

1. ЖИВЫЕ СИСТЕМЫ



Профессор СУНЦ НГУ к. б. н. О. В. Саблина



**Жизнь есть
наиневроятнейшее
состояние материи**

Э. Шредингер

**Жизнь – это форма существования
макроскопических**

гетерогенных
СИСТЕМЫ
открытых систем,
далеких от равновесия,
способных к самоорганизации,
саморегуляции и
самовоспроизведению

М.В. Волькенштейн

Система

(*συστήμα* - составленный)

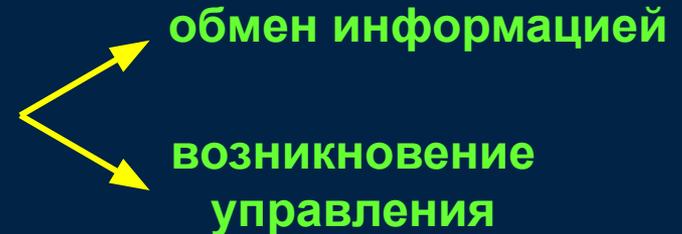
– целое, составленное из частей;

соединение элементов, связанных друг с другом

прямыми и обратными связями,

образующее единство с окружающей средой

прямые и обратные связи

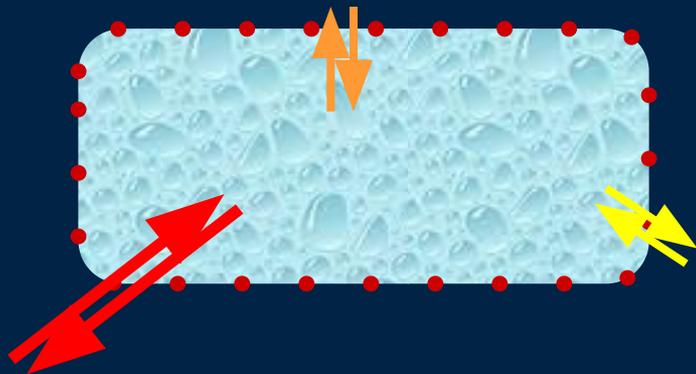


Систем

ы

Открытые

Наличие обмена
веществом, энергией
и информацией
со средой

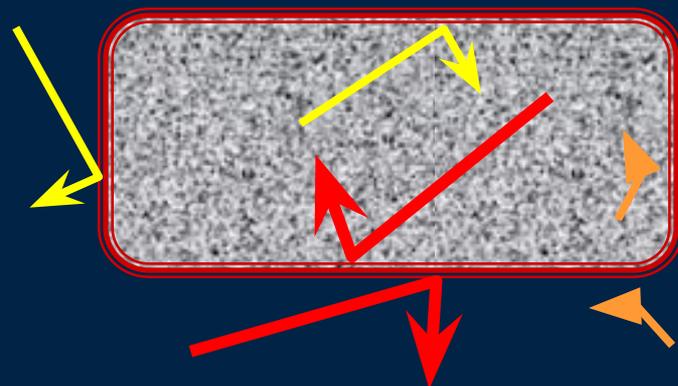


Стационарное состояние

Энтропия
понижается

Замкнутые

Отсутствует обмен
веществом, энергией
и информацией
со средой



Равновесие

Энтропия
максимальна

СИСТЕМ

Открытые системы

Неравновесны

Низкоэнтропийны

Устойчивы

Структурированы

Жизнь... – это работа специальным образом организованной системы, направленная на понижение собственной энтропии за счет повышения энтропии окружающей среды

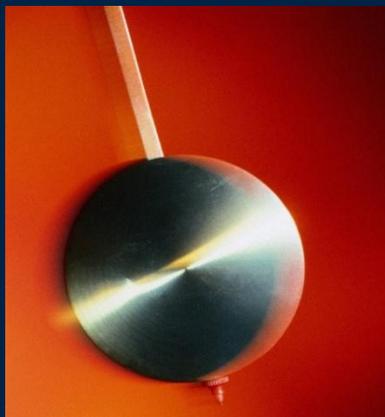
Э. Шредингер

Системы

Простые

Состоят из небольшого числа простых элементов

Поведение системы однозначно следует определенному алгоритму



Флуктуация



равновесие

Сложные

Состоят из большого числа элементов, которые представляют собой подсистемы

Поведение системы однозначно не определяется

Флуктуация



СИСТЕМЫ

Поведение системы

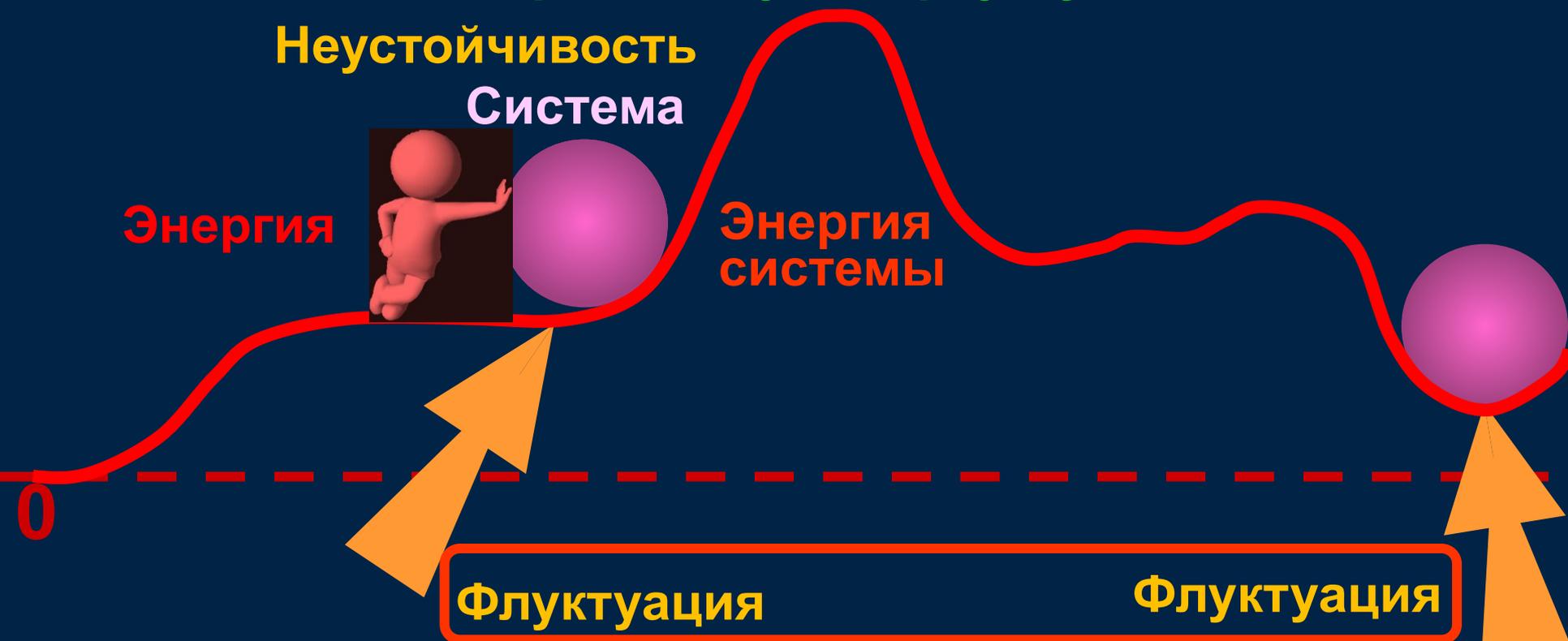
Прекращение поступления энергии ведет к распаду

Поддержание гомеостаза

Выходы из неустойчивости могут быть разными

Одного состояния можно достигнуть разными путями

Для перехода нужна флуктуация



Системы

Постоянные **Поведение системы**

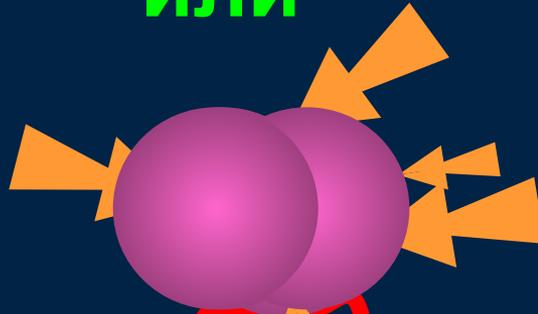
малые
флуктуации



«Расшатывание
гомеостаза»

