



Гороховская Е.А.

Что такое жизнь?

С точки зрения биолога

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 – аperiodический 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.

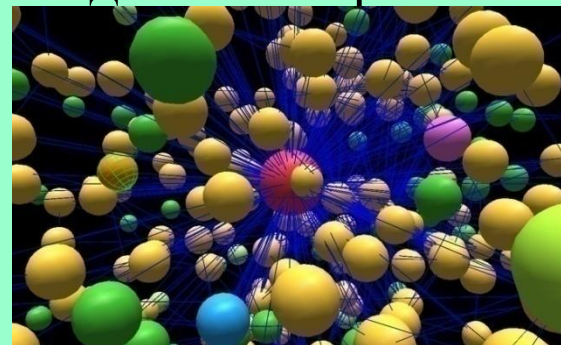
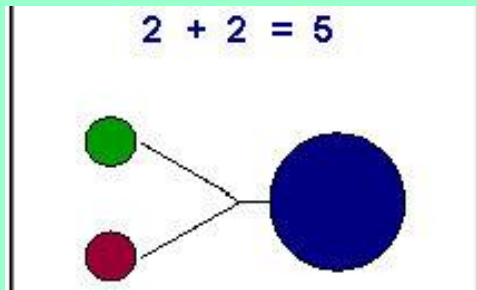
- **Самый распространенный «школьный» перечень:**
- рост и развитие, раздражимость, самовоспроизведение, обмен веществ, наследственность
- **К ним могут добавлять:**
- изменчивость,
- способность к историческому развитию – эволюции,
- приспособленность,
- целостность (живое – это системы),
- и др.

Редукционизм ↔ Антиредукционизм

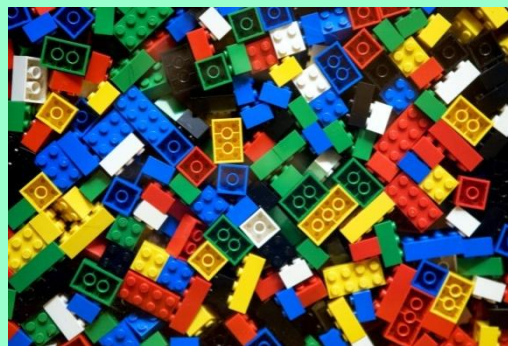
- Согласно *редукционизму* жизнь можно полностью объяснить ее физической и химической организацией.
- Согласно *антиредукционизму* жизнь **НЕ** сводится исключительно к физическим и химическим явлениям и существуют особые факторы или принципы, определяющие ее специфику, ее отличие от мира неживого.

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.

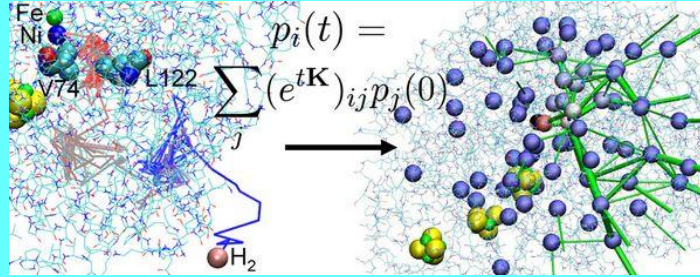


- Редукционизм может быть и элементаристским, и холистским,
- антиредукционизм только холистским.

Редукционизм

- Физикализм
- Механицизм

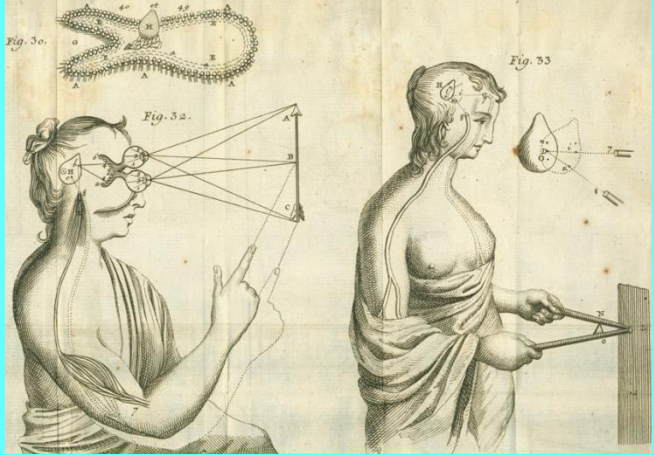
Согласно **физикализму** живые существа - это чрезвычайно сложные физико-химические образования.



