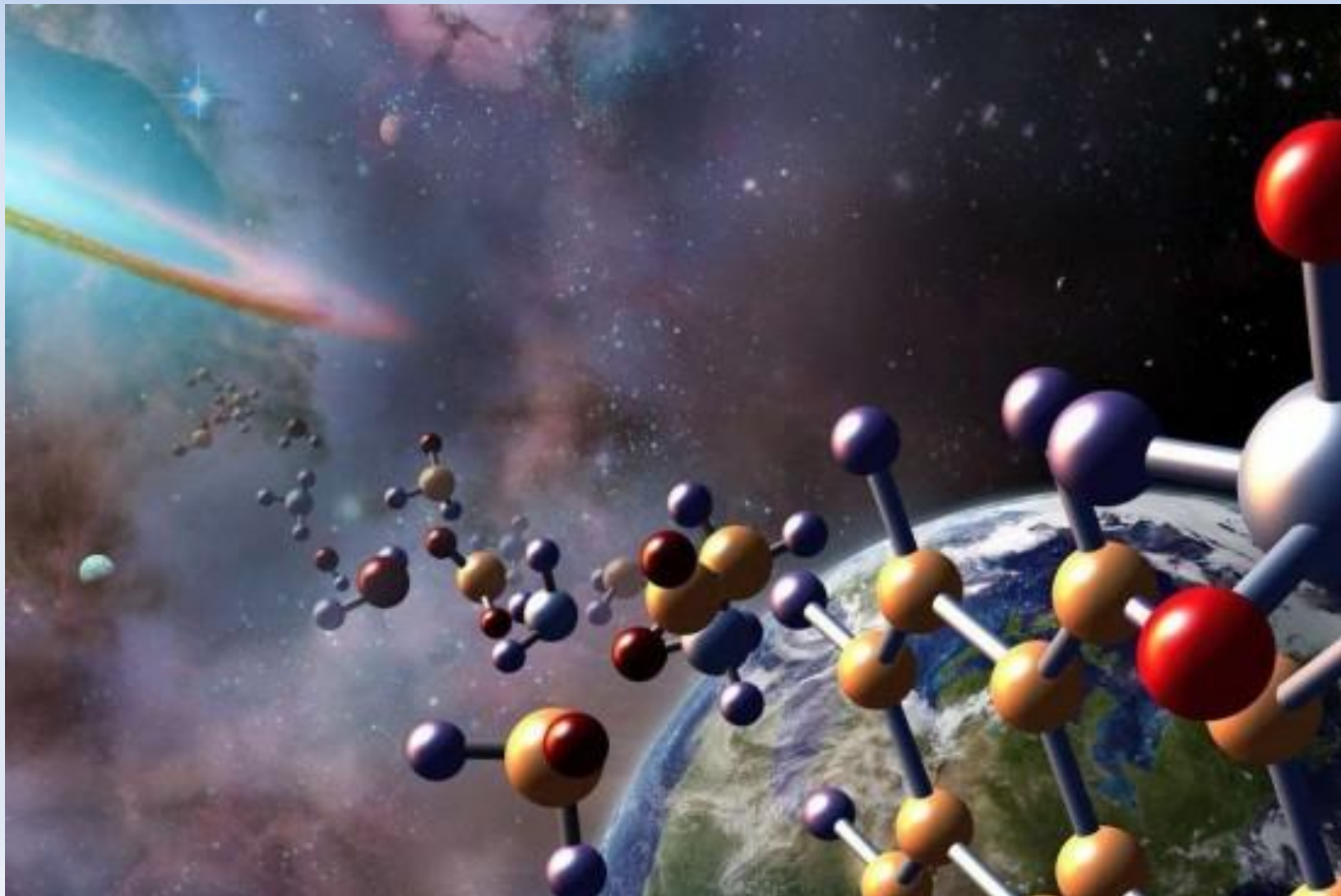


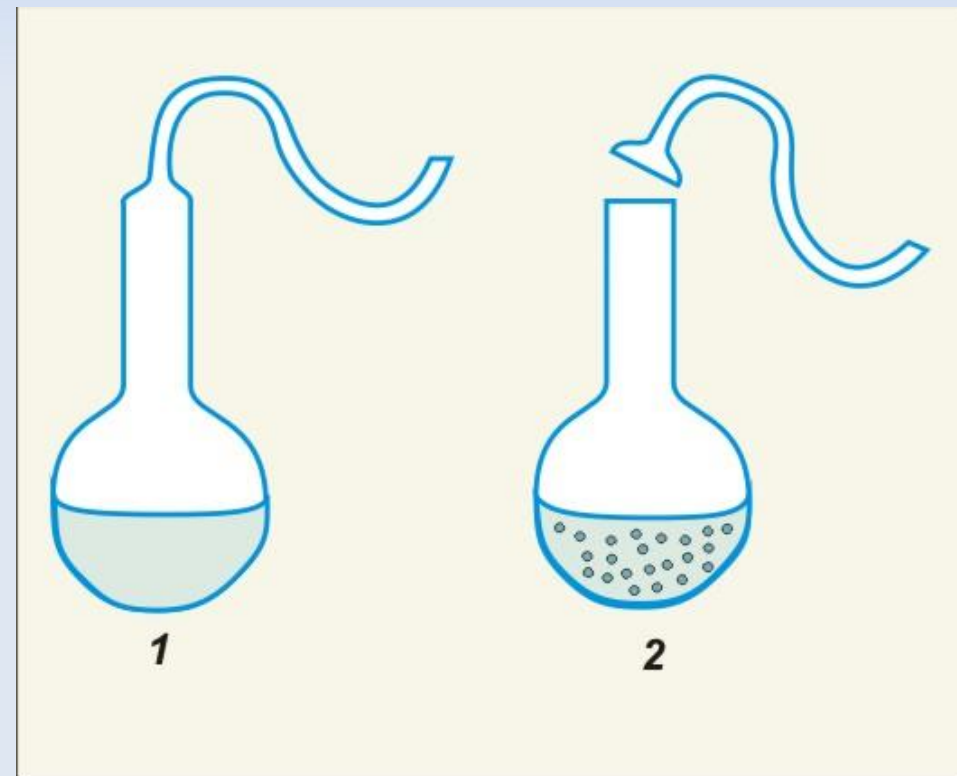
# ПРОИСХОЖДЕНИЕ ЖИЗНИ

## Лекция 1 (вводная)



# ИСТОРИЯ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ О ЗАРОЖДЕНИИ ЖИЗНИ

- Аристотель: «Крокодилы самозарождаются из речного ила, мыши – из грязных тряпок, мухи – из гниющего мяса»
