

**Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение  
высшего образования  
«Казанский национальный исследовательский технологический  
университет»**

**«НОБЕЛЕВСКИЕ НАДЕЖДЫ КНИТУ - 2020»**

**Номинация**

**« Плазмохимические и нанотехнологии»**

**НАУЧНО- ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ РАБОТА**

**«СИНТЕЗ НАНОЧАСТИЦ СЕЛЕНИДА КАДМИЯ, ИЗУЧЕНИЕ  
СВОЙСТВ И ОБЛАСТЕЙ ПРИМЕНЕНИЯ»**

**Выполнила: Хабибрахманова Айгуль Рифатовна  
ученица 11 класса  
МБОУ «Олуязский лицей»  
Мамадышского муниципального района РТ**

**Научный руководитель: учитель химии Хасанов Х.Г.**

**2020 г.**

## Содержание

Введение	3
Основная часть.	
Глава I.	
Теоретические основы изучения наночастиц селенида кадмия	3-4
Глава II.	
1. Экспериментальная часть исследовательской работы	5-7
2. Социологический опрос	8
Глава III.	
Выводы и рекомендации	8-9
Приложение	10-17

## Введение

Наночастицы можно рассматривать как промежуточные образования между атомами, с одной стороны, и твёрдым состоянием - с другой. Они обладают изменяемым набором свойств, зависящих от размера. Одной из главных причин изменения физических и химических свойств частиц по мере уменьшения их размеров является возрастание в них относительной доли "поверхностных" атомов, находящихся в иных условиях, чем атомы объёмной фазы. С энергетической точки зрения уменьшение размеров частицы приводит к возрастанию доли поверхностной энергии в её химическом потенциале.

С одной стороны, нанотехнологии уже нашли сферы применения, с другой – они остаются для большинства населения областью научной фантастики. В будущем значение нанотехнологий будет только расти. В специализированной области это будет пробуждать интерес и стимулировать проведение исследовательских и опытно-конструкторских работ, а также работ по нахождению новых областей применения нанотехнологий.

Поскольку многие физические и химические свойства наночастиц, в отличие от объёмных материалов, сильно зависят от их размера, в последние годы проявляется значительный интерес к методам измерения размеров наночастиц в растворах: анализ траекторий наночастиц, динамическое светорассеяние, седиментационный анализ, ультразвуковые методы.

Наночастицы селенида кадмия относятся к полупроводниковым наночастицам. Квантовые точки-это полупроводниковые наночастицы, у которых электронные и оптические свойства зависят от их размера. В полупроводниках –валентная зона (высшая зона, занятая электронами) и зона проводимости (следующая зона, куда электрон может быть переведена) не перекрываются, и расстояние между ними составляет менее 3,5 эВ. Между этими зонами находится запрещенная зона, названная так, потому что электрон не может там находиться. Для того, чтобы перевести электрон из валентной

зоны в зону проводимости требуется энергия. Эта энергия, может быть получена при поглощении фотона (квант электромагнитного излучения или проще говоря элементарная частица света) с достаточной энергией. Чем больше энергия фотона (E), тем меньше его длина волны ( $\lambda$ ):

$$E \sim 1/\lambda$$

Таким образом, в зависимости от ширины запрещённой зоны полупроводника, могут поглотиться и выделиться (процесс излучения) фотоны обладающие разной энергией, соответствующие свету от УФ до ИК области.

Размер кристалла полупроводника оказывает сильное влияние на ширину запрещённой зоны. В полупроводниках длина волны де-Бройля электрона составляет примерно 100 нм. Таким образом, когда свободный электрон оказывается в кристалле полупроводника, размер которого L, хотя бы в одном направлении меньше или равен 100 нм начинает проявляться *эффект квантового ограничения* или *квантово-размерный эффект*.

Для возбуждения электрона в нанокристаллах полупроводника требуется большая энергия, чем в макрообъёме того же полупроводника. Ширина запрещённой зоны увеличивается с уменьшением размера кристалла, и это находит отражение на длине волны излучаемого наночастицами света, что дает возможность наблюдать квантово-размерный эффект наглядно.

### **Основная часть**

**Глава I. Тема исследовательской работы: «Синтез наночастиц селенида кадмия, изучение свойств и областей применения»**

**Гипотеза исследования:** наночастицы селенида кадмия обладают уникальными свойствами и являются перспективным материалом для светоизлучающих устройств

**Цель исследования:**

получение наночастиц селенида кадмия коллоидным методом и исследование их оптических свойств.

