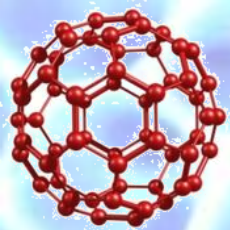
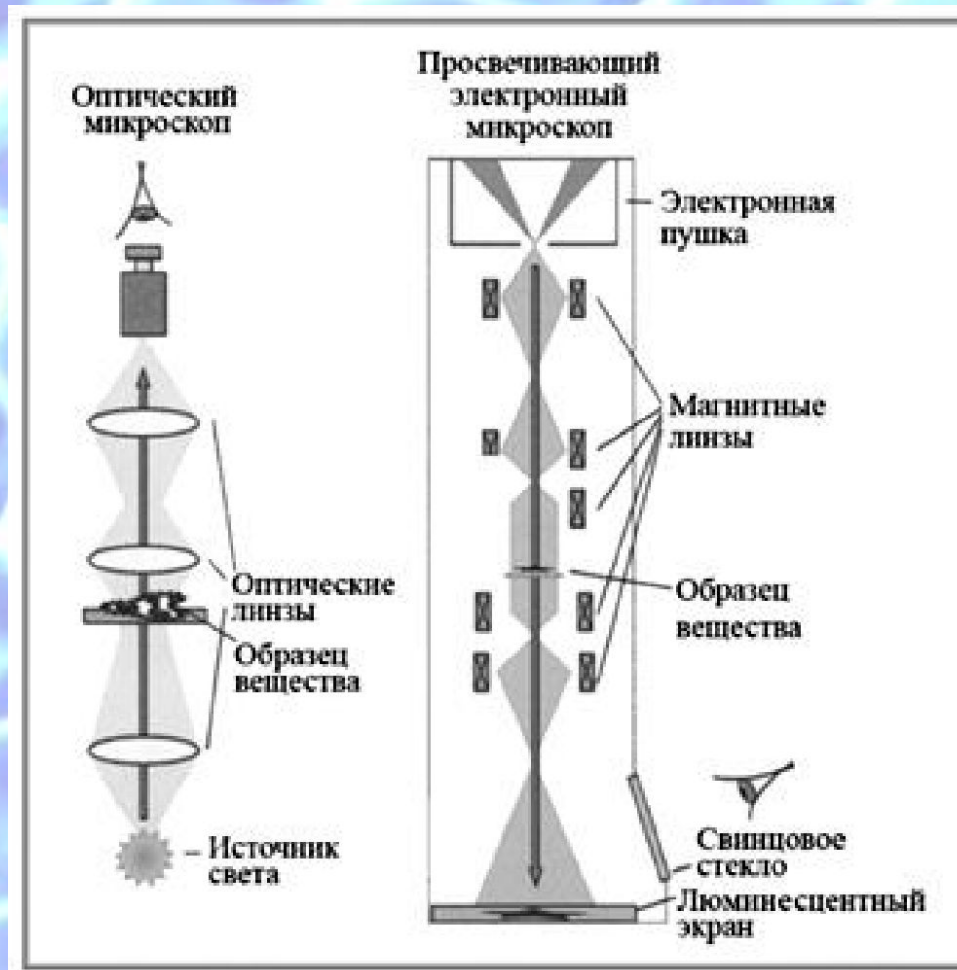


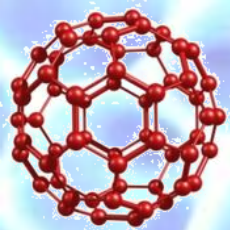
Лекция 2

# Методы измерения и синтеза наночастиц

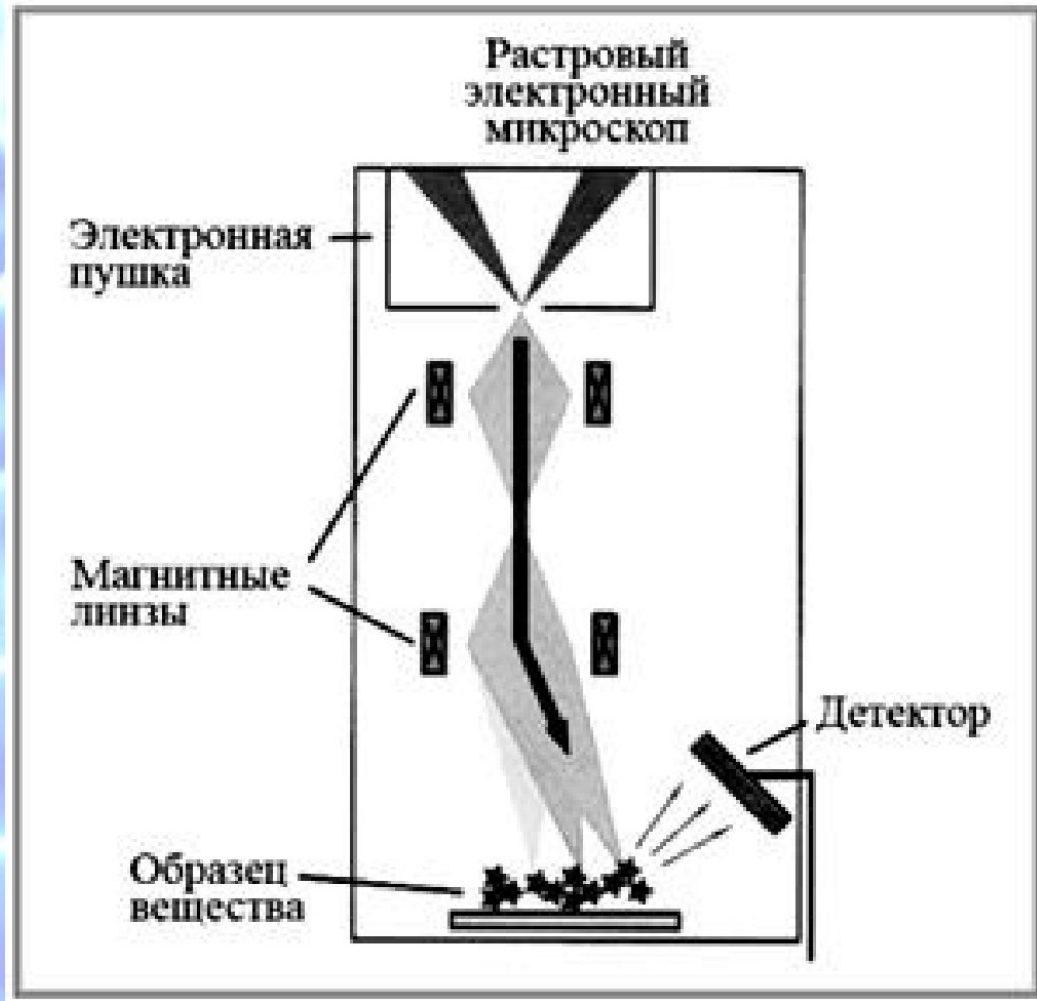


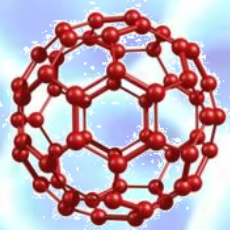
# Сравнение оптического и электронного микроскопов



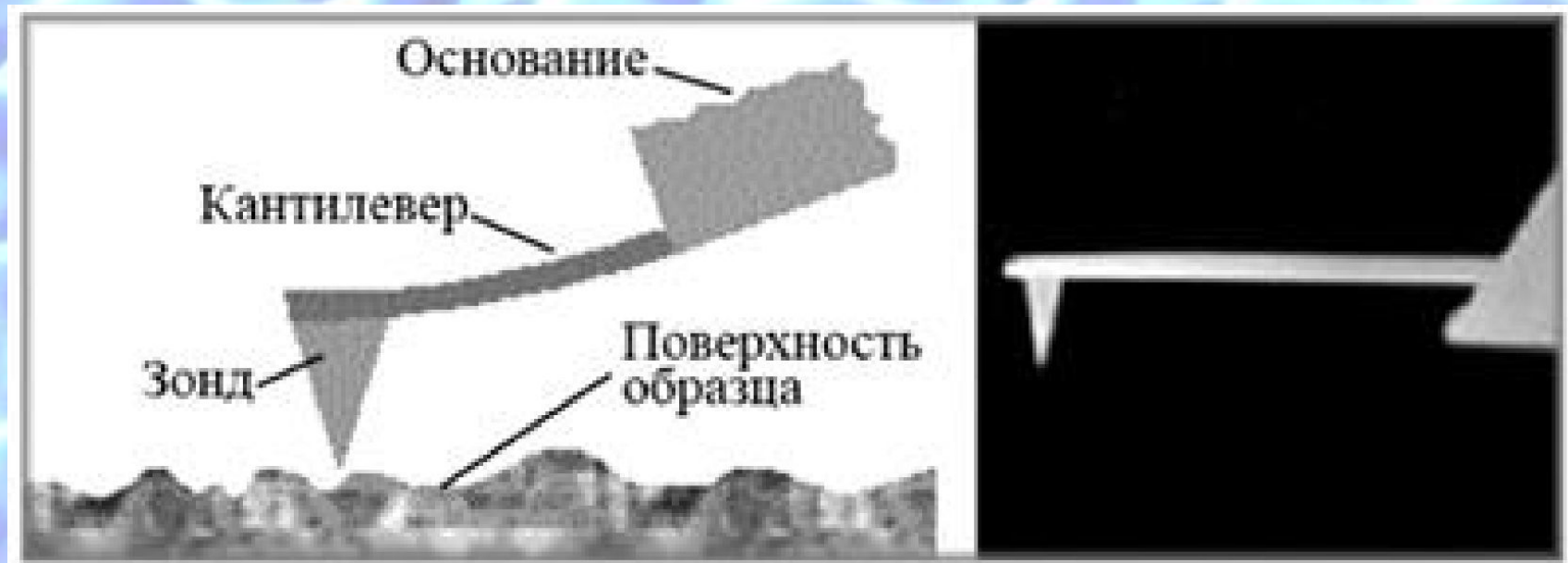


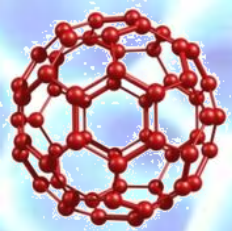
# Устройство сканирующего (растрового) электронного микроскопа



