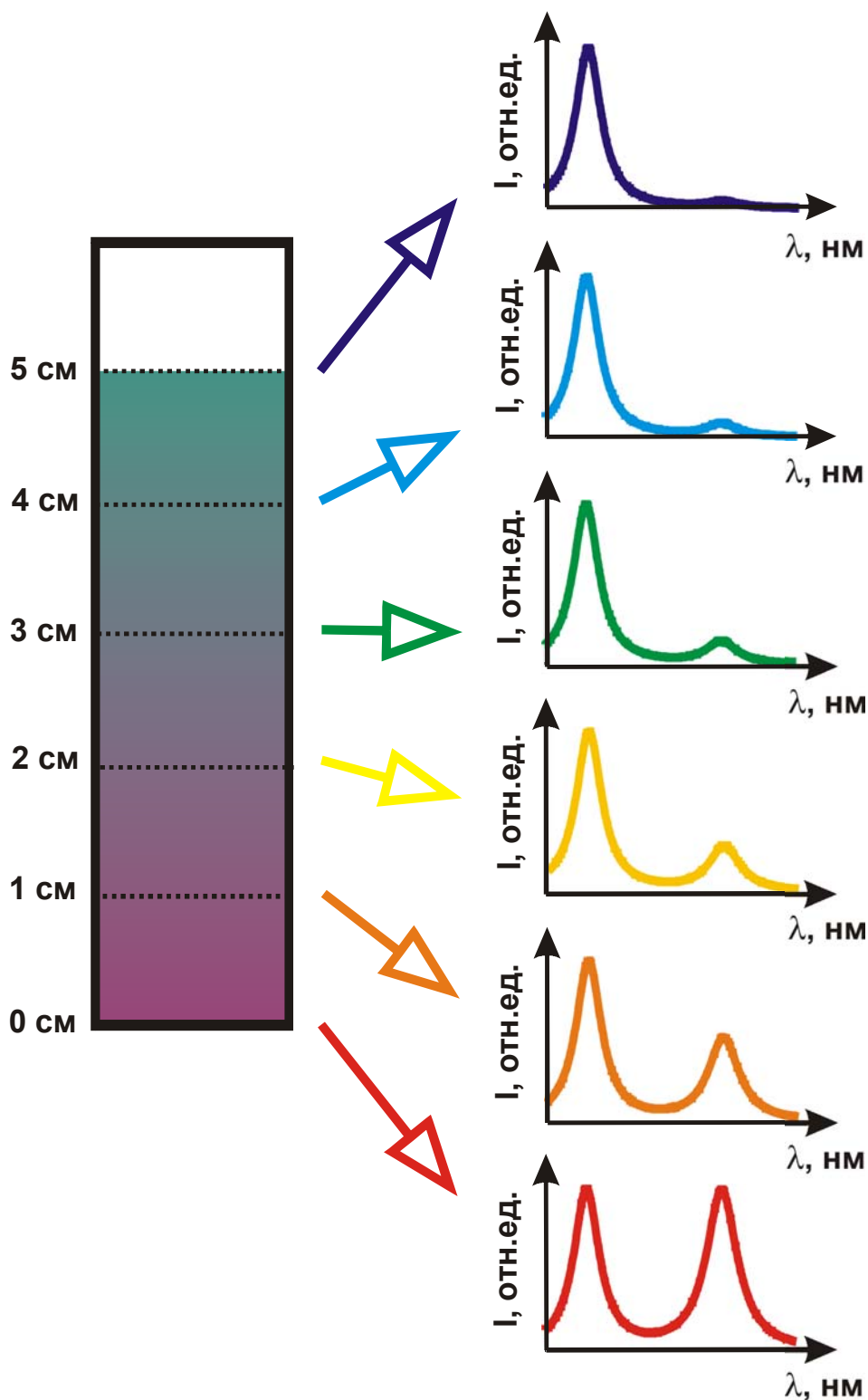


Рис.2. Спектры люминесценции «раствора» смеси квантовых точек из CdSe в гексане, измеренная на различных расстояниях от дна сосуда:  $\lambda$  - длина волны излучения,  $I$  - интенсивность. Длина волны возбуждающего излучения 355 нм

## Методические замечания:

1. Задача решается в рамках знаний школьной программы и в рамках здравого смысла
2. Если Вам незнакомы какие – либо термины, Вы можете спросить об этом преподавателей в специальном разделе форума <http://www.nanometer.ru/forum/viewforum.php?f=19> или найти ответ самостоятельно (в том числе изучив доступные Вам Лекции на сайте Олимпиады <http://www.nanometer.ru/lectures.html?UP=156195> )
3. Решение оформляется и отсылается только в электронном виде, как описано в инструкциях к работе с задачами и решениями заочного теоретического тура, приведенных в разделе «Олимпиада» [http://www.nanometer.ru/olymp2\\_o4.html](http://www.nanometer.ru/olymp2_o4.html)
4. Подписывать решения не надо, Ваша фамилия, имя и отчество будут зашифрованы при проверке, идентификация для системы проверки производится по логину и паролю, который Вы вводите при входе на сайт Олимпиады [www.nanometer.ru](http://www.nanometer.ru) в качестве участника (этот пароль Вы задавали при регистрации и заполнении анкеты участника).