- Реди, Спалланцани, Пастер: «живое происходит только путем размножения живого. Самозарождения в наши дни не происходит»

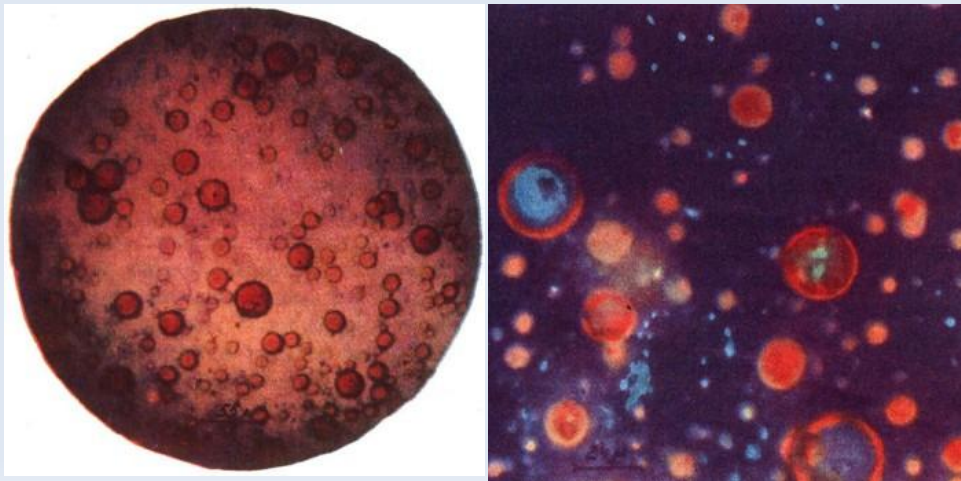


# РАБОТЫ ОПАРИНА И ХОЛДЕЙНА

## Коацерваты

- В растворах белков могут появляться сгущения, которые поглощают белки из окружающей жидкости, растут и делятся подобно клеткам

