Гороховская Е.А.

Что такое жизнь?

С точки зрения биолога

exoteric.roach.org

Эрвин Шредингер. Что такое жизнь? Физический аспект живой клетки (1944)

- «Развертывание событий в жизненном цикле организма обнаруживает удивительную регулярность и упорядоченность , не имеющих себе равных среди всего, с чем мы встречаемся в неодушевленных предметах».
- «<…> сходство между часовым механизмом и организмом <…> просто и исключительно сводится к тому, что в основе последнего лежит твердое тело – апериодический кристалл, образующий наследственное вещество, не подверженное воздействию беспорядочного теплового движения. Но, пожалуйста, не ставьте мне в вину, что будто бы называю хромосомные нити “зубцами органической машины” <…> не нужно большого красноречия, чтобы напомнить основное различие между ними и оправдать для биологического случая эпитеты – новый и беспрецедентный. Наиболее поразительными различиями являются: во-первых, своеобразное распределение зубцов в многоклеточном организме <…> и, во-вторых, тот факт, что отдельный зубец – это не грубое человеческое изделие, а прекраснейший шедевр, когда либо достигнутый по линии господней квантовой механики».
- Но:
- «“я”, взятое в самом широком значении этого слова – то есть каждый сознательный разум <…> – представляет собой не что иное, как субъект, могущий управлять “движением атомов” согласно законам природы». <…> «Сознание представляет собой явление, по самому своему существу единичное».

Два типа ответа на вопрос о сущности жизни

- Перечень свойств, отличающих живое от неживого

- Определение фундаментальной причины всех этих свойств: что именно делает живое живым, в чем заключается специфика жизни, что лежит в ее основе.
- Существуют принципиально разные подходы к пониманию к этому.

Перечень свойств живого в XX в.

- **Самый распространенный «школьный» перечень:**
- рост и развитие, раздражимость, самовоспроизведение, обмен веществ, наследственность
- **К ним могут добавлять:**
- изменчивость,
- способность к историческому развитию – эволюции,
- приспособленность,
- целостность (живое – это системы),
- и др.

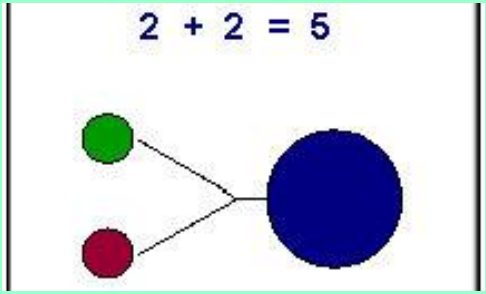
Редукционизм ⟷ Антиредукционизм

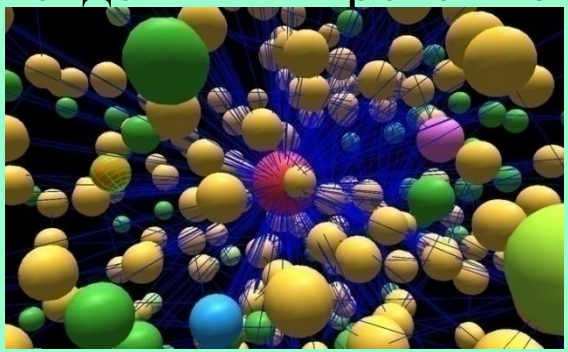
- Согласно ***редукционизму*** жизнь можно полностью объяснить ее физической и химической организацией.

- Согласно ***антиредукционизму*** жизнь **НЕ** сводится исключительно к физическим и химическим явлениям и существуют особые факторы или принципы, определяющие ее специфику, ее отличие от мира неживого.

Холизм ⟷ Элементаризм

- Согласно ***холизму*** целостность живых организмов нельзя свести к свойствам их компонентов и отдельных протекающих в них процессов.





- Согласно ***элементаризму*** целое можно объяснить из свойств его частей.