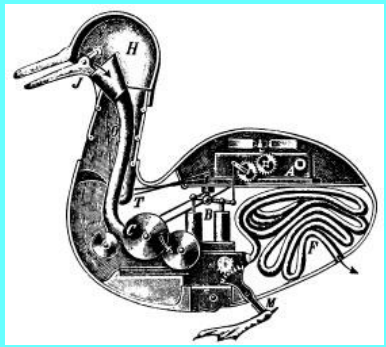
Разновидность физикализма – материалистический эмерджентный подход, отказывающийся от элементаризма.

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

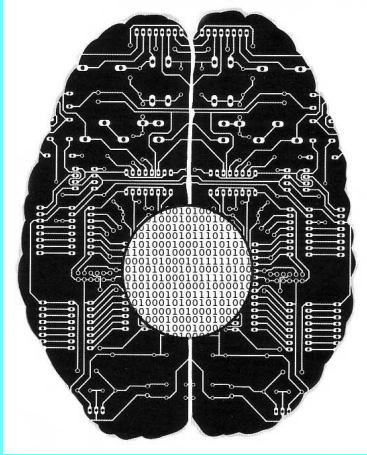
Рене Декарт ~1630

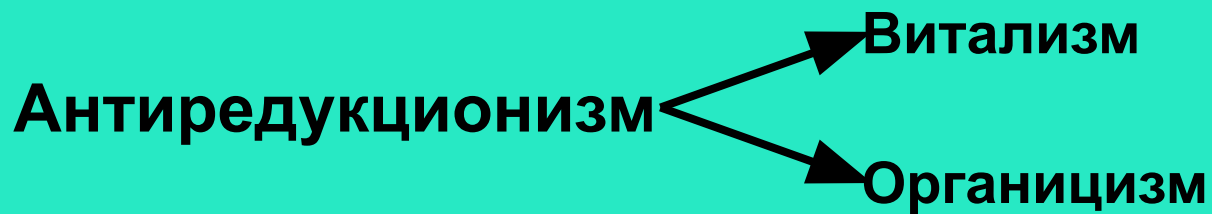


Жак де Вокансон 1783



XX – XI век





- **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.
-
- **Организмизм:** 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 организмизма – **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)