**Задачи:**

1. Освоить коллоидный метод синтеза наночастиц селенида кадмия.

2. Изучение оптических свойств наночастиц путем съемки спектров поглощения на спектрофотометре
3. Определение люминесцентных свойств полученных наночастиц при воздействии лазерного облучения
4. Определение перспективных направлений применения наночастиц

**Объект исследования:** наночастицы селенида кадмия

**Предмет исследования:** коллоидный метод синтеза полупроводниковых наночастиц (квантовые точки) селенида кадмия и их размерно-зависимые оптические свойства.

**Методы исследования:** накопление и отбор научной информации, наблюдение, измерение, сравнение, эксперимент, анализ и синтез.

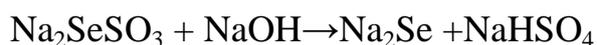
**Глава II.** Коллоидный синтез предполагает образование из ионов исходных веществ наночастиц, которые не растворимы в данном растворе. В данном случае мы получили наночастицы селенида кадмия методом смешивания растворов ацетата кадмия и селеносульфата натрия. Образующие при этом наночастицы обладают высокой поверхностной энергией, поэтому необходимо использовать стабилизатор, чтобы не произошла их агрегация и выпадение в виде осадка. В качестве стабилизатора использовали аминокислоту L-цистеин, который очень прочно закрепляется с поверхностью реагента и образует «шубу» вокруг наночастиц, не позволяющим частицам приблизиться друг к другу. L-цистеин закрепляется на поверхности с SH и NH<sub>2</sub> групп хвостами, а COOH группа остается снаружи.

Таким образом, хотя и соединение селенид кадмия не растворяется в воде, за счет стабилизации L-цистеином образуется стабильная жидкая система (наподобии раствора) наночастиц селенида кадмия в воде.

1. Мы приготовили растворы исходных реагентов путем взвешивания их необходимых количествах, соотношение ионов кадмия и селена составило 1:1, L-цистеин был использован в трех кратном избытке, для полного покрытия поверхности наночастиц.

2. Предварительно смешали 10 мл. раствора ацетата кадмия с концентрацией 5 мМ (0,005 моль/л) и 10 мл. раствора L-цистеина 15 мМ (0,015 моль /л)

3. В качестве источника селена использовали селеносульфат натрия. Селен в данном соединении не способен реагировать с ионами кадмия. Чтобы высвободить реакционноспособных ионов селена нам необходимо провести щелочной гидролиз



В связи с этим мы повысили рН реакционной смеси до 12, добавлением раствора гидроксида натрия.

4. К подготовленному раствору при постепенном перемешивании с помощью магнитной мешалки добавили 10 мл. раствора селеносульфата натрия с концентрацией 5 мМ (0,005 моль/л.). После добавления засекали время начала реакции.

5. С целью контроля оптических свойств проводили отбор проб через 1,3,7,10 минут после начала реакции. Протекание реакции наглядно видно по постепенному пожелтению раствора. Со временем скорость роста наночастиц сильно замедляется, поэтому после 7 минут нагрели реакционную смесь до 80 градусов для ускорения скорости реакции.

6. На следующем этапе провели исследование оптических свойств отобранных проб. Образование наночастиц кадмия и оптические свойства в растворе можно доказать наличием пика поглощения. Для наночастиц кадмия он находится в диапазоне 320-480 нм. Для этого сняли спектры поглощения растворов отобранных в разное время спектрофотометром, подсоединенным к персональному компьютеру. В спектрах поглощения можно увидеть интенсивный пик, который с течением времени смещается в правую длинноволновую область. Это связано с ростом наночастиц. Квантовые точки- это полупроводниковые наночастицы, оптические свойства которых зависит от их размера. Состав полученных квантовых точек одинаковый, они отличается только размерами. Следовательно, контролируя их размеры,-путем остановки

роста частиц в любой момент времени мы можем управлять их оптическими свойствами. Кроме светопоглощающих свойств, квантовые точки обладают светоизлучающими, то есть люминесцентными свойствами, что предопределяет их широкое использование в светоизлучающих устройствах, мониторах современных телевизоров и т.д. Их светоизлучающие свойства также зависят от их размера. Так, при воздействии лазерной указкой, излучающий фиолетовый цвет квантовые точки поглощают и излучают разные цвета в зависимости от их размера и времени снятия пробы. Например, проба, отобранная через 1 минуту излучает яркий зеленый цвет, проба снятая через 3 минуты светит желтым цветом, а у пробы снятой через 7 минут оранжевая люминесценция, проба отобранная через 10 минут излучает слабым красным цветом.