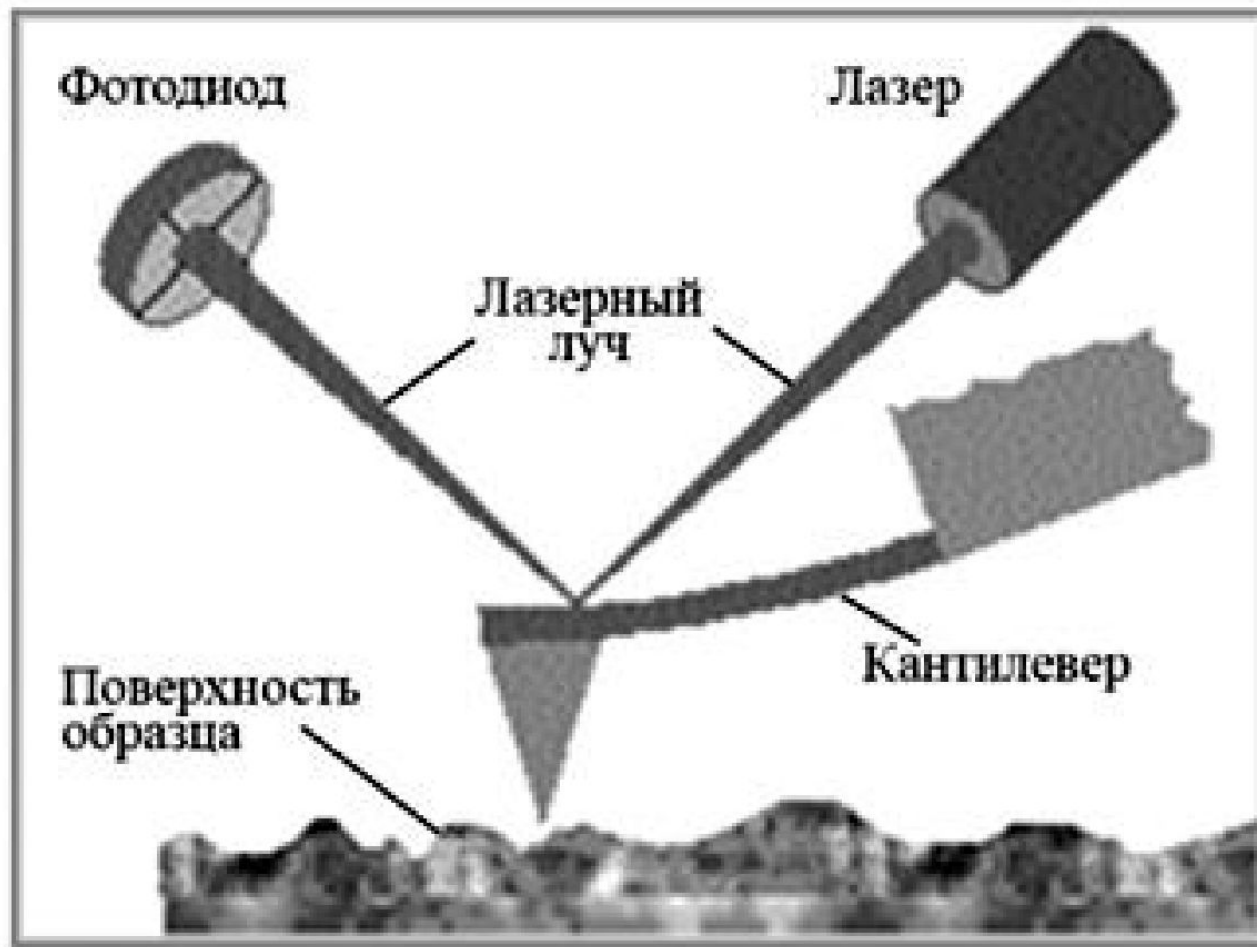


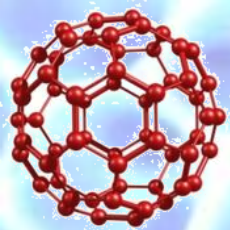
# Схематическое изображение и электронная микрофотография типичного кантилевера с зондом



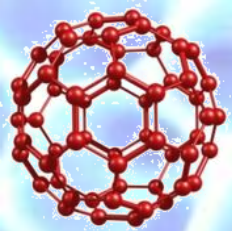


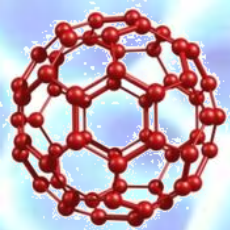
## Схема системы детектирования изгиба кантилевера оптической системой





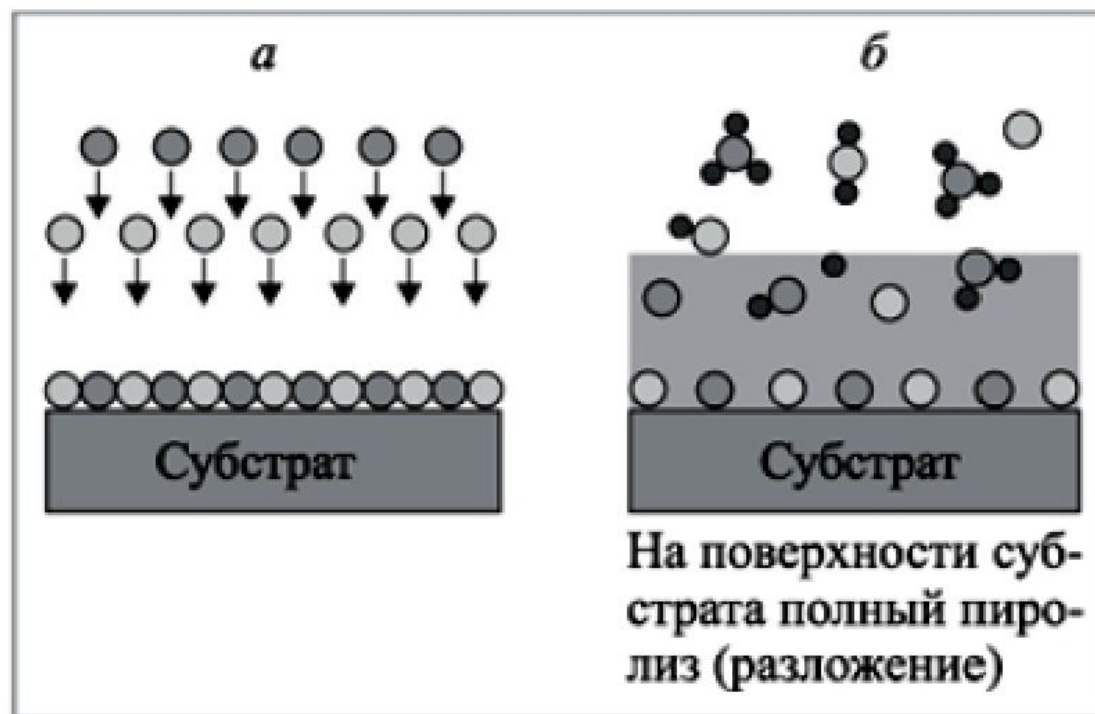
Все методы получения наноматериалов можно разделить на две большие группы по типу формирования наноструктур: подход «сверху вниз» (bottom-up) характеризуется ростом наночастиц или сборкой наночастиц из отдельных атомов; а методы, относящиеся к группе «снизу вверх» (top-down), основаны на “дроблении”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





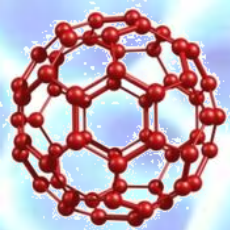
(CVD – *chemical vapor deposition*)

(PVD – *physical vapor deposition*)