Дестабилизация
системы

или



Энергия
системы

«Удачная»
флуктуация

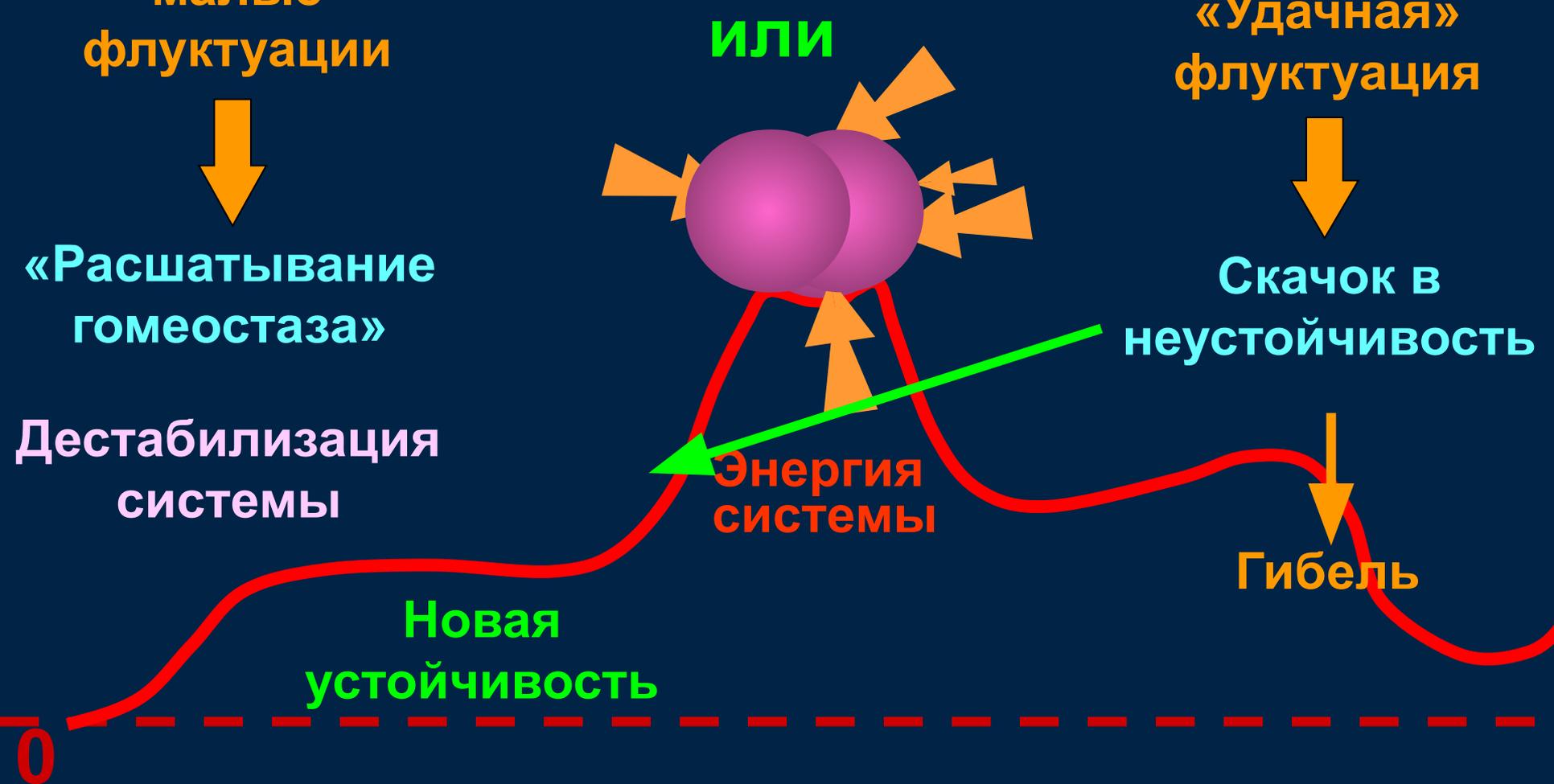


Скачок в
неустойчивость

Гибель

Новая
устойчивость

0



Системы

Сложные системы

Много элементов

Многочисленные сложные связи между элементами

Динамическое равновесие (колебания между устойчивостью и неустойчивостью)

Флуктуации



Возникновение системных свойств

Системы

Системные свойства

взаимоотношения и взаимодействия

элементов на основе информации,

которой тем или иным способом обмениваются

элементы

Системы

Важнейшие системные свойства

Иерархичность устройства

Устойчивость – способность к поддержанию гомеостаза

Альтернативность путей функционирования и развития

Эмерджентность – наличие качеств, присущих системе в целом, но не свойственных ни одному из ее элементов в отдельности

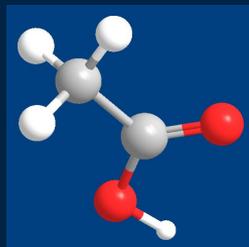
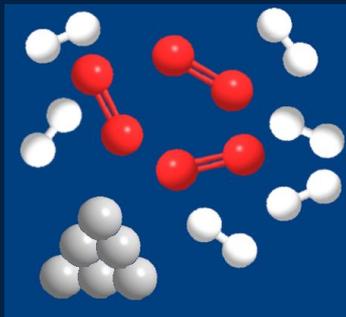
система



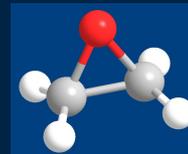
Эмерджентность (неаддитивность)

«целое больше, чем сумма составляющих его частей»

Углерод, кислород, водород



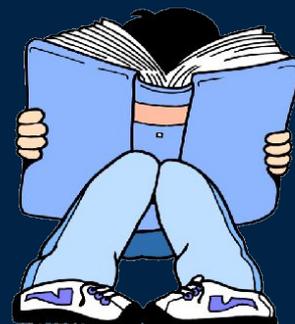
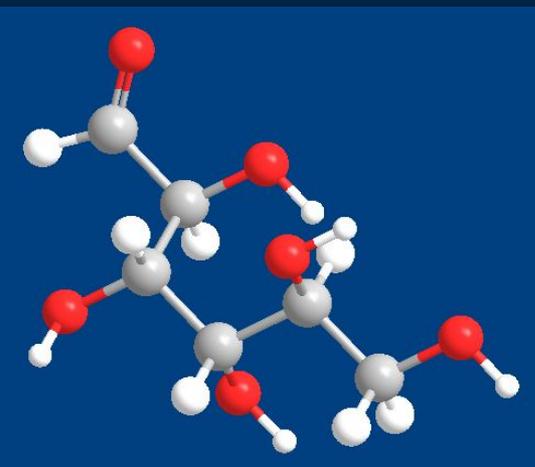
Уксус



Окись этилена



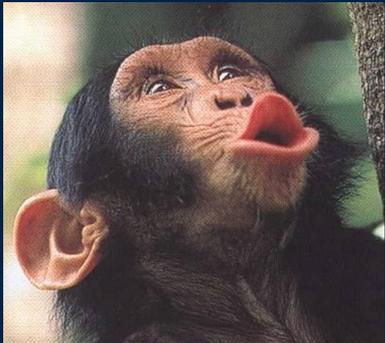
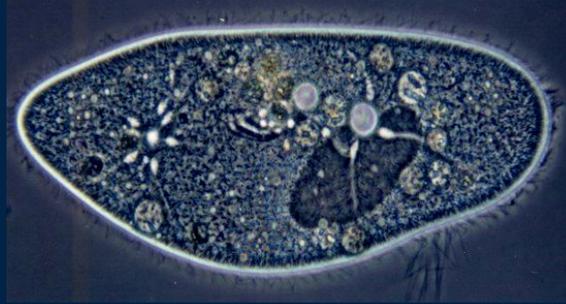
углеводородная вода



Целлюлоза

Свойства системы определяются **СВЯЗЯМИ** между элементами

«Целое больше, чем сумма составляющих его частей»



