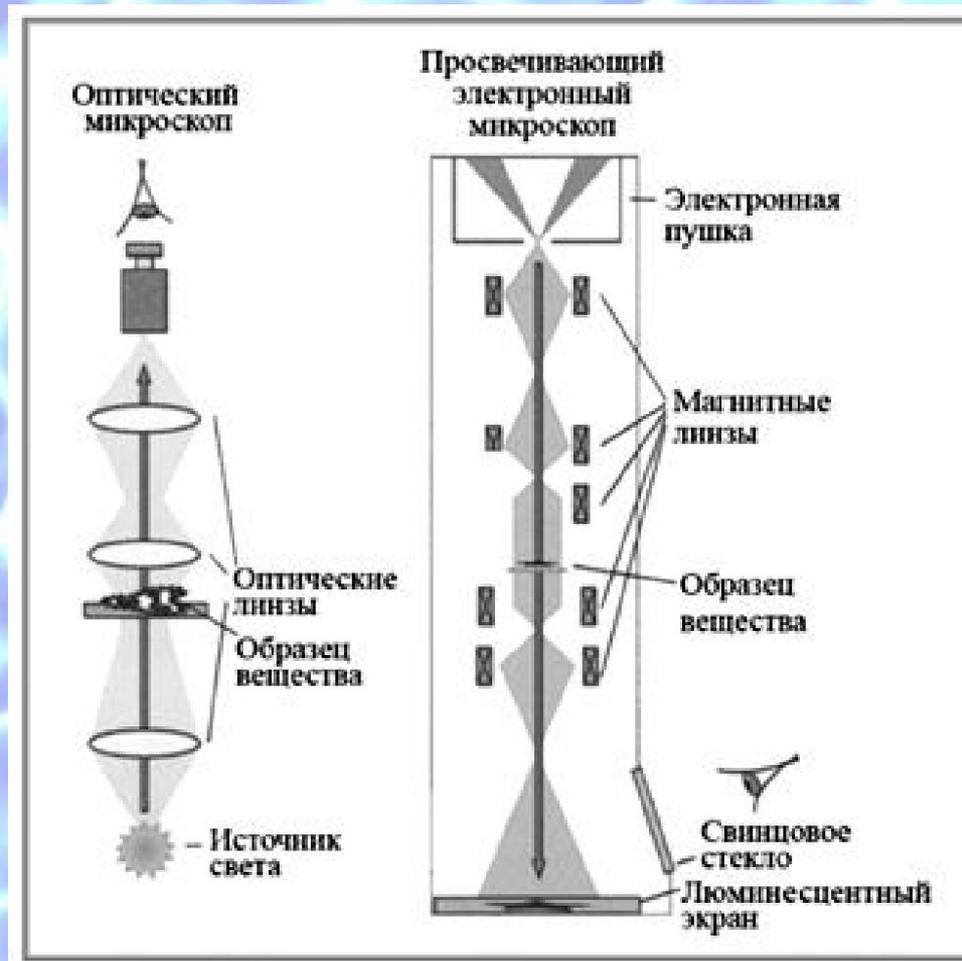


Лекция 2

Методы измерения и синтеза наночастиц

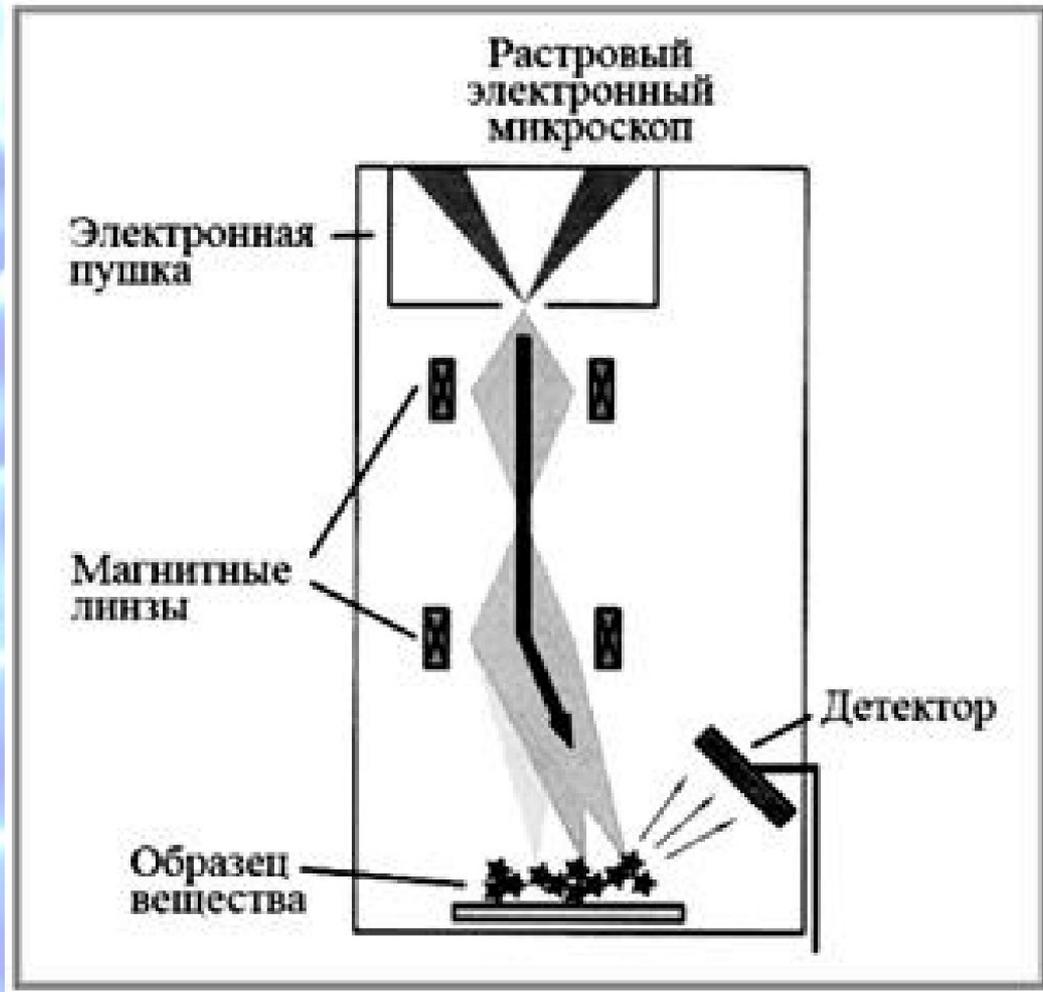


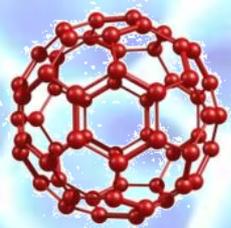
Сравнение оптического и электронного микроскопов