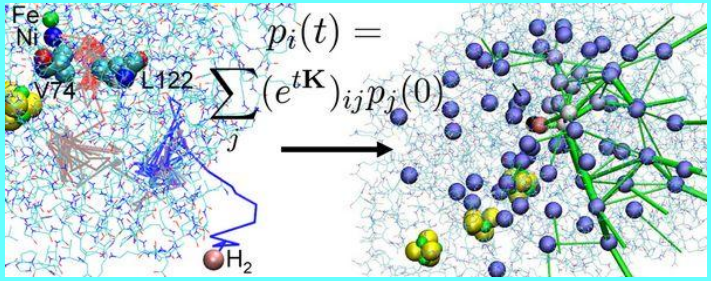
- Редукционизм может быть и элементаристским, и холистским,
- антиредукционизм только холистским.

Редукционизм → **Физикализм**
Редукционизм → **Механицизм**

Согласно ***физикализму*** живые существа - это чрезвычайно сложные физико-химические образования.

-
-

=

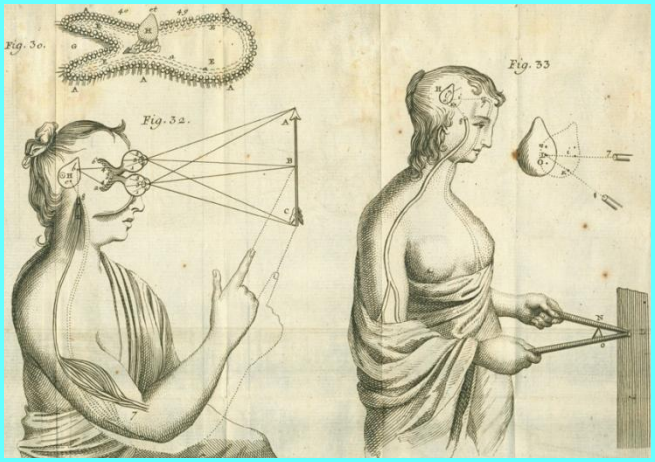


Разновидность физикализма – материалистический эмерджентный подход, отказывающийся от элементаризма.

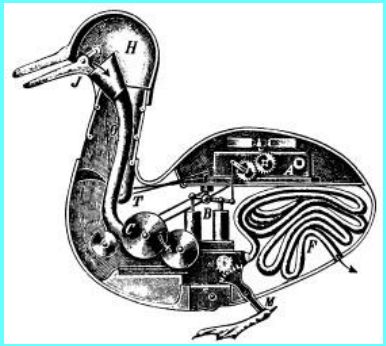
Согласно ***механицизму*** организм подобен сложному механизму, конструкция которого, в свою очередь, полностью объясняется с помощью физики и химии.

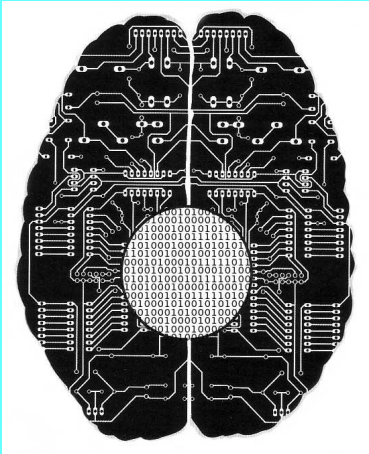
XX – XI век

Рене Декарт ~1630



Жак де Вокансон 1783





Антиредукционизм → **Витализм**, **Органицизм**

- ***Витализм:*** специфика живого определяется наличием особого фактора, не сводимого к принципам, которые лежат в основе неживой природы (*душа, жизненное начало, жизненная сила, энтелехия, план и др*.).
- Сущность жизни определяется не ее специфической физико-химической организацией, а напротив, особое жизненное начало является причиной особой материальной организации жизни.
-
- ***Органицизм:*** специфика живого не связана с особым нефизическим фактором. Организм - несводимое ни к чему другому природное единство, которому неотъемлемо присущи его особые свойства, обеспечивающие взаимозависимость его частей, их подчиненность целому и всю его целенаправленную жизнедеятельность.

- Новый вариант органицизма – ***биосемиотика***.

