

Человек стремится жить всё лучше и лучше. Для этого нужно, чтобы машины и механизмы были надёжными, созданные материалы и устройства — безопасными, а методы лечения болезней — эффективными. Чтобы жить лучше, нужно иметь не только глубокие знания, но и передовые технологии, позволяющие создать совершенные устройства, машины и механизмы, функциональные мобильные телефоны, быстрые и надёжные компьютеры. Сегодня с появлением нанотехнологий появилась уверенность, что такие машины будут созданы. Учёные считают, что нанотехнологии в XXI веке произведут такую же революцию в жизни человека, какую в XX века совершили компьютеры. Предполагается, что развитие нанотехнологий изменит жизнь человечества больше, чем освоение письменности, создание паровой машины или открытие электричества.

Основные понятия нанотехнологии

- Слово «нано» происходит от греческого «нанос», что означает карлик или «гном». Нанометр — это 1 миллиардная часть метра или 1×10^{-9} м.
- **НАНОТЕХНОЛОГИИ** — это современные инструментальные методы получения структур, веществ и материалов, путём манипулирования объектами, размеры которых составляют около одной миллиардной части метра (1×10^{-9} м).
- **НАНОМАТЕРИАЛЫ** - это наноразмерные частицы, которые могут быть получены с помощью химического синтеза и обработаны в массе.
- **НАНОСТРУКТУРЫ** - объекты микромира, хотя бы один из линейных размеров которых не превышает 100 нм.

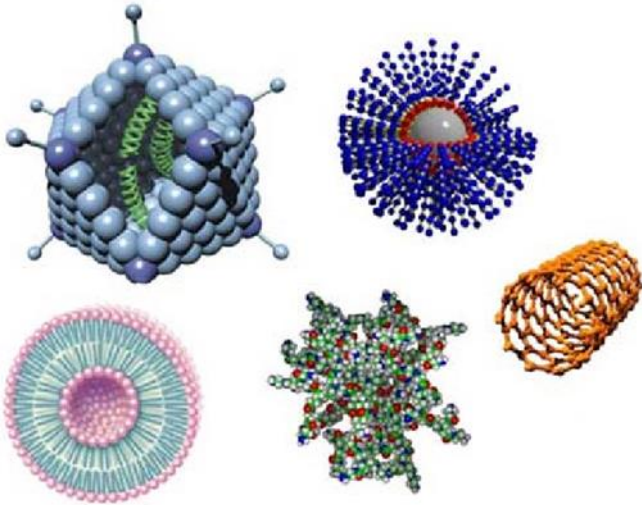
Причина уникальных свойств наноматериалов

- Наномасштаб уникален, поскольку наиболее фундаментальные свойства материалов наномира зависят от их размера так, как не зависят ни при одном другом масштабе. Причина такого поведения наночастиц связана с так называемыми **поверхностными эффектами**. Дело состоит в том, что в маленькой частице существенно увеличивается доля атомов, находящихся на поверхности. У этих атомов есть оборванные связи, и как следствие, они обладают более высокой энергией и активностью. Установлено, что атомы, находящиеся на поверхности структуры и атомы, находящиеся в глубине структуры имеют разные свойства.
- *На молекулярном уровне возникают новые физические и химические свойства, определяемые поведением атомов, молекул и наноконплексов.*
- В нанонауке широко применяется понятие **«размерный эффект»**. Под «размерным эффектом» понимают зависимость физических и химических свойств наноматериала от размера составляющих его структур.

Классификация наноструктур

Классификация наноструктур осуществляется на основе линейных размеров частицы по направлениям трех осей x , y , z :

- объемные трехмерные (3D) структуры, их называют нанокластерами
- плоские двумерные (2D) объекты — это нанопленки
- линейные одномерные (1D) структуры — нано-нити и нанопроволоки
- нульмерные (0D) объекты — наноточки, или квантовые точки
- пористые структуры — нанотрубки, нанопористые материалы (цеолиты)
- дендримеры — ветвистые наноструктуры, очень разнообразны по строению.



Общие свойства наноструктур

- Свойства наноструктур существенно зависят от их размера и строения.
- Практически все наноструктуры имеют высокую реакционную способность.
- Наноструктуры, благодаря своему размеру, способны проникать в клетку и оказывать влияние на ее жизнедеятельность.
- Наноструктуры, могут образовывать более сложные структуры, способны к самосборке.

