

Физика – школьники. Задача 6 «Нанопунктуация» (базовая).

Что такое точка, знают все. А что такое квантовая точка? Это – полупроводниковый нанокристалл, в котором движение зарядов ограничено в пространстве. В объемном полупроводниковом материале существует валентная зона и зона проводимости, отделенные друг от друга запрещенной зоной. Если энергия электрона увеличивается, он переходит в зону проводимости, а в валентной зоне появляется дырка. В квантовой точке вместо зон существуют дискретные уровни, и ширина запрещенной зоны (E_g) в этом случае есть разница энергий высшего заполненного и низшего свободного электронных уровней.

1) Качественно изобразите энергетическую зонную диаграмму для объемного полупроводника и для квантовой точки. На обоих рисунках отметьте запрещенную зону (1 балл)

2) Что такое «дырка» (с точки зрения структуры)? (1 балл)

Установлено, что для квантовых точек длина волны люминесценции и ширина запрещенной зоны связаны соотношением:

$(E_g)^2 = (E_0)^2 + [2 \times (h/2\pi)^2 \times E_0 \times (\pi/r)^2] / m$, где E_g – ширина запрещенной зоны для квантовой точки, E_0 – ширина запрещенной зоны для объемного образца, r – радиус нанокристалла (м), m – эффективная масса электрона. Для селенида кадмия $E_0 = 2.88 \times 10^{-19}$ Дж, $m = 1.09 \times 10^{-31}$ кг.

3) Что такое люминесценция? (1 балл)

4) Рассчитайте, чему равна длина волны люминесценции (в предположении, что она отвечает ширине запрещенной зоны) для кристалла радиусом 1 см, 1 нм (1 балл).

5) Какой минимальный размер квантовой точки соответствует люминесценции в видимом диапазоне? (1 балл) Необходимые для решения задачи данные найдите самостоятельно.

Один из способов получения наночастиц селенида кадмия – это взаимодействие олеата кадмия $\text{Cd}(\text{C}_{17}\text{H}_{33}\text{COO})_2$ и триоктилфосфинселенида $\text{SeP}(\text{C}_8\text{H}_{17})_3$ в среде дифенилового эфира $(\text{C}_6\text{H}_5)_2\text{O}$. Реакцию проводят при нагревании до 200°C в течение 5 минут в атмосфере аргона, после чего охлаждают до комнатной температуры. Полученные квантовые точки селенида кадмия осаждают ацетоном.

6) Напишите уравнение реакции получения квантовых точек по указанной выше методике (1 балл).

7) Зачем для протекания реакции нужны такие специфические условия (атмосфера аргона, реагенты, растворители)? Может проще слить горячие водные растворы солей кадмия и подходящего селенида? (3 балла).

8) Где, по-вашему, могут применяться (или уже применяются) квантовые точки на основе селенида кадмия? (2 балла). Будет ли изменяться область применения квантовых точек на основе кремния, сульфида цинка, сульфида свинца? (1 балл)

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
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 в качестве участника (этот пароль Вы задавали при регистрации и заполнении анкеты участника).