Подходы к пониманию сущности жизни

Подходы	Редукционизм	Антиредукционизм
Элементаризм	Физикализм	—
Холизм	Физикализм Механицизм	Витализм Органицизм

Соотношение подходов к сущности жизни в настоящее время

- Доминирующий среди биологов – ***антиредукционизм*** без конкретного уточнения его разновидности
- Следующие по распространенности:
  - ***механицизм***
  - ***органицизм***
  - ***физикализм***
  - ***витализм***

Главные теоретические вопросы биологии, на которые требуют объяснения

- Целесообразность и целенаправленность биологических явлений
- Целостность
- Сложность
- Образование биологической формы

Целесообразность

- Варианты объяснения:
- Результат существования нематериального жизненного начала
- Результат эволюции (путем естественного отбора)
- Неотъемлемый атрибут живого
- Особенность организации систем с обратными связями

- **Орган** ⟷ **Функция**

Целостность

- Откуда берется целостность живого?
- Может ли целое выступать как причинный фактор?

Сложность

- **Уоррен Уивер (Warren Weaver):**
- Организованная простота - классическая физика
- Неорганизованная сложность - статистическая механика
- Организованная сложность - биология
- **Weaver W. Science and complexity // American Scientist. 1948. Vol. 36. P. 539 – 544.**

- **Анри Атлан (Henri Atlan)** (биофизик и философ биологии):
- «открытие общих теорий, сводящих эту сложность [молекулярно-биологических процессов] к простым законам, таким, как в физике и даже в химии, совершенно невероятно» (Atlan H. The living cell as pradigm for complex natural systems // ComPlexUs. 2003. Vol. 1. P. 2).

Значение кибернетики & компьютерной науки для биологии

- Реабилитация понятия ***цели***

- Понимание организма как системы, связанной с восприятием, переработкой, хранением и использованием ***информации***

Сущность жизни и фундаментальные биологические проблемы

- молекулярные основы жизни
- эмбриогенез
- происхождение жизни
- эволюция

Молекулярная биология

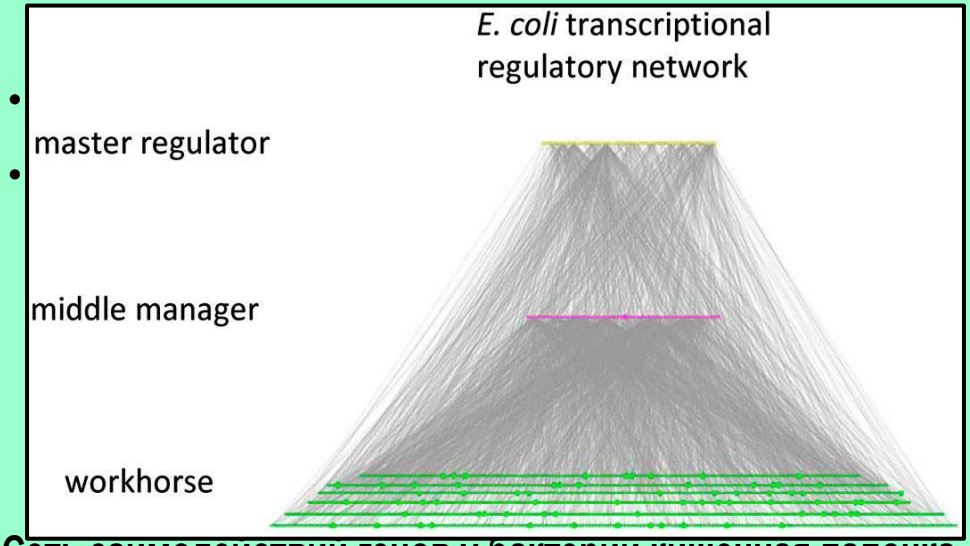
Вначале - торжество физикализма.

Потом – молекулярно-биологические явления слишком сложные, главные процессы здесь информационные, а не физико-химические.

