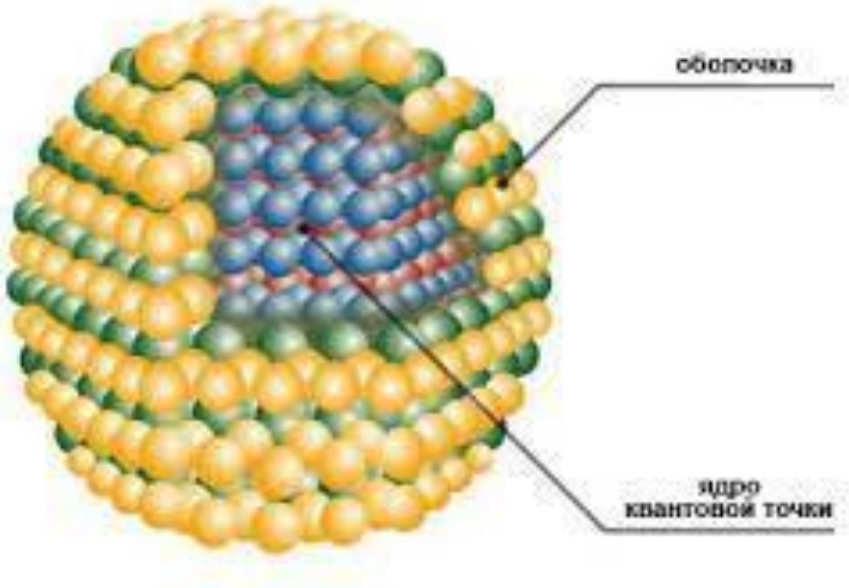
Уральский федеральный университет

Коллоидно-химический синтез квантовых точек на основе сульфидов свинца и кадмия

Студент группы Х – 410101:
Третьяков А.В.
Кафедра Физической и Коллоидной химии

Руководитель, профессор, д.х.н.:
Марков В. Ф.

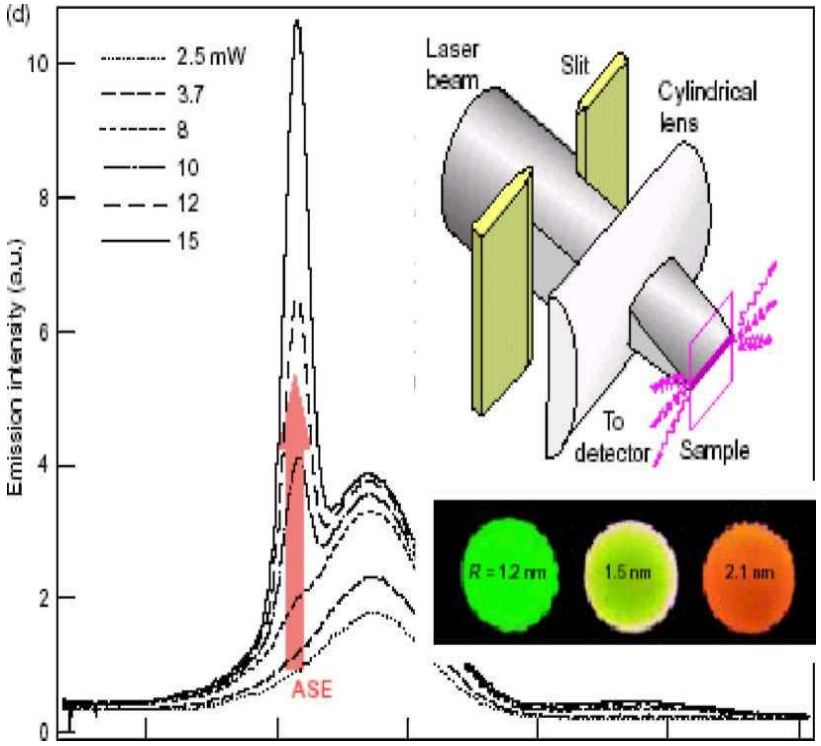
Квантовая точка — фрагмент проводника или полупроводника, носители заряда (электроны или дырки) которого ограничены в пространстве по всем трём измерениям. Размер квантовой точки должен быть настолько мал, чтобы квантовые эффекты были существенными.