Самоорганизация

процесс **самоорганизации** в **неравновесной** открытой системе

возникновение структуры

без

поступления извне
каких-либо инструкций, команд,

а только **Энергии**

Самоорганизация

процесс **упорядочения** в сложной открытой неравновесной системе

Самоорганизация

Для самоорганизации нужна
— возникновение структуры

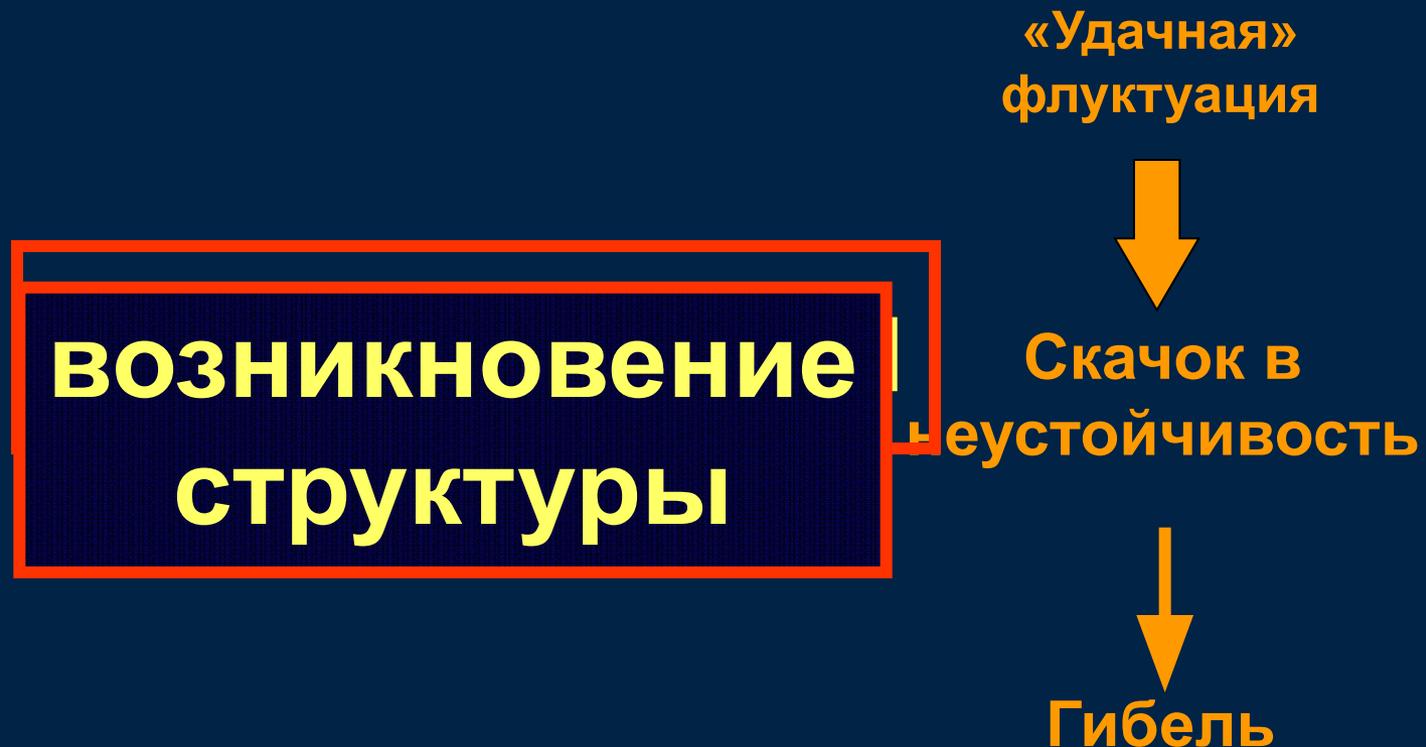
флуктуация

без

Сначала система
должна быть выведена из состояния
динамического равновесия

а только **Энергии**

Самоорганизация



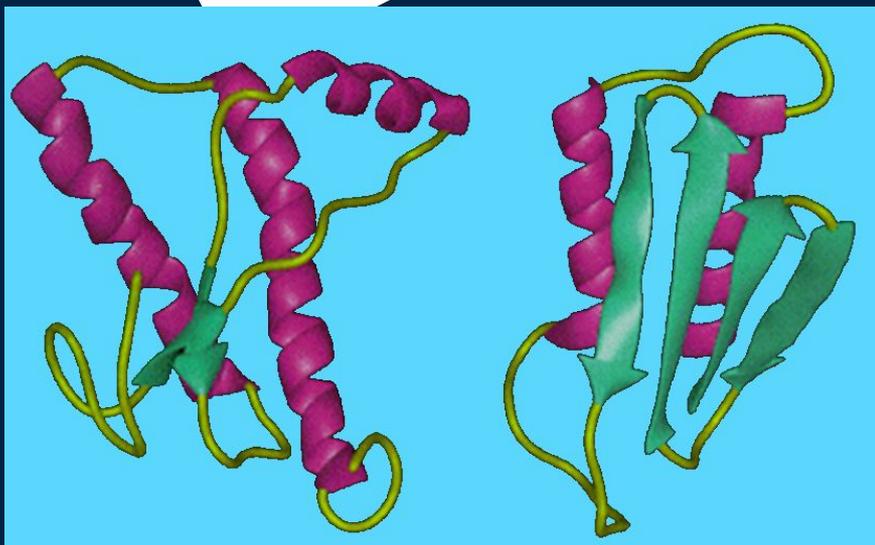
Палеонтологическая летопись



Самоорганизация



Альтернативность
путей развития



нормальный

Эмерджентность

аномальный

Самоорганизация

Постройка термитника



Сигнал

Хватай комочек
и неси!



Сигнал

Кидай свой
комочек сюда!



Свойства сложных открытых неравновесных систем

Способность к самоорганизации



Возникновение жизни

Способность к развитию



Эволюция

II. Возникновение живых систем



Профессор СУНЦ НГУ к. б. н. О. В. Саблина



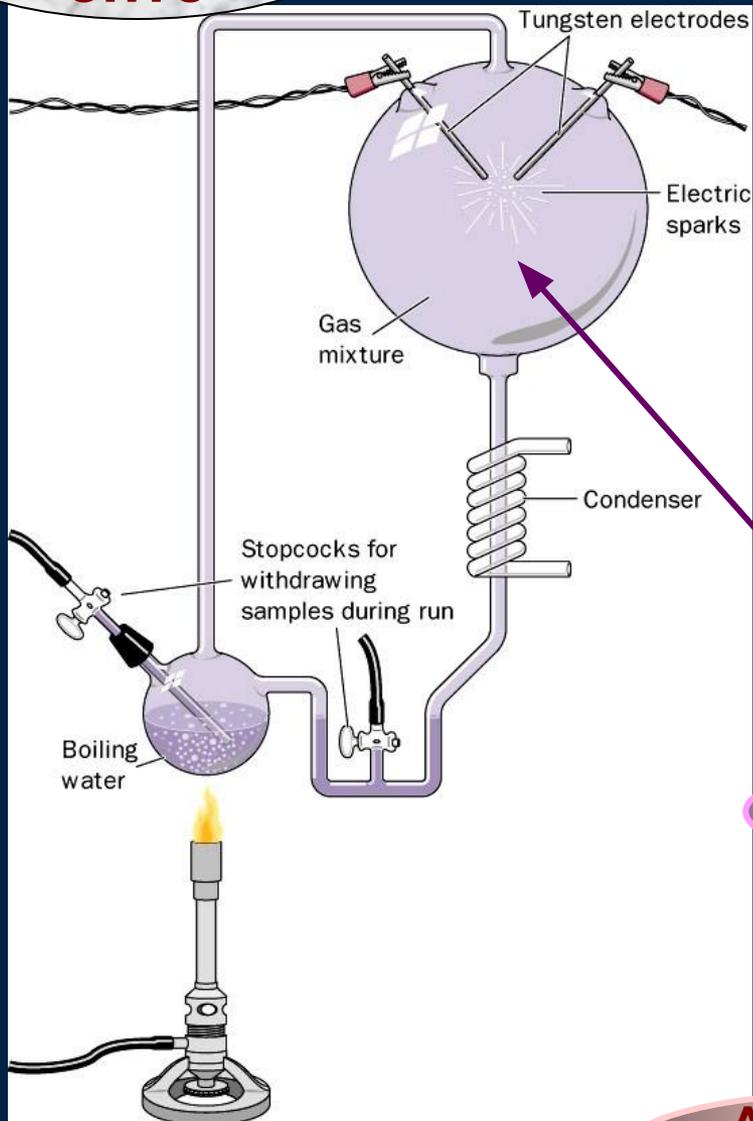
Происхождение жизни – четыре стадии

- 1) Абиогенез – синтез малых органических молекул (аминокислот, нуклеотидов)
- 2) Образование биополимеров
- 3) Возникновение самовоспроизведения (наследственности)
- 4) Образование пробионтов

Показано
в
эксперименте

Абиогенез

Эксперимент Миллера и Ури



«атмосфера» – H_2O , H_2 , CH_4 , NH_3

Через неделю в смеси были:

белки

молочная кислота,
метилаланин, сукцинат, аспарат,

Сахара

уксусная кислота,
пропионовая кислота, мочевины и др.