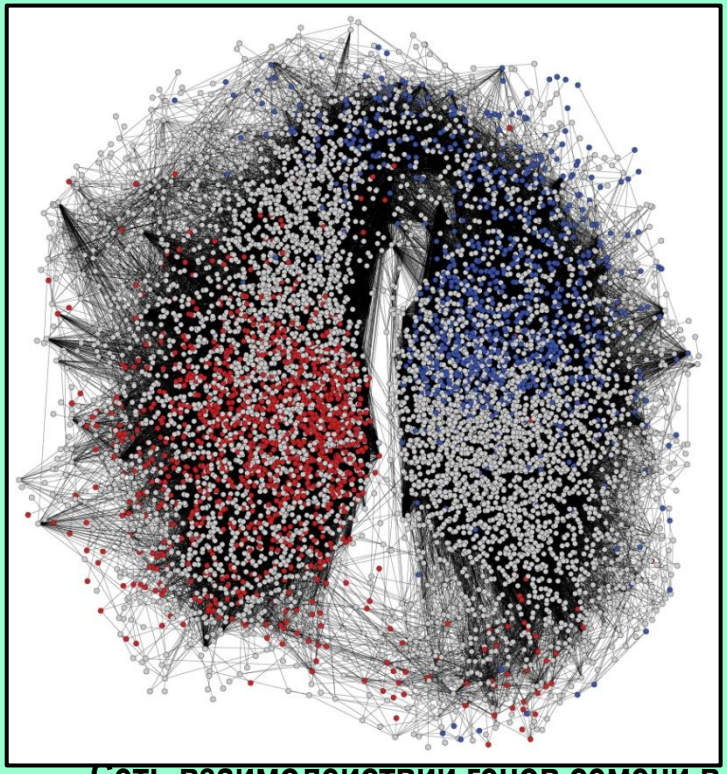
Активность организма как целого управляет всеми молекулярно-биологическими процессами.

Анри Атлан (Henri Atlan):
«Все структурные и функциональные конфигурации не определяются простым образом геномом, словно при выполнении компьютерной программы. Скорее, структуры ДНК больше похожи на статичные данные, которые хранятся в памяти, передаются от клетки к клетке и от одного поколения к следующему и обрабатываются остальной клеточной машинерией. Именно последняя фактически выполняет эти функции. <…> Даже эту метафору следует поправить <…> структура функциональной биохимической сети клетки в данном состоянии видоизменяется, когда меняется характер активности генов. Итоговая картина – это картина эволюционирующей сети, структура которой меняется в результате ее активности» (Atlan H. The living cell as pradigm for complex natural systems // ComPlexUs. 2003. Vol. 1. P. 2)