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





# Золь-гель метод

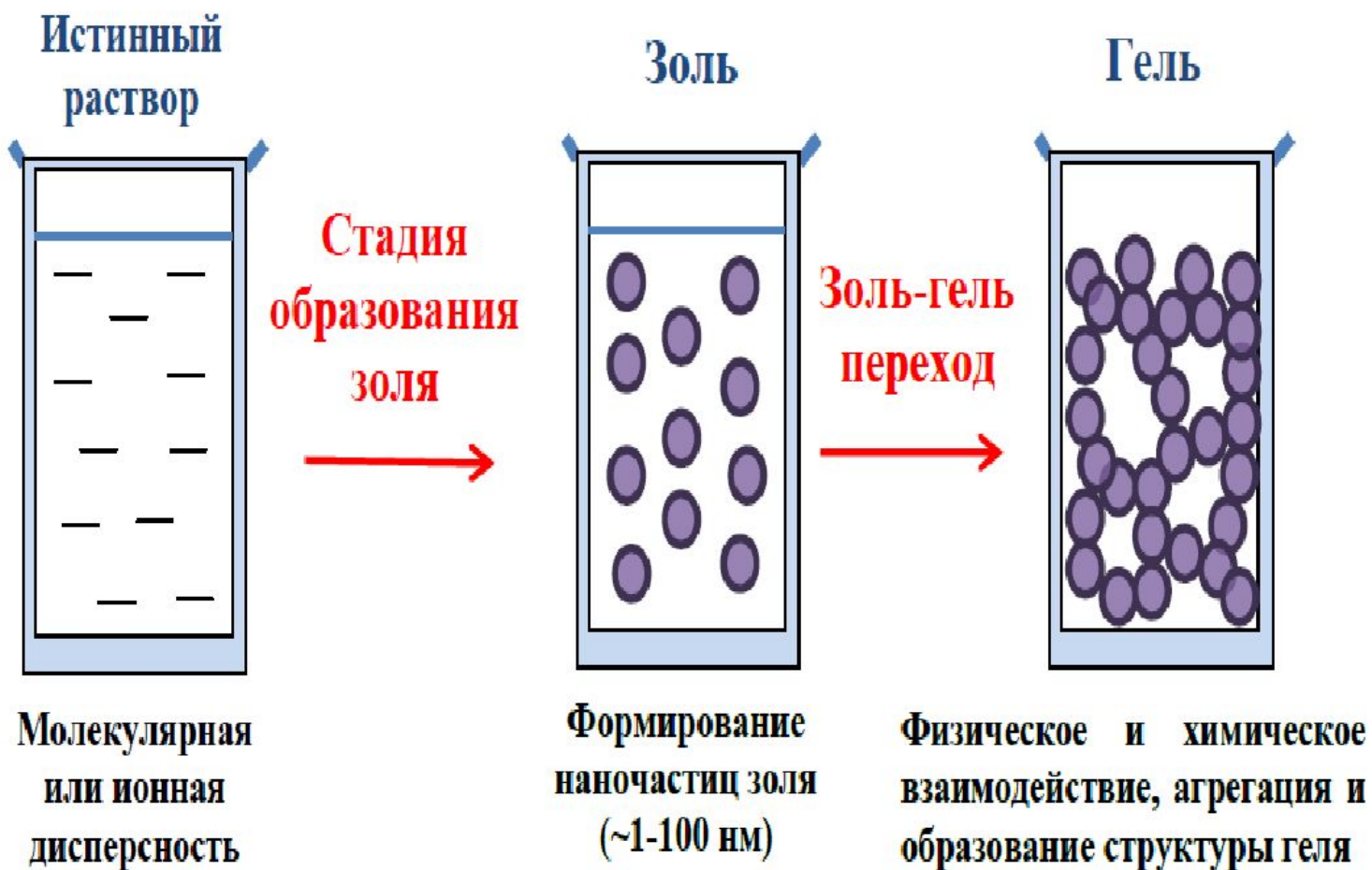
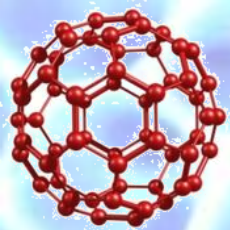


Рис. 7. Схема перехода истинного раствора в золь и далее в гель



# 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*<sup>6</sup>.



1



2



3



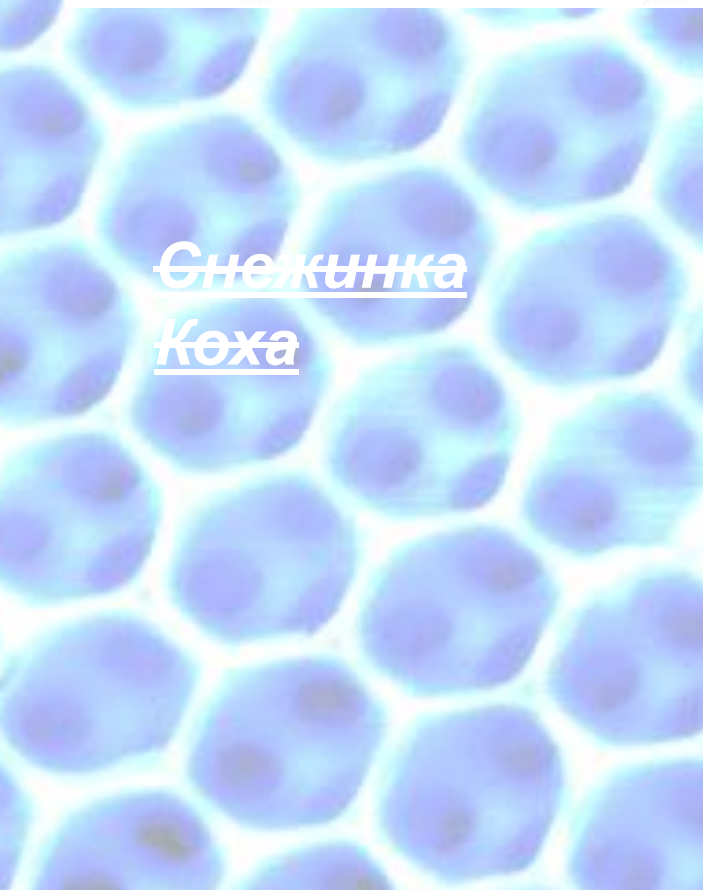
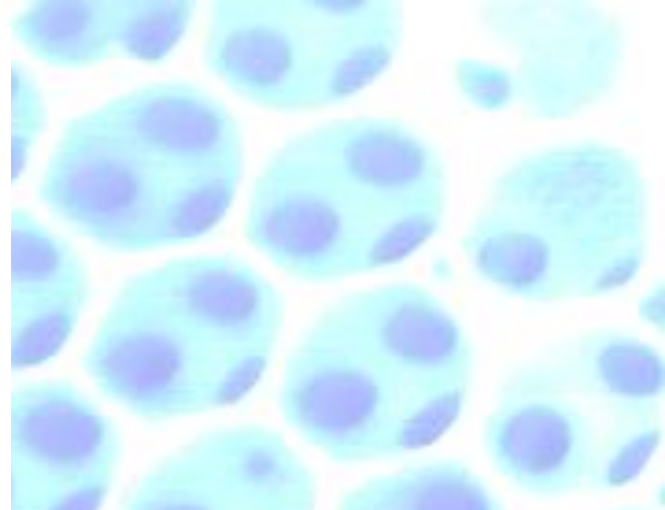
4