Азотистые
основания

Что было раньше

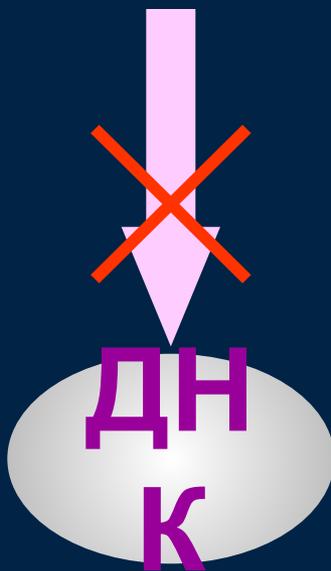
Белки не способны к самовоспроизведению



Генетическая информация

Для белка нужен ген!
(ДНК)

Для ДНК нужен фермент!
(белок)



Что было раньше ?

Раньше должна была быть молекула,
которая сама:

Содержала генетическую информацию

Была способна к самоудвоению

Обладала каталитической активностью

**Это была
РНК!**

Что было раньше ?

Раньше была молекула, которая
сама:

Содержала генетическую информацию

Была способна к самоудвоению

А откуда она взялась?

Обладала каталитической активностью

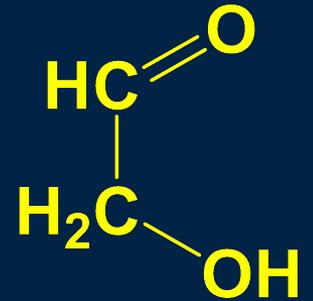
Это была РНК!

Активированный рибонуклеотид



Цианоацетилен

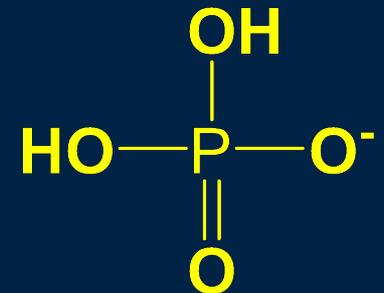
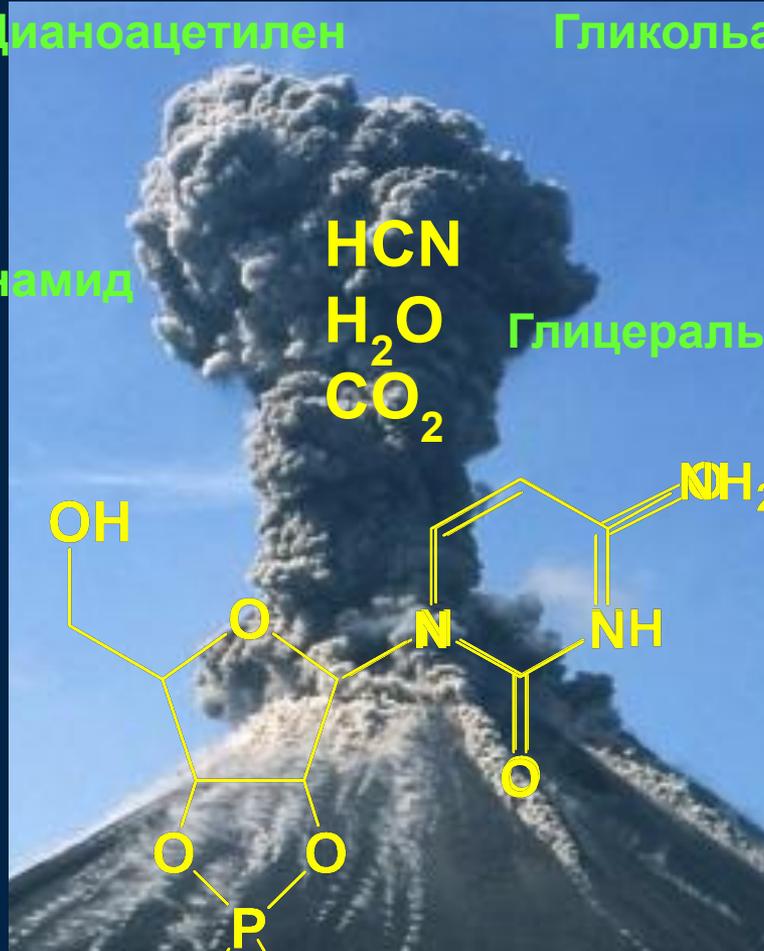
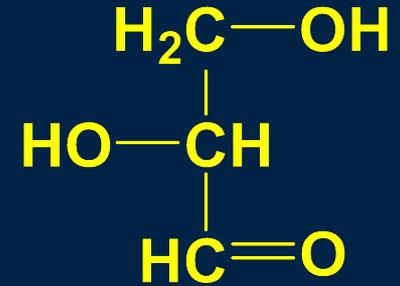
Гликольальдегид



Цианамид



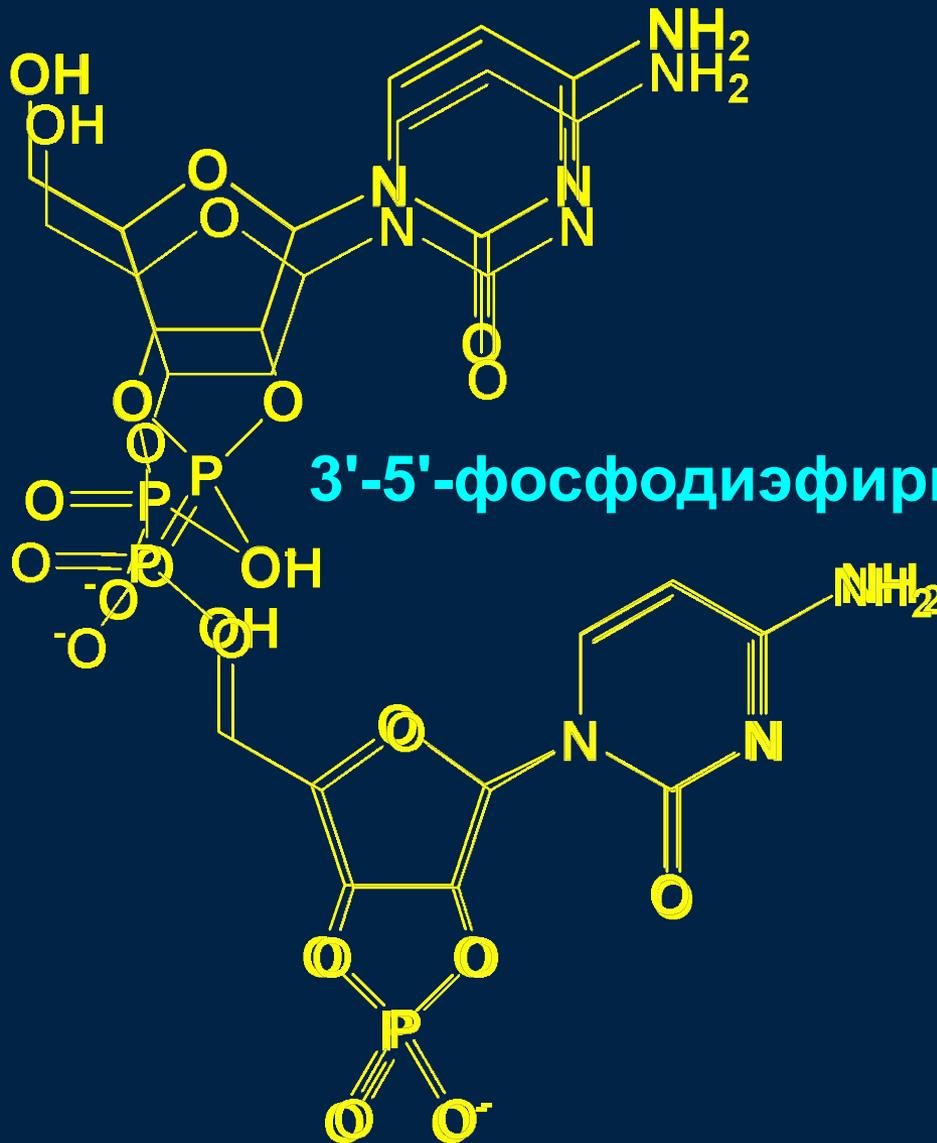
Глицеральдегид



Показано
в
эксперименте

рибодендин-2,3-циклофосфат

Активированный фобднклеотид



3'-5'-фосфодиэфирная связь

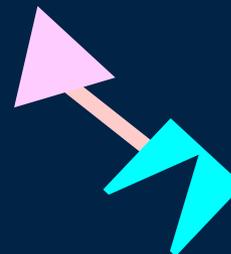
Показано
в
эксперименте

реакция трансэтерификации



динуклеотид

Показано
в
эксперименте



Ал

нды

РНК-мир

Предполо
жение

РНК

Способна к кодированию информации

Способна к самоудвоению без
участия ферментов

Обладает каталитической активностью

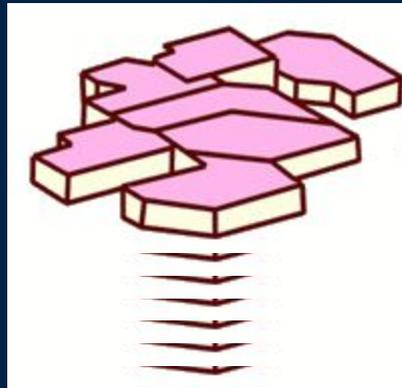
Но!