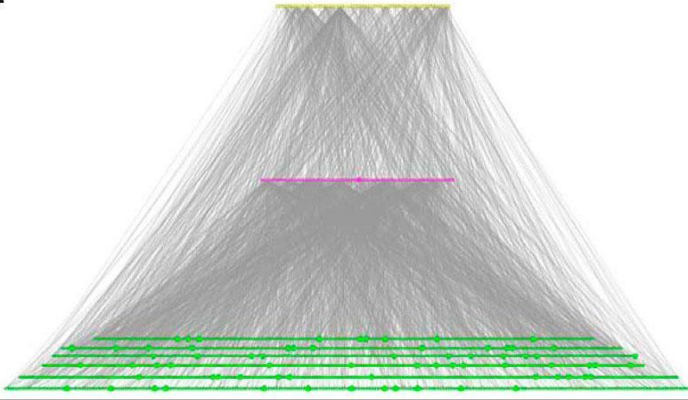
Сети взаимодействующих генов

E. coli transcriptional regulatory network

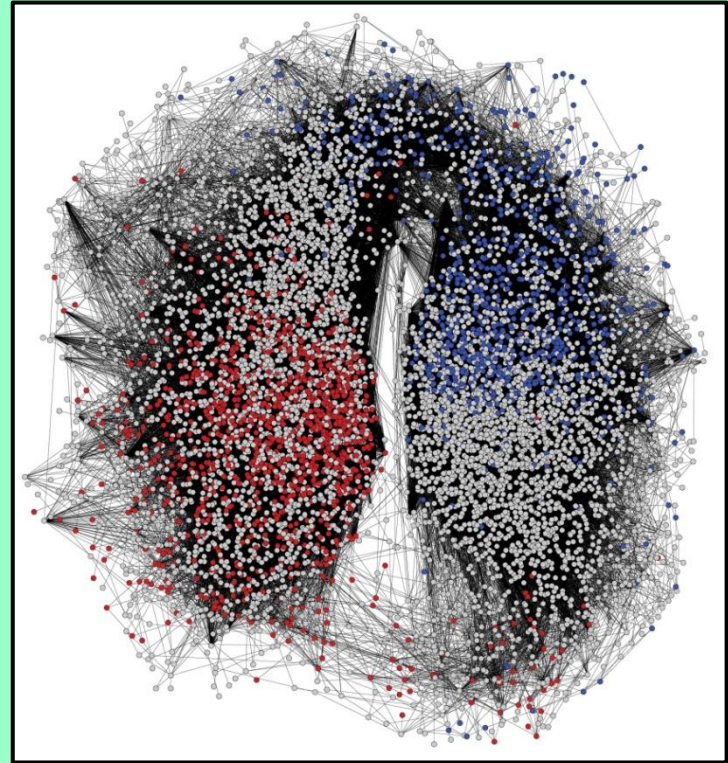
master regulator

middle manager

workhorse

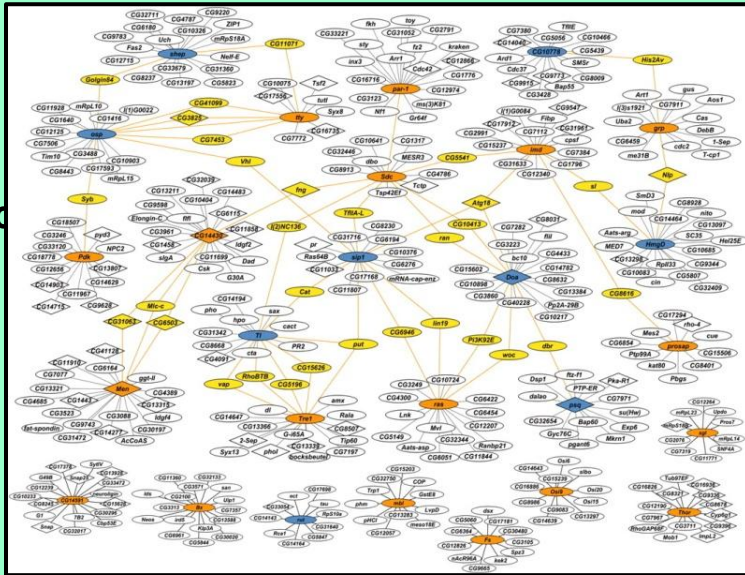


Сеть взаимодействия генов у бактерии кишечная палочка



Сеть взаимодействия генов семени в начале прорастания

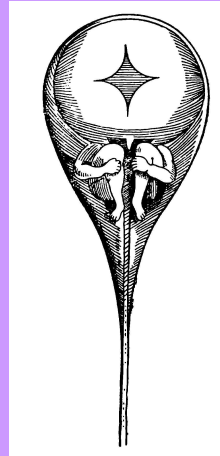
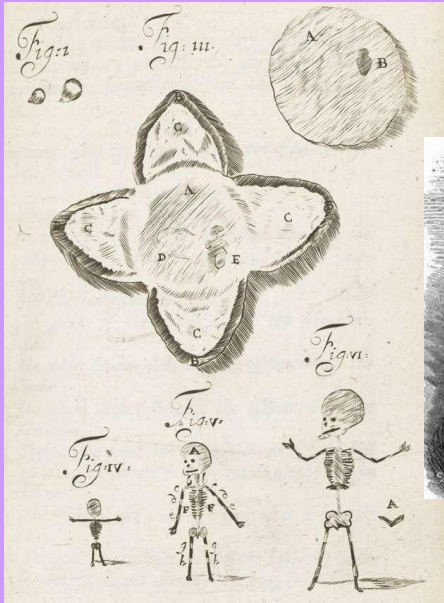
сам