Сети взаимодействующих генов

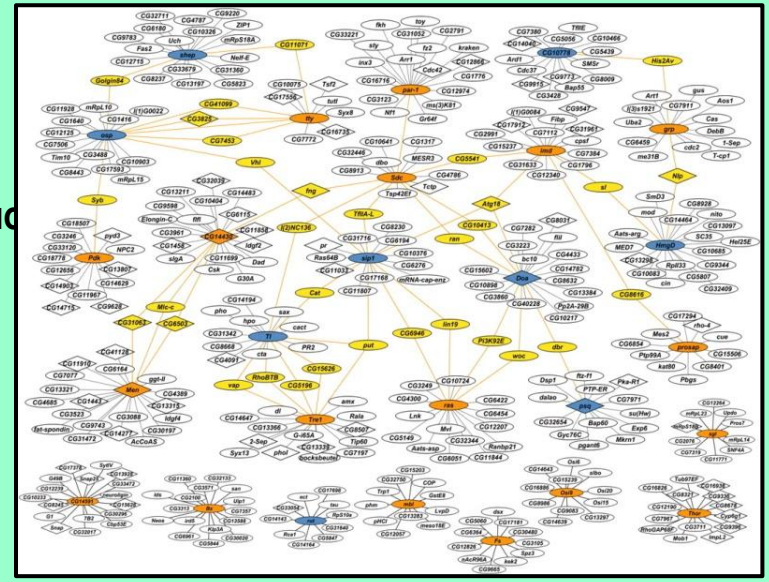


Сеть заимодействии генов у бактерии кишечная палочка



Сеть взаимодействии генов семени в начале прорастания

самс

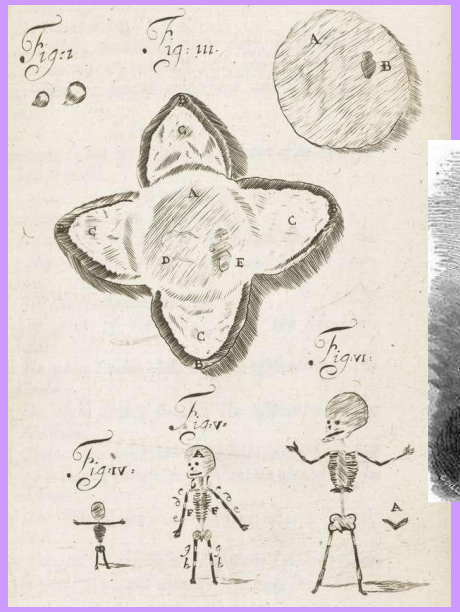


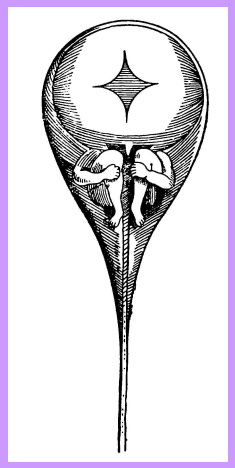
Сеть взаимодействия генов дрозофилы, связанных с чувствительностью к спирту