РНК – слишком сложная

и **хирально чистая** молекула

Нужна хиральная Матрица!

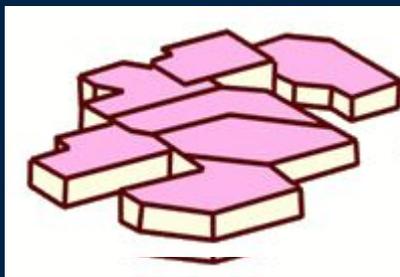
Рост
микрокристалла



Глина

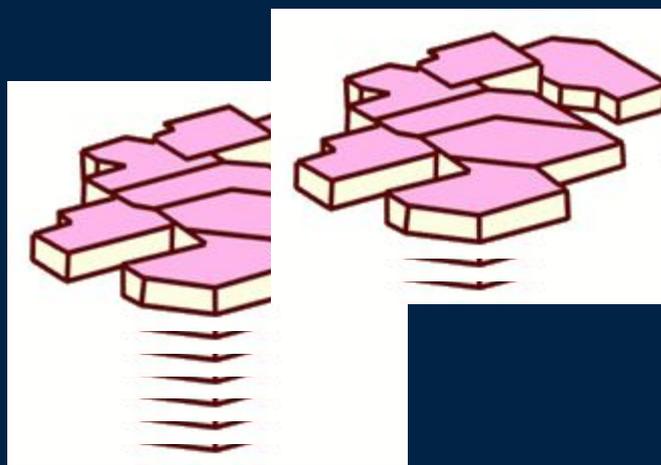
Матрица

Показано
в
эксперименте



Рост
микрокристаллов

Расщепление
микрокристалла



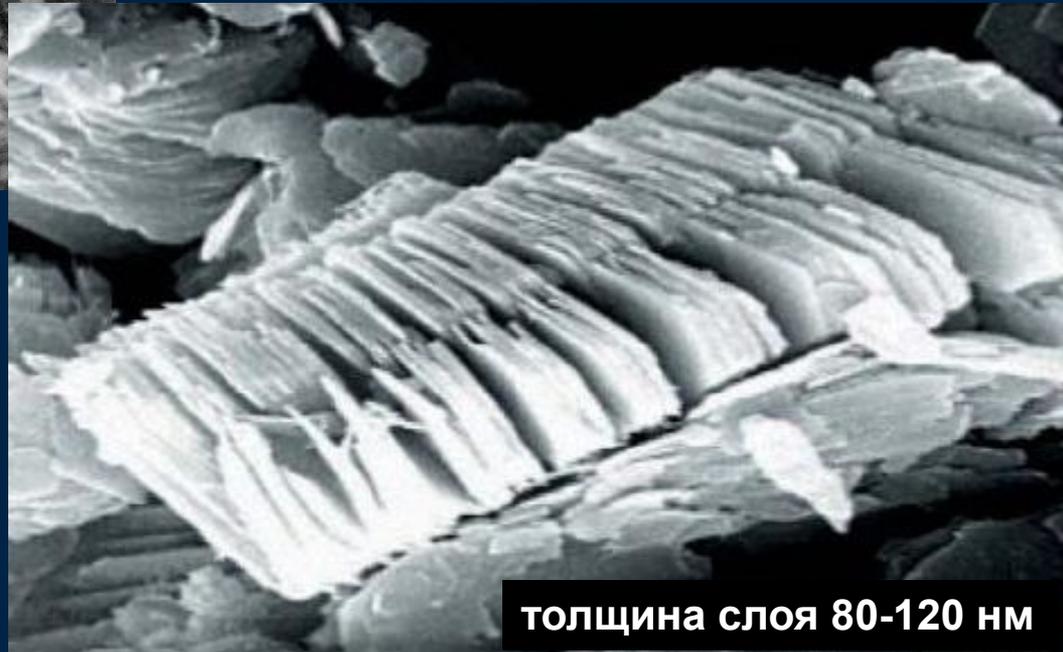
Самовоспроизведение!

Глина

вермиформный каолинит

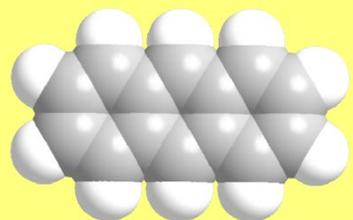


МОНТМОРИЛЛОНИТ

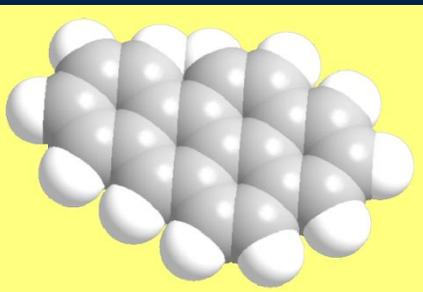


толщина слоя 80-120 нм

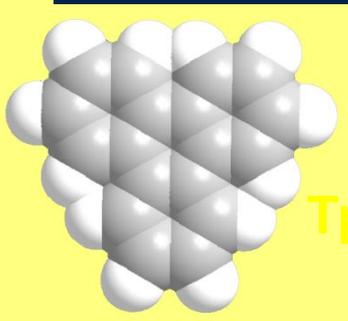
Гипотеза мира полиароматических углеводородов



Антрацен



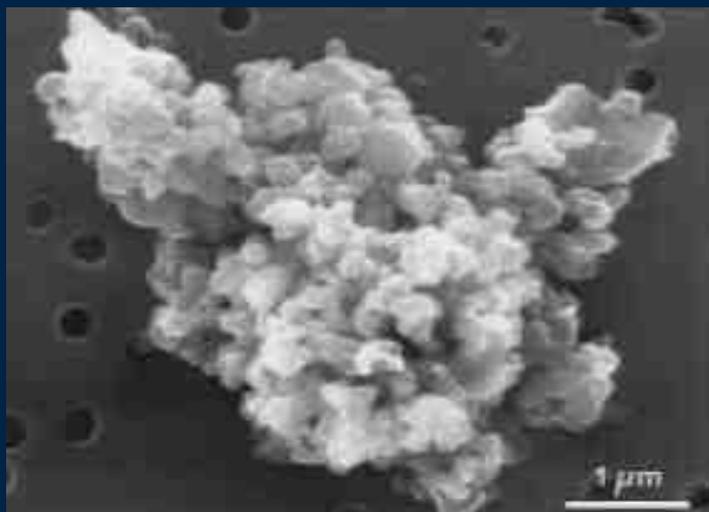
Бензпирен



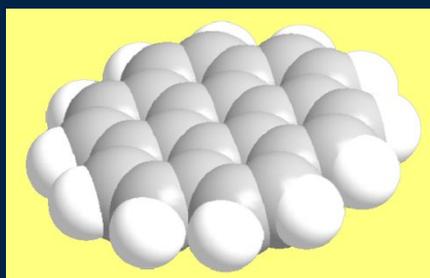
Трифенилен



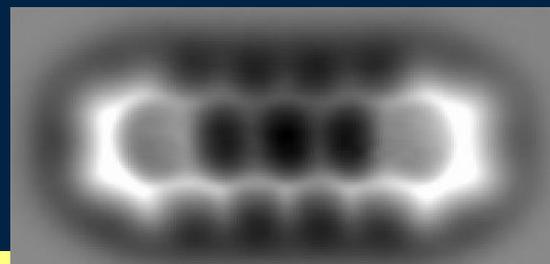
Метеорит Мэрчисон
28 сентября 1969 г.