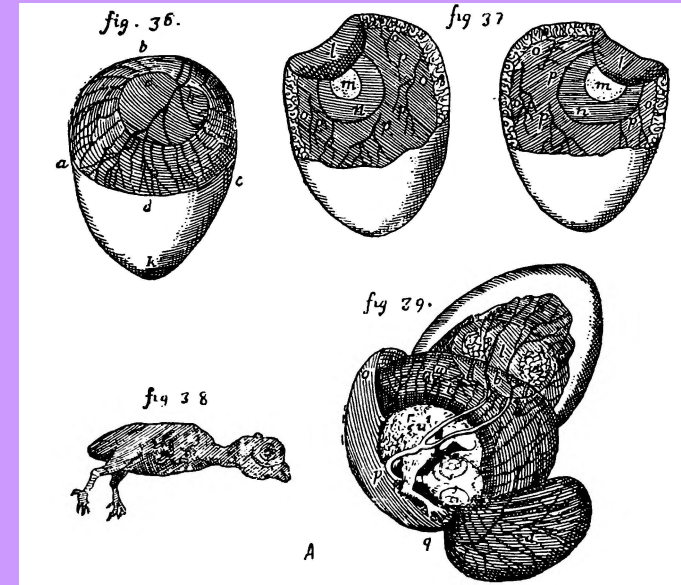
Сеть взаимодействия генов дрозофилы, связанных с чувствительностью к спирту

Эмбриогенез

- Преформизм или Эпигенез
- XVII – начало XVIII в.: овисты и анималькулисты



Эпигенез



- Современная эмбриология: эпигенез + преформизм

Происхождение жизни

- **Абиогенез**

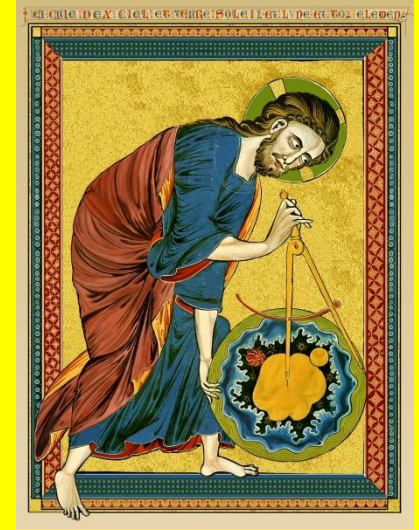
Химическая эволюция



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.

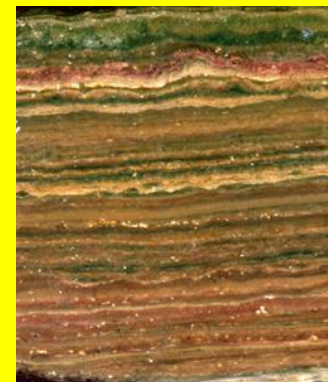
• • • Time (before the present) in millions of years

	Planetary events	Events on Earth	Early life
3500			First organisms W. Australia S. Africa
3600			
3700			
3800			C-isotopes ISUA W. Greenland
3900	End of intense bombardment	End of intense bombardment	
4000		Oldest rocks	No record of life on Earth
4100			
4200		Oldest, terrestrial materials; water present	
4300			
4400		No record on Earth	
4500	Formation of Moon		
	Formation of Solar System	Formation of Earth	

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

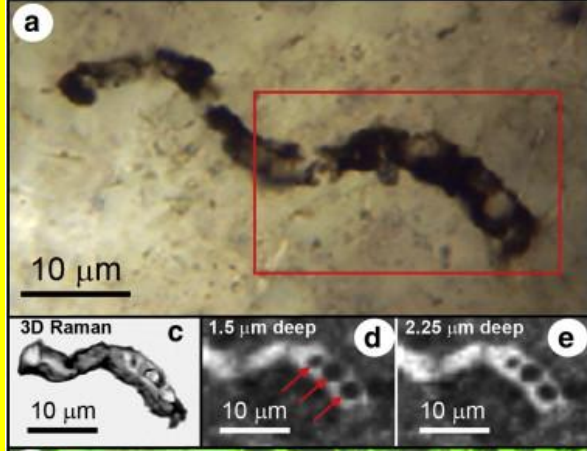


Первые сообщества организмов - цианобактериальные маты



Палеонтологическая летопись первых организмов

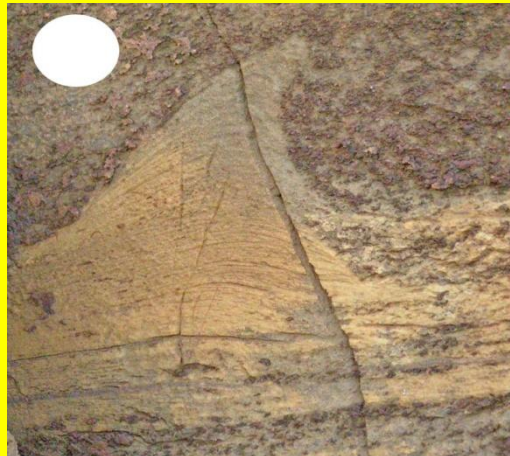
Древнейшие окаменелости бактерий, Западная Австралия ~ 3,5 млрд л.