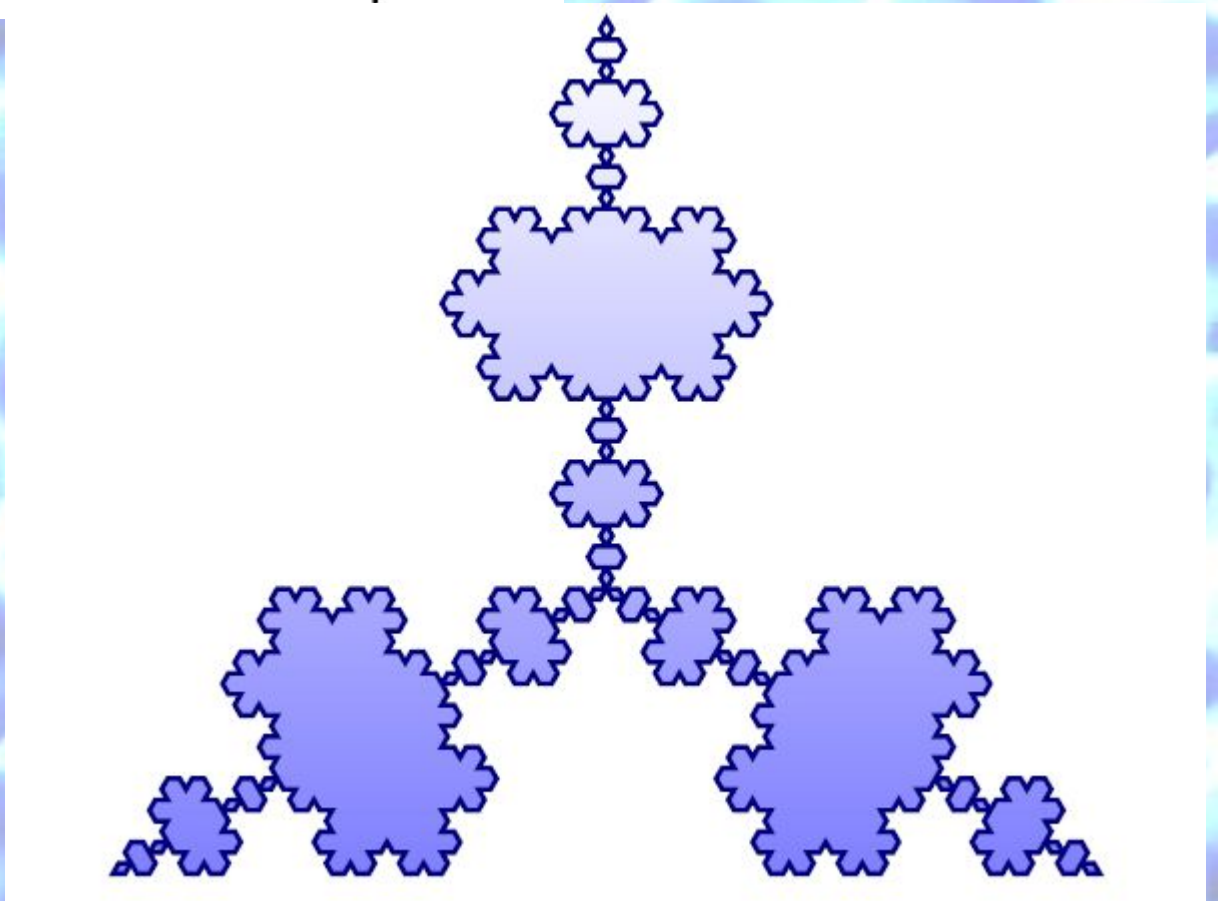
5

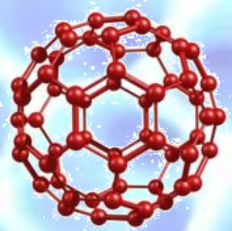


7

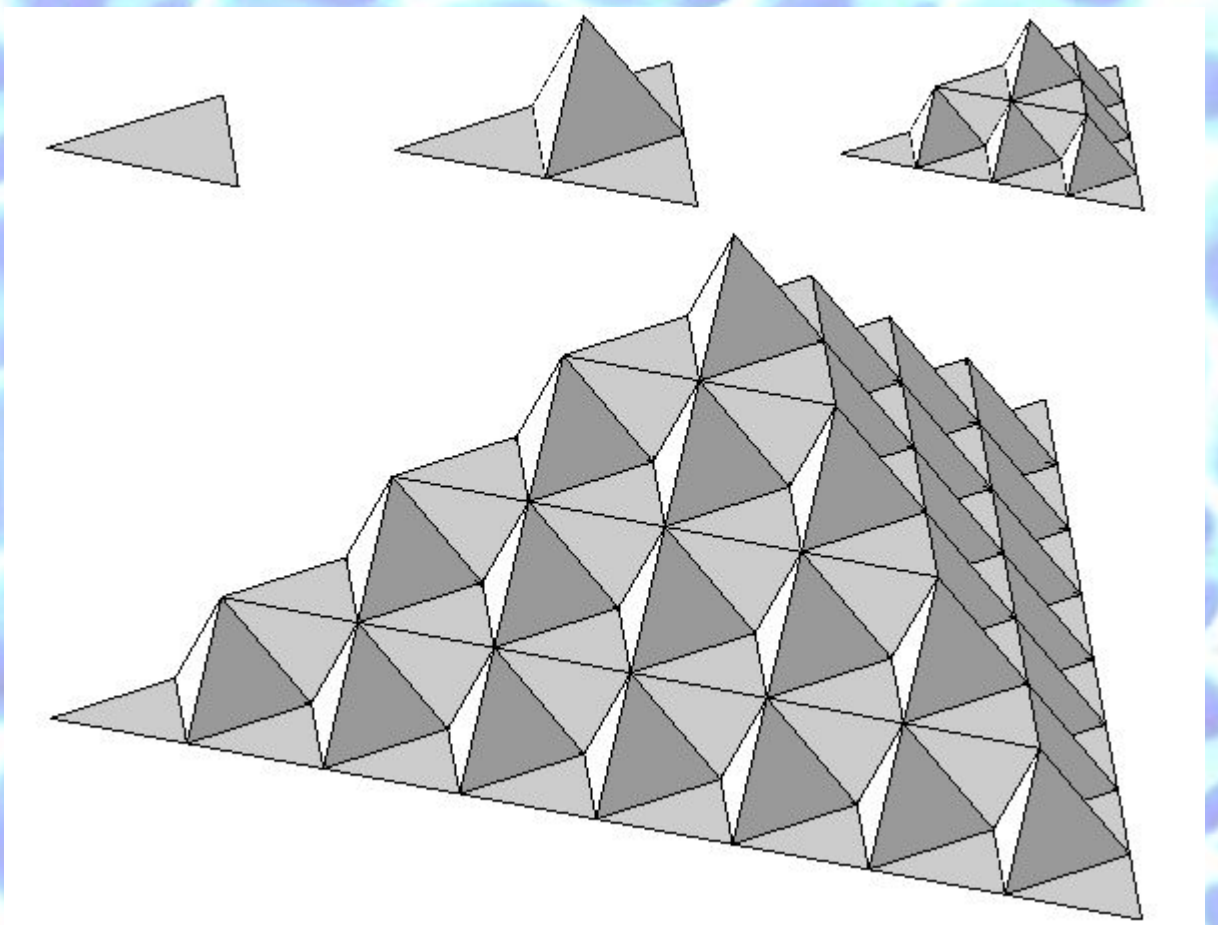


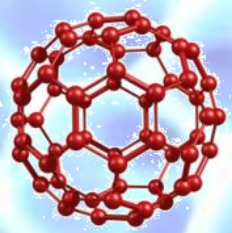
Єнежинка  
Көха



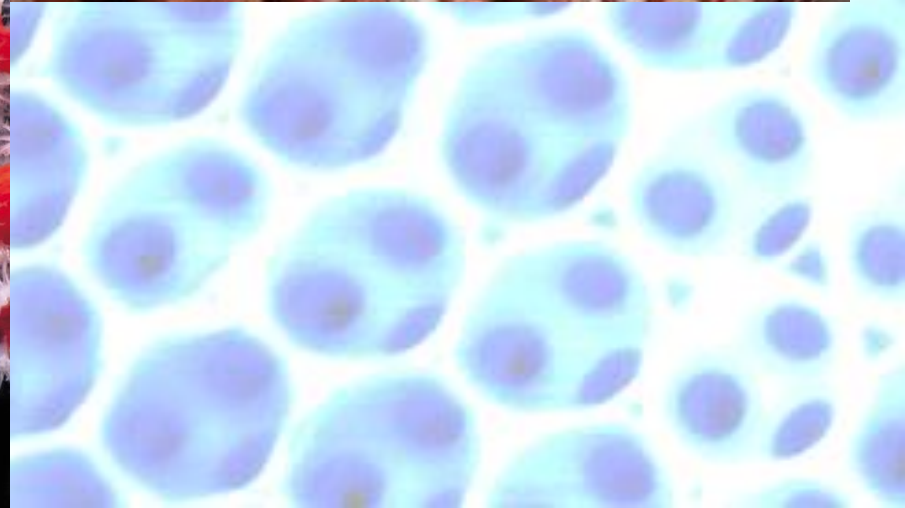
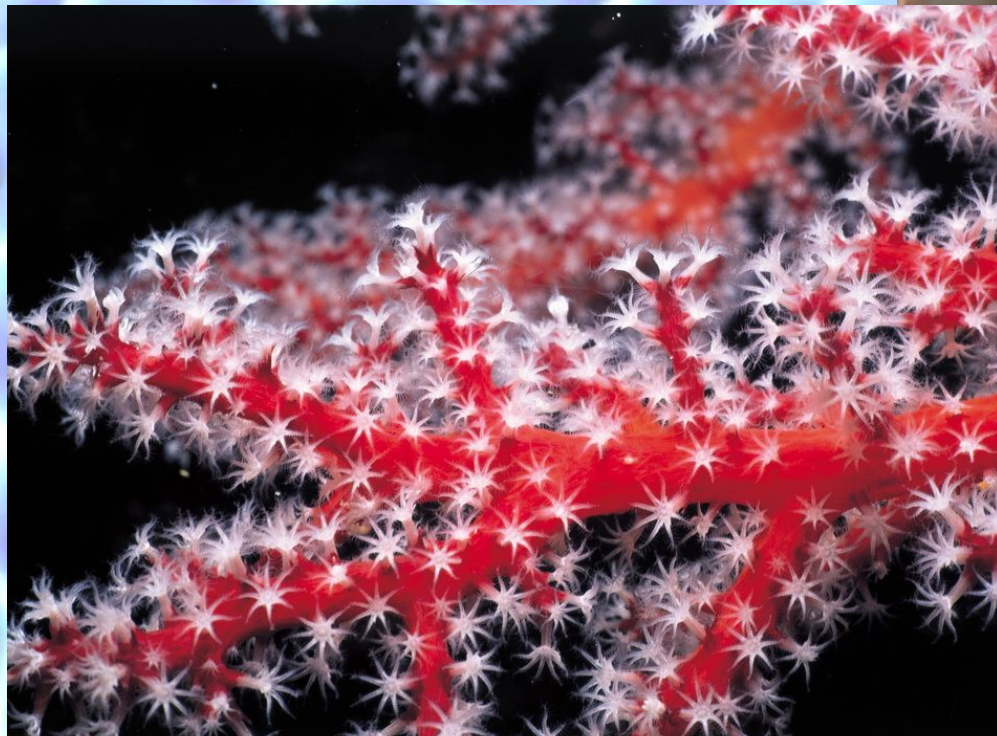


Трёхмерные аналоги:  
Пирамида Кека.





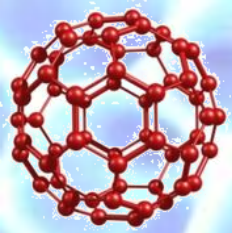
Фрактальные морские  
животные: осьминог,  
карацеллы





