

**№3. (10 баллов)**

Квантовые точки – нанокристаллы, созданные на основе полупроводниковых материалов. Передвижение носителей заряда (электронов) в таких кристаллах ограничено их малыми размерами, что приводит к появлению интересных электронных и оптических свойств, которые зависят от размера квантовых точек и отличаются от свойств объемного материала. Одним из таких свойств является люминесценция, причем длина волны фотона, испускаемого при люминесценции зависит от размера частиц.



*Рис. 1. Люминесценция (флуоресценция) взвесей наноразмерных частиц халькогенидов кадмия после облучения УФ-светом. В зависимости от своего размера частицы флуоресцируют разными цветами.*

Для получения квантовых точек сульфида цинка берут раствор соли **A** с массовой долей цинка 35,52%. **A** – соль одноосновной органической кислоты. К раствору соли **A** приливают раствор тиосульфата натрия, в результате чего образуется комплексное соединение **B**. Раствор комплекса **B** подкисляют уксусной кислотой, в результате чего начинает выпадать белый осадок наночастиц сульфида цинка и выделяется смесь газов **C** и **D**. Газ **C** имеет запах тухлых яиц.

1. Предложите два способа получения сульфида цинка? (1 балл)
2. Определите вещество **A**. Ответ подтвердите расчетами (молярную массу Zn примите равной 65 г/моль). (1 балл)
3. Напишите уравнения описанных реакций. (2 балла)
4. Предположите строение комплекса **B**. (1 балл)
5. Какой объем 0,25М раствора **A** надо взять для получения осадка сульфида цинка массой 1 г. Выход в реакции считайте равным 70%. (1 балл)
6. Сколько грамм сухого дигидрата соли **A** надо взять для приготовления 15 мл 0,25М раствора. (1 балл)

7. При получении сульфида цинка по предложенной методике, осадок может загрязняться веществом Е. Определите вещество Е и напишите побочную реакцию, в результате которой оно получается. Предложите методику очистки сульфида цинка от вещества Е. (3 балла)

**№4** (10 баллов)

Интересным свойством водорода является его способность внедряться в пустоты в кристаллических решетках металлов, образуя твердые растворы. Такие твердые растворы используются для хранения водорода.

Одним из металлов, с которыми водород образует твердые растворы, является неодим (Nd). Неодим может существовать в различных модификациях. Кристаллическая решетка  $\alpha$ -Nd представляет собой гексагональную плотнейшую упаковку (ГПУ). На рисунке 1 схематически показано положение атомов в ГПУ.

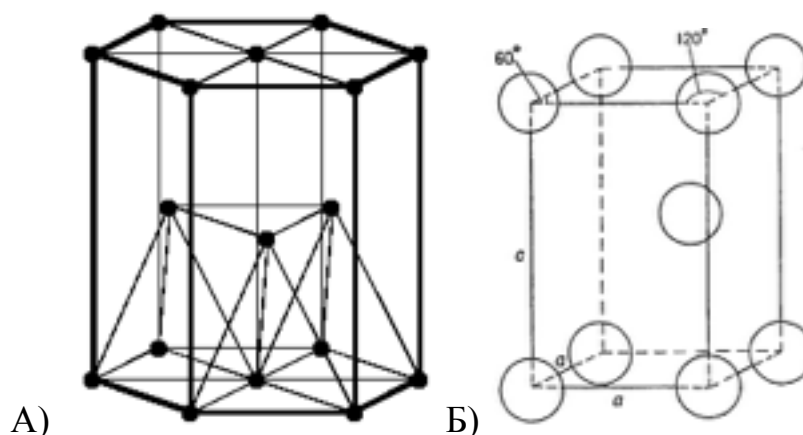


Рис. 1 Гексагональная плотнейшая упаковка: А – часть решетки, Б – элементарная ячейка ГПУ-решетки.

Элементарная ячейка кристалла - это тот минимальный воображаемый объём кристалла, параллельные переносы которого в трёх измерениях позволяют как из кирпичиков построить трёхмерную кристаллическую решётку в целом.

Модификация  $\beta$ -Nd обладает объёмно-центрированной кубической решеткой (ОЦК), элементарная ячейка которой представлена на рис. 2.

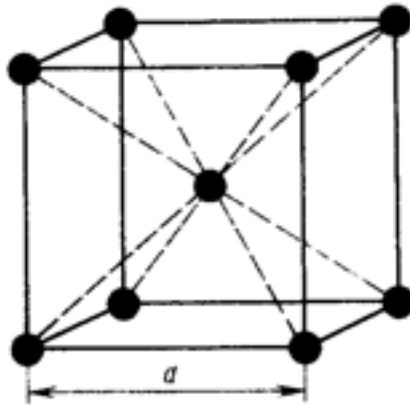


Рис. 2. Элементарная ячейка объемно-центрированной кубической решетки.

Между атомами металла в этих упаковках образуются пустоты двух разных форм: тетраэдрические и октаэдрические. Именно в эти пустоты и внедряются атомы водорода.

На рисунке 3 показана пример тетраэдрической и октаэдрической пустоты в ОЦК.

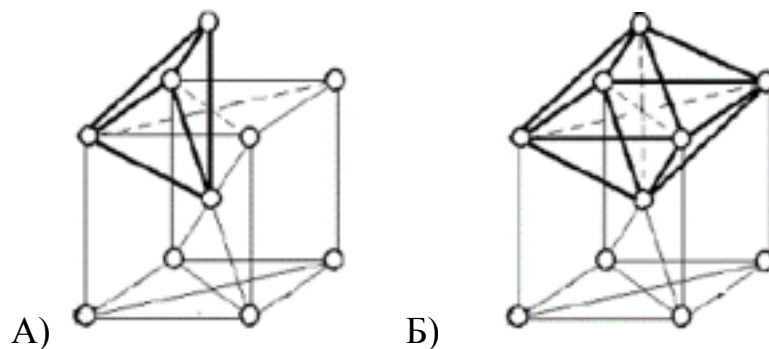


Рис. 3. А) Тетраэдрическая пустота в ОЦК; Б) октаэдрическая пустота в ОЦК.

1. Посчитайте сколько октаэдрических и тетраэдрических пустот приходится на 1 атом в ОЦК решетке  $\beta$ -Nd. Обратите внимание, что атомы в вершинах общие для нескольких элементарных ячеек. То есть 1 атом в вершине является общим для 8 ячеек и принадлежит ячейке лишь на  $1/8$ . (4 балла)
2. Определите максимальный размер сфер, которые могут быть вписана в каждую из этих пустот. Какие справочные данные необходимы для этого расчета? В какие пустоты может входить атом водорода в  $\alpha$  и  $\beta$  модификациях неодима? (3 балла)
3. В какой модификации неодима ( $\alpha$  или  $\beta$ ) больше растворимость водорода в расчете на единицу массы металла? Почему? Примите радиус атома водорода равным  $0,46 \text{ \AA}$ . (3 балла)

Таблица 1. Размеры и число пустот для разных типов кристаллических решеток.

	ГПУ		ОЦК	
Тип пустоты	Октаэдрическая	Тетраэдрическая	Октаэдрическая	Тетраэдрическая
Число пустот на один атом	1	2	?	?