Основные методы получения наноструктур

Все методы получения наноструктур можно разделить на две большие группы:

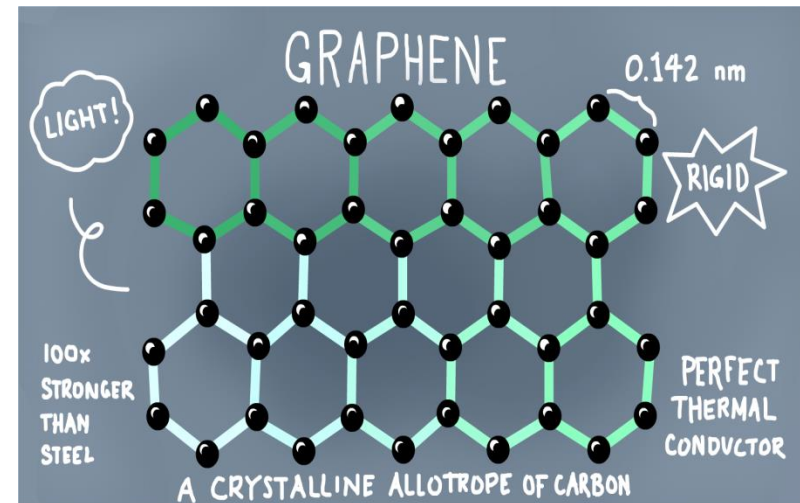
- **диспергационные методы**, или методы получения наночастиц путем измельчения вещества

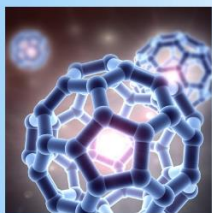
Диспергационные методы («сверху вниз») являются простым способом получения наночастиц путём измельчения вещества. Данный метод широко используется в производстве материалов для микроэлектроники, он заключается в уменьшении размеров объектов до наночастиц в пределах возможностей промышленного оборудования и используемого материала.

- **конденсационные методы.** При конденсационных методах (подход «снизу вверх») наночастицы получают путем объединения отдельных атомов. Метод заключается в том, что в контролируемых условиях происходит формирование структур из атомов и ионов. В результате образуются новые структуры, с новыми свойствами, которые можно программировать путем изменения условий формирования структур.

Наноматериалы на основе углерода

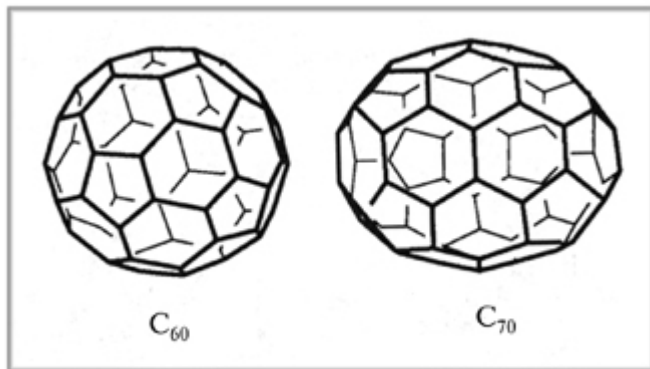
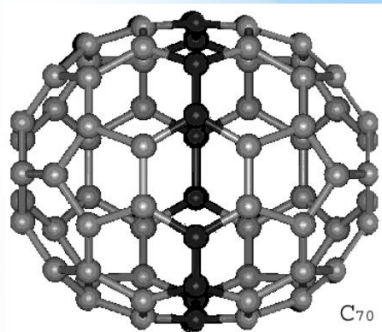
Химический элемент углерод образует несколько простых веществ, которые называют аллотропными состояниями или аллотропами. Некоторые из аллотропов углерода существуют в природе, другие получены искусственным путём. Одним из природных аллотропов углерода является графит. Из него методом поэтапного отслаивания или отшелушивания может быть получена наноструктура — **графен**, представляющая одиночный слой атомов углерода.





* Фуллерен

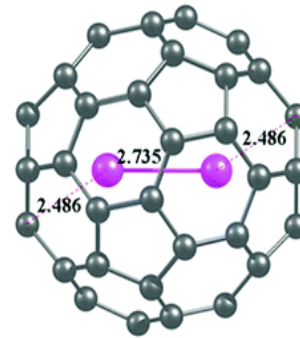
Фуллерены представляют собой шарообразные молекулы C_{60} или молекулы C_{70} . Поверхность молекул фуллеренов состоит из 5-и 6-угольников, образованных атомами углерода, внутри молекулы полые.



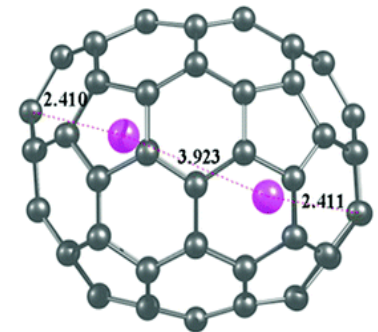
Открытие фуллеренов — первой молекулярной формы углерода, стало одним из удивительных и важнейших открытий в науке XX столетия. В настоящее время наиболее изучен фуллерен, содержащий 60 атомов углерода, расположенных на сфере с диаметром приблизительно в 1 нм, и напоминающий футбольный мяч. Этот фуллерен получил собственное имя Бакминстер фуллерен или просто бакибол (от англ. ball — мяч). Атомы углерода в бакиболе образуют 12 правильных пятиугольников и 20 правильных шестиугольников. В 90-х годах XX века были разработаны методы получения и выделения фуллеренов в чистом виде. Вместе с тем фуллерены и сейчас являются весьма дорогим материалом (дороже золота), что ограничивает их практическое применение. За открытие фуллеренов состава C_{60} и C_{70} сделанное в 1985 году Р. Керл, Р. Смолли и Г. Крото были удостоены Нобелевской премии.