Применение квантовых точек

Материалы для лазеров

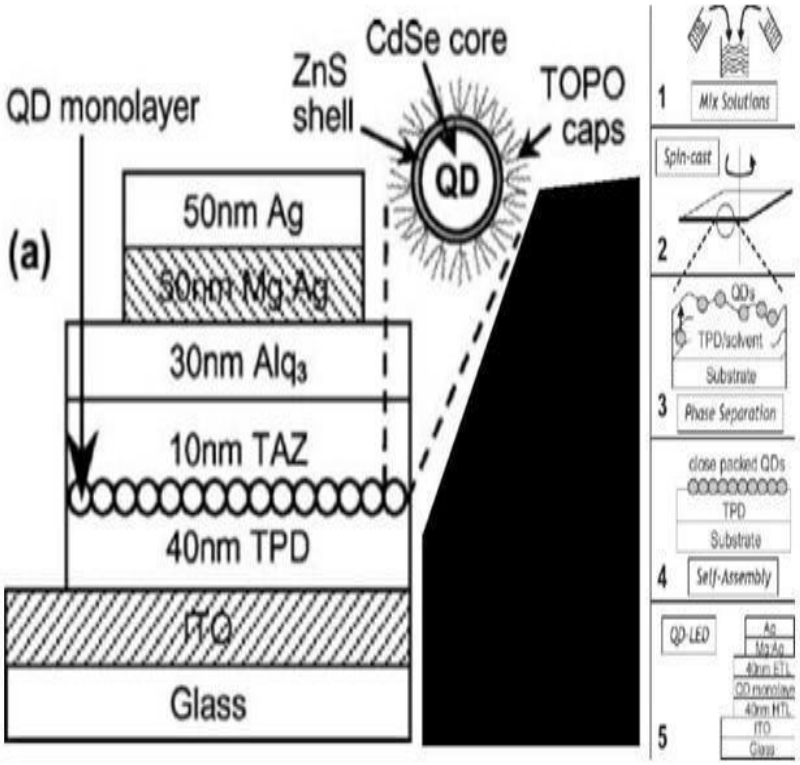
Возможность варьирования длины волны люминесценции принципиальное преимущество для создания новых лазерных сред. В существующих лазерах длина волны люминесценции является фундаментальной характеристикой среды и возможности ее варьирования ограничены (лазеры с перестраиваемой длиной волны используют свойства резонаторов и более сложные эффекты). Другое преимущество квантовых точек – высокая фотостойкость по сравнению с органическими красителями.



Применение квантовых точек

Материалы для светодиодов

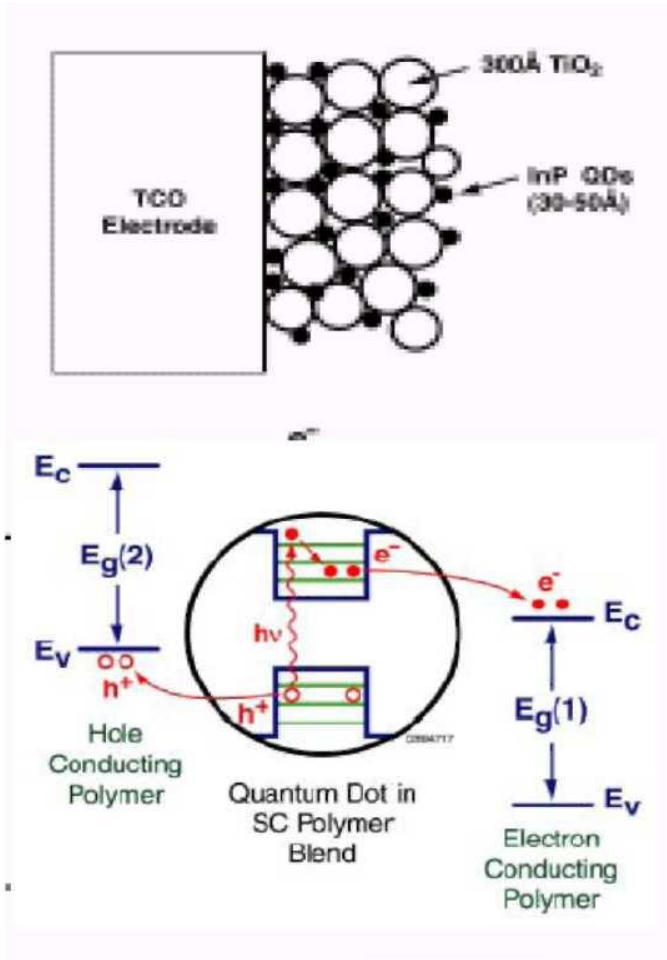
Возможность варьирования длины волны люминесценции и легкость создания тонких слоев на основе квантовых точек представляют большие возможности для создания светоизлучающих устройств с электрическим возбуждением - светодиодов. Для создания светоизлучающего диода монослой квантовых точек помещается между слоями, имеющими проводимость p- и n-типов. В этом качестве могут выступать проводящие полимерные материалы, которые относительно хорошо разработаны в связи с технологией OLED, и легко могут быть сопряжены с квантовыми точками