Устройство сканирующего (растрового) электронного микроскопа



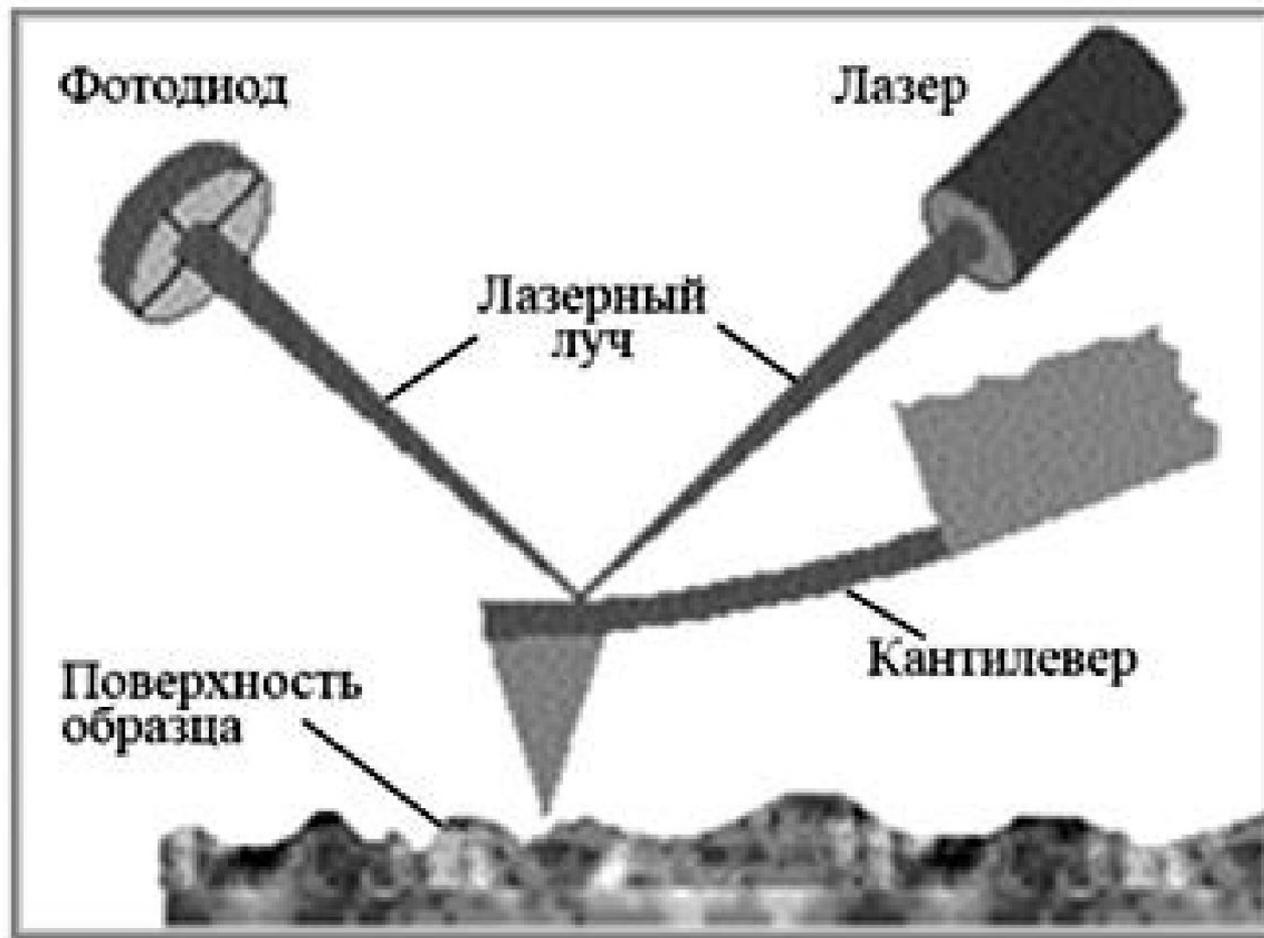


Схематическое изображение и электронная микрофотография типичного кантилевера с зондом





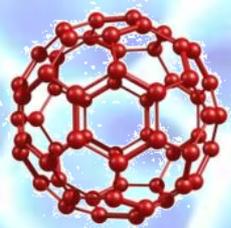
Схема системы детектирования изгиба кантилевера оптической системой





Все методы получения наноматериалов можно разделить на две большие группы по типу формирования наноструктур: подход «сверху вниз» (bottom-up) характеризуется ростом наночастиц или сборкой наночастиц из отдельных атомов; а методы, относящиеся к группе «снизу вверх» (top-down), основаны на “дроблении” частиц до наноразмеров





(CVD – *chemical vapor deposition*)

(PVD – *physical vapor deposition*)

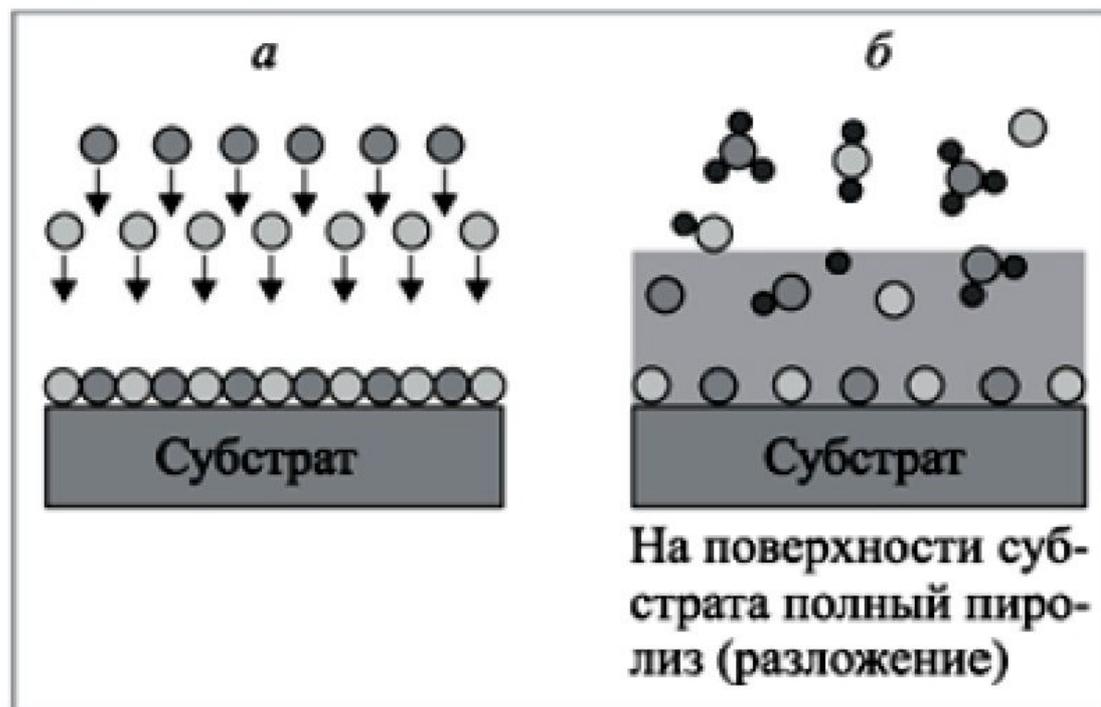
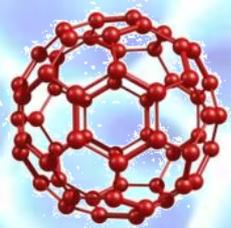


Рис. 1. Сравнение физического (а) и химического (б) осаждения



Золь-гель метод

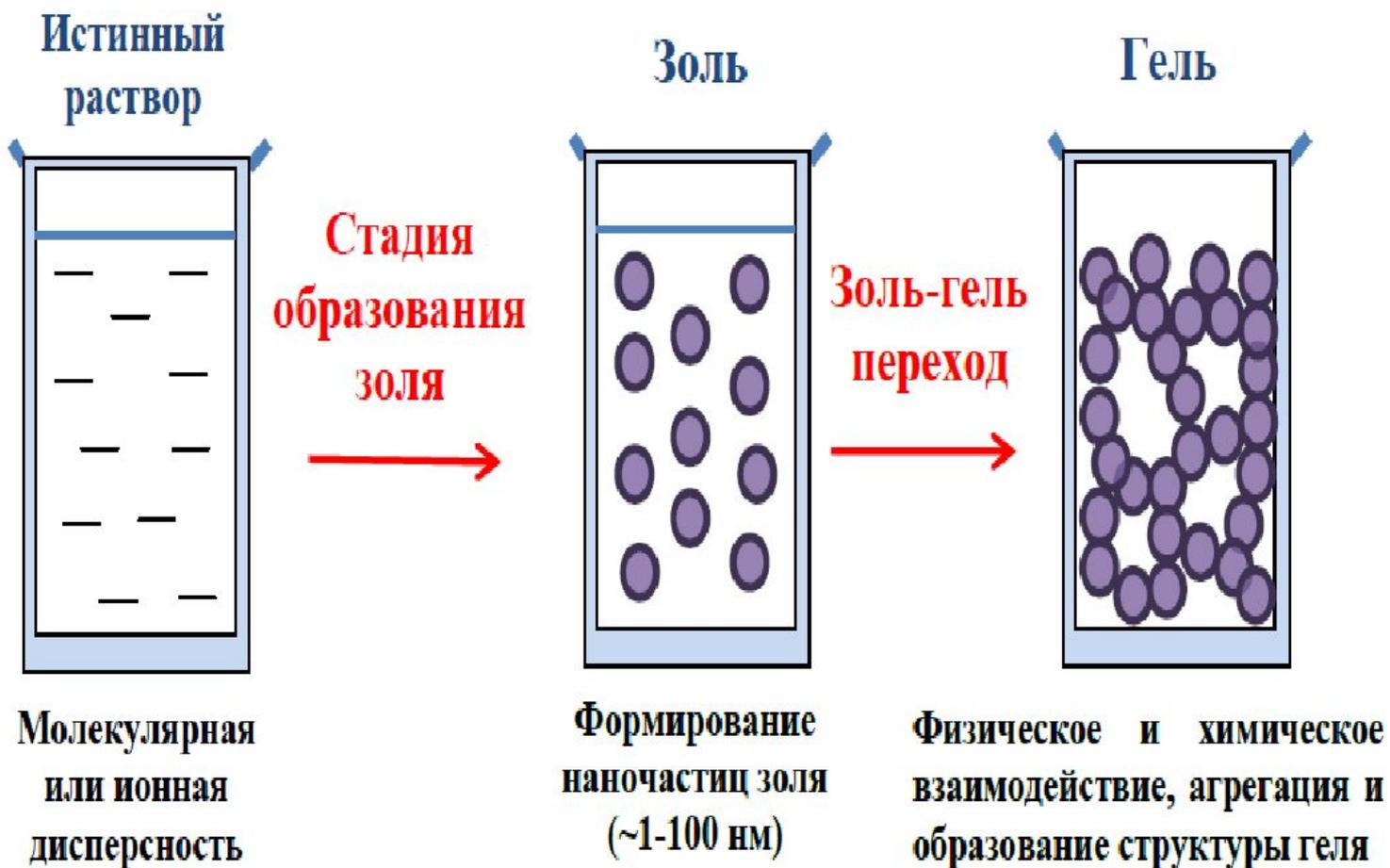


Рис. 7. Схема перехода истинного раствора в золь и далее в гель



Фрактальность

Термин “фрактал” предложен Бенуа Мандельбротом в 1975 г. [17]. Слово *фрактал* образовано от латинского *fractus* и в переводе означает *состоящий из фрагментов, дробный*. Мандельброт стал называть фракталом структуры, состоящие из частей, которые в каком-то смысле подобны целому. Таким образом, одно из основных свойств фрактальных объектов – *самоподобие*⁶.