По графику легко определить, что с ростом размера наночастиц их люминесцентные свойства, также и светопоглощающие свойства сдвинуты в правую длинноволновую область.

Средний размер частиц можно определить относительно по пикам поглощения согласно справочным данным.

В нашем случае пик поглощения наночастиц селенида кадмия для первой пробы 400 нм, что соответствует среднему размеру частиц 1,5 нм. С увеличением размера наночастиц максимум поглощения смещается в длинноволновую область. К 10 минутам пик поглощения смещается за 420 нм., что соответствует размеру наночастиц 1,7 нм.

В результате получения и исследования наночастиц селенида кадмия мы установили, что наночастиц селенида кадмия можно синтезировать в школьной химической лаборатории при соблюдении специальных условий, также определили оптические свойства наночастиц.

## **2. Социологический опрос**

Мной была проведена опытно –поисковая работа: социологический опрос.

Суть опроса –выяснить информированность различной возрастной категории людей о наночастицах.

Социологический опрос показал следующее:

1.90% сельского населения не знают или мало информированы о существовании наночастиц.

2.10% населения среднего возраста знают о наночастицах, но мало осведомлены об областях применения этих частиц.

3.75% учащихся лица мало знают о наночастицах.

4.25% учащихся из старших классов знают о наночастицах, но мало осведомлены об областях применения этих частиц.

Вывод: 1.Население плохо информировано о существовании наночастиц.

2.Население плохо информировано об областях применения материалов с использованием наночастиц.

### **Глава III. Выводы и рекомендации**

**Наши выводы:** Коллоидный синтез позволяет получить квантовые точки излучающие разный цвет оригинальными методами.

Хорошие люминесцентные свойства позволяют их использовать в современных светоизлучающих устройствах и в дисплеях, например, они улучшают четкость изображения в современных телевизорах.

#### **Мы рекомендуем применить квантовые точки:**

1. В качестве светоизлучающего слоя в светодиодах.
2. В лазерных установках
3. В солнечных батареях
4. В качестве флуоресцентных меток на денежных купюрах
5. Для применения в теплицах за счет поглощения и перевода вредного ультрафиолетового излучения в желтый и красный цвет, полезный для растений.
6. В лазерах для чтения компакт дисков.
7. В медицине для обнаружения раковых заболеваний.
- 8.Для использования в качестве флуоресцентных меток в иммунохимических методах анализа.

## **Список использованной литературы**

1.ГофтманВ.В., Сперанская Е.С., Горячева И.Ю. Квантовые точки на основе селенида кадмия: синтез, модификация поверхности, перспективы применения.

Саратовский государственный университет. 2015 г.75-83с.

2.Лукашин А.В., Елисеев А.А. Синтез полупроводниковых наночастиц сульфида свинца и сульфида кадмия. МГУ 2011г.38 с.

3.В.Я.Демиховский. Квантовые ямы, нити, точки. Что это такое? Соросовский образовательный журнал. Нижегородский государственный университет.1997г.80-86 с.