Применение квантовых точек

Материалы для солнечных батарей

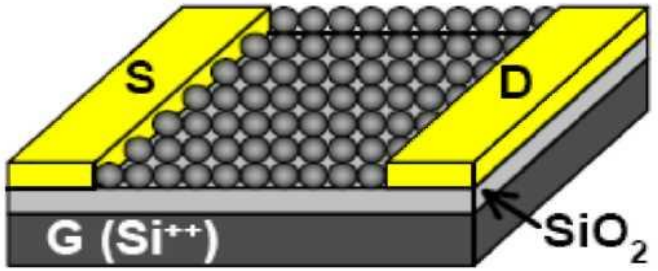
Создание солнечных батарей является является одной из перспективных областей применения коллоидных квантовых точек. На настоящий момент наиболее высоким коэффициентом преобразования (до 25%) обладают традиционные батареи на кремнии. Однако они достаточно дороги и существующие технологии не позволяют создавать батареи большой площади (либо это является слишком дорогим производством).

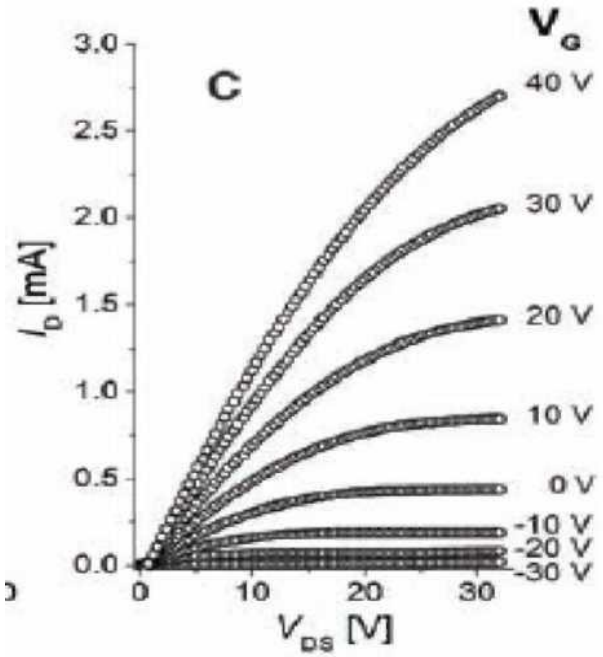


Применение квантовых точек

Материалы для полевых транзисторов

В 2005 г. К.Мюрреем и Д.Талапиным сообщено о создании тонкопленочного полевого транзистора на основе квантовых точек PbSe с использованием молекул гидразина для пассивации поверхности. Как показано, для создания проводящих слоев перспективными являются халькогениды свинца вследствие высокой диэлектрической проницаемости и высокой плотности состояний в зоне проводимости.