Фуллерены можно разделить на два типа: более стабильные и менее стабильные. Границу между ними позволяет провести правило изолированных пятиугольников. Наиболее стабильными являются те фуллерены, в которых пятиугольники не касаются друг друга, и каждый из них окружен пятью шестиугольниками. Если располагать фуллерены в порядке увеличения числа атомов углерода n , то C_{60} является первым представителем, удовлетворяющим этому правилу, а C_{70} — вторым. Среди молекул фуллеренов с $n > 70$ всегда есть изомер, подчиняющийся указанному правилу, число таких изомеров быстро возрастает с ростом числа атомов.

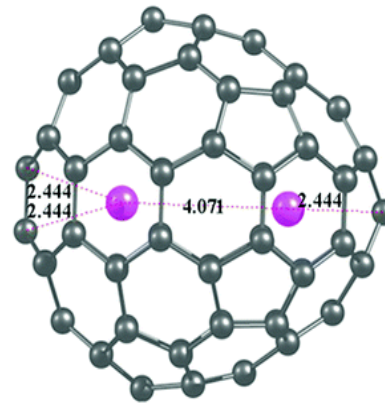
Найдено 5 изомеров для C_{70} , 24 — для C_{84} и 40 — для C_{90} . Изомеры, имеющие в своей структуре смежные пятиугольники, менее стабильны.