# Береговая линия





# капуста (Brassica austriflora)



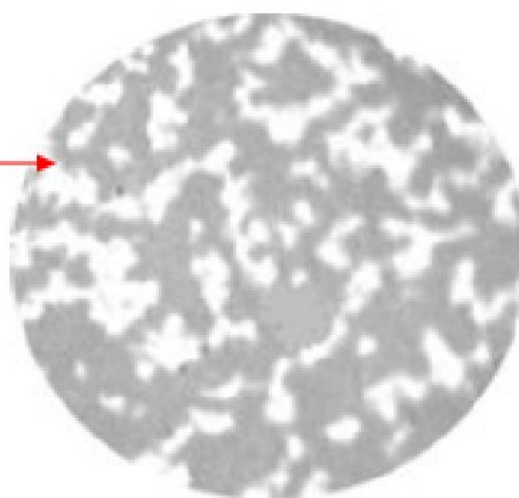
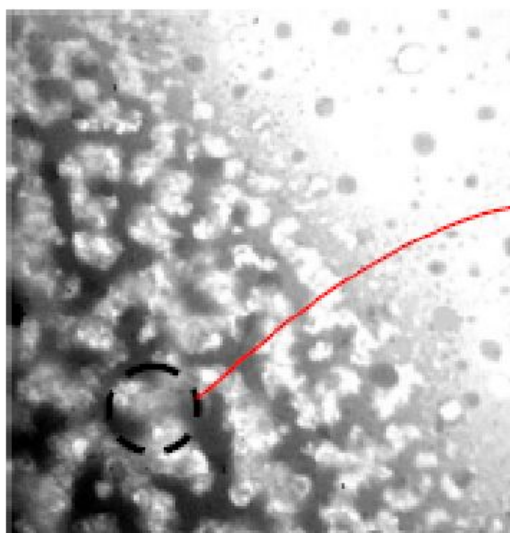
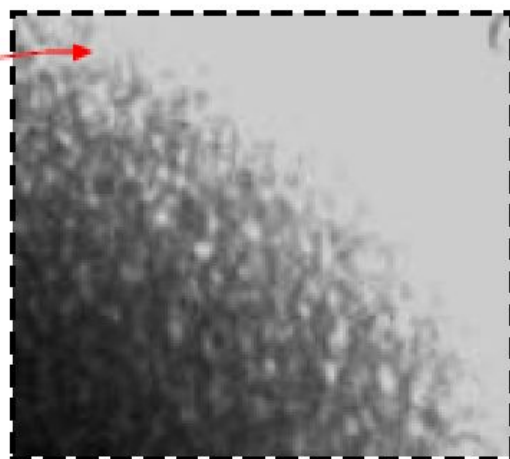
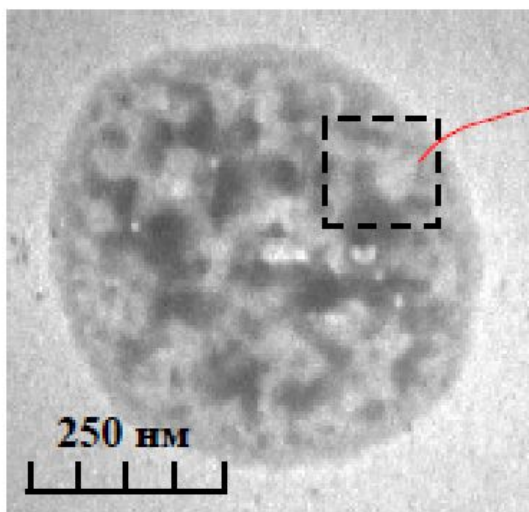
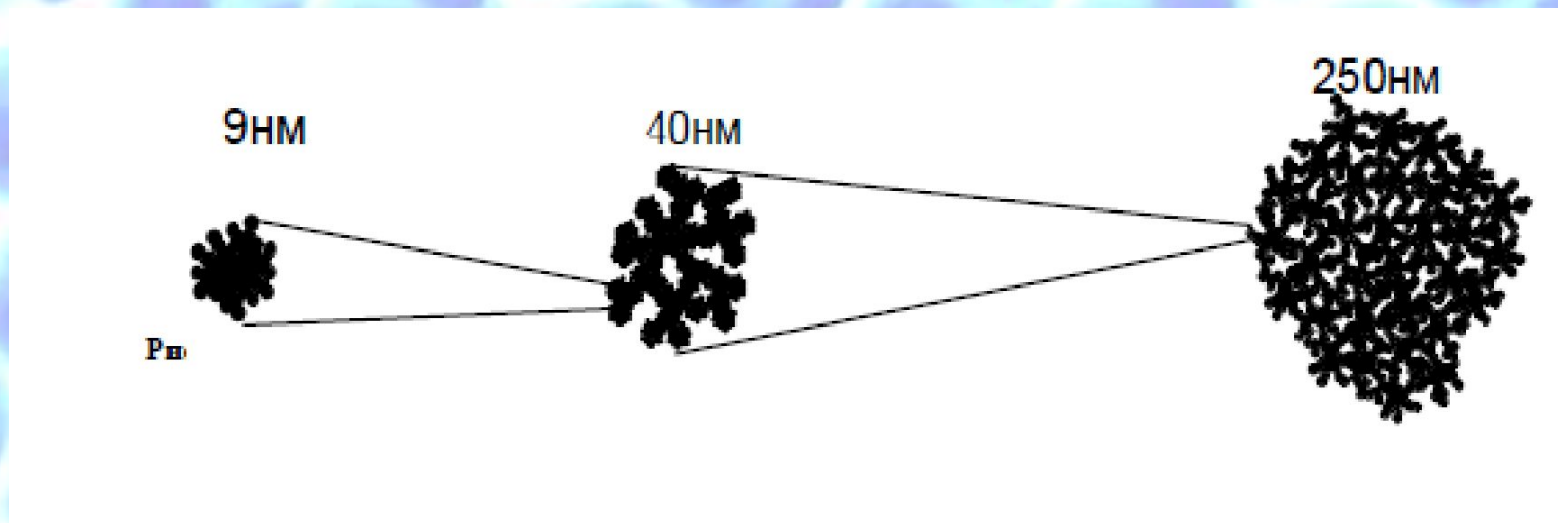
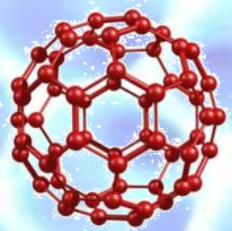
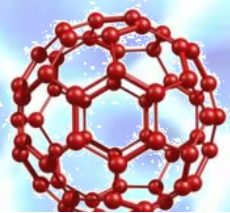


Рис. 16. Агрегация силикофосфатного нанокompозита по типу поверхностного фрактала (а) и по типу массового фрактала (б)



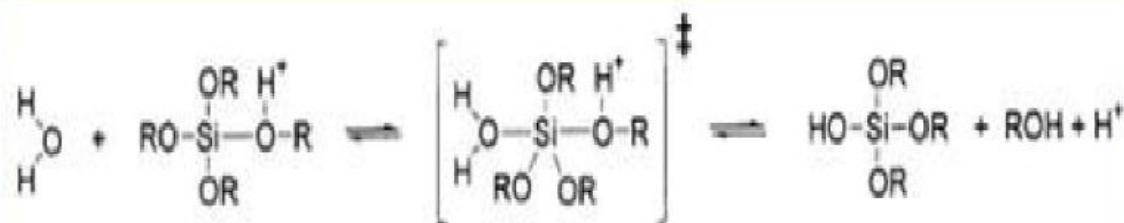
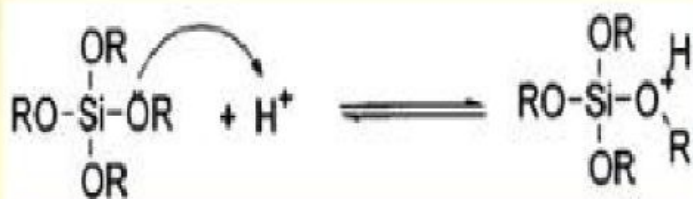




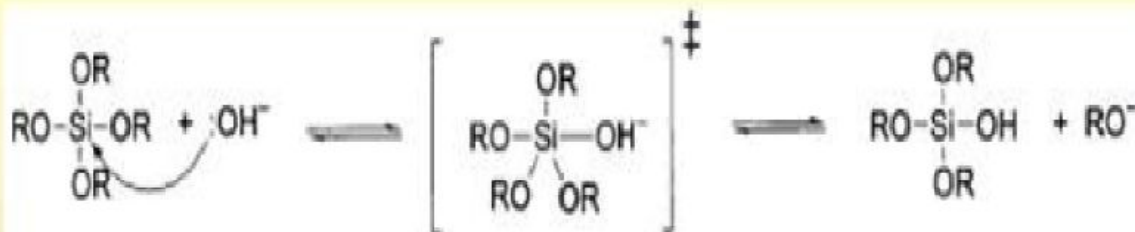
# Золь-гель метод синтеза наночастиц и наноматериалов

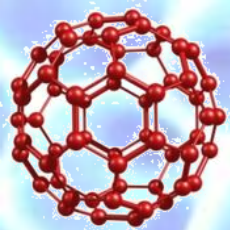
*1 стадия:* Образование золя - гидролиз и поликонденсация мономерных соединений кремния:

Гидролиз в кислой среде:

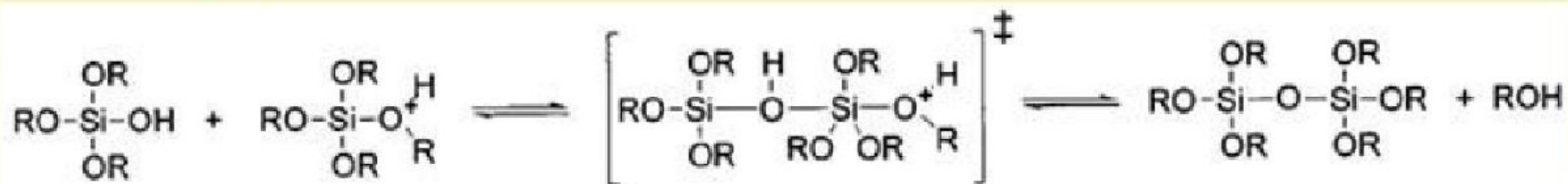


Гидролиз в щелочной среде:

