Как мы знаем все живые системы являются открытыми, это означает что в них происходит упорядочивание за счет получения энергии из вне. Примером данного процесса может служить формирование внутри клеток сложных биологических структур за счет целенаправленной механической работы. За счет чего реализуются данные механизмы преобразования энергии? Как они сохраняются на протяжении миллиардов лет в живых организмах? Каким образом понимание данных вопросов способствует разработке биомиметических наноматериалов? Эти вопросы и будут рассмотрены в данном эссе.

Источники энергии будь то солнечный свет или продукты питания получаемые клетками из вне совершают полезную работу внутри клеток не на прямую, а через химическое соединение, универсальную энергетическую валюту клетки молекулу аденозинтрифосфата - АТФ. Данная молекула синтезируется в хлоропластах у растений и в митохондриях у животных за счёт специального фермента АТФ-синтазы.

В 1961 году Питтером Митчеллом была предложена хемиосмотическая концепция мембранного фосфорилирования, за которую в 1978 исследователь получил Нобелевскую премию. Разберем основные моменты концепции:

Мембрана тилакоида – разделяет внутренний объем где повышена концентрация ионов водорода от внешнего где их мало.

При достаточно большом ионном градиенте протоны начинают «течь» через АТФ-синтазу, что и сопровождается синтезом АТФ

Важно сказать, что данный процесс обратим, при избытках молекулы АТФ могут гидролизоваться и таким образом создать разность потенциалов, которую в свою очередь можно измерить и количественно оценить. Обратимость процесса синтеза АТФ обусловлена обратимостью работы АТФ-синтазы. Данная молекулярная машина наиболее сравнима с динамо-машиной электромотором работающем за счет разности потенциалов.

Пол Бойер совместно с Джоном Уокером в 1997 получили нобелевскую премию за открытие структуры и механизма работы АТФ-синтазы.

АТФ-синтаза состоит из двух белковых комплексов, в состав первого, названного F0 входят полипептидные цепи, которые образуют канал, пронизывающий мембрану насквозь. По этому каналу протоны возвращаются в матрикс из межмембранного пространства; второй белковый комплекс - F1 выступает в матрикс с внутренней стороны мембраны и содержит 9 субъединиц, 6 из которых образуют головку из 3 пар α и β (каталитические центры), прикрывающие стержневую часть, которая состоит из 3 субъединиц γ, δ и ε. γ и ε подвижны и образуют ротор, вращающийся внутри неподвижной головки и связанный с комплексом F0. Вращение ротора и приводит к синтезу АТФ за счет смены конформации каталитических центров. При вращении ротора в обратном направлении происходи гидролиз АТФ.

АТФ-синтеза впечатляет своей сложностью при столь малых размерах, а также своей эффективностью, КПД данной нано-биологической машины приближается к 100%, но более всего поражает то, что данный механизм был придуман природой миллиарды лет назад и сохранился почти в первозданном виде до наших дней.

За хранение и передачу наследственной информации и за развитие всех живых организмов отвечает ДНК. ДНК или Дезоксирибонуклеиновая кислота – макромолекулярная структура, представляющая собой спираль, составленная из двух антипараллельных цепей нуклеотидов (за исключением некоторых видов вирусов с одноцепочечной ДНК). В ДНК встречаются 4 нуклеотида: аденин, цитозин, тимин, гуанин которые и кодируют информацию. Причем цепи дублируют друг друга по правилу комплементарности: аденин-тимин, гуанин-цитозин. В биоинформатике ДНК таким образом представляет собой строковую последовательность (текст) в четырех буквенном алфавите A, C, T, Gпо первым буквам названия нуклеотидов. Каждая тройка нуклеотидов из последовательности называется триплет и кодирует одну из аминокислот, составляющих последовательность белка также представимой в виде строки, но уже в 20 буквенном алфавите.

Объяснением того, что кодирование идет именно тройками букв определил ещё Георгий Гамов, простым комбинаторным подсчетом: 1 буква могла бы кодировать только одну аминокислоту, 2 буквы – 16 аминокислот, 3 буквы – 64 аминокислот. Таким образом 64 триплета (или кодона) с избыточностью хватает для кодирования любого белка.

Важным моментом является то, что синтез белка происходит не на ДНК, а на посреднике в виде макромолекулы РНК (Рибонуклеиновая кислота). Данная гипотеза была Френсисом Криком, а затем подтверждена экспериментально.

Таким образом биосинтез белков происходит по следующему каскаду:

на основе ДНК создается РНК (транскрипция), затем на основе РНК создается белок (трансляция). Так же существует ещё один тип операции – репликация, это копирование ДНК (в некоторых случаях РНК), например, при делении клетки.

Данные операции так же как перенос и использование энергии осуществляется за счет ферментов – нано машин: ДНК и РНК-полимераза служат для репликации и транскрипции, а рибосома для трансляции, синтеза белка.

Исследование процессов самоорганизации и образования супрамолекулярных структур на основе комплексов молекул ДНК с амфифильными аминосодержащими молекулами и неорганическими наночастицами актуально в настоящее время с практической точки зрения, поскольку может способствовать разработке новых невирусных химических переносчиков для эффективного направленного транспорта нуклеиновых кислот или других биологически-активных веществ через мембраны клеток, которые могут найти применение в генной инженерии и терапии. Мульти пленки Ленгмюра–Блоджетт образованные на твердой подложке в течение многих лет являются удобной модельной системой для исследования физико-химических свойств поверхности биологических мембран и моделирования границы раздела фаз мембрана-водная фаза, а также для создания различных планарных наносистем.

Технология формирования таких пленок состоит в том, чтобы на границу раздела фаз вода-газ нанести слой лепидных молекул затем с помощью подвижного барьера, изобретенного Ленгмюром, «упаковать» малекулы до квази-кристалического или даже твердого состояния, затем перенести получившийся высокоупорядоченный моно-слой на твердотельную подложку, что является введением Блоджетт.

Технология, разработанная И. Ленгмюром и К. Блоджетт, позволяет формировать на границе раздела газовой и жидкой фаз планарные молекулярные и композитные наносистемы, включающие различные функциональные молекулы, неорганические кластеры и наночастицы.