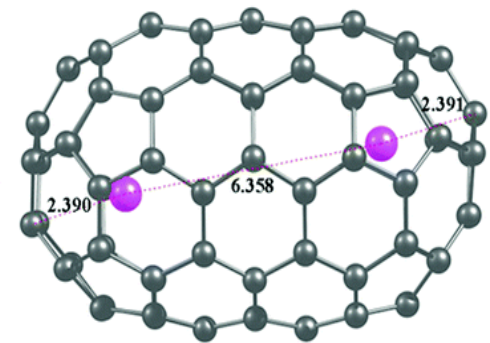
$U_2@C_{60}$



$U_2@C_{70}$

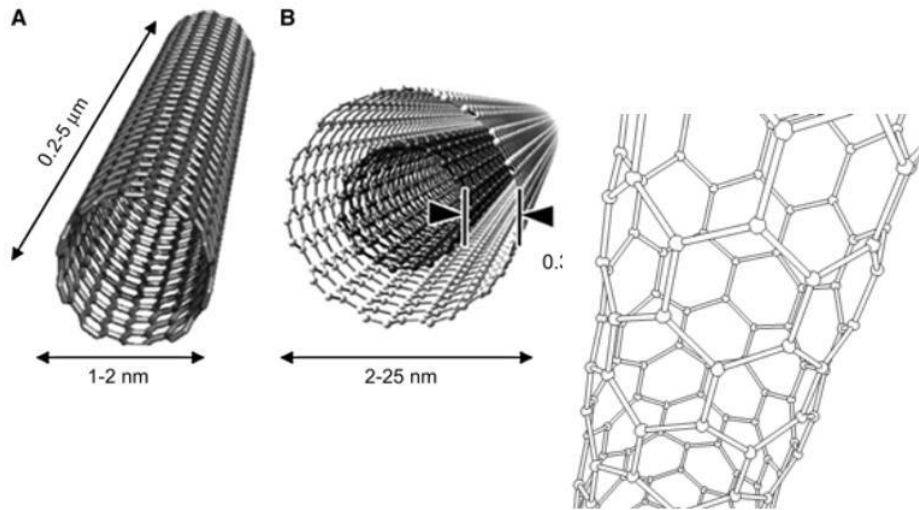


$U_2@C_{84}$



$U_2@C_{90}$

Углеродные нанотрубки

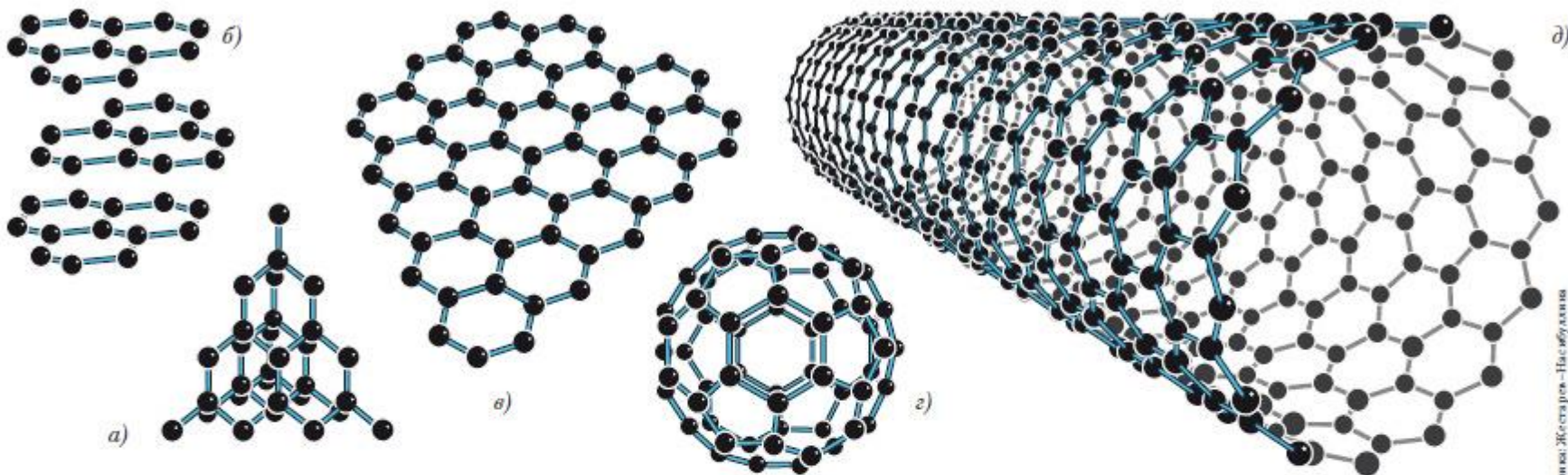


Углеродные нанотрубки

Многие перспективные направления в нанотехнологиях связывают с углеродными нанотрубками. Углеродные нанотрубки — это гигантские молекулы, состоящие только из атомов углерода. Нанотрубки образуются на поверхности угольных электродов при дуговом разряде, в результате испарения атомов углерода с поверхности электродов и последующей конденсацией. Происходит так называемая самосборка углеродных нанотрубок из атомов углерода. Диаметр однослойных нанотрубок около 1 нм, а их длина может быть в миллионы раз больше. Свёрнутый в трубочку листок гораздо труднее согнуть и разорвать, чем обычный лист.

Протяженные цилиндрические структуры диаметром от одного до нескольких десятков нанометров и длиной до нескольких сантиметров состоят из одной или нескольких свернутых в трубку гексагональных графитовых плоскостей (графенов) и заканчиваются обычно полусферической головкой. Углеродные нанотрубки разнообразны по строению. Они могут быть одностенными или многостенными (однослойными или многослойными), прямыми или спиральными, длинными или короткими, и т.д. Различают также проводниковые и полупроводниковые нанотрубки.

Аллотропные модификации углерода



а
алмаз

В структуре алмаза атом углерода расположен в центре тетраэдра (правильной треугольной пирамиды), в вершинах тетраэдра – соседние атомы углерода. Рекордсмен по прочности среди всех известных веществ.

б
графит

Кристаллическая решетка графита слоистая, резко анизотропная: прочные гексагональные (сотовые) плоскости, слабо связанные между собой. Отщепленные чешуйки графита – то, что остается от карандаша на бумаге.

в
графен

Графен – двумерная решетка атомов углерода, фактически это одна графитовая гексагональная плоскость. Из-за особенностей структуры обладает уникальными электрофизическими свойствами.

г
фуллерен

Фуллерены – шарообразные молекулы из атомов углерода, образованные чередующимися пяти- и шестиугольниками. Число атомов в шаре может быть разным, наиболее изучены C_{60} и C_{70} , но существует, например, молекула C_{540} .

д
нанотрубка

Нанотрубка представляет собой свернутую в трубку графитовую плоскость. Нанотрубки многообразны, могут быть однослойными, многослойными или вложенными друг в друга.

КРАТКАЯ ИСТОРИЯ НАНОТЕХНОЛОГИЙ

Отцом нанотехнологии можно считать греческого философа Демокрита. Примерно в 400 г. до н.э. он впервые использовал слово «атом», что в переводе с греческого означает «неделимый».

- **1905 год.** Швейцарский физик Альберт Эйнштейн опубликовал работу, в которой доказывал, что размер молекулы сахара составляет примерно 1 нанометр.
- **1931 год.** Немецкие физики Макс Кнолл и Эрнст Руска создали электронный микроскоп, который впервые позволил исследовать нанообъекты.
- **1959 год.** Американский физик Ричард Фейнман впервые опубликовал работу, в которой оценивались перспективы миниатюризации.
- **1968 год.** Альфред Чо и Джон Артур, сотрудники научного подразделения американской компании Bell, разработали теоретические основы нанотехнологии при обработке поверхностей.
- **1974 год.** Японский физик Норио Танигучи ввел в научный оборот слово «нанотехнологии», которым предложил называть механизмы, размером менее одного микрона.
- **1981 год.** Германские физики Герд Бинниг и Генрих Рорер создали микроскоп, способный показывать отдельные атомы.
- **1985 год.** Американские физики Роберт Керл, Хэрольд Крото и Ричард Смэйли создали технологию, позволяющую точно измерять предметы, диаметром в один нанометр.
- **1986 год.** Американский футуролог Эрик Дрекслер опубликовал книгу, в которой предсказывал, что нанотехнология в скором времени начнет активно развиваться.
- **1989 год.** Дональд Эйглер, сотрудник компании IBM, выложил название своей фирмы атомами ксенона.
- **1998 год.** Голландский физик Сеез Деккер создал транзистор на основе нанотехнологий.
- **1999 год.** Американские физики Джеймс Тур и Марк Рид определили, что отдельная молекула способна вести себя так же, как молекулярные цепочки.