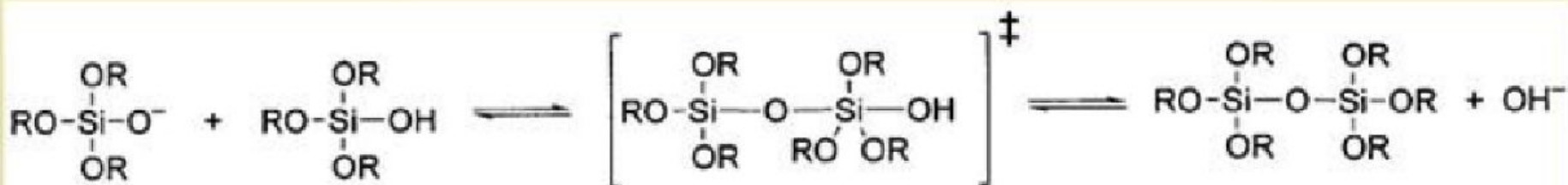


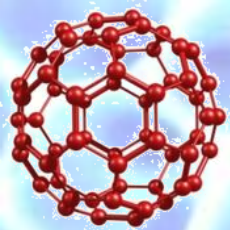


**Поликонденсация**  
в кислой среде:



**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).

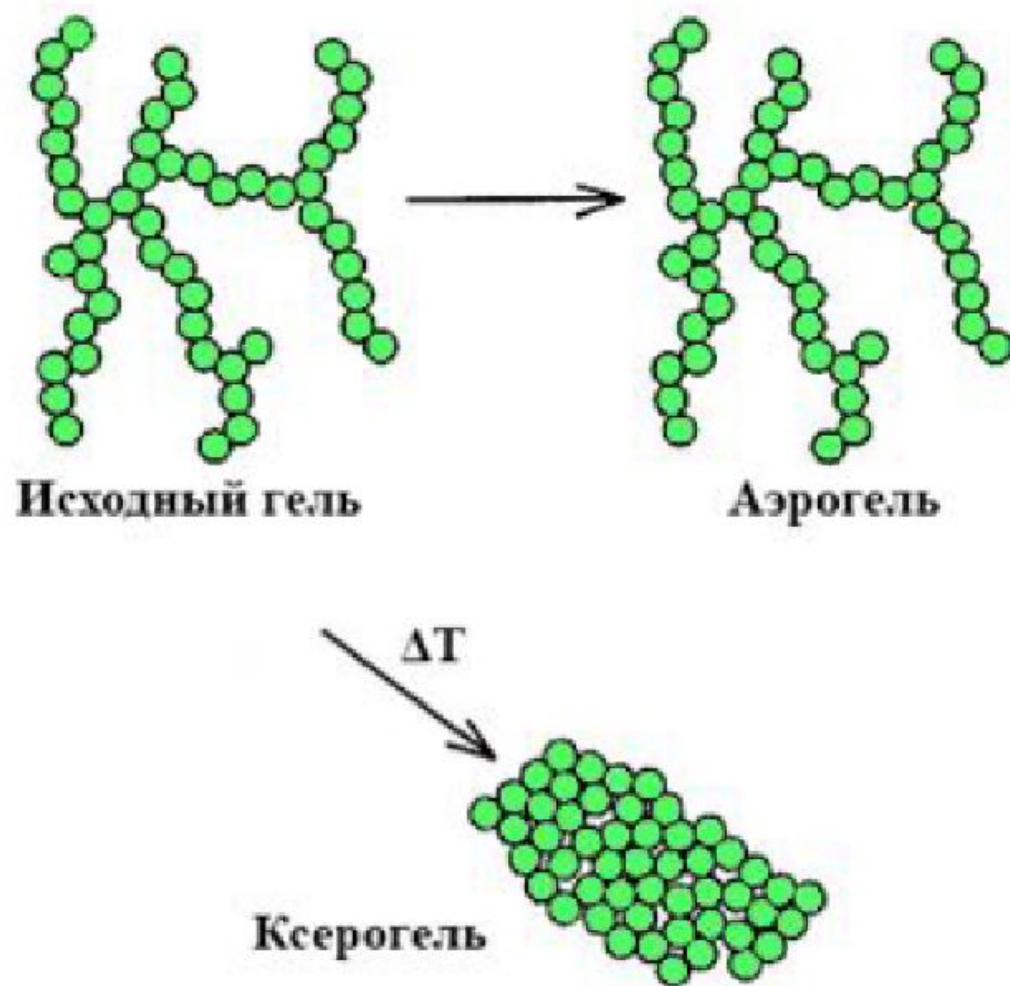


Рис. 1. Структуры, образующиеся при сушке геля

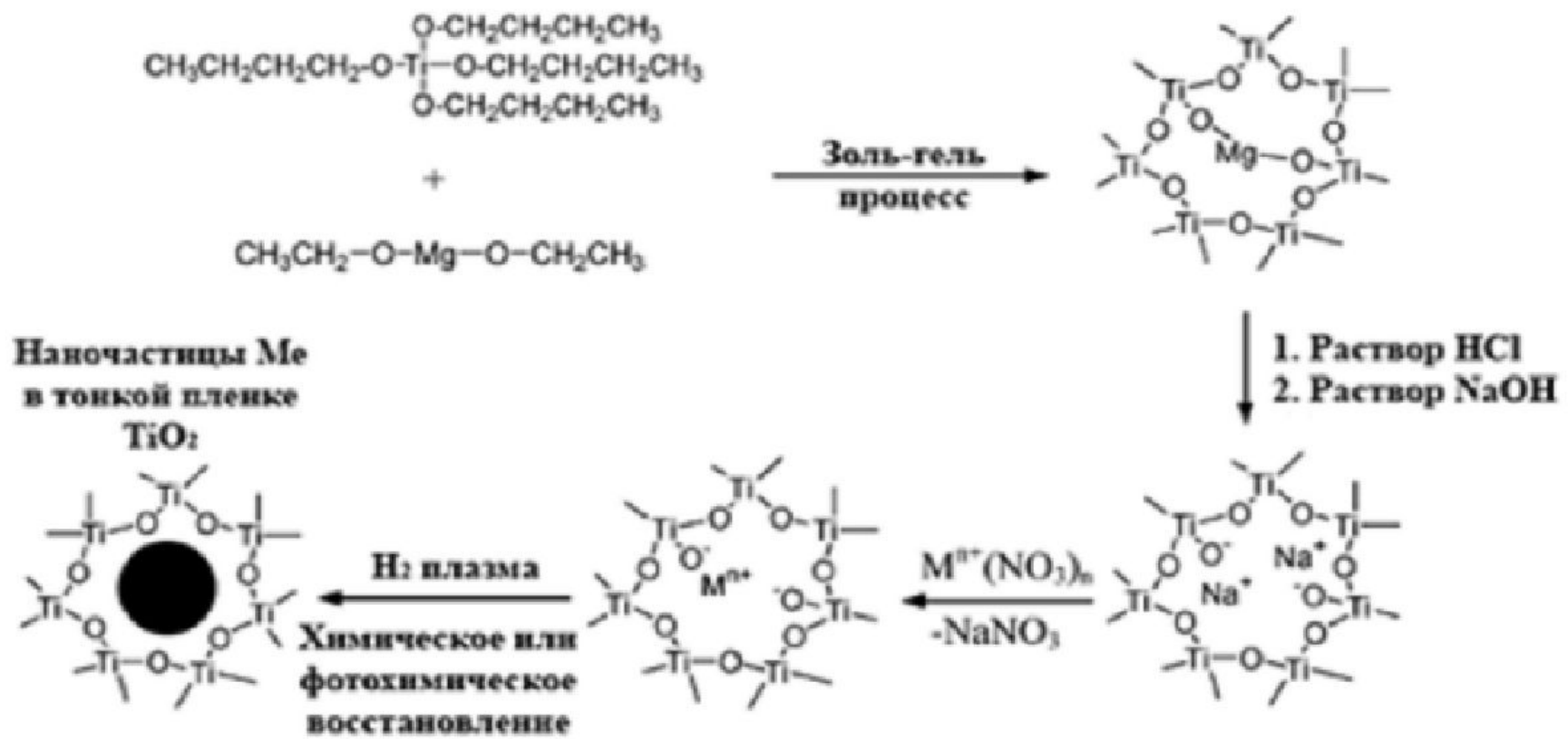
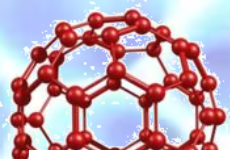
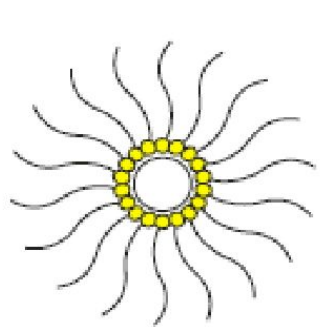
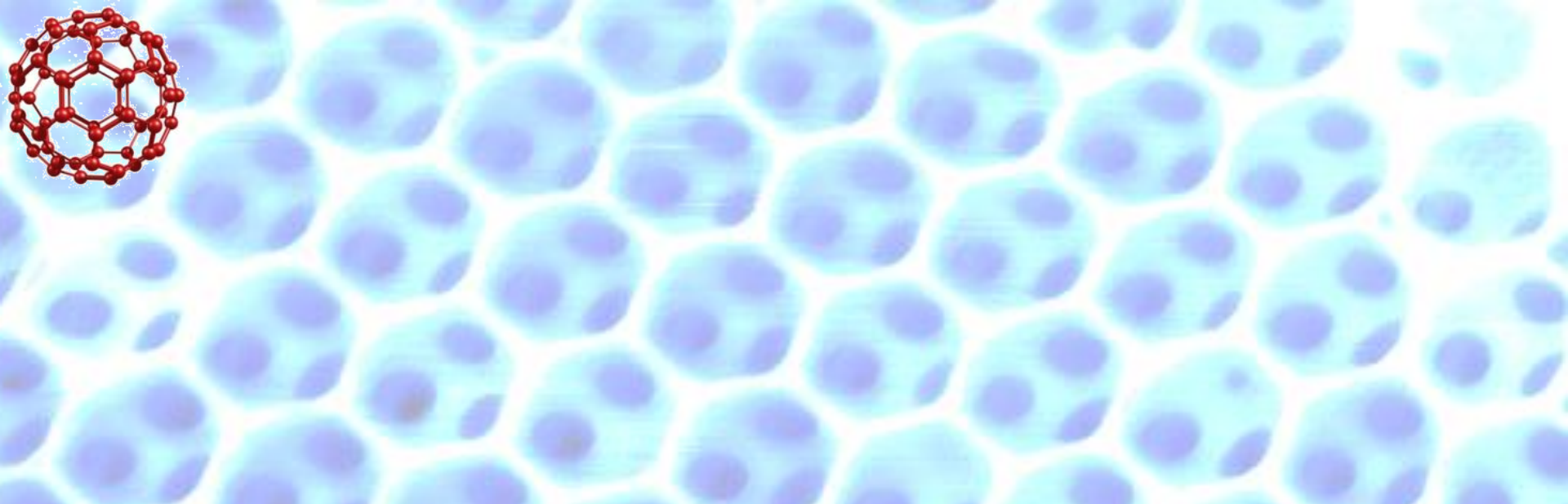
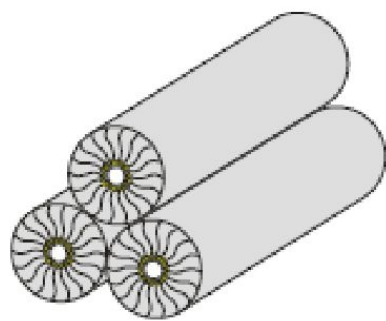