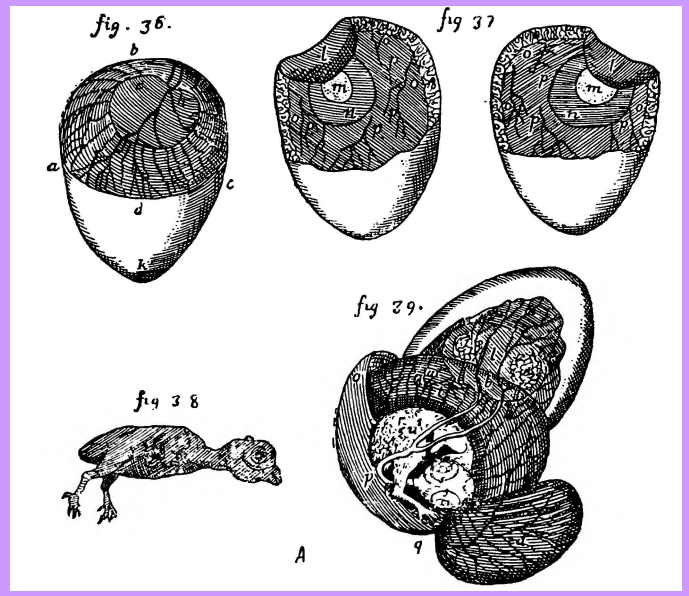
Эмбриогенез

- **Преформизм** **или** **Эпигенез**

•XVII – начало XVIII в.: овисты и анималькулисты







•**Современная эмбриология: эпигенез + преформизм**

Происхождение жизни

- **Абиогенез**

Химическая эволюция

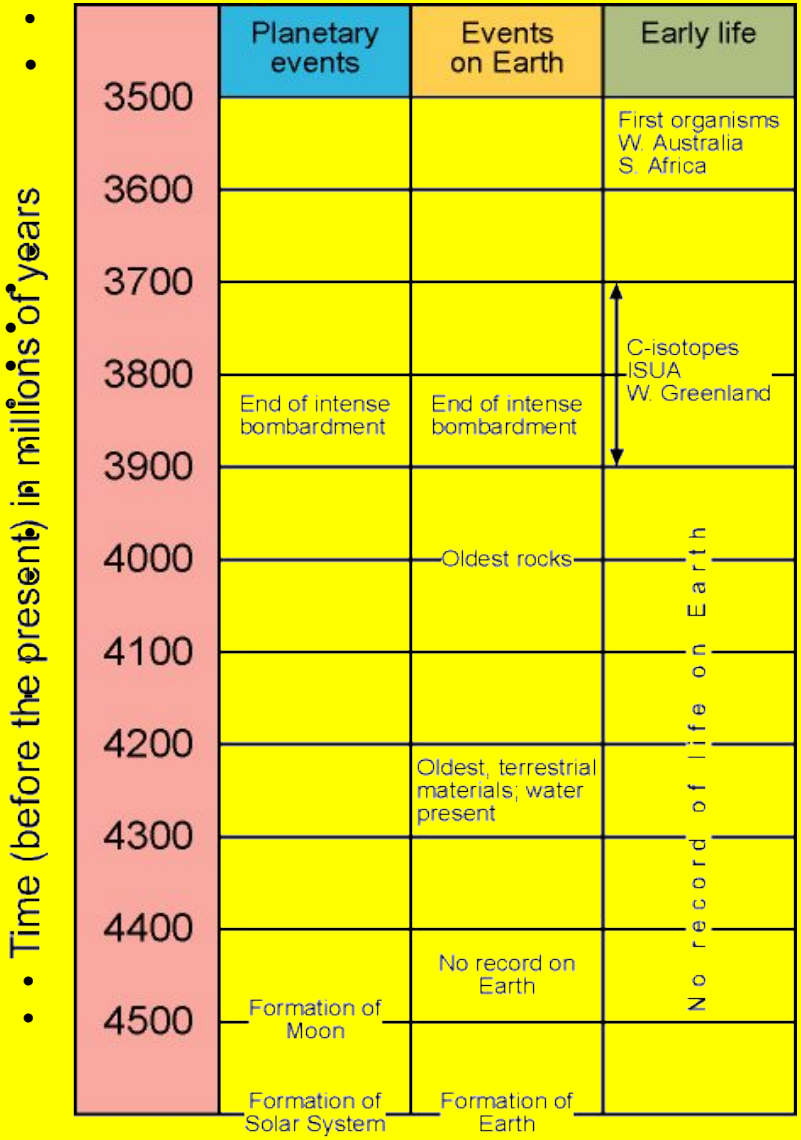
Панспермия

Креационизм

Возраст Земли ~ 4,5 млрд лет.

Первые организмы, вероятно, появились более 3,8 млрд лет назад

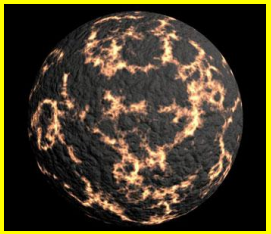
Хронология истории Земли



Возраст Земли ~ 4,5 млрд лет.

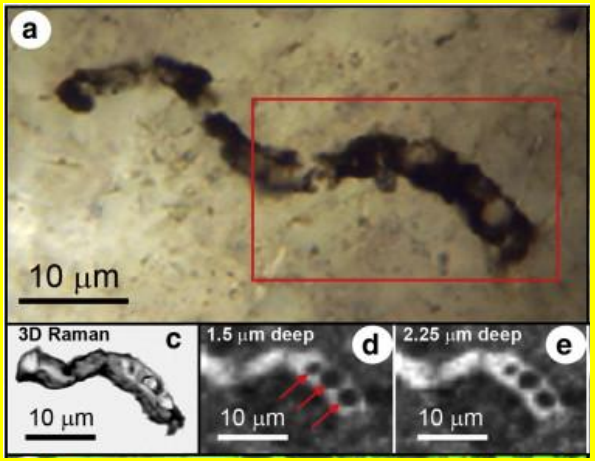
Первые следы жизни на Земле – отложения углерода, связанного с фотосинтезом, **3,8 млрд лет назад** в Гренландии (?~3,95 Лабрадор, Канада).

Первые сообщества организмов - цианобактериальные маты



Палеонтологическая летопись первых организмов

Древнейшие окаменелости бактерий, Западная Австралия ~ 3,5 млрд л.

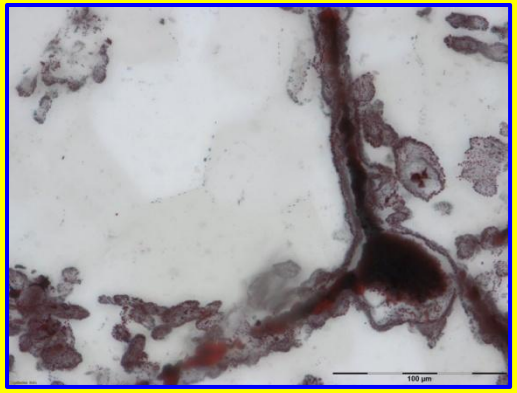
- 

Цепочка окаменевших бактериальных клеток под микроскопом (Schopf, Kudryavtsev, 2012)