Нанобиотехнологии

Нанобиотехнологии – раздел в нанотехнологиях, посвященный изучению воздействия наночастиц на живые системы, а также разработке способов моделирования и практического применения биологических наноструктур, наноявлений и нанопроцессов в экспериментальной биологии, медицине, экологии, сельском хозяйстве и других отраслях экономики.

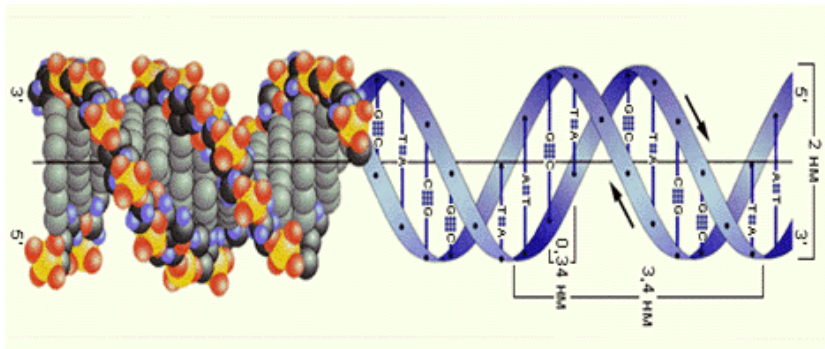
В настоящее время оформились **три основных направления** в создании и развитии **нанобиотехнологий**:

- Задачей первого направления является моделирование и воспроизведение наноявлений и наномеханизмов живых систем в лабораторных и производственных условиях;
- Второе направление предусматривает получение наночастиц и наноматериалов с участием живых организмов;
- В рамках третьего направления предусматривается разработка методов и способов использования наноструктур и нанопроцессов для вторжения в живой организм с целью его исследования, диагностики состояния и лечения.

К биологическим наноструктурам можно отнести, например, молекулы белков, размеры которых варьируют в пределах от 4 до 50 нм. Размеры строительных блоков белков – аминокислот – составляют около 1 нм. Молекула ДНК, имеющая толщину 1-2 нм, несомненно, является наноструктурой, несмотря на то, что ее длина достигает нескольких миллиметров. Из живых организмов к наномиру можно отнести только неклеточные формы жизни – вирусы. Размеры последних колеблются в пределах 10-200 нм.

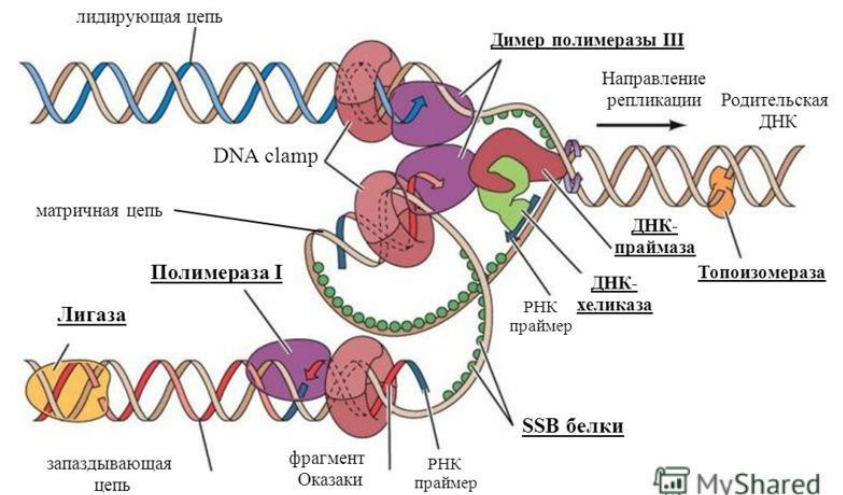
Процессы, в которые вовлекаются наноструктуры (наночастицы) получили название нанопроцессов. Самый главный нанопроцесс в живом организме – биосинтез белка.

Явления живой природы, протекающие с участием наноструктур названы наноявлениями. Наноявлением можно рассматривать самовоспроизводство (ауторепликацию) ДНК.