## Приложение



**Взвешивание исходных реагентов: ацетата кадмия, L-цистеина, гидроксида натрия**

**Приготовление исходных растворов**



**Смешивание реагентов, начало коллоидного синтеза**



**Контроль за ходом синтеза проводили путем отбора проб через 1, 3, 7, 10 минут**



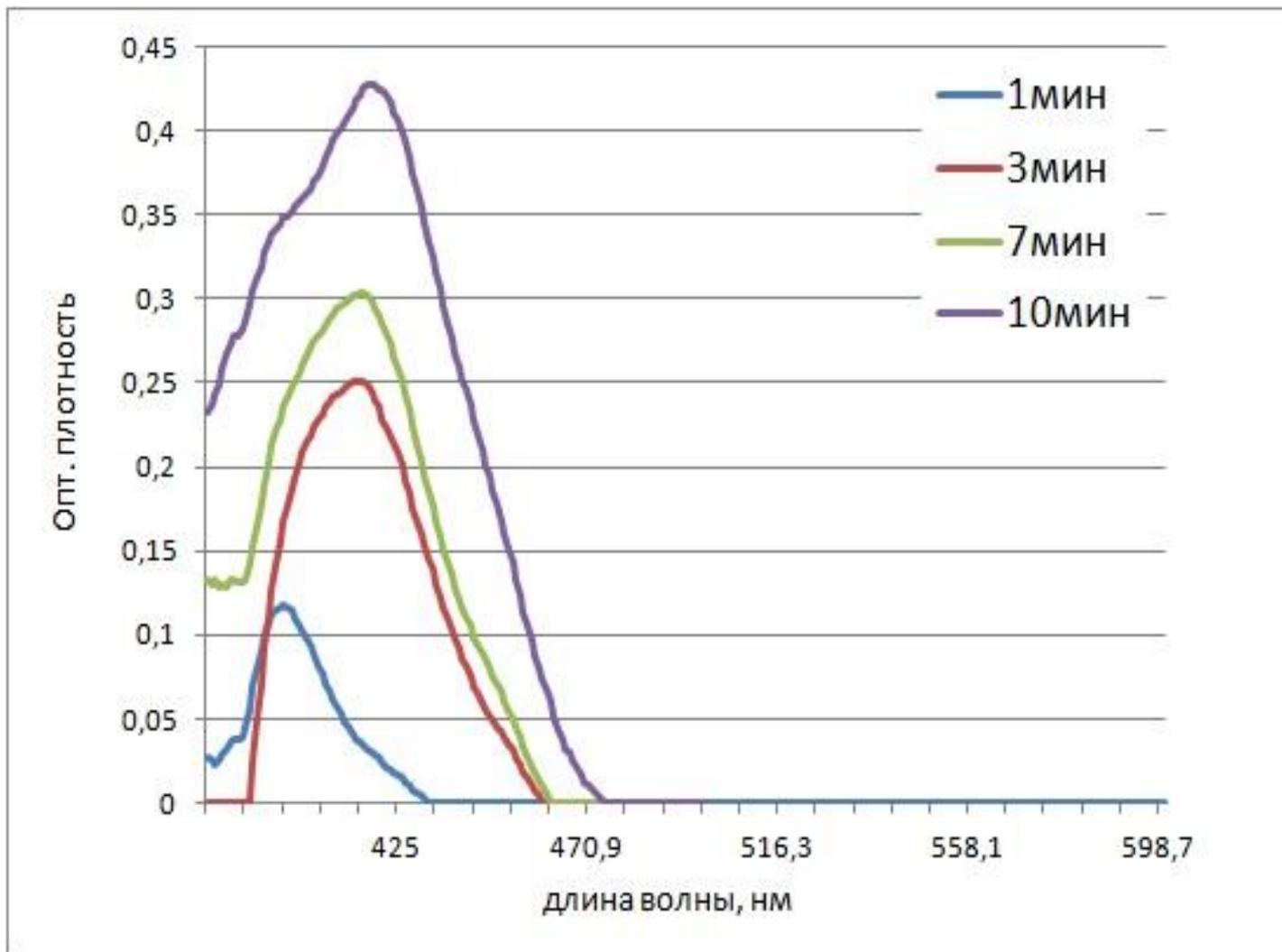
**Постепенно раствор желтеет в результате образования коллоидных квантовых точек CdSe**