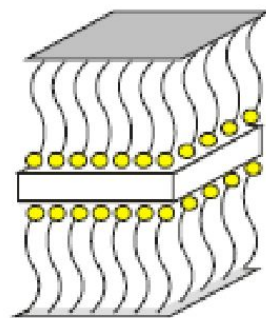
Рис. 2. Схема синтеза нанокompозита "неорганика-неорганика" золь-гель методом



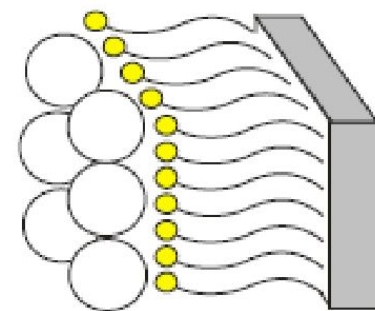
обращенные мицеллы



жидкие кристаллы



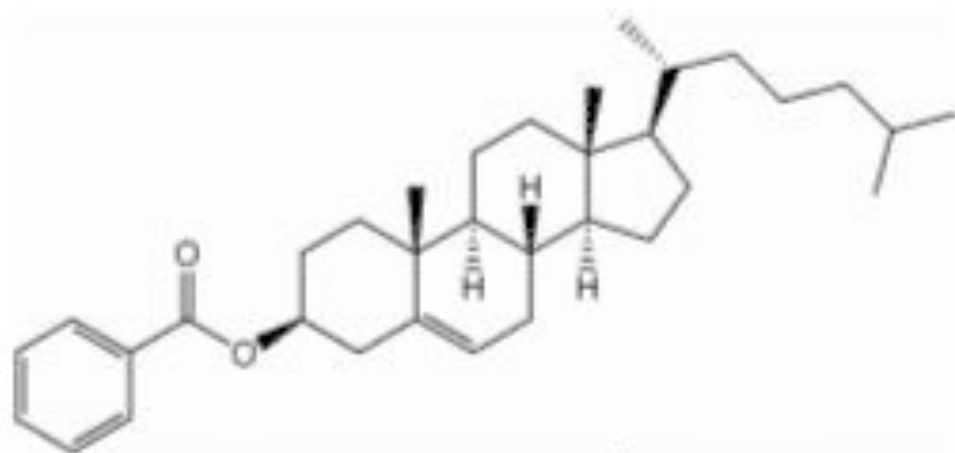
самособирающиеся слои



пленки Ленгмюра-Блоджетт

Рис. 5.1. Типы наиболее часто используемых нанореакторов.

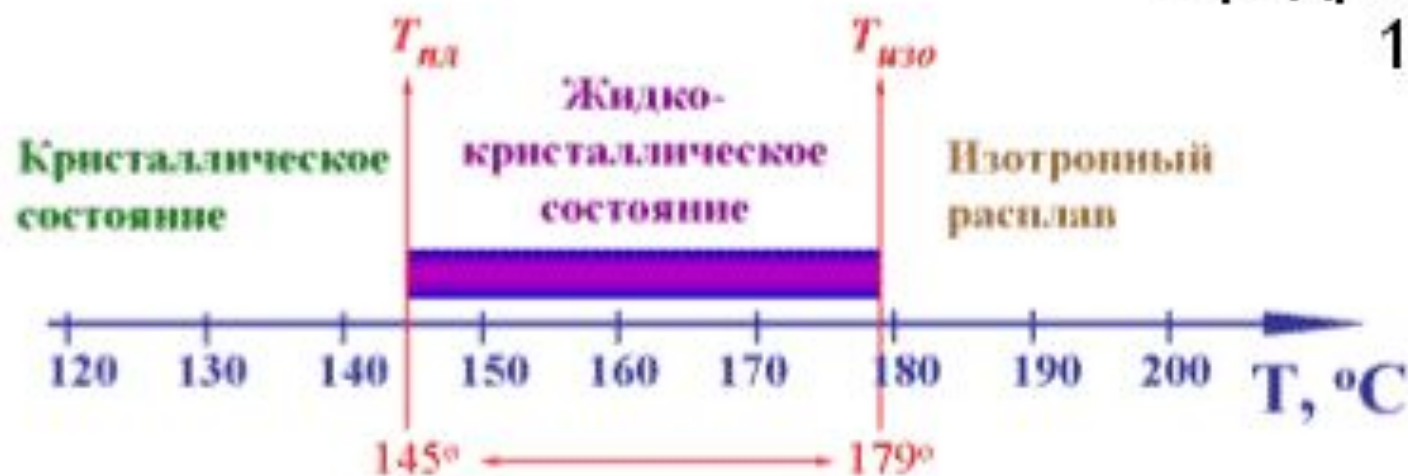
# История: открытие жидких кристаллов



холестерилбензоат



Фридрих Рейнитцер  
1888 г.





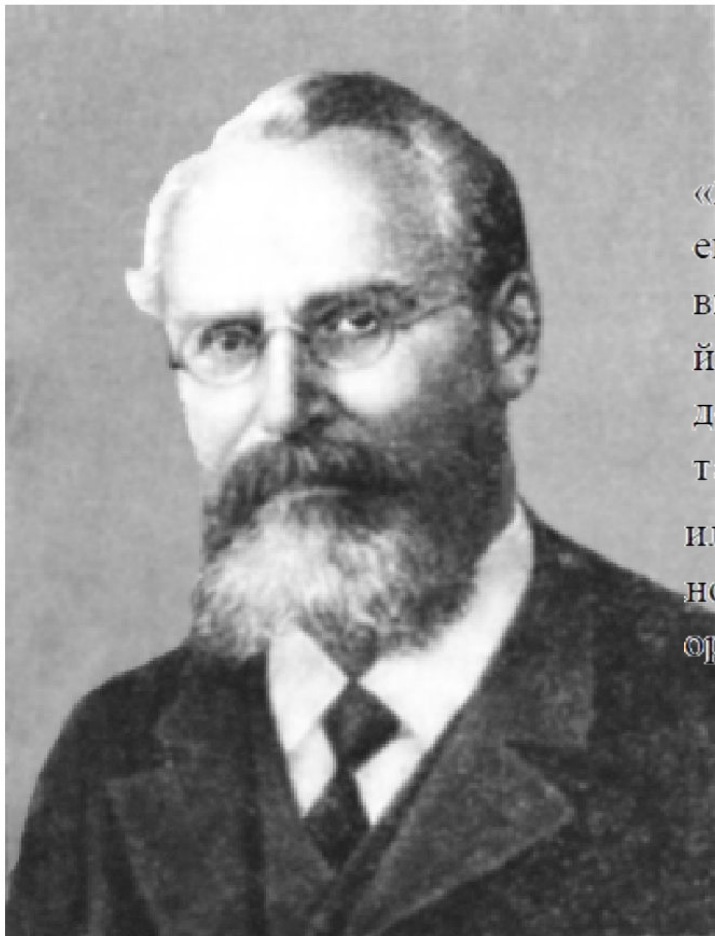


Рис. 1. Отто Леман

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 называть 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