Слои бактерий в горной породе

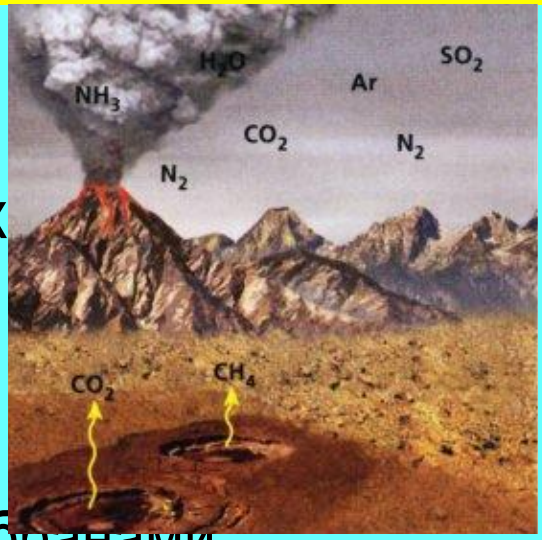
Окаменевшие остатки микробных сообществ – 3,7 млрд л., Гренландия (Nutman et al, 2016)

?Слои бактерий в породе и окаменелости крупным планом, Канада, 4,280 – 3,770 млрд л.
(Dodd et al, 2017)



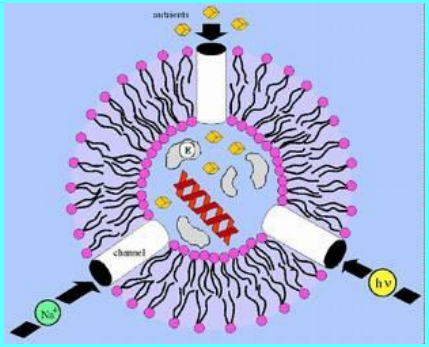
Этапы происхождения жизни по Дж. Берналу (1959)

образование простых органических веществ–мономеров из неорганических



образование из мономеров биополимеров

-
- формирование структур, ограниченных мембранами
-
- появление первичных организмов – пробионтов.

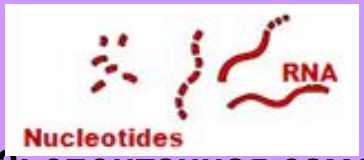


Мир РНК

В 1980-е гг. открыта возможность спонтанного, без белков-катализаторов, синтеза коротких молекул РНК, спонтанная их *саморепликация* и удлинение благодаря спариванию комплементарных нуклеотидов.

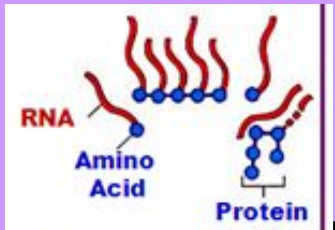
Выдвинута гипотеза о существовании до появления первых организмов *мира РНК.* Молекулы РНК могли быть объединены в колонии-ансамбли, способные размножаться и обмениваться генетическим материалом. РНК «научились» синтезировать белки, затем возникла ДНК .

Стадия 1: Абиогенный синтез коротких РНК



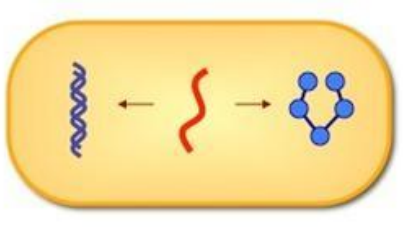
Стадия 2: спонтанная саморепликация РНК

Стадия 3: РНК катализирует синтез белка



Стадия 4: Образование мембраны

Стадия 5: РНК кодирует и ДНК и белок



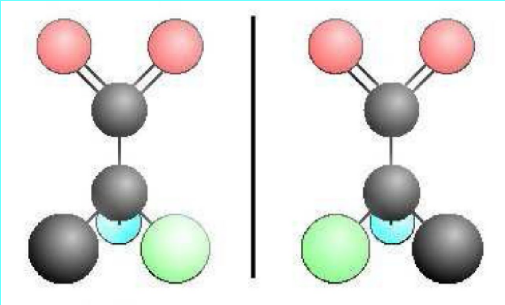
Стадии 1-2 – лабораторные эксперименты; 3-4 - гипотетические

Проблемы

Катастрофа ошибок: ошибки в копировании РНК накапливаются быстрее, чем отбор может с ними

справиться.

Необходимость поддержания химической асимметрии молекул в живом

- 
- Левая Правая

Непонятно, как на основе мира РНК мог возникнуть метаболизм.

Непонятно, как возник генетический код.

Эволюция

- Случайная ненаправленная
- или
- закономерная направленная?