Репликация ДНК

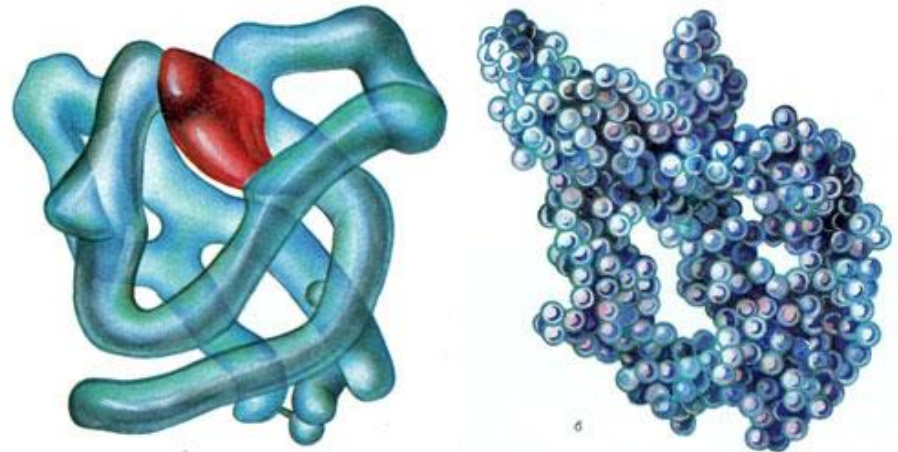
<http://www.nature.com/encode/>



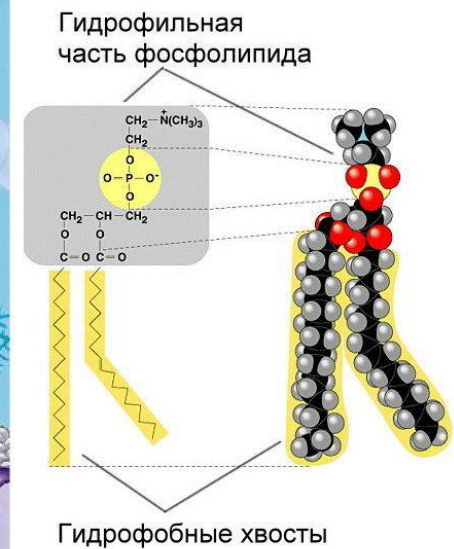
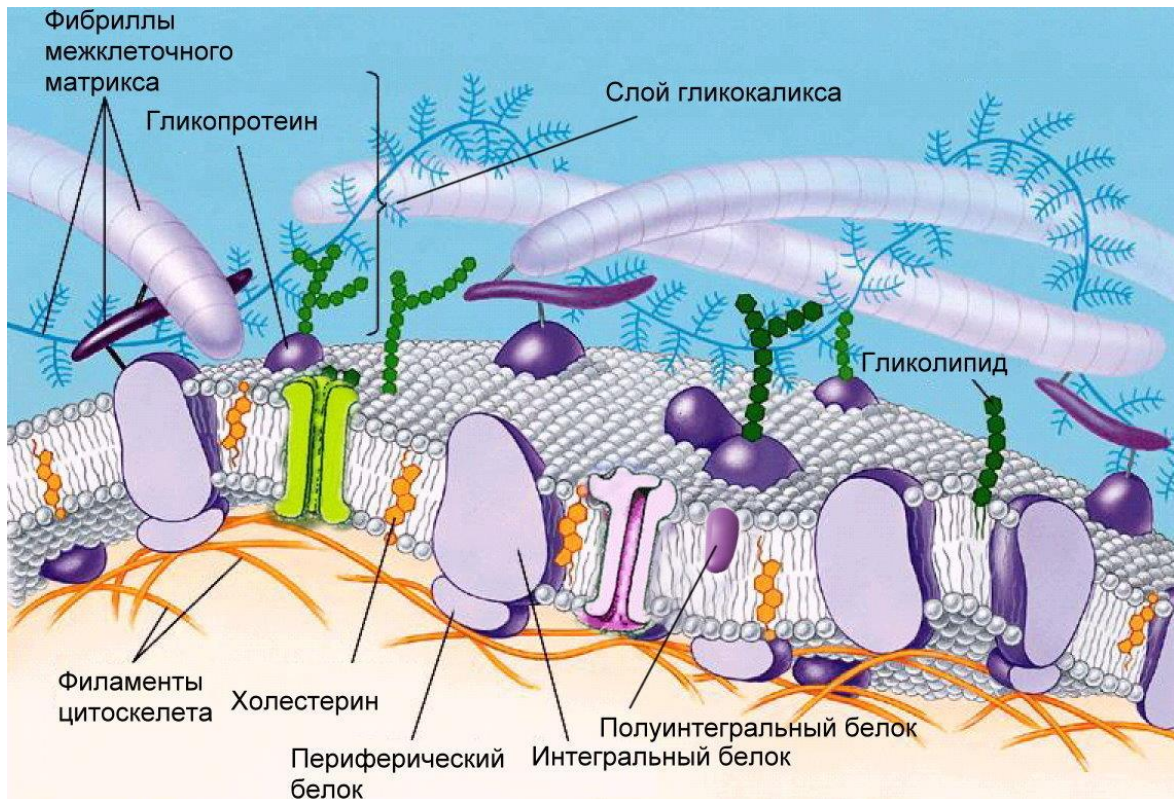
Уровни организации живой материи