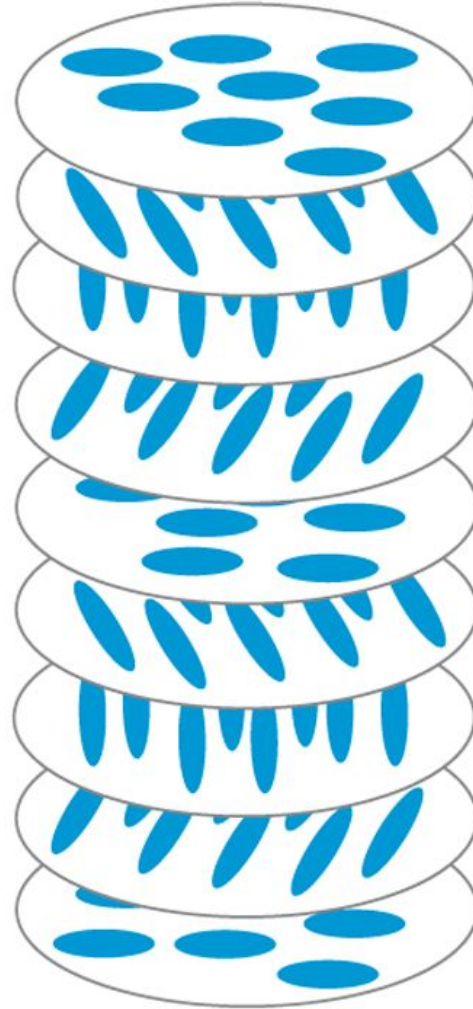


нематические



смектические

↑  
направление преимущественной ориентации осей молекул – директор,  $n$



A B

B A

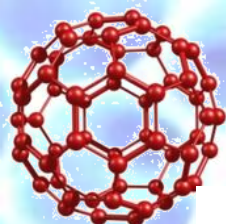
A B

↑  
период повторяемости структуры

смектические А

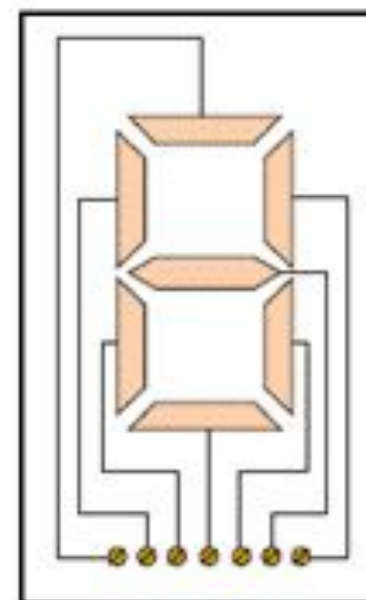
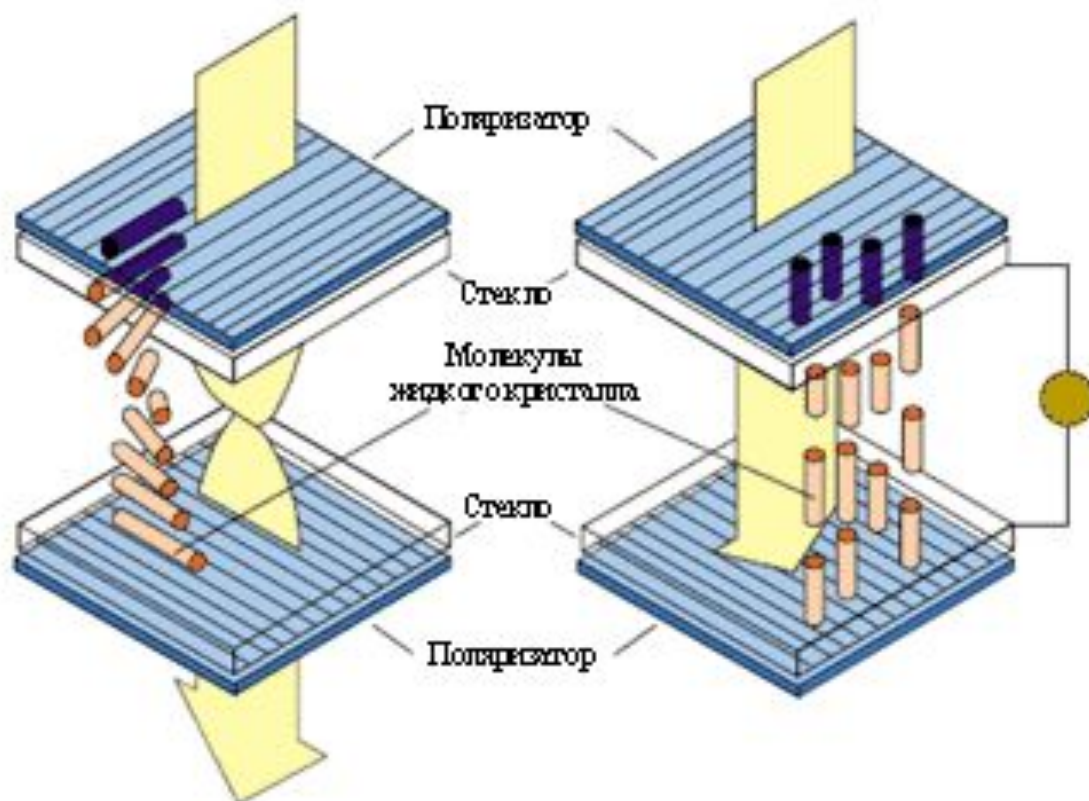
## Важное сочетание:

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



## Переход Фредерикса

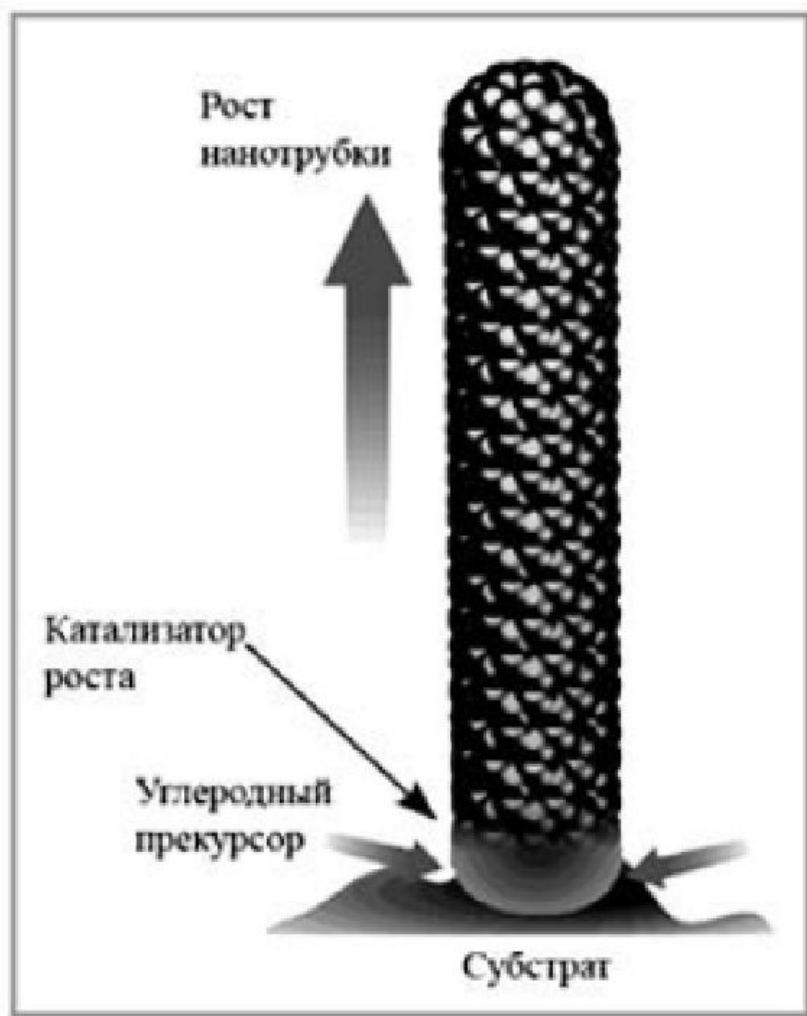
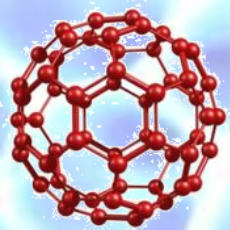
- Устройство ЖК-индикатора (ЖК-дисплея)



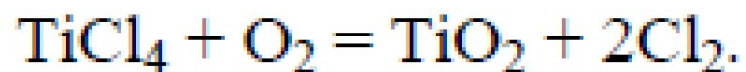
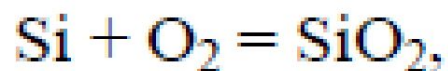
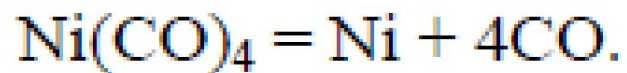
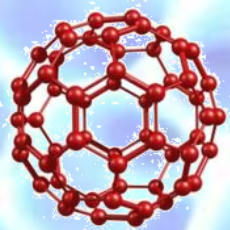


Ученые обнаружили в панцире жука-скарабея структуры, организация которых напоминает организацию молекул в жидких кристаллах.  
Автор работы о жуке *Plusiotis gloriosa*, панцирь которого отливает зеленым. Используя оптический микроскоп, исследователи изучили, как изменяется структура панциря жука и обнаружили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

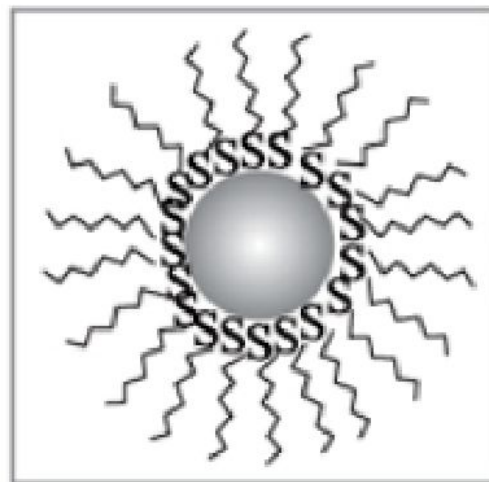
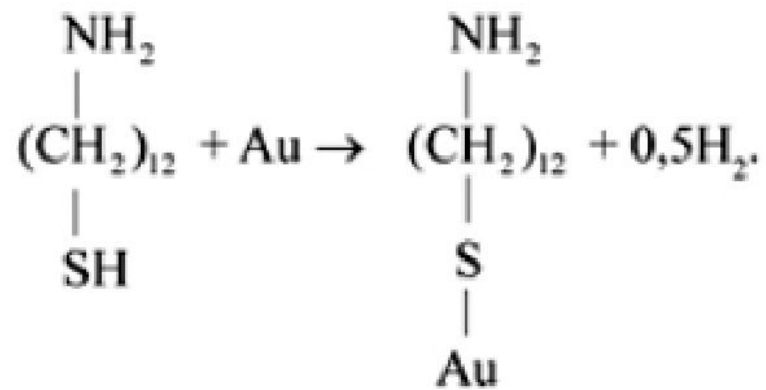
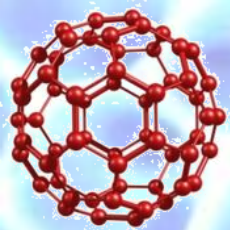




**Рис. 4. Образование углеродной нанотрубки при разложении метана**







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