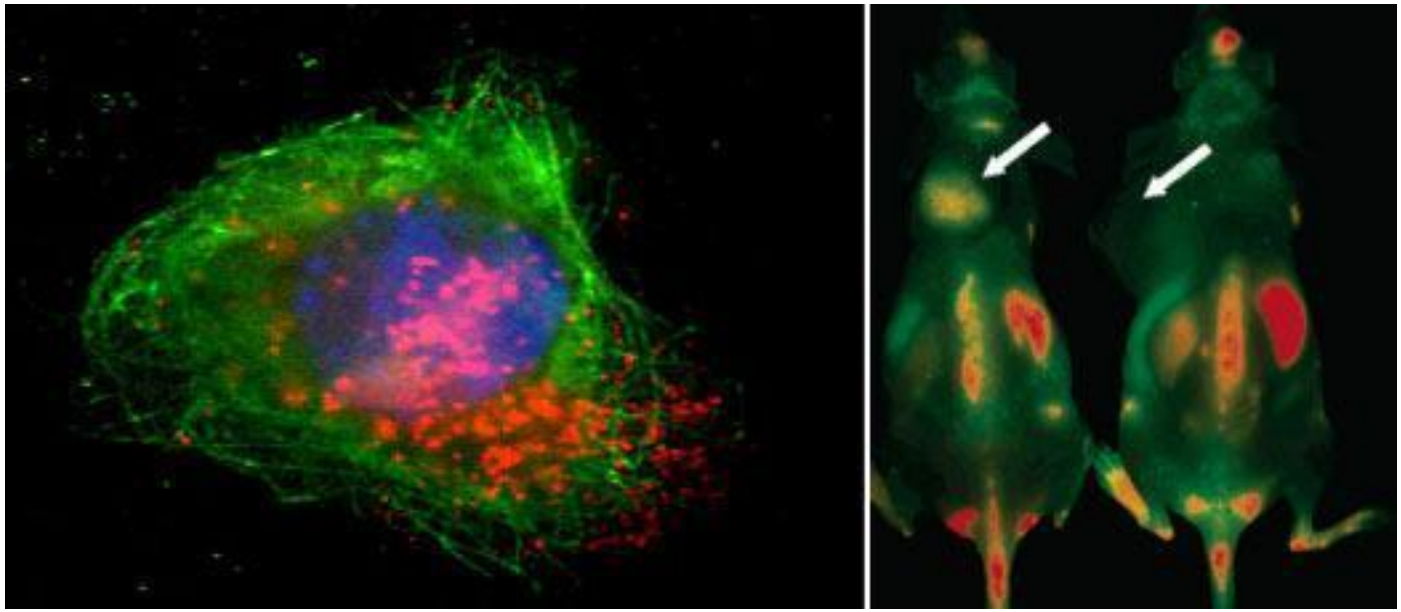




Применение квантовых точек

Материалы для биометок

Создание флуоресцентных меток на основе квантовых точек является весьма перспективным. Можно выделить следующие преимущества квантовых точек перед органическими красителями: возможность контроля длины волны люминесценции, высокий коэффициент экстинкции, растворимость в широком диапазоне растворителей, стабильность люминесценции к действию окружающей среду, высокая фотостабильность.



Свойства квантовых точек

- Высокая фотостабильность, которая позволяет многократно увеличивать мощность возбуждаемого излучения и длительно наблюдать за поведением флуоресцентной метки в реальном времени
- Широкий спектр поглощения – благодаря чему КТ с разным диаметром могут быть одновременно возбуждены источником света с длиной волны 400 нм (или другой), при этом длина волны эмиссии этих образцов изменяется в диапазоне 490 – 590 нм (цвет флуоресценции от голубого до оранжево-красного)
- Симметричный и узкий (ширина пика на полувысоте не превышает 30 нм) пик флуоресценции КТ упрощает процесс получения разноцветных меток
- Яркость свечения КТ настолько высока, что они оказываются детектируемыми как единичные объекты с помощью флуоресцентного микроскопа