Начальным (наиболее глубинным) уровнем организации живого является **молекулярный**. Структурно-функциональной единицей уровня является биомолекула, или молекула биополимера (молекула нуклеиновой кислоты, белка, полисахарида). На этом уровне осуществляются важнейшие процессы жизнедеятельности: хранение и передача наследственной информации, обмен веществ и энергии, дыхание и др. Из биомолекул формируются надмолекулярные структуры.

Третичная структура молекулы миоглобина и рибонуклеазы.

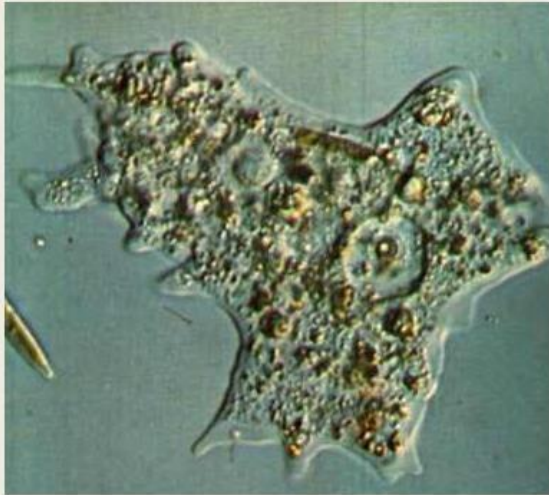


Субклеточный уровень рассматривается переходным между молекулярным и клеточным уровнями. Единицей уровня является надмолекулярная структура живой системы (элементарная биологическая мембрана, субчастица органоида, органоид). Процессы жизнедеятельности, протекающие на этом уровне, обеспечивают рост и специализацию клетки, самовосстановление и саморазрушение ее органоидов и др.



Клеточный уровень представлен клетками как самостоятельных организмов (бактерии, простейшие), так и клетками многоклеточных организмов

Клеточный уровень

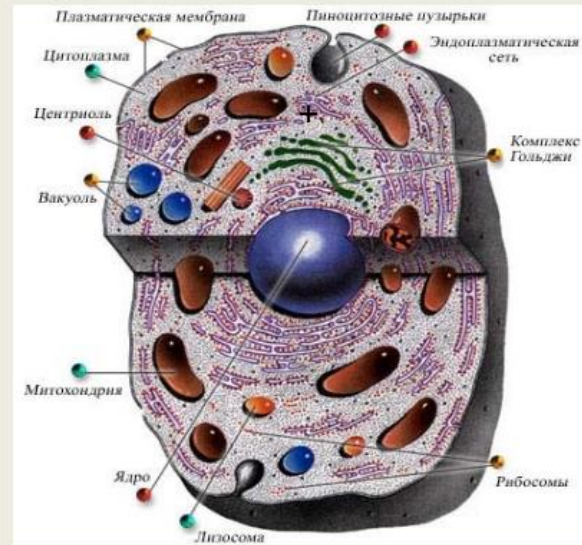


Также клетка может быть самостоятельным организмом.