1



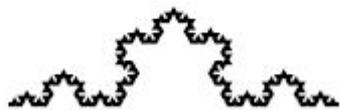
2



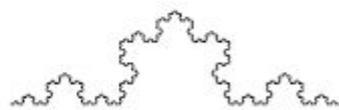
3



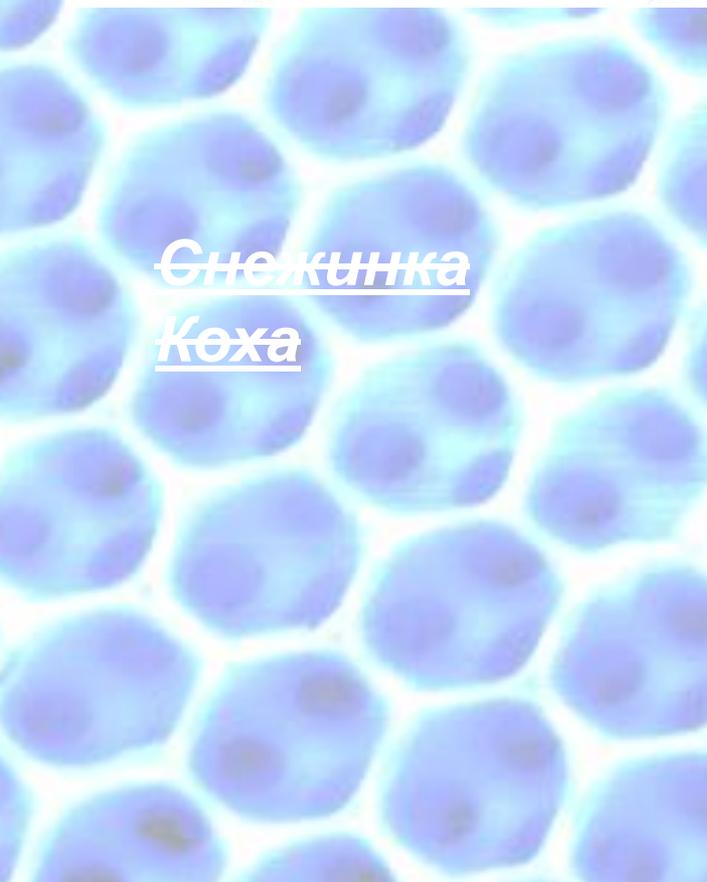
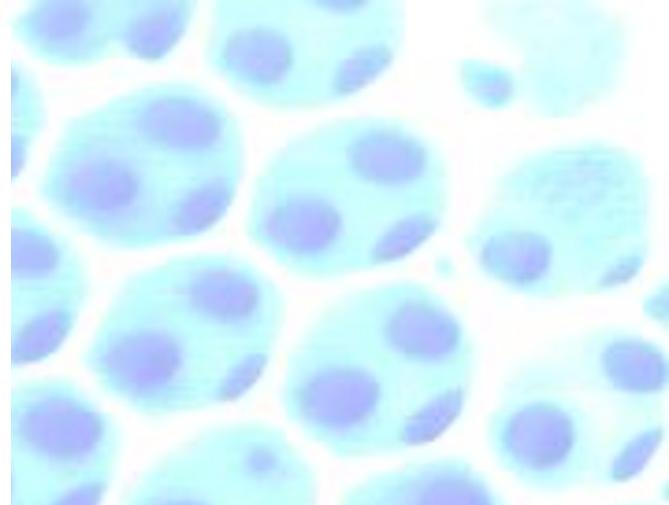
4