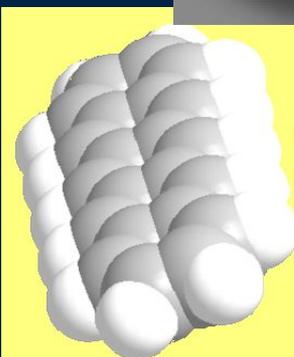
Межзвездная пыль



Коронен



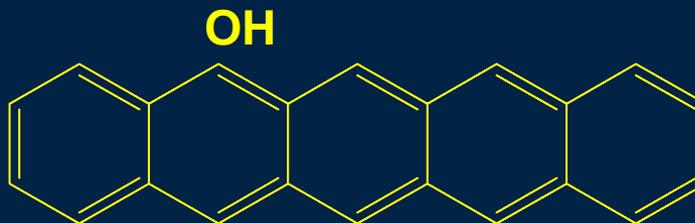
Пентацен



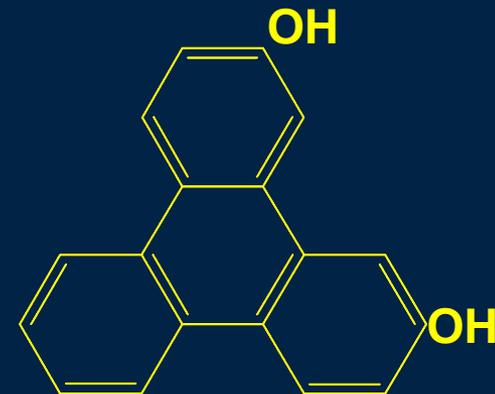
Полиароматические углеводороды



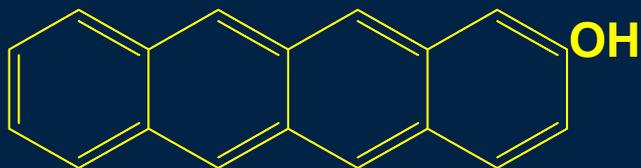
Антрацен



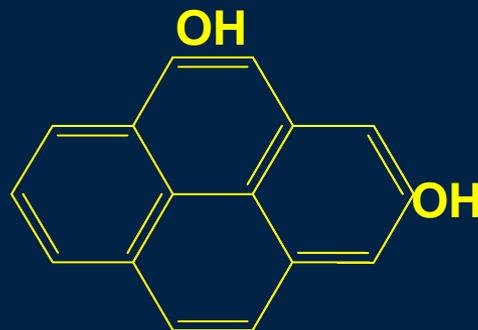
Пентацен



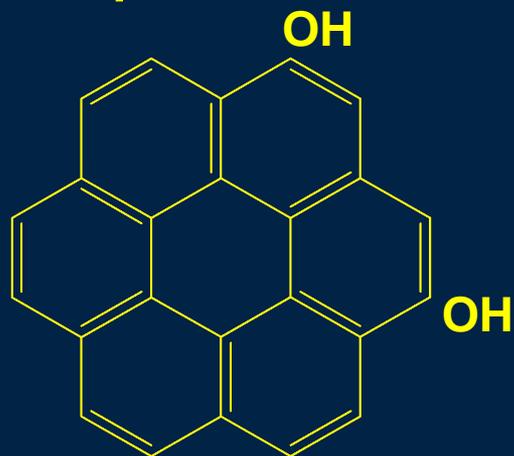
Трифенилен



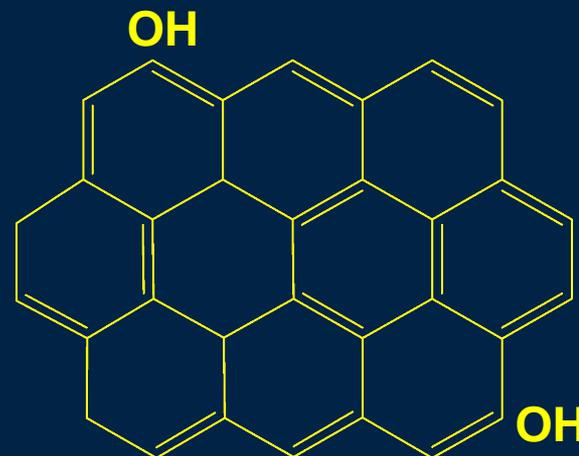
Тетрацен



Пирен



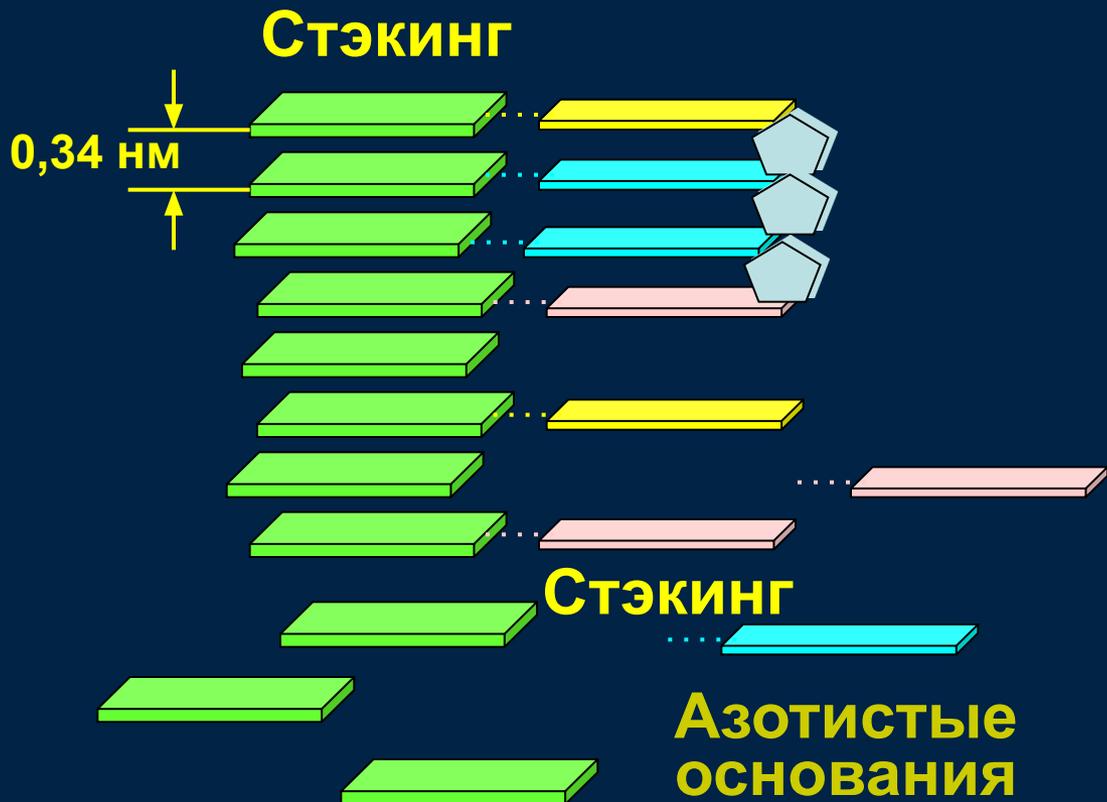
Коронен



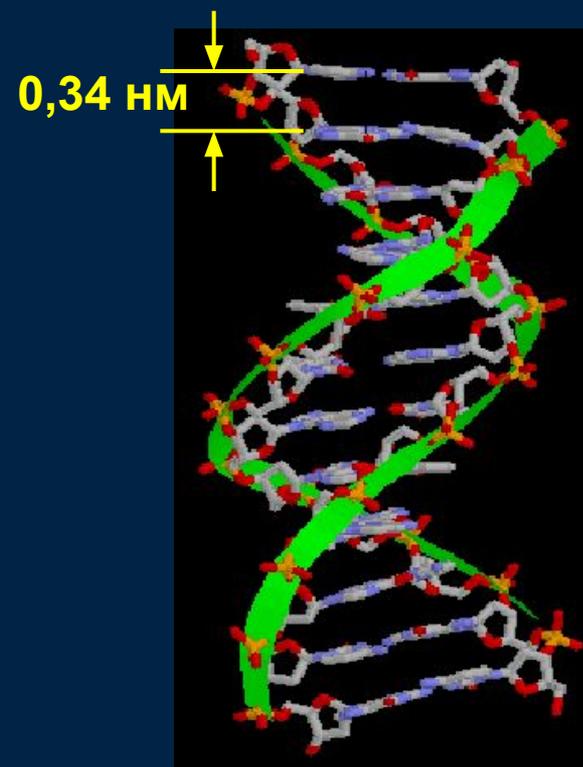