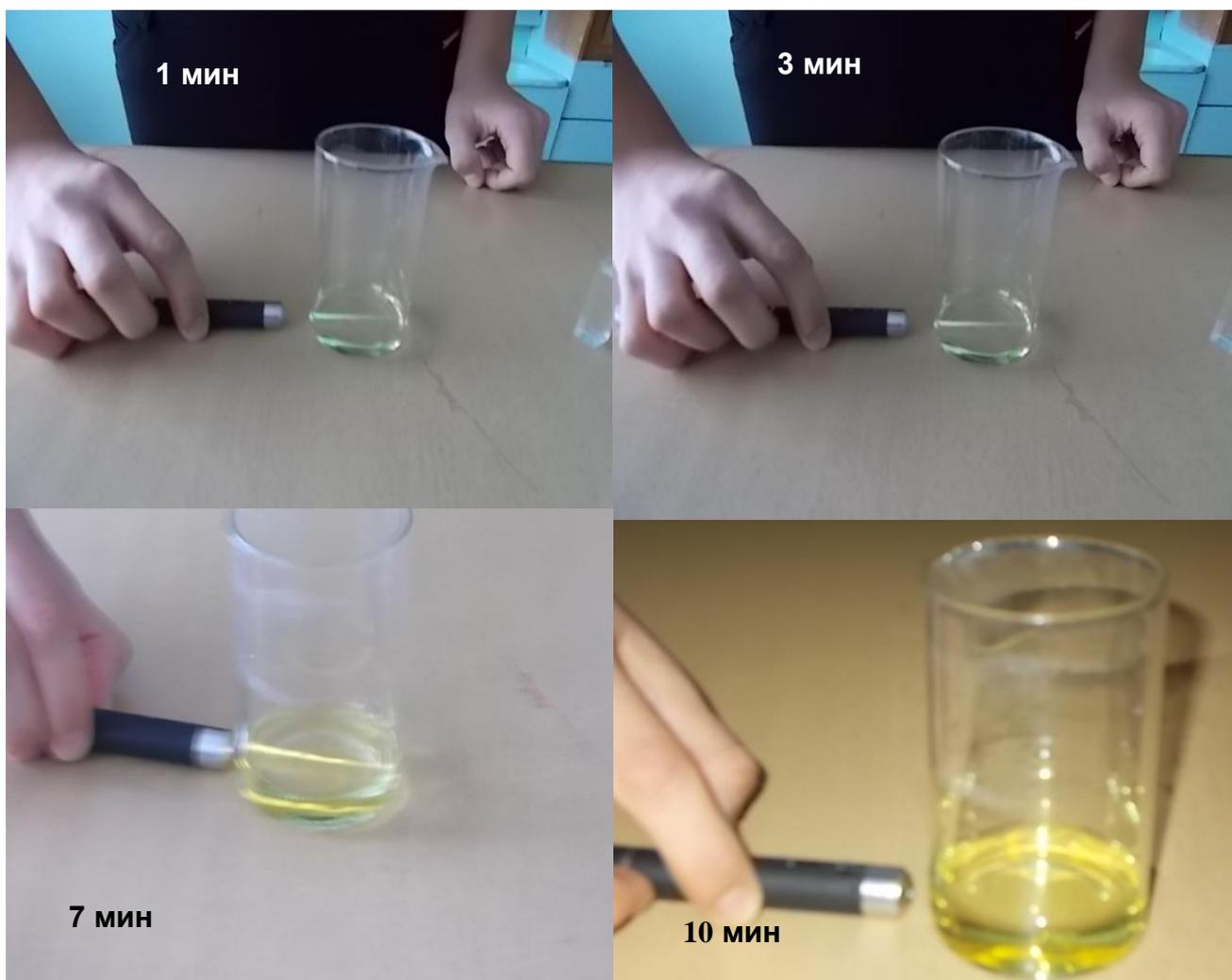
**Со временем реакция замедляется, поэтому реакционную смесь нагрели до 80 С**