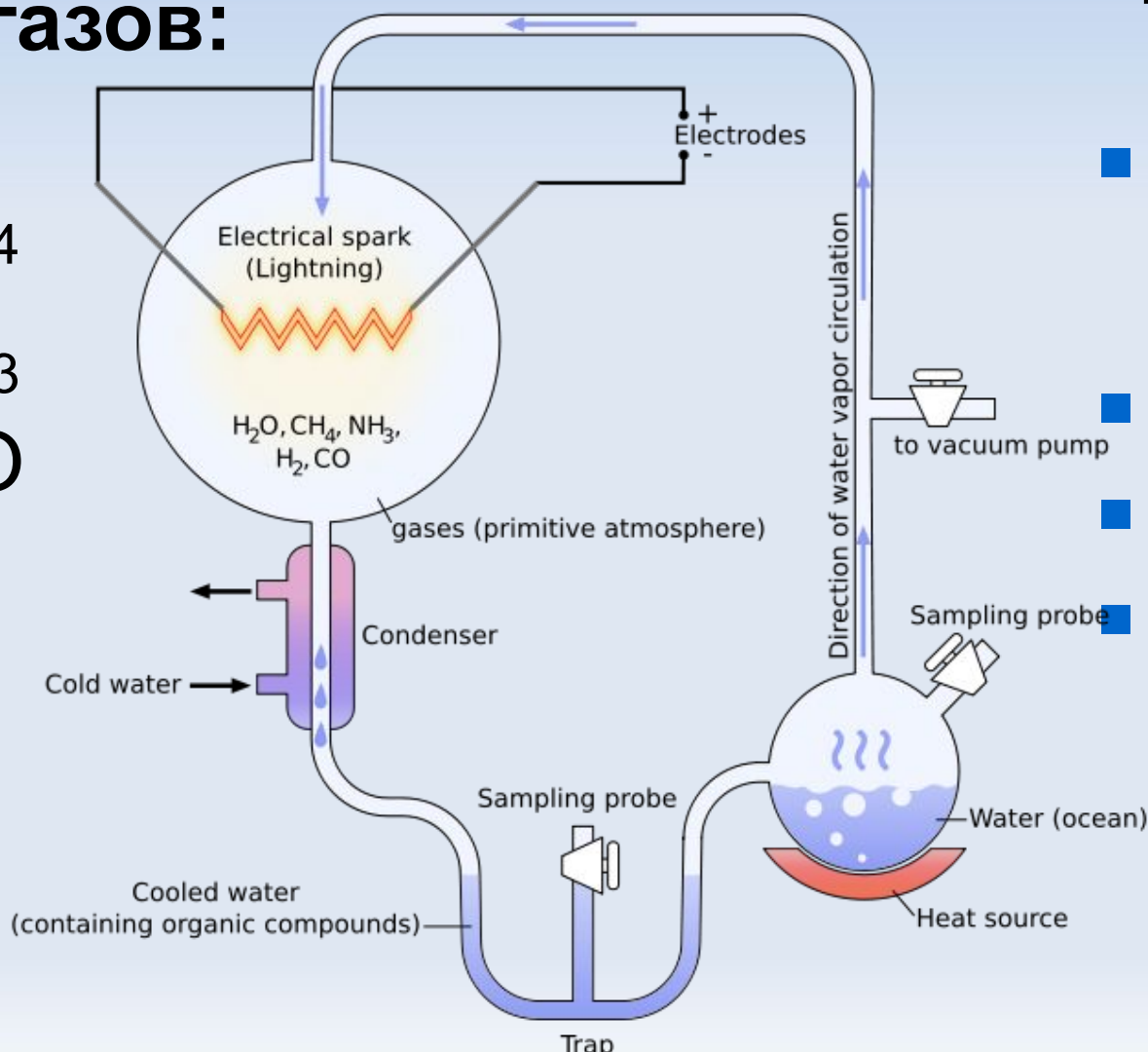
- Самозарождению в наше время мешает кислородная атмосфера
- Накопление органических веществ в «Первичном бульоне» предшествовало появлению жизни