Методы получения квантовых точек

1. Молекулярно – лучевая эпитаксия
2. Газофазная эпитаксия
3. Нанолитография
4. Коллоидный синтез в неполярных растворителях
5. Гидрохимический синтез

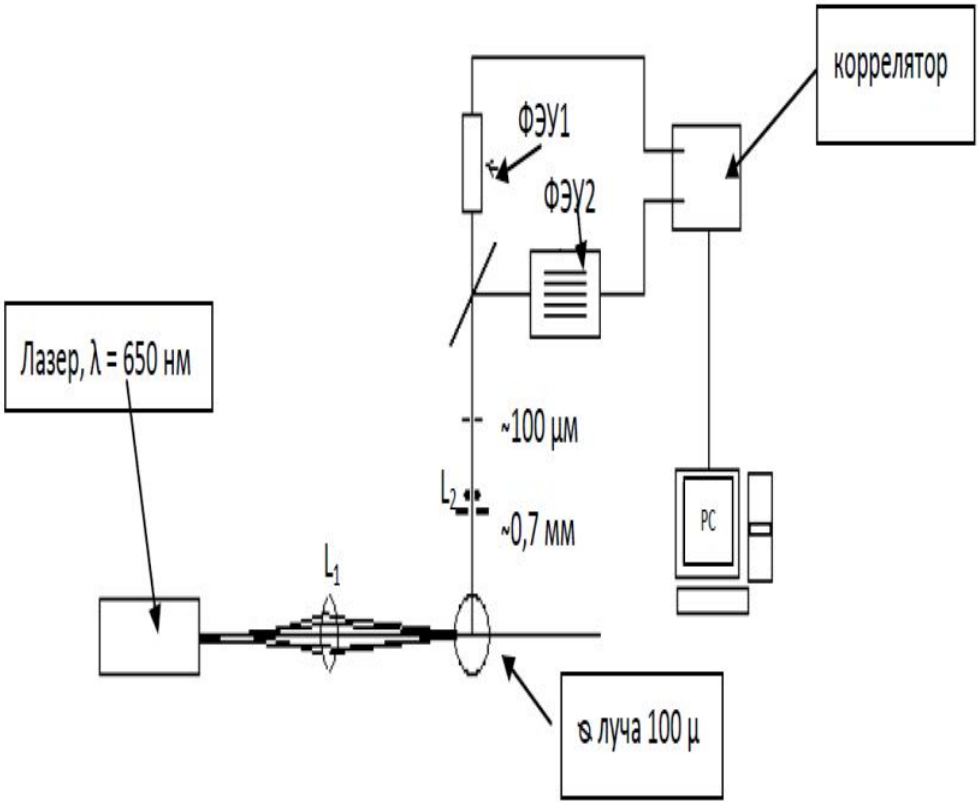
Уральский федеральный университет

Преимущества гидрохимического синтеза

- высокая производительность
- экономичность
- простота технологического оформления
- возможность нанесения частиц на поверхность сложной формы и различной природы
- возможность легирования слоя органическими ионами или молекулами, не допускающими высокотемпературный нагрев
- возможность «мягкохимического» синтеза

Основной метод определения размеров частиц КТ

Спектрофотометр Photocor Compact



Цель и объект исследования

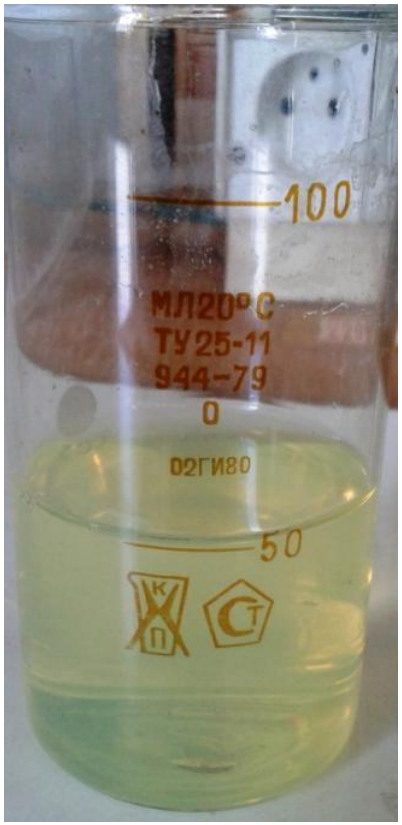
Цель работы: получение коллоидных растворов квантовых точек CdS, PbS, а также твердого раствора CdS-PbS методом гидрохимического синтеза и исследование зависимости размеров от концентрации реагентов