**Исследование спектров поглощения отобранных проб на портативном спектрофотометре**



**Со временем синтеза, пик поглощения смещается вправо из-за роста наночастиц**

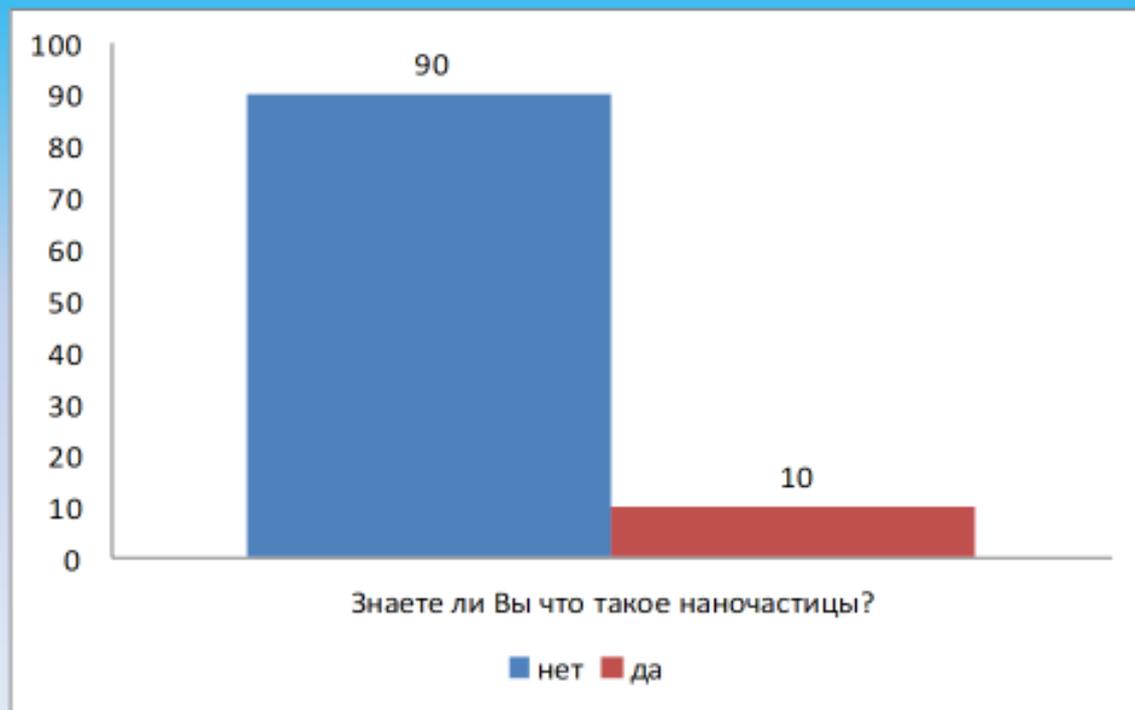


**В зависимости от размера, полученные наночастицы излучают разный свет при воздействии на них фиолетовым лазером**

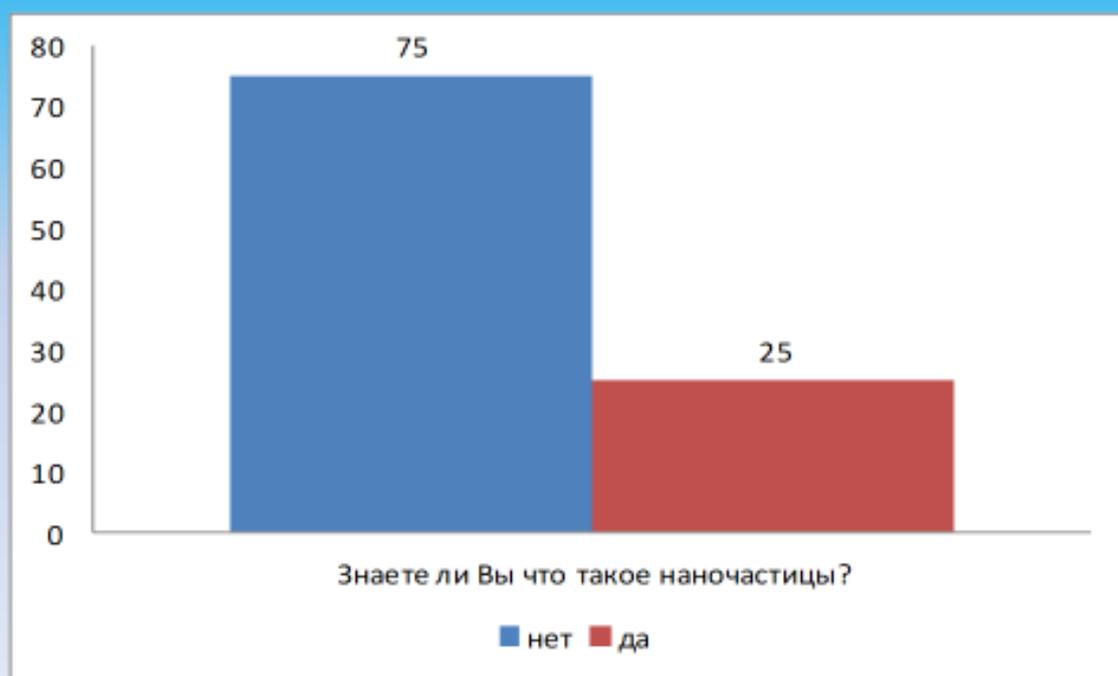


**Таким образом, полученные наночастицы являются квантовыми точками, то есть проявляют размерно-зависимые оптические свойства**