Овален

Полиароматические углеводороды

Предположение

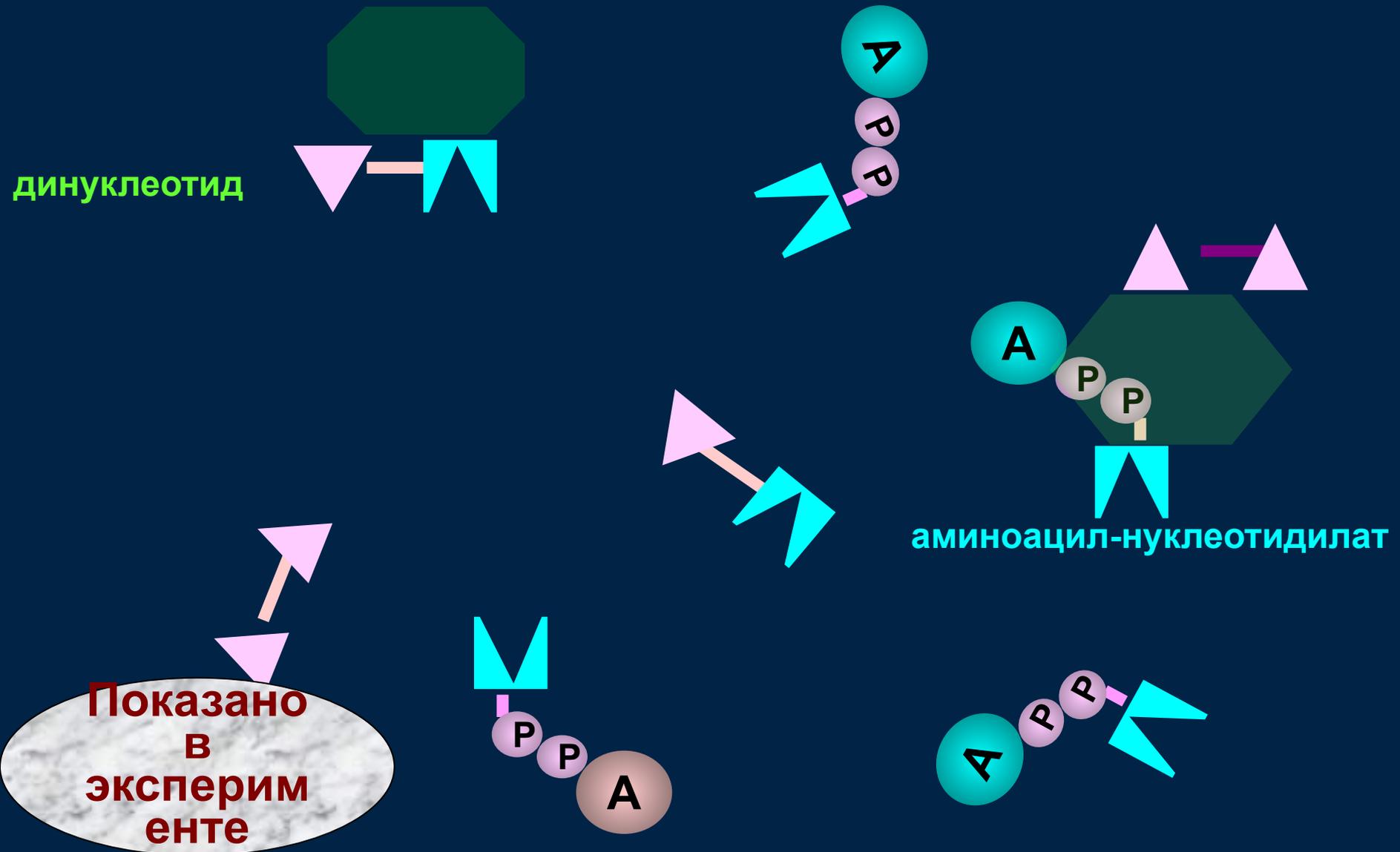


РНК

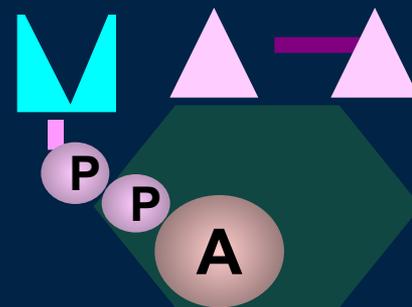
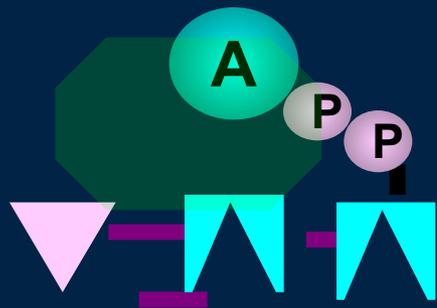


Показано
в
эксперименте

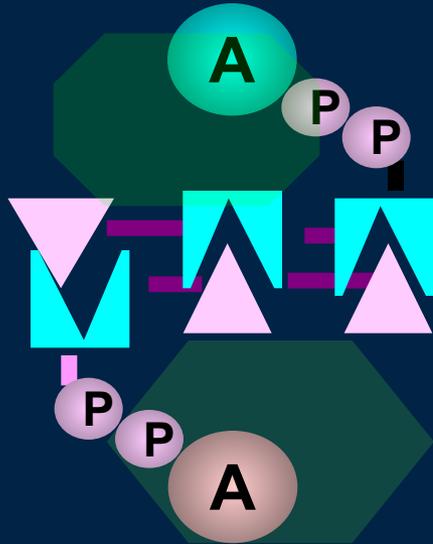
Возникновение генетического кода



«проген»



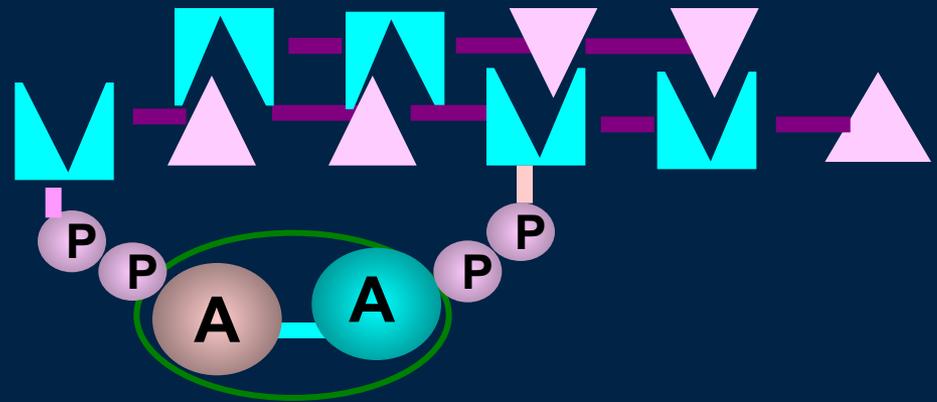
«проген»



Показано
в
эксперименте

Аденин

Урацил



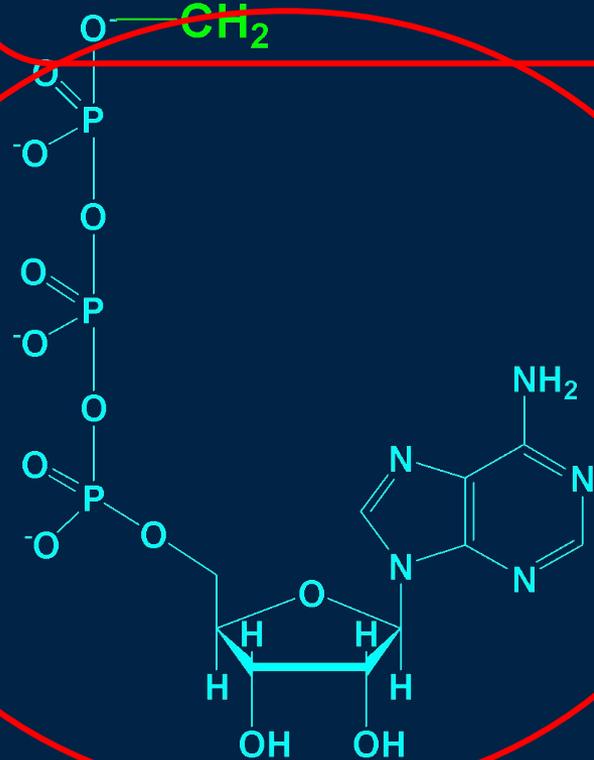
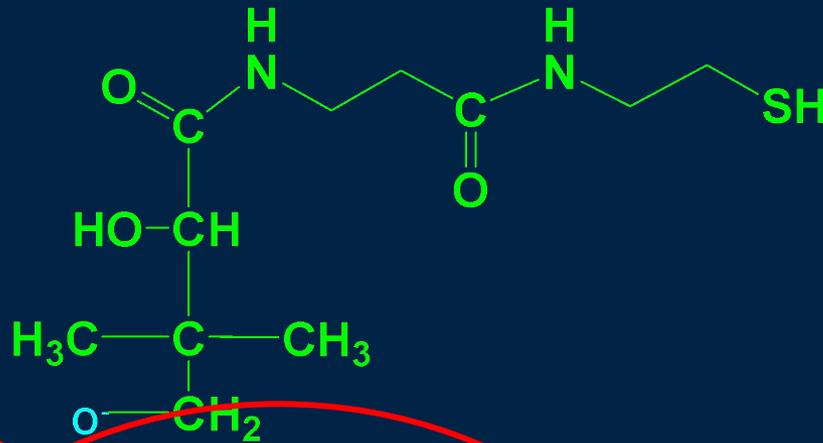
Предположение