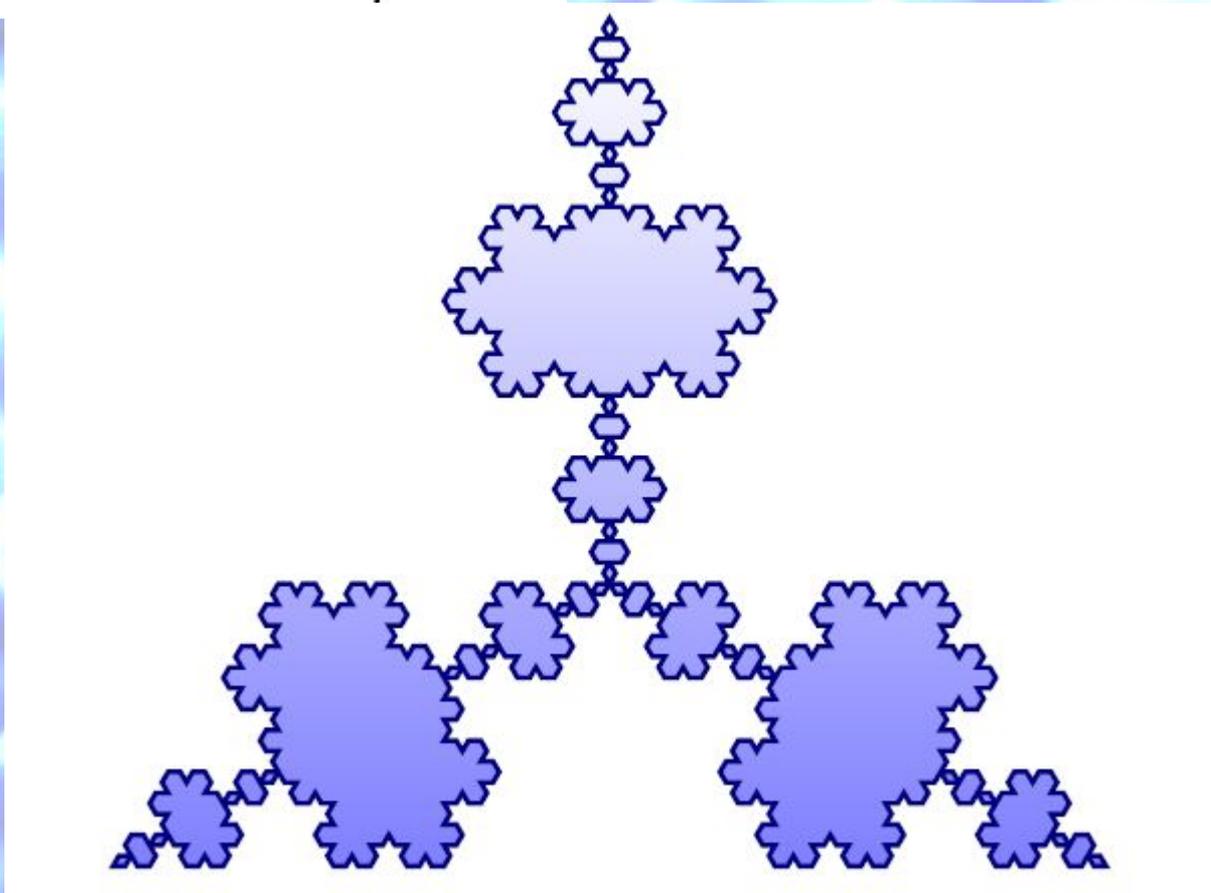
5



7

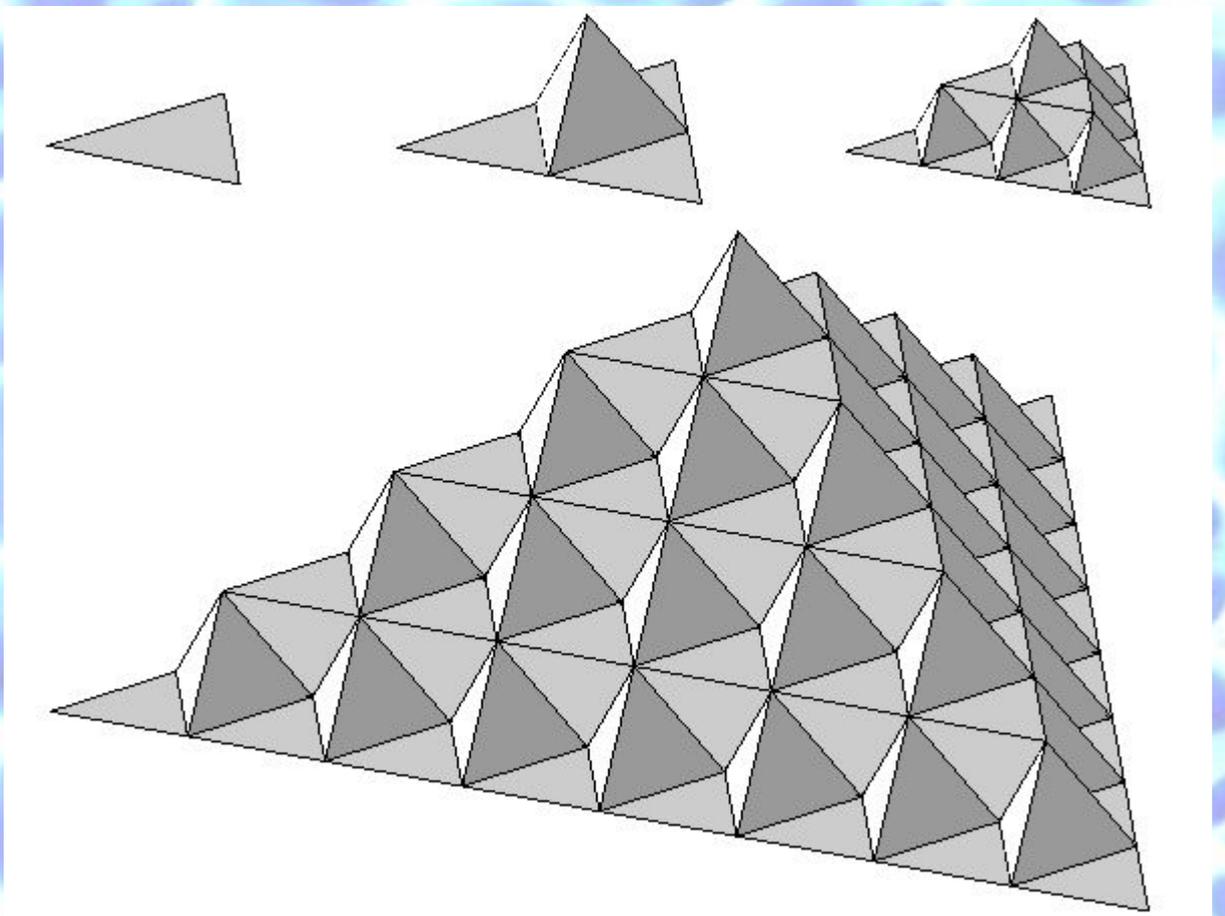


Снежинка
Кожа



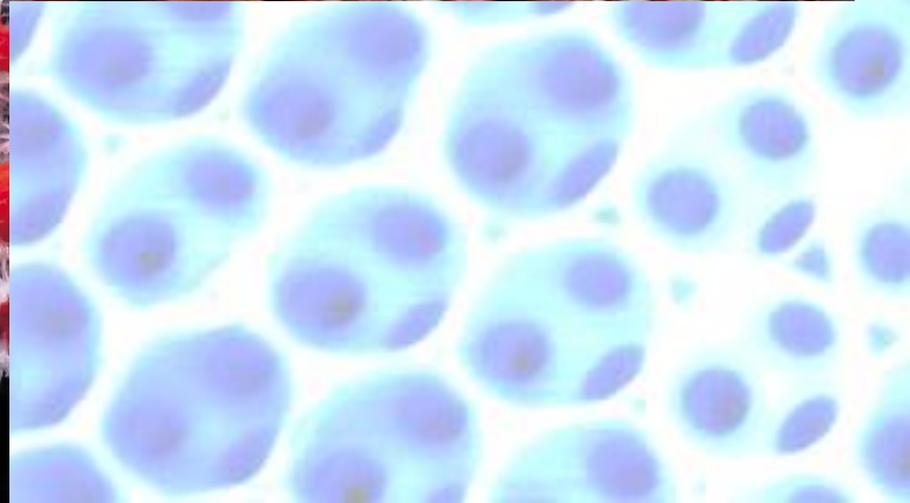


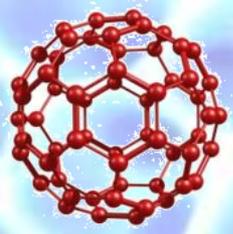
Трёхмерные аналоги:
Пирамида Кеопс.





Фрактальные морские
животные: осьминог,
карацеллы





Береговая линия





капуста (Brassica austriflora)



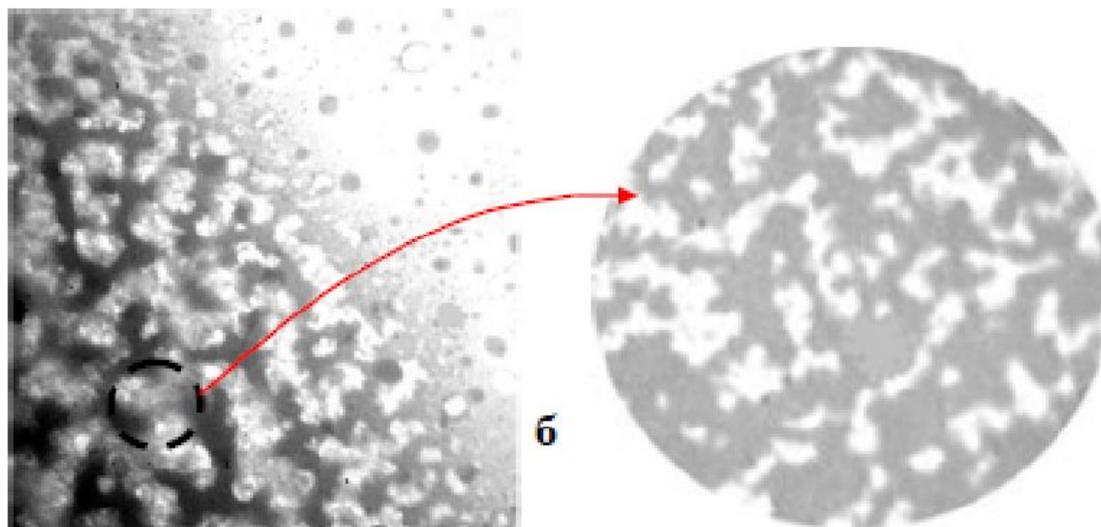
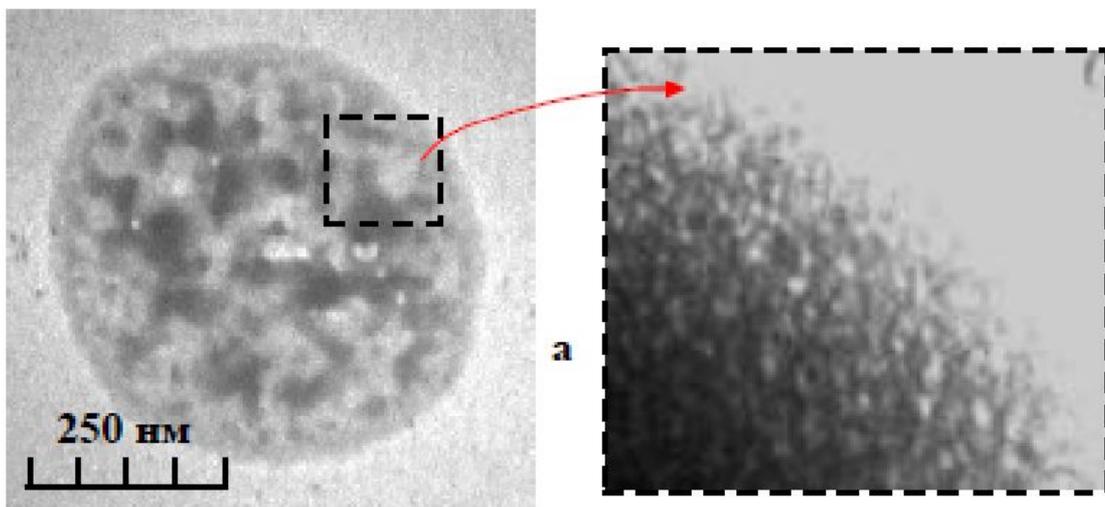
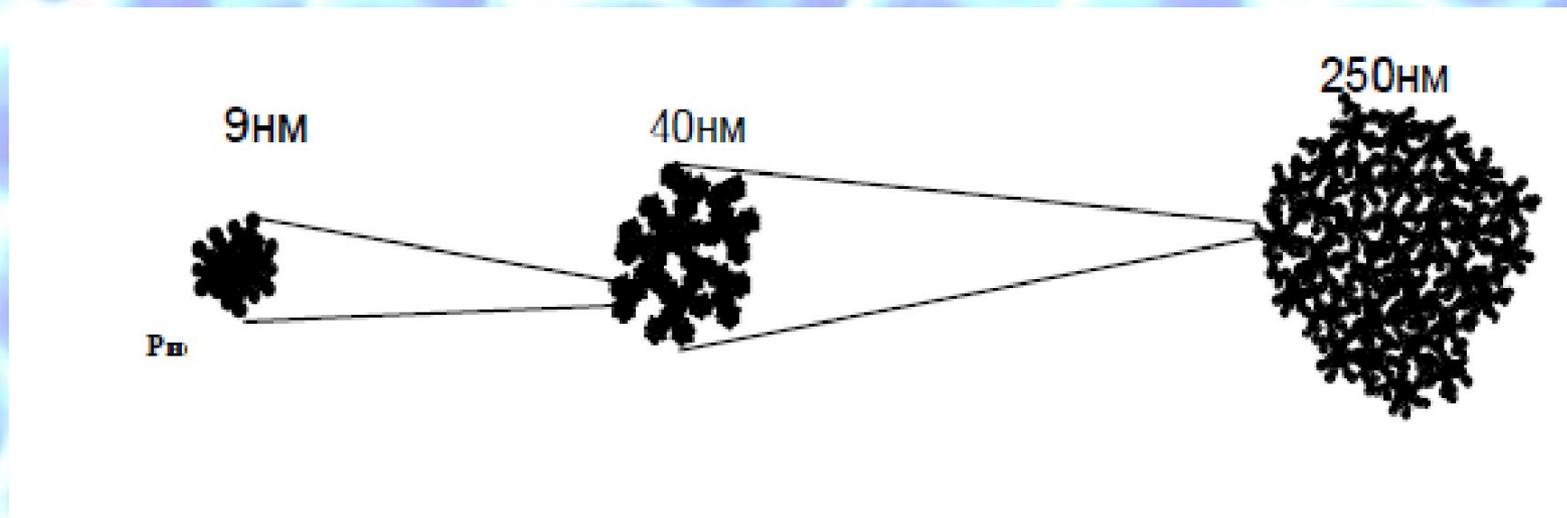
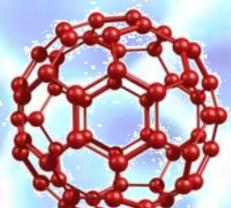