# ОПЫТ МИЛЛЕРА-ЮРИ

## Исходная смесь газов:

- $\text{CH}_4$
- $\text{NH}_3$
- $\text{H}_2\text{O}$
- $\text{CO}$



## Продукты:

- Аминокислоты (глицин, аланин и еще 20 других)
- сахара
- липиды
- Азотистые основания (аденин, гуанин)

# СЛОЖНОСТЬ ЖИВОЙ КЛЕТКИ

- Более 1000 типов белков даже у самых мелких бактерий
- Геном из более чем 1 000 000 нуклеотидов, кодирующий эти белки
- Мембрана, окружающая клетку
- Сложные молекулярные машины для синтеза белков, копирования ДНК и транспорта веществ через мембрану

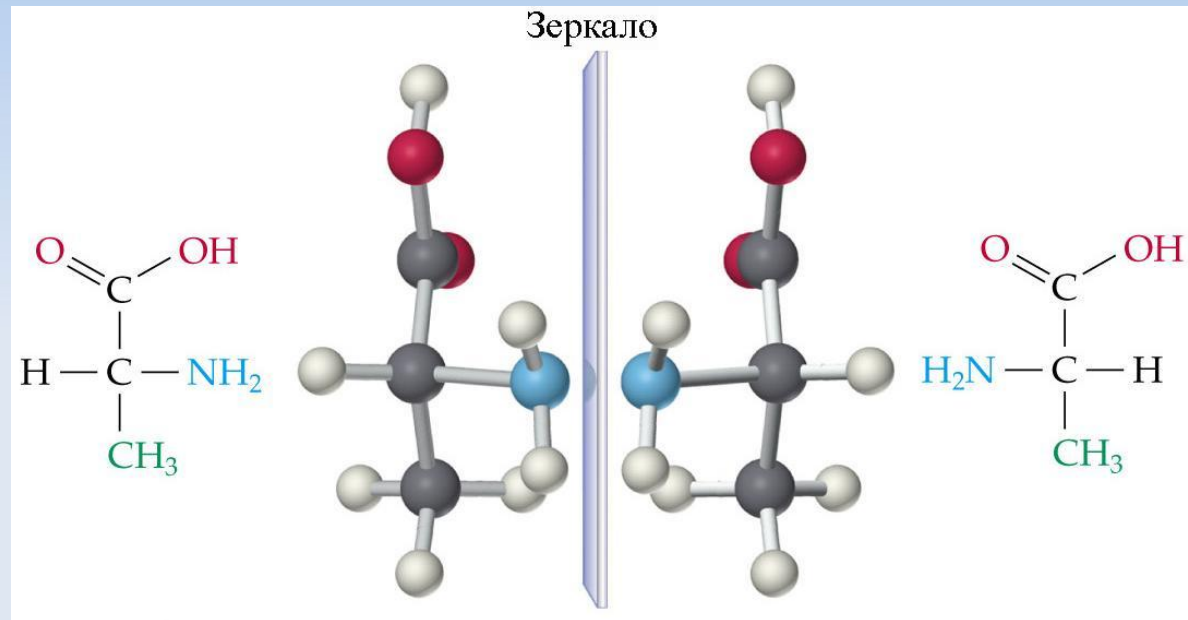
”Вероятность случайного появления живой клетки примерно равна вероятности сборки Боинга-747 при прохождении урагана через мусорную свалку”

(Фред Хойл, астрофизик)

# ХИРАЛЬНАЯ ЧИСТОТА

- Сахара и аминокислоты существуют в двух вариантах, похожих как зеркальные отражения

- Все природные белки – из «левых» аминокислот
- ДНК и РНК – из «правых» сахаров



- Во всех абиогенных синтезах получается равная смесь левых и правых изомеров

# СОСТАВ АТМОСФЕР ПЛАНЕТ

Современная  
Земля



- $N_2$  – 78%
- $O_2$  – 21%
- Ar – 1%
- $H_2O$ ,  $CO_2$

Венера, Марс, древняя Земля



- $CO_2$  – 96%
- $N_2$  – 3%
- CO,  $H_2O$ ,  $SO_2$

Из такой газовой смеси в аппарате  
Миллера ничего не получается!

# «МИР РНК»

## Классическая схема молекулярной биологии:

- ДНК – хранит наследственную информацию
- Белки – работают катализаторами
- РНК – всего лишь посредник между ДНК и белками