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

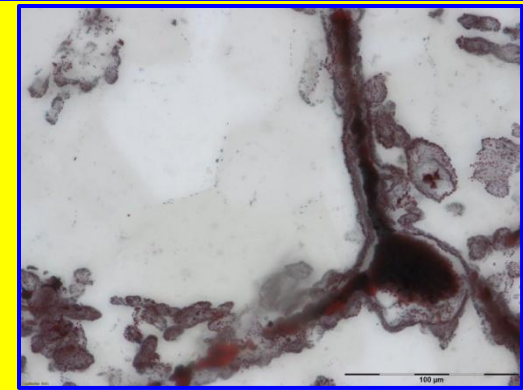


Слои бактерии в горной породе

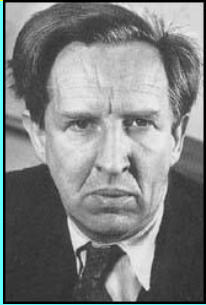


Окаменевшие остатки микробных сообществ – 3,7 млрд л., Гренландия (Nutman et al, 2016)

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



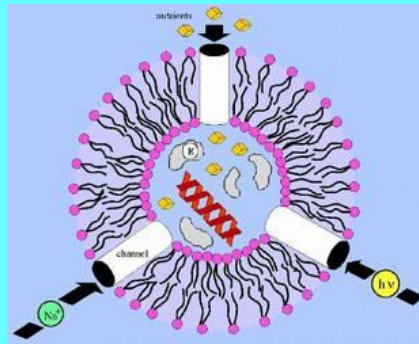
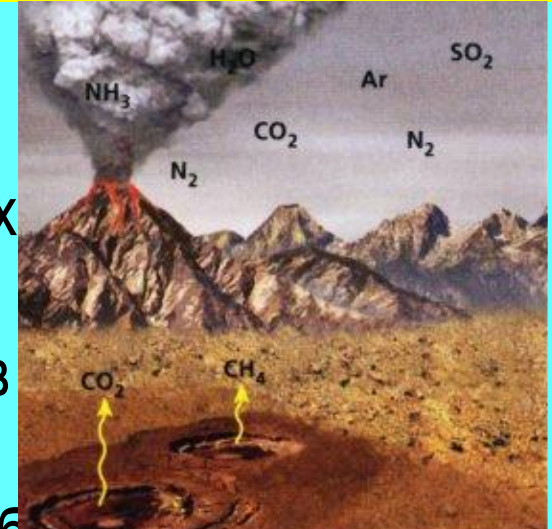
Этапы происхождения жизни по Дж. Берналу (1959)



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.

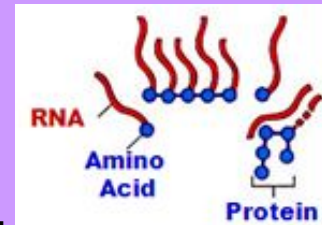
Стадия 1: Абиогенный синтез коротких РНК



Стадия 2: спонтанная саморепликация РНК

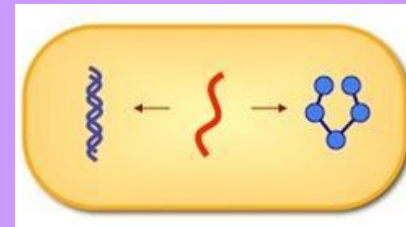


Стадия 3: РНК катализирует синтез белка



Стадия 4: образование мембраны

Стадия 5: РНК кодирует и ДНК и белок

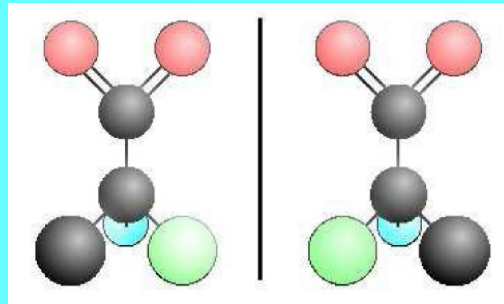


Стадии 1-2 – лабораторные эксперименты; 3-4 - гипотетические

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?**