Рис. 16. Агрегация силикофосфатного нанокompозита по типу поверхностного фрактала (а) и по типу массового фрактала (б)

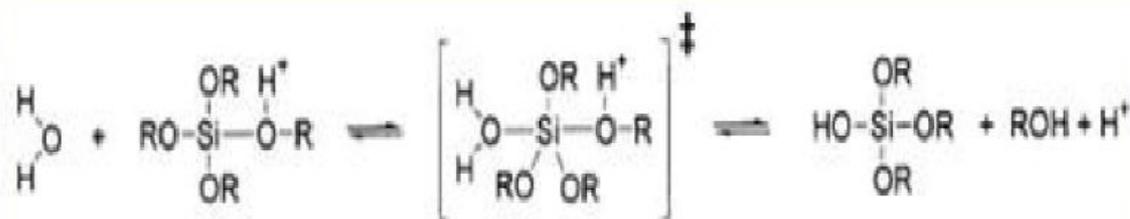
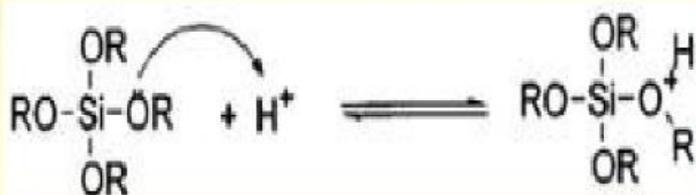




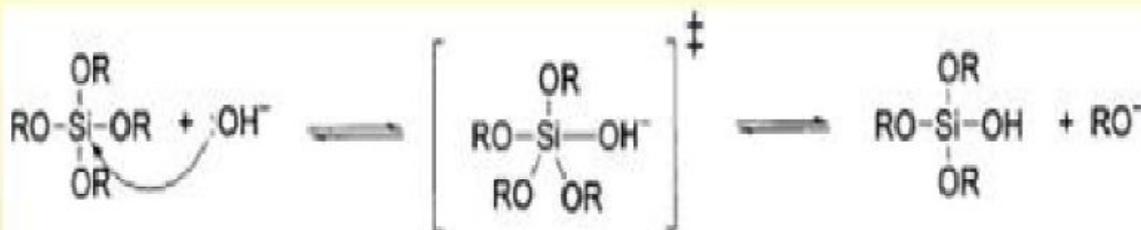
Золь-гель метод синтеза наночастиц и наноматериалов

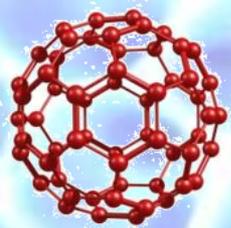
1 стадия: Образование золя - гидролиз и поликонденсация мономерных соединений кремния:

Гидролиз в кислой среде:

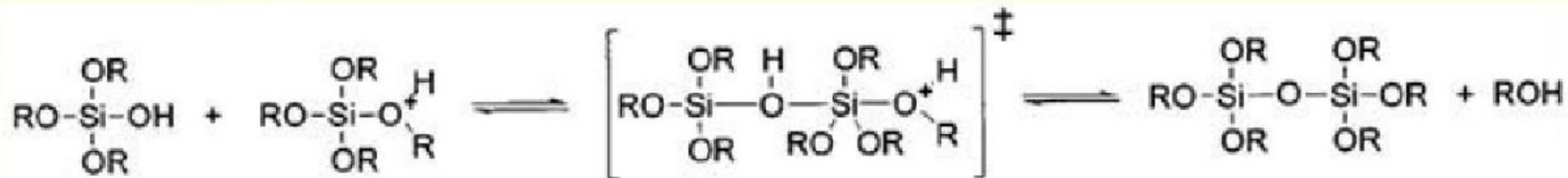


Гидролиз в щелочной среде:

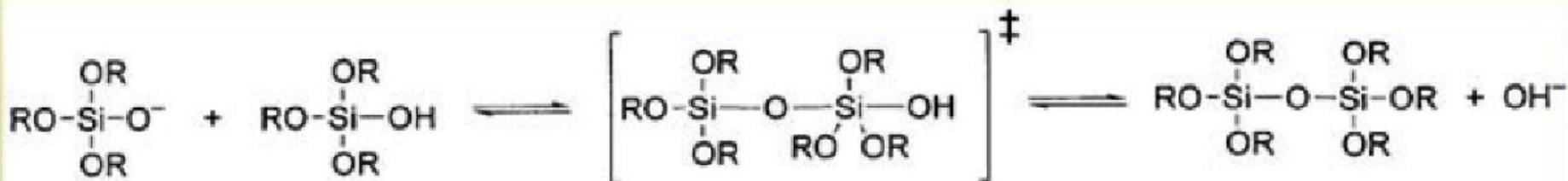




Поликонденсация
в кислой среде:



Поликонденсация
в щелочной среде:





2 стадия - образование геля. На данной стадии происходит формирование пространственной сетки геля. При этом наблюдается резкое увеличение вязкости раствора.

3 стадия - старение геля (синерезис). Происходит уплотнение структуры геля, сжатие сетки и выделение из геля растворителя. Данная стадия может протекать несколько суток.

4 стадия - сушка. Происходит удаление жидкости из пространственной структуры геля. Если удаление растворителя происходит в сверхкритических условиях, то образуется аэрогель. Если проводить сушку при повышенной температуре, то формируется более плотная структура - ксерогель (рис. 1).