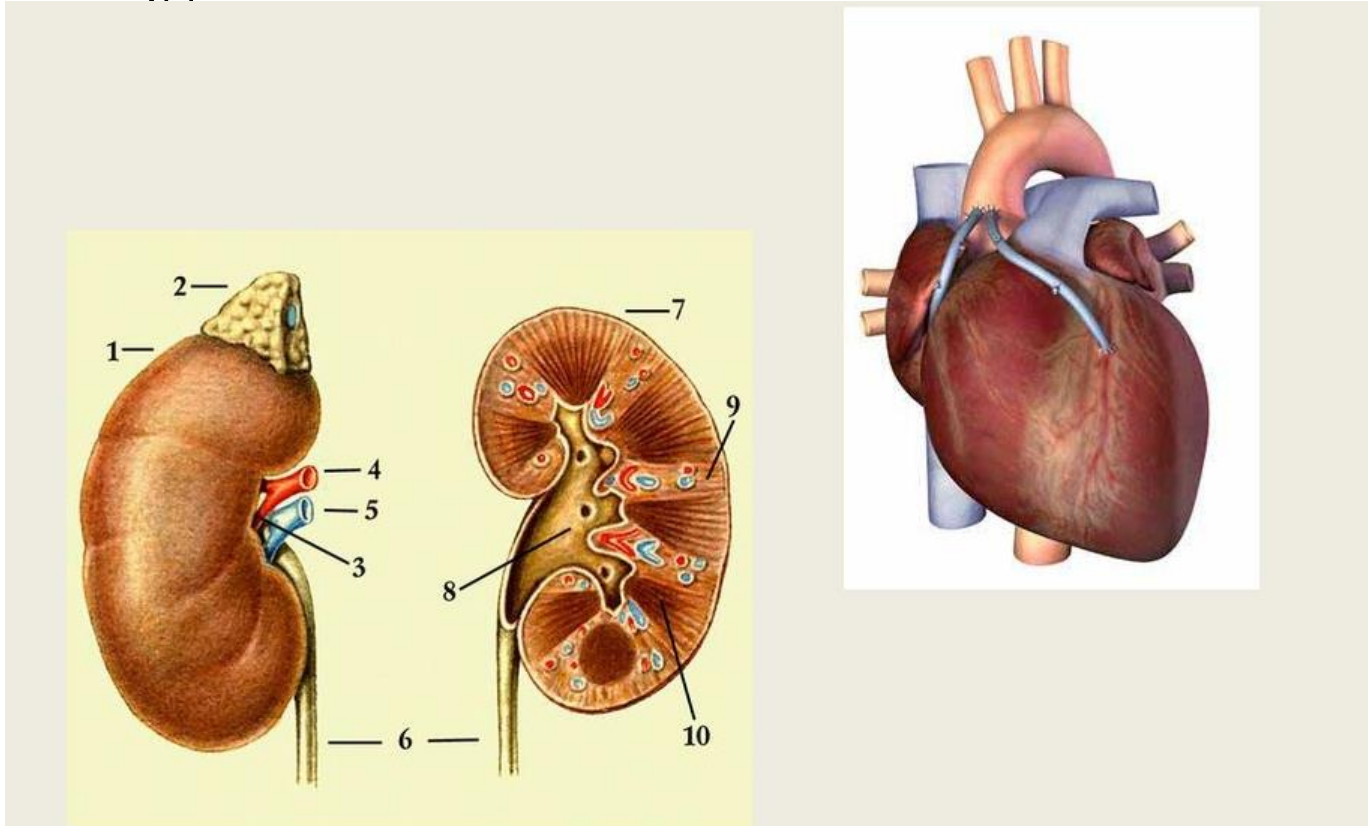
На этом уровне протекают процессы жизнедеятельности: обмен веществ, превращение энергии в клетке, рост, развитие, деление.

Клеточный уровень включает в себя молекулы.

Клетка входит в состав многоклеточного организма



Органный уровень характеризует сложные многотканевые живые системы. Структурно-функциональная единица уровня – орган. Орган представляет собой часть организма, имеющую определенную форму и выполняющую специфические функции. Взаимосвязанные в первую очередь общей функцией или биологической ролью в организме, органы формируют системы органов. Структурно-функциональной единицей **системного** уровня организации живого является система органов. Последняя объединяет органы со сходной биологической ролью или функцией. Так, обеспечивающая кровоток в организме кровеносная система состоит из таких органов как сердце и кровеносные сосуды.



Организменный уровень представлен живыми организмами. Живому организму как структурно-функциональной единице уровня присущи все проявления и свойства жизни. На этом уровне происходит развитие и рост организма как единого целого, его приспособление к факторам внешней среды.

Пример организменного уровня



Декоративный
Кролик



Растение
(ландыш)

Популяционный уровень представлен минимальными группами особей, вовлеченными в эволюционный процесс – популяциями. Структурно- функциональная единица этого уровня – популяция – является одновременно элементарной единицей эволюции. Объединение отдельных особей в популяции обеспечивает их приспособление, выживание, успех в размножении и в эволюции в целом.



Молекулярный и субклеточный уровни организации живых систем как уровни наномира

Определяющими структурами молекулярного уровня организации живых систем являются молекулы биополимеров (биомакромолекулы). Они включают молекулы нуклеиновых кислот, белков и полисахаридов. Эти молекулы обладают свойством формирования более крупных по размеру надмолекулярных биологических структур (нанокомплексов). Последние образуются:

- **макромолекулами белков, нуклеиновых кислот, углеводов и их комбинациями (сложные белки, нуклеопротеиды и др.);**
- **регуляторными молекулами (гормоны, ферменты, медиаторы, разнообразные биологически активные вещества);**
- **молекулами воды, липидов и других веществ;**
- **ионами;**
- **атомно-молекулярными комплексами, состоящими из неразрывно связанных ионов и молекул воды, а также молекул всех перечисленных выше органических веществ в клетке.**

Образование, функционирование и распад подобных надмолекулярных нанобиокомплексов представляет более высокий – надмолекулярный, или субклеточный уровень организации живых систем.

Методы изучения нанобиоконплексов

- световая микроскопия
- метод фазово-контрастной микроскопии
- флуоресцентная микроскопия
- иммунофлуоресценция
- электронная микроскопия
- атомно-силовая микроскопия

Проблема трехмерного изображения была решена с созданием конфокального сканирующего светового микроскопа и сканирующего электронного микроскопа.