РНК-зависимая РНК-полимераза

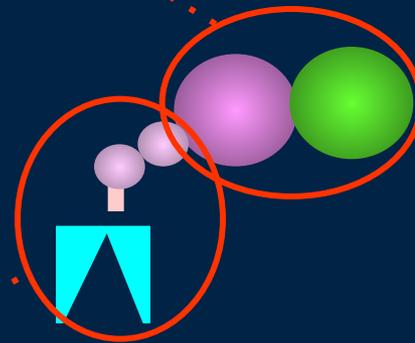
«Молекулярное живое ископаемое»

Кофермент А

Дипептид

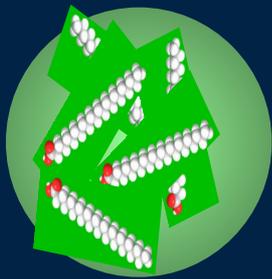


Нуклеотид

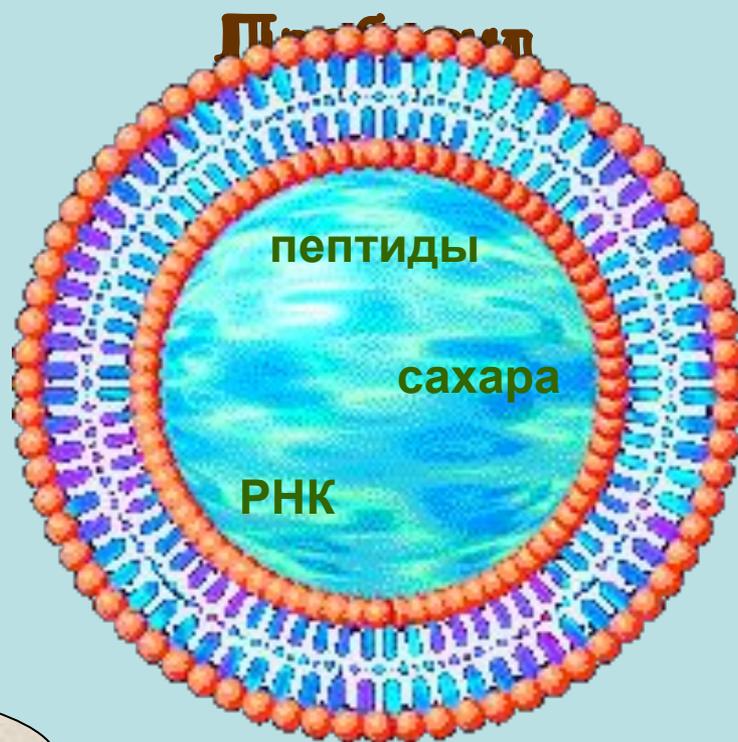


Происхождение жизни – четыре стадии

- 1) Абиогенез – синтез малых органических молекул (аминокислот, нуклеотидов)
- 2) Образование биополимеров (РНК)
- 3) Возникновение самовоспроизведения (наследственности)
- 4) Образование пробионтов

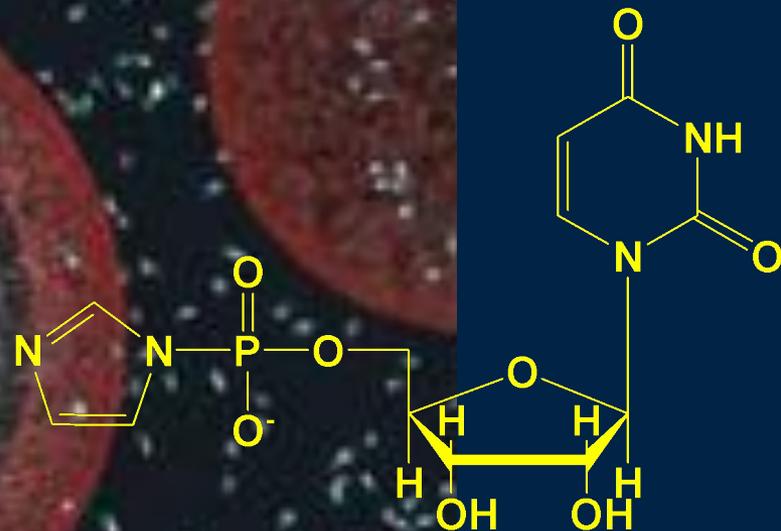


Пробионты



**Предполо
жение**

Пробионты



Показано
в
эксперименте

Модельная протоклетка



**Предполо
жение**



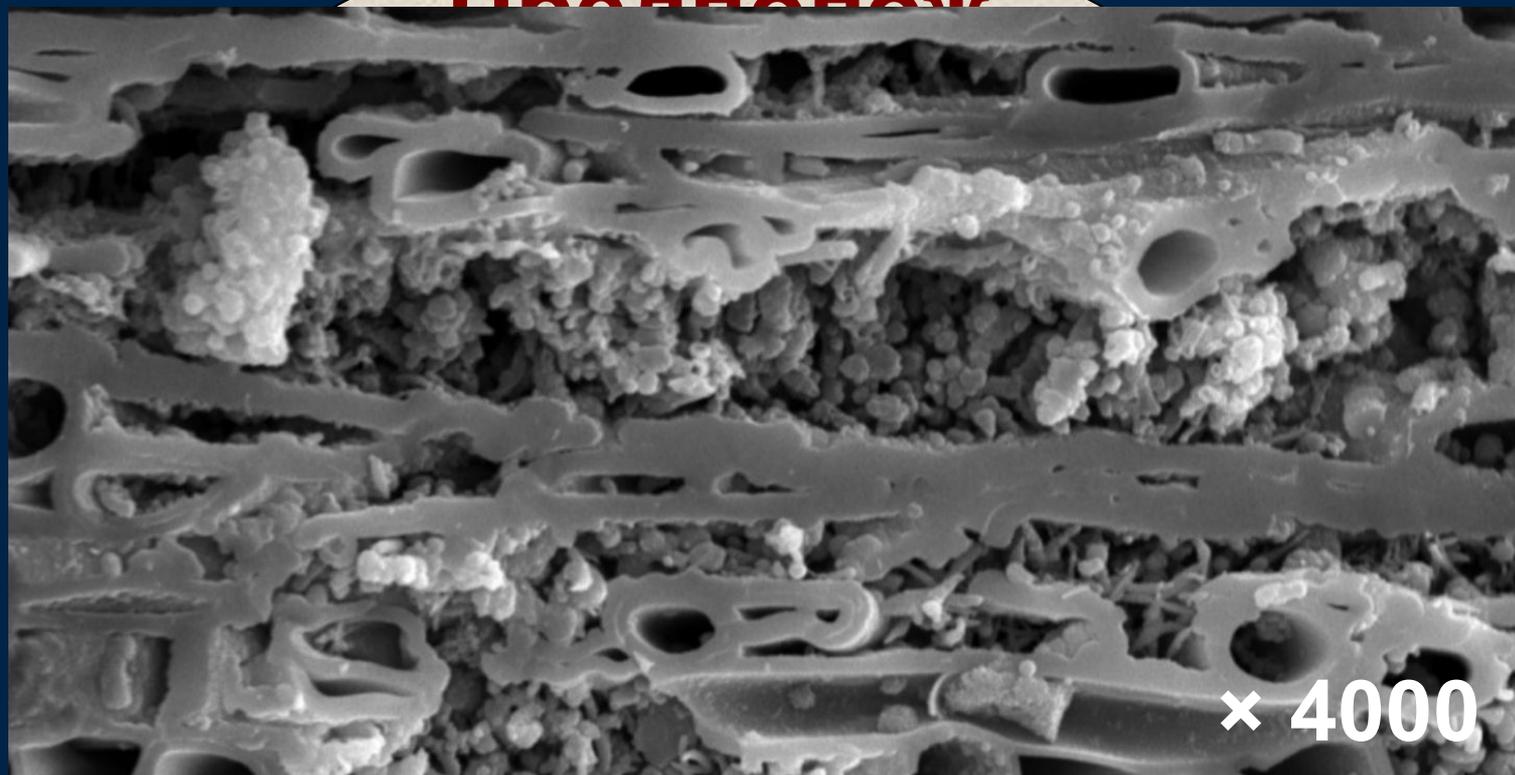


**Предполож
ение**





Продолжение



× 4000