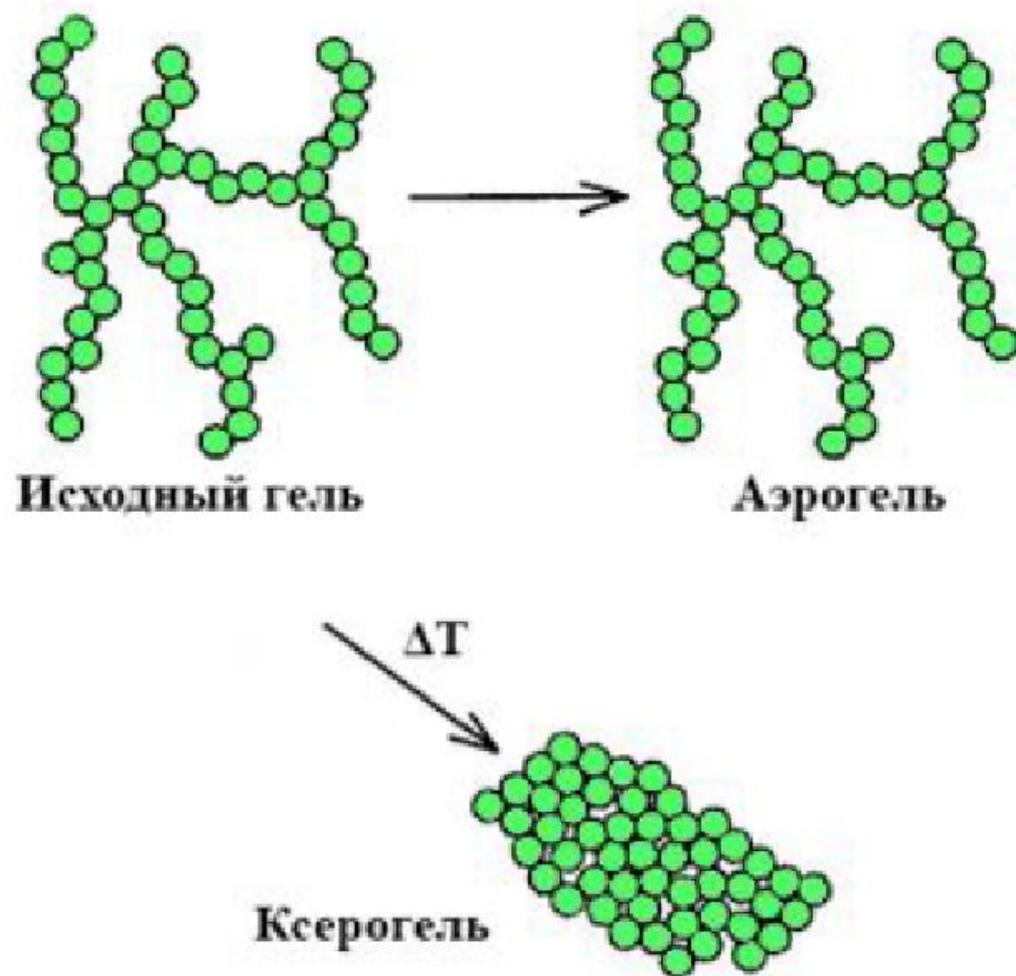


Рис. 1. Структуры, образующиеся при сушке геля

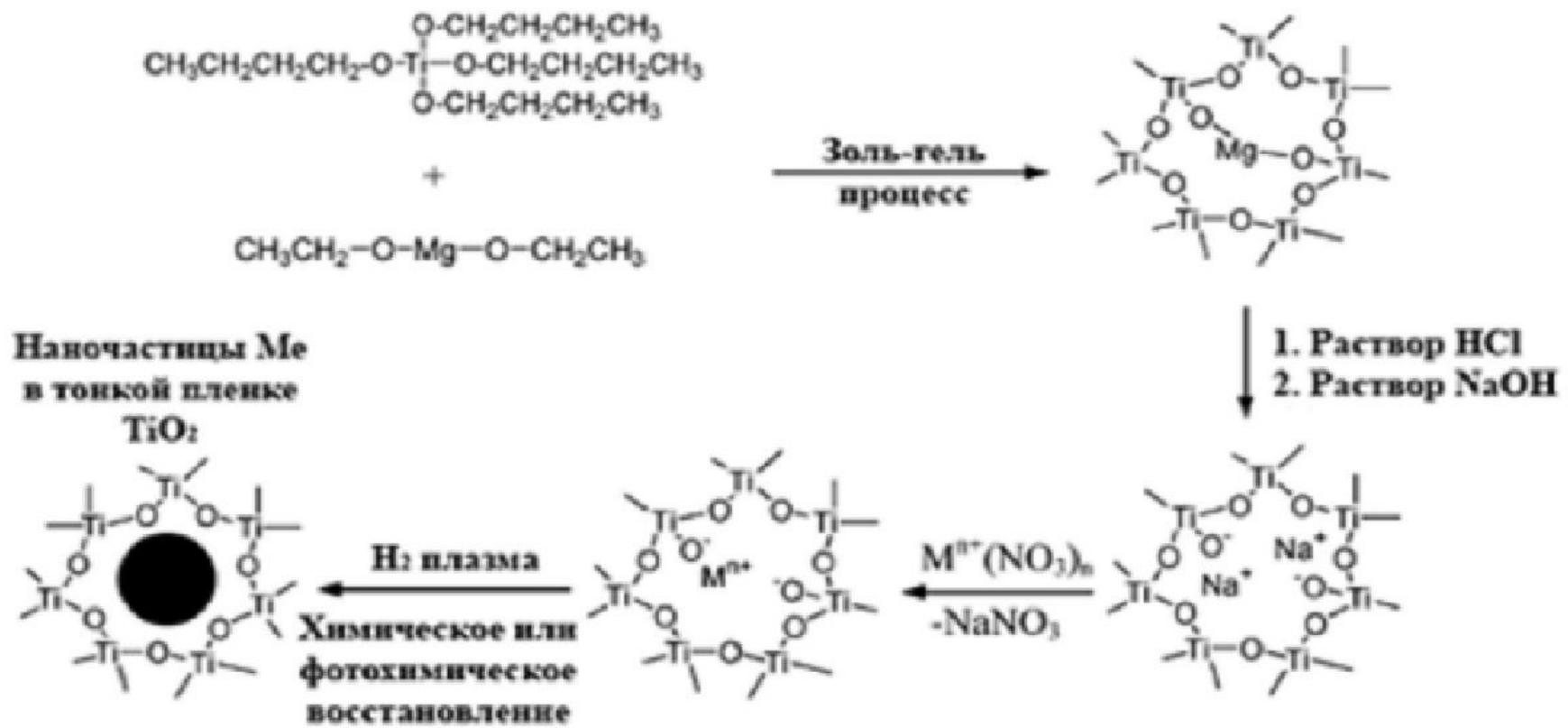
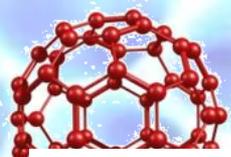
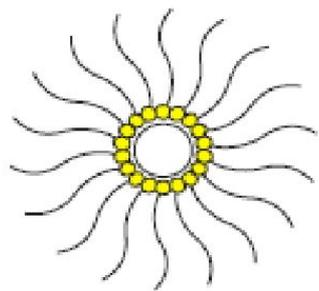
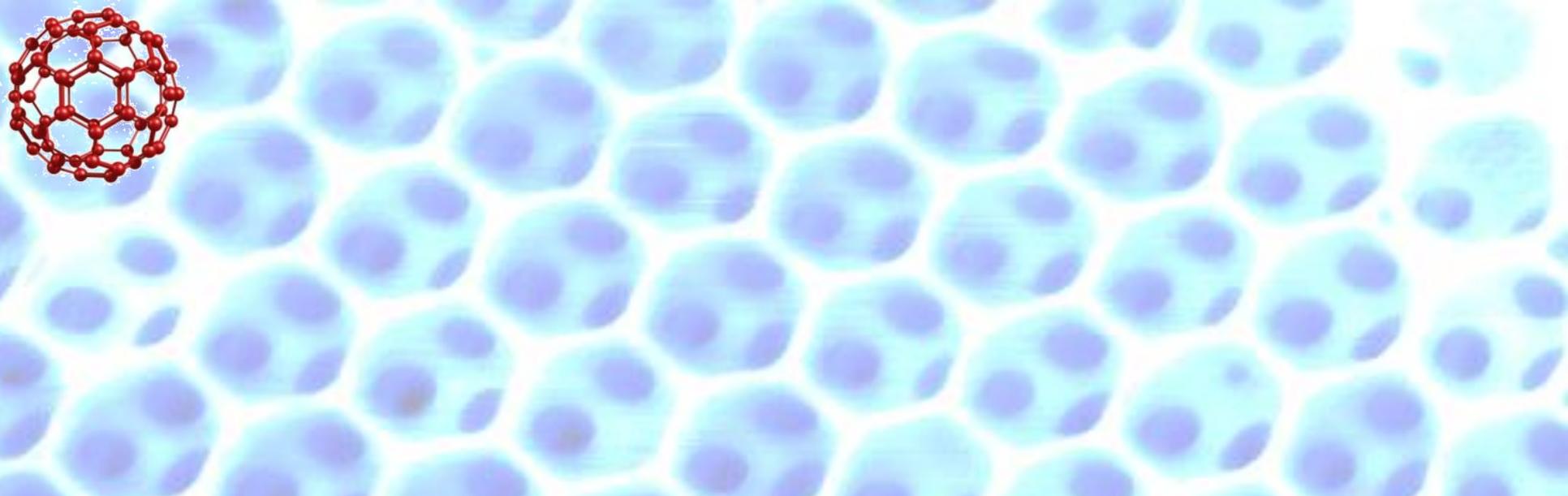
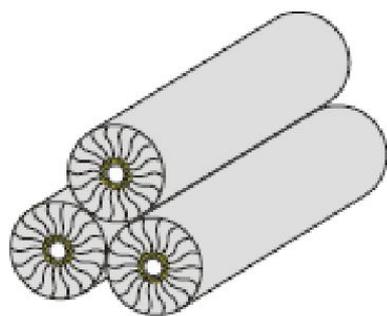


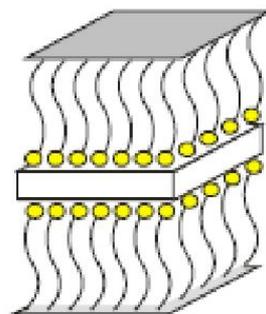
Рис. 2. Схема синтеза нанокompозита "неорганика-неорганика" золь-гель методом