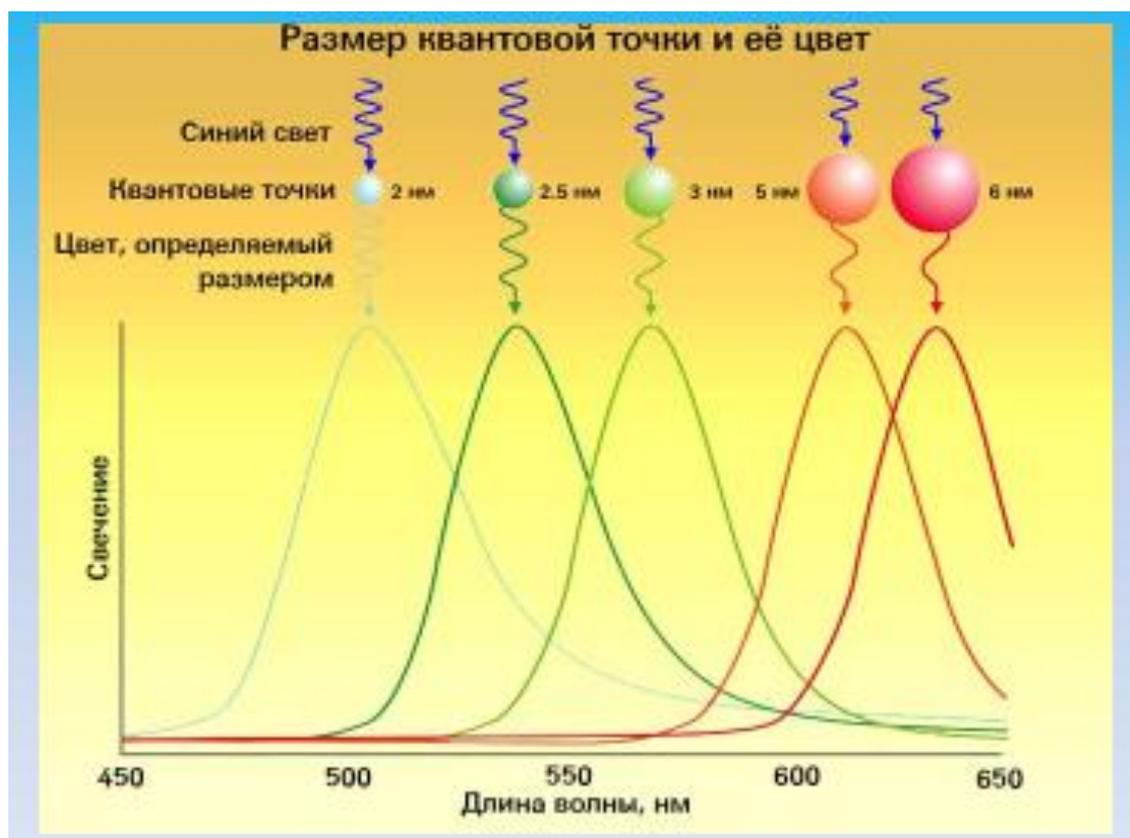
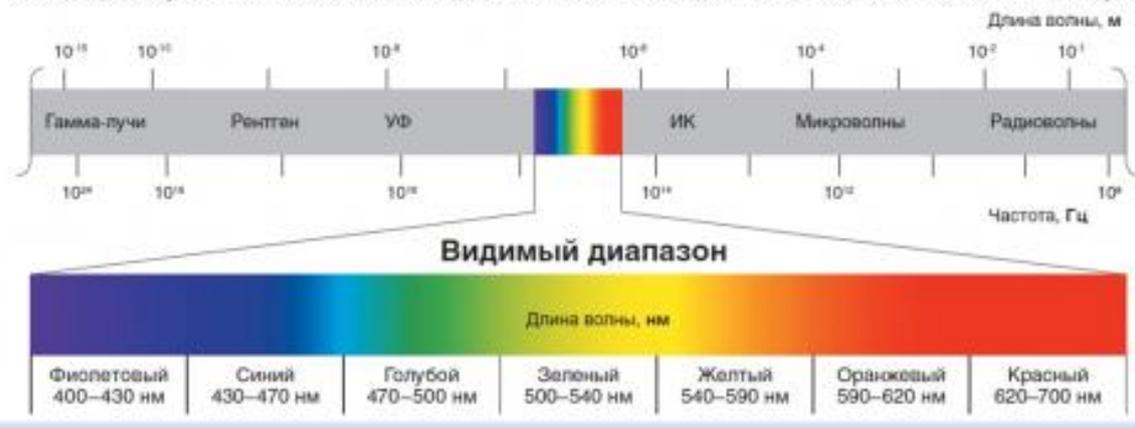
## Опрос среди сельского населения.



## Опрос среди учащихся лицей.

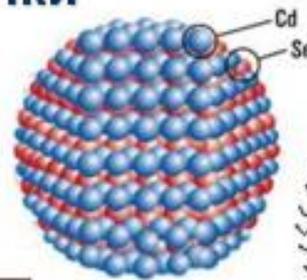


Светодиоды излучают свет только в видимом для человеческого глаза диапазоне — обычный свет без ИК- и УФ-лучей.