Объекты исследования: квантовые точки на основе CdS, PbS и твердого раствора CdS-PbS, полученные гидрохимическим осаждением при использовании в качестве халькогенизатора тиомочевины.

Синтез квантовых точек на основе CdS

Состав рецептуры :

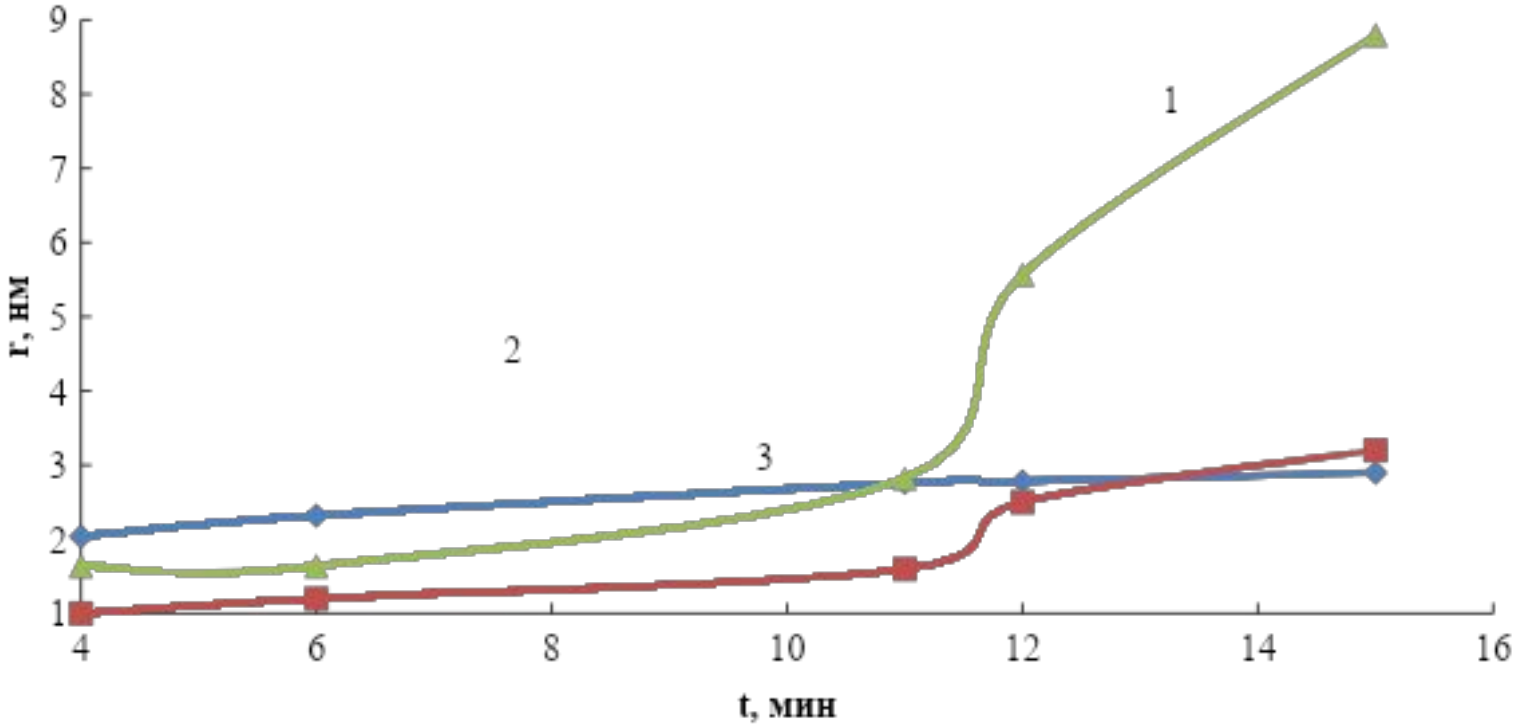
- **Хлорид кадмия**
- **Цитрат натрия**
- **Гидроксид натрия**
- **Тиомочевина**
- **Праестол**