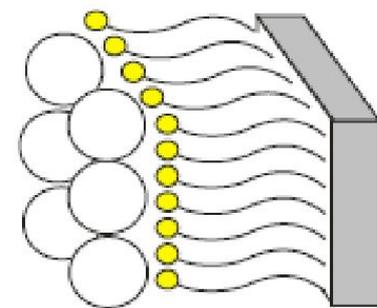
обращенные мицеллы



жидкие кристаллы



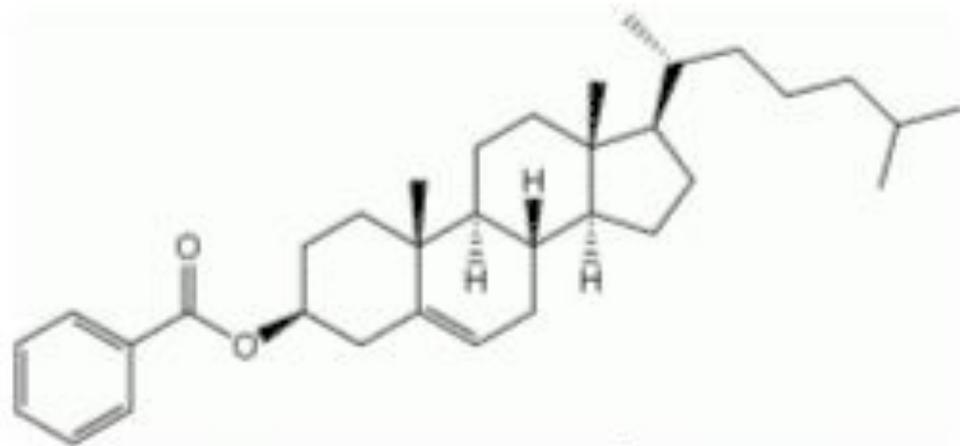
самособирающиеся слои



пленки Ленгмюра-Блоджетт

Рис. 5.1. Типы наиболее часто используемых нанореакторов.

История: открытие жидких кристаллов



холестерилбензоат



Фридрих Рейнитцер
1888 г.



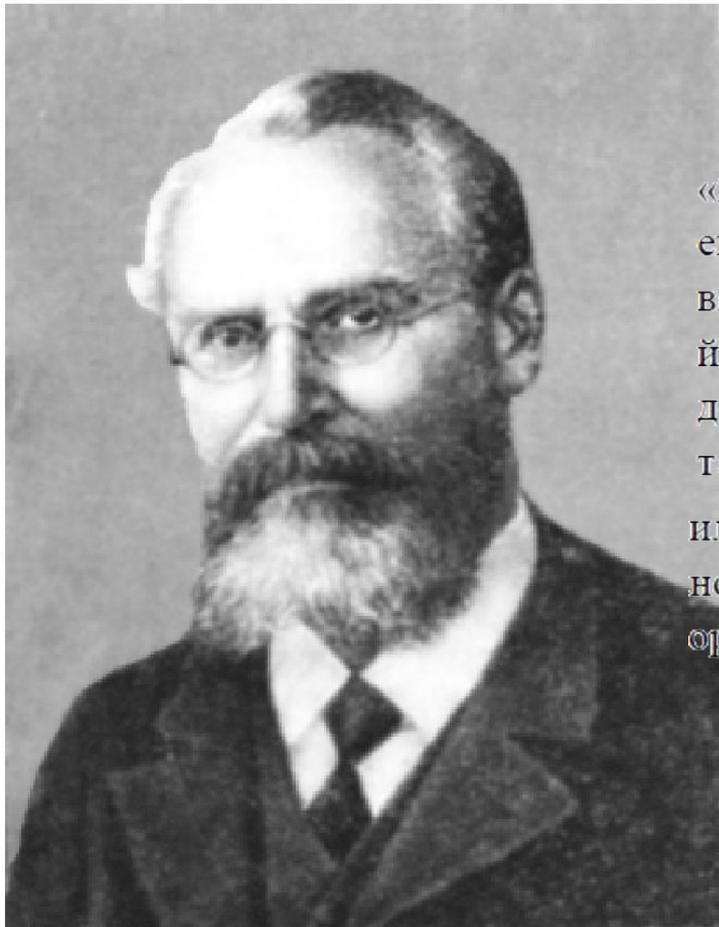


Рис. 1. Отто Леман

30 апреля 1989 г. Леман послал в журнал «Zeitschrift für physikalische Chemie» статью под названием «О текучих кристаллах» [6]. В ней он описывает удивительно большую пластическую деформацию кристаллов йодистого серебра и добавляет: «В связи с этими наблюдениями кажется, что невозможно найти вещество, кристаллы которого могли бы выдержать деформацию при значительном изменении формы без разрушения и соединения вновь, как это характерно для аморфных и жидких тел, которые являются текучими».

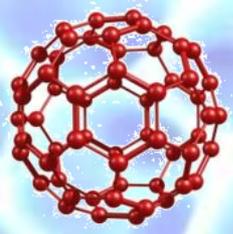
История.

1888 г. Рейнитцер: *«существуют кристаллы, мягкость которых такова, что позволяет назвать их жидкими».*

1889 г. Леманн: статья *«О текучих кристаллах».*

1924 г. В.К. Фредерикс: исследование ориентации жидких кристаллов во внешних полях. *Эффект Фредерикса.*

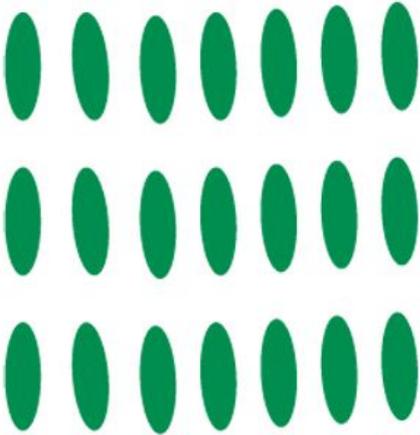
1968 г. *первый ЖК-индикатор для систем отображения информации: цифровые часы.*