# Квантовые точки

**Квантовые точки** – наночастицы полупроводника, покрытые слоем стабилизатора



Строение наночастицы селенида кадмия



Квантовая точка в защитной оболочке

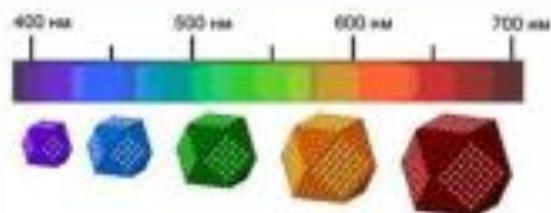
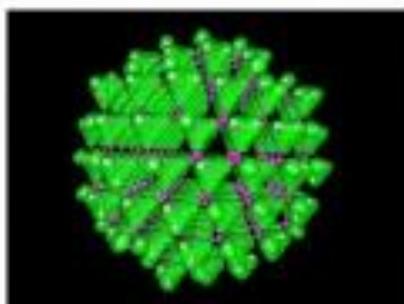


Флуоресценция квантовых точек

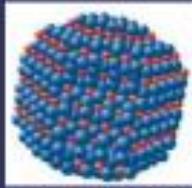


Видеолекции - <http://binom.vidicor.ru>

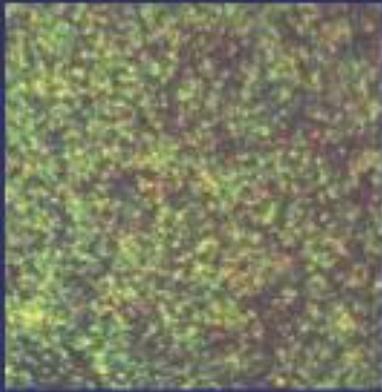
Квантовые точки имеют нанометровые размеры по всем трем измерениям, лежат в основе лазеров на квантовых точках, использующихся сейчас для чтения компакт-дисков (CD).



## Квантовые точки (Quantum Dots)

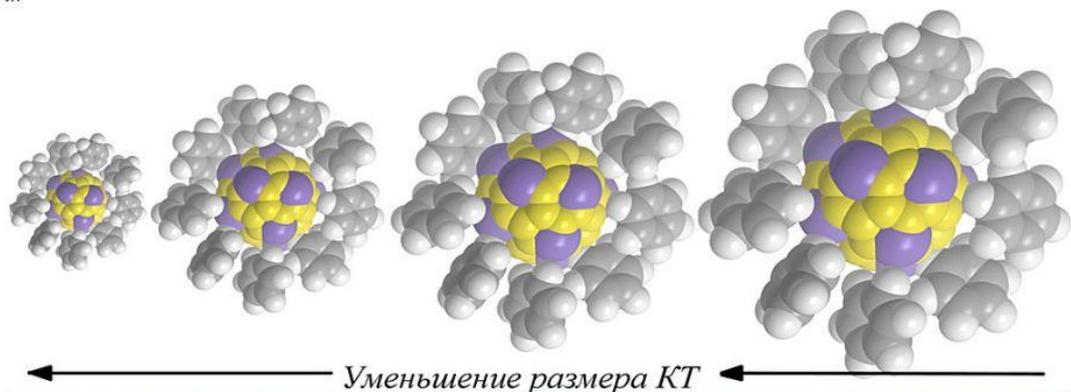


Нанокристалл с селенида кадмия  
диаметром в пятнадцать атомов



Скопление разных квантовых точек,  
облучаемых лазером

- кристаллы полупроводников нанометрового размера, которые имеют уникальные свойства, в т.ч. способность настраиваемой интенсивной люминесценции в узкой полосе от ИК до УФ в ответ на облучение с определённой частотой
- применение: раннее выявление заболеваний, в т.ч. опухолей
- Квантовые точки могут быть химически связаны с биологическими молекулами типа пептидов, белков или ДНК. И эти комплексы могут быть спроектированы так, чтобы обнаруживать другие молекулы, типичные для поверхности раковых клеток
- Возможно выявление 10 – 100 раковых клеток



Уменьшение размера КТ



Изменение цвета (полосы испускания) коллоидного раствора частиц CdSe в оболочке ZnSe в зависимости от размера квантовых точек.