Видимый свет

УФ облучение

Кинетическая зависимость размера квантовых точек на основе CdS от начальной концентрации соли кадмия



[$CdCl_2$]=0.005M (1), [$CdCl_2$]=0.01M (2), [$CdCl_2$]=0.02M (3)

Результат обработки корреляционной функции КТ CdS

❖ **Distribution analysis**

Fitting range : [40; 160] channels
Number of Intervals : 200
Boundaries : [1.7e-4; 2.4e+9]
Resolution : 0

Peak Num	Area	Mean	Position	STD
1	0.001	0.042	0.043	0.006
2	0.004	2.316	2.191	0.374
3	0.047	18.82	18.21	4.112
4	0.562	114.7	111.8	34.91
5	0.087	1227.	1258.	284.8
6	0.299	9.1e+6	3.4e+5	2.5e+7

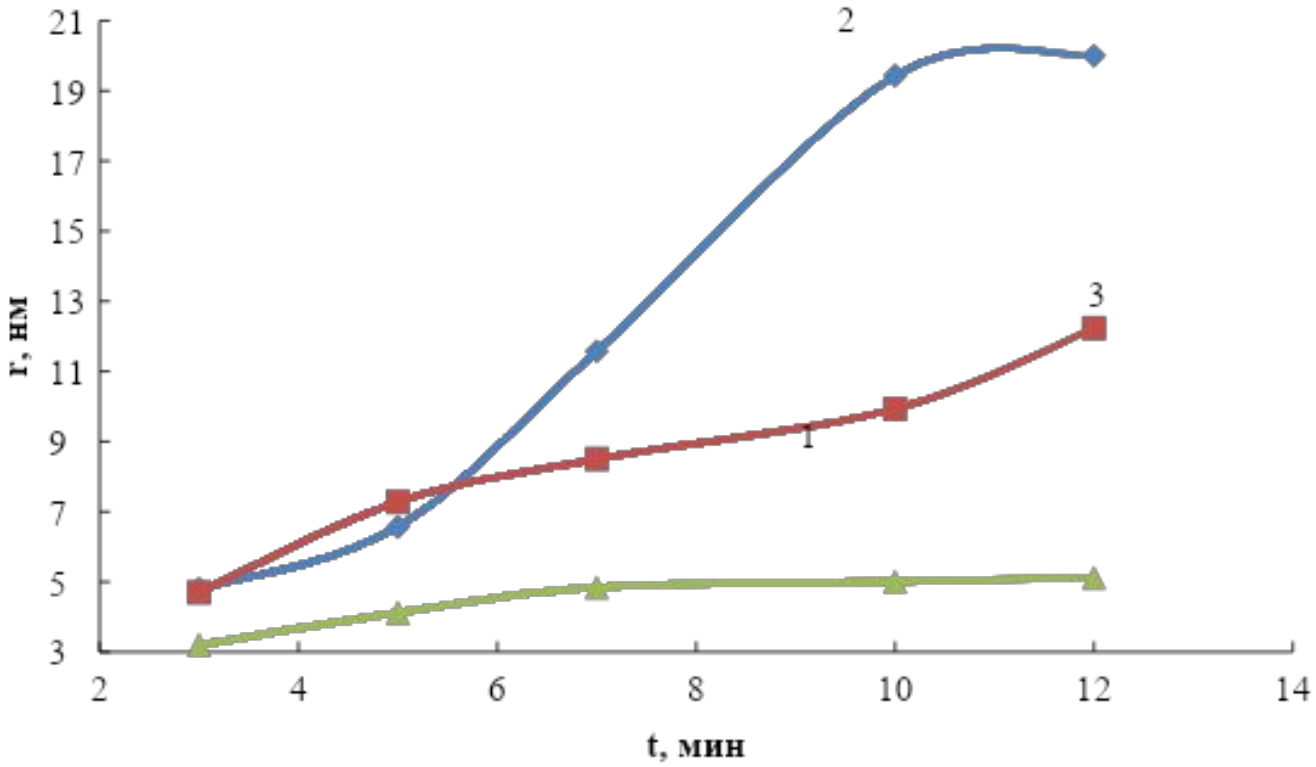
χ^2 : 2.0e-4

Получение квантовых точек на основе PbS

Состав рецептуры :

- **Ацетат свинца**
- **Цитрат натрия**
- **Гидроксид натрия**
- **Тиомочевина**
- **Трилон Б**

Кинетическая зависимость размера квантовых точек на основе PbS от начальной концентрации соли свинца



[$PbAc_2$]=0.05M (1), [$PbAc_2$]=0.01M (2), [$PbAc_2$]=0.02M (3)

Обработка корреляционной функции КТ PbS

❖ **Distribution analysis**

Fitting range : [40; 150] channels
Number of Intervals : 200
Boundaries : [1.8e-4; 2.4e+9]
Resolution : 0

Peak Num	Area	Mean	Position	STD
1	0.008	7.617	7.521	1.516
2	0.745	127.6	133.2	35.48
3	0.247	3.0e+5	7907.	6.7e+5

χ^2 : 1.6e-4

Получение квантовых точек на основе твердого раствора CdS - PbS

Состав рецептуры :

- **Хлорид кадмия**
- **Ацетат свинца**
- **Цитрат натрия**
- **Гидроксид натрия**
- **Тиомочевина**
- **ПАВ Праестол**

Результат обработки корреляционной кривой для твердого раствора CdS-PbS

❖ **Distribution analysis**

Fitting range : [40; 155] channels
Number of Intervals : 200
Boundaries : [1.7e-4; 2.4e+9]
Resolution : 0

Peak Num	Area	Mean	Position	STD
1	0.002	0.226	0.227	0.017
2	0.006	2.018	1.883	0.214
3	0.068	21.00	21.18	2.763
4	0.334	111.3	111.8	15.71
5	0.590	8313.	7725.	2512.

χ^2 : 3.5e-4

Экономическое исследование

№	Наименование статей расходов	Сумма, руб.	Удельный вес в общей сумме затрат, %
1	Материалы и реактивы	406,36	2,18
2	Электроэнергия	215,04	1,16
3	Заработная плата	12833,71	68,98
4	Страховые взносы	1450,11	7,79
5	Услуги сторонних организаций	600	3,22
6	Накладные расходы	3101,04	16,67
Всего		18606,26	100,00

Выводы

- Установлено, что среди различных методик получения наноматериалов метод осаждения из водных растворов является наиболее простым, доступным в приборном оформлении и наименее дорогостоящим.
- В ходе эксперимента были получены водные растворы квантовых точек на основе сульфида свинца, кадмия, а также на основе твердого раствора CdS-PbS методом гидрохимического осаждения.
- Показано определение размеров частиц квантовых точек методом фотонной корреляционной спектроскопии на приборе Photocor Compact. Установлена пропорциональная зависимость длины волны люминесценции и ее интенсивности от размеров частиц.
- Рассмотрено влияние изменения исходной концентрации соли металла на динамическое изменение размеров частиц. Выявлено, что концентрация соли кадмия незначительно влияет на изменение размеров КТ CdS, в то время как при изменении концентрации соли свинца имеет место изменение размеров частиц PbS. Все изменения проводились в оптимальном диапазоне концентрация, также установленном экспериментально.
- В работе рассмотрены вопросы безопасности труда в лаборатории.
- Рассмотрены экономические аспекты ВКР. Основную часть расходов составляют затраты на материалы и реактивы, а также на услуги сторонних организаций, то есть на исследование полученных образцов.

Спасибо за внимание!