Жидкий кристалл

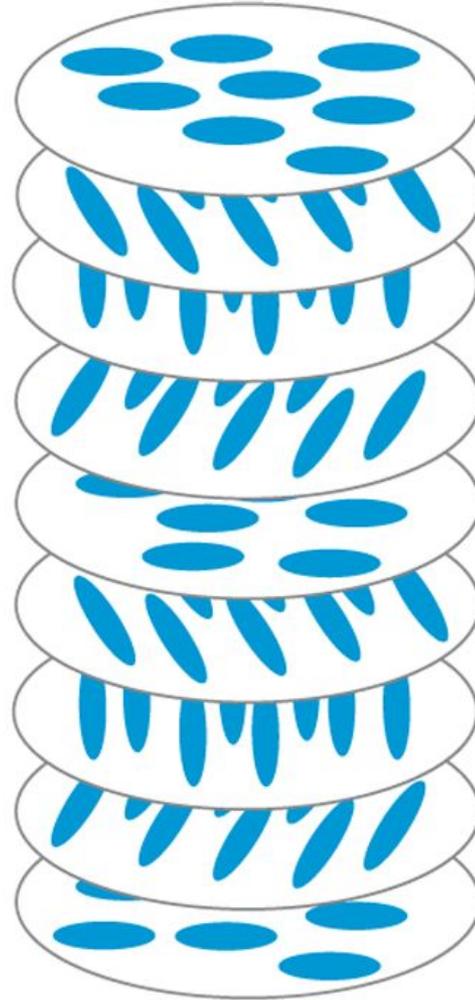


нематические



смектические

↑
направление преимущественной ориентации осей молекул – директор, n



A B

B A

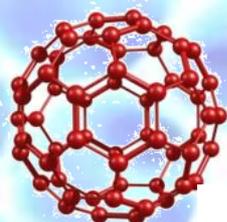
A B

↑
период повторяемости структуры

смектические А

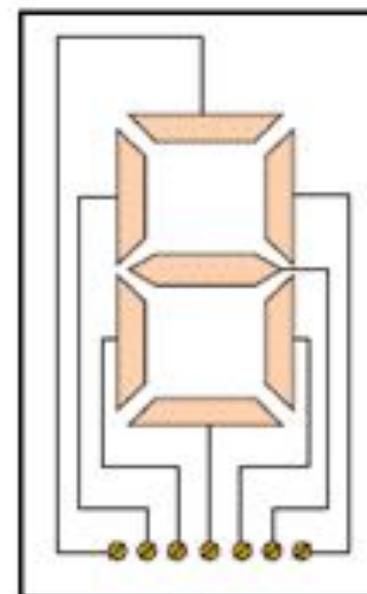
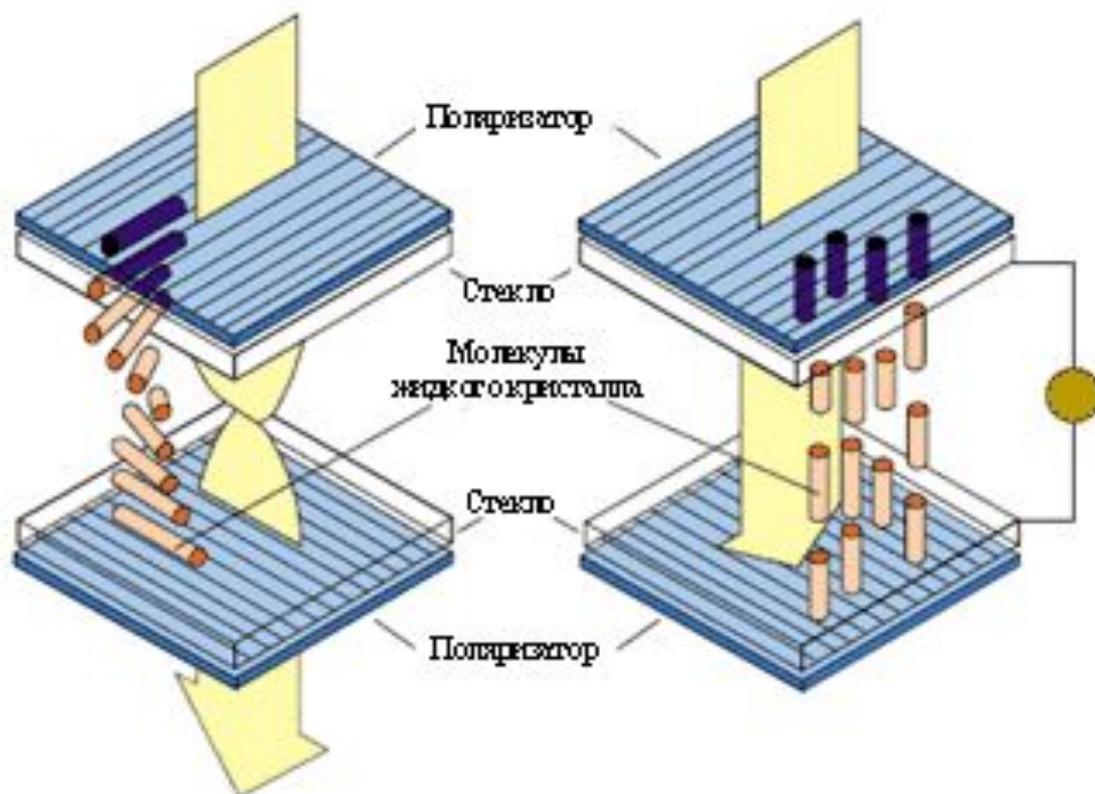
Важное сочетание:

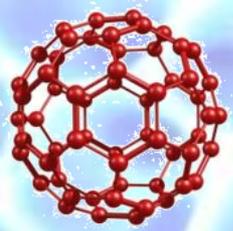
- *Анизотропия* свойств (неодинаковость свойств по различным направлениям внутри этой среды).
- Низкая вязкость, *текучесть*.
- *Чувствительность* к внешним полям (электрическое, магнитное)



Переход Фредерикса

- Устройство ЖК-индикатора (ЖК-дисплея)





Ученые обнаружили в панцире жука-скарабея структуры, организация которых напоминает организацию молекул в жидких кристаллах.
Автор работы о жуке *Plusiotis gloriosa*, панцирь которого оплывает зеленым. Используя оптический микроскоп, исследователи изучили, как изменяется структура панциря жука, содержащего спиральное расположение молекул, образующих регулярный узор.
Такое расположение молекул характерно для холестерических жидких кристаллов. Необычно устроенный панцирь обеспечивает поляризацию попадающего на него света.



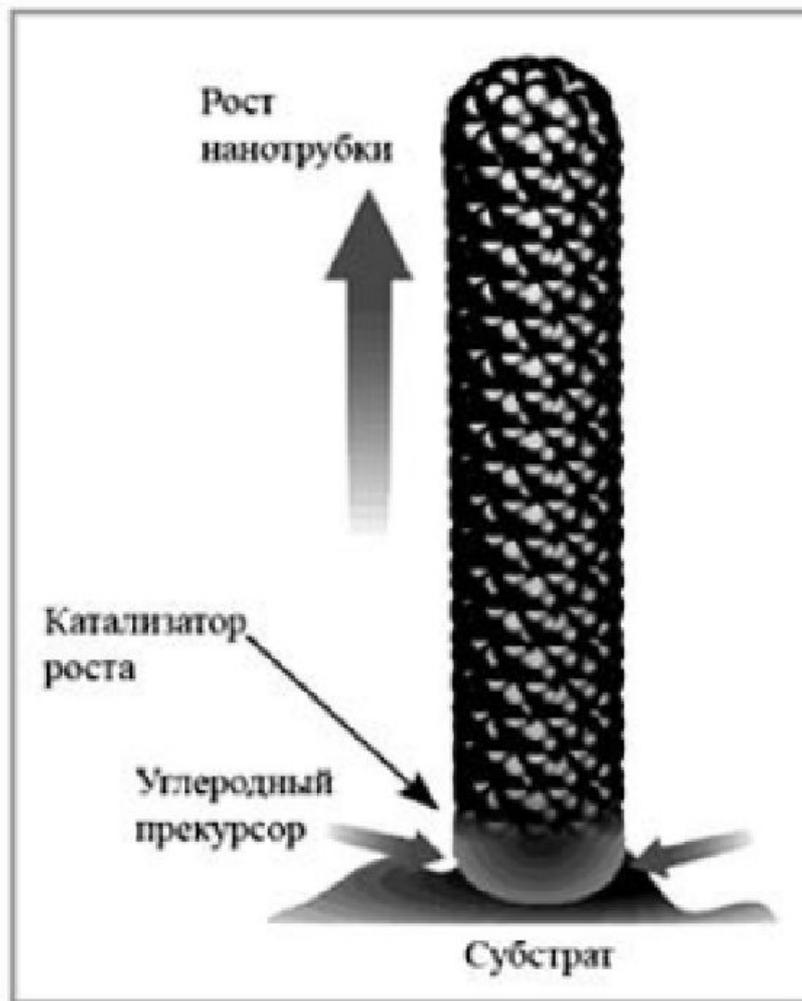
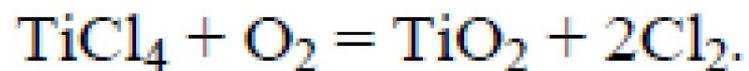
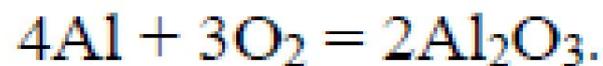
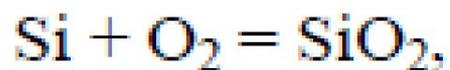
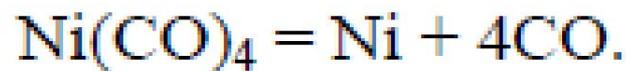
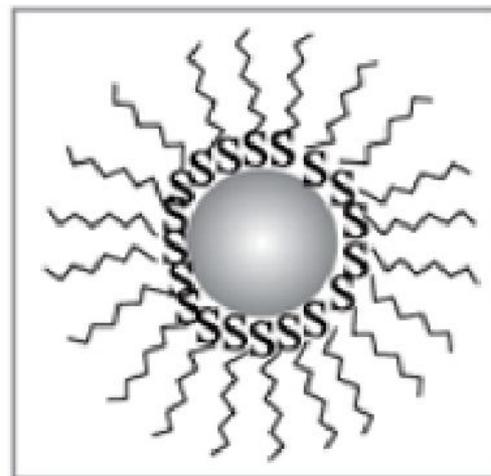
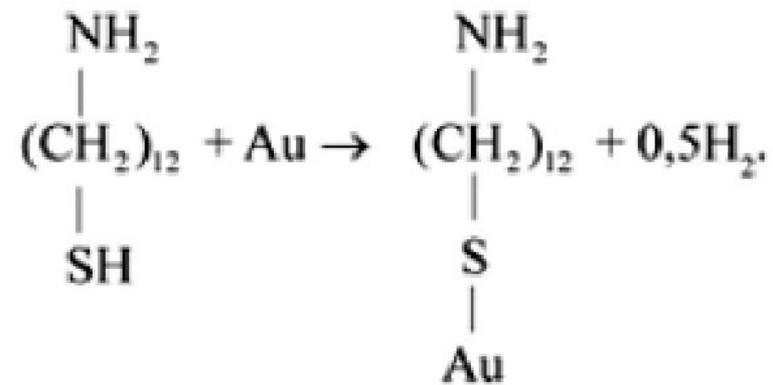


Рис. 4. Образование углеродной нанотрубки при разложении метана





**Рис. 6. Наночастица золота,
покрытая слоем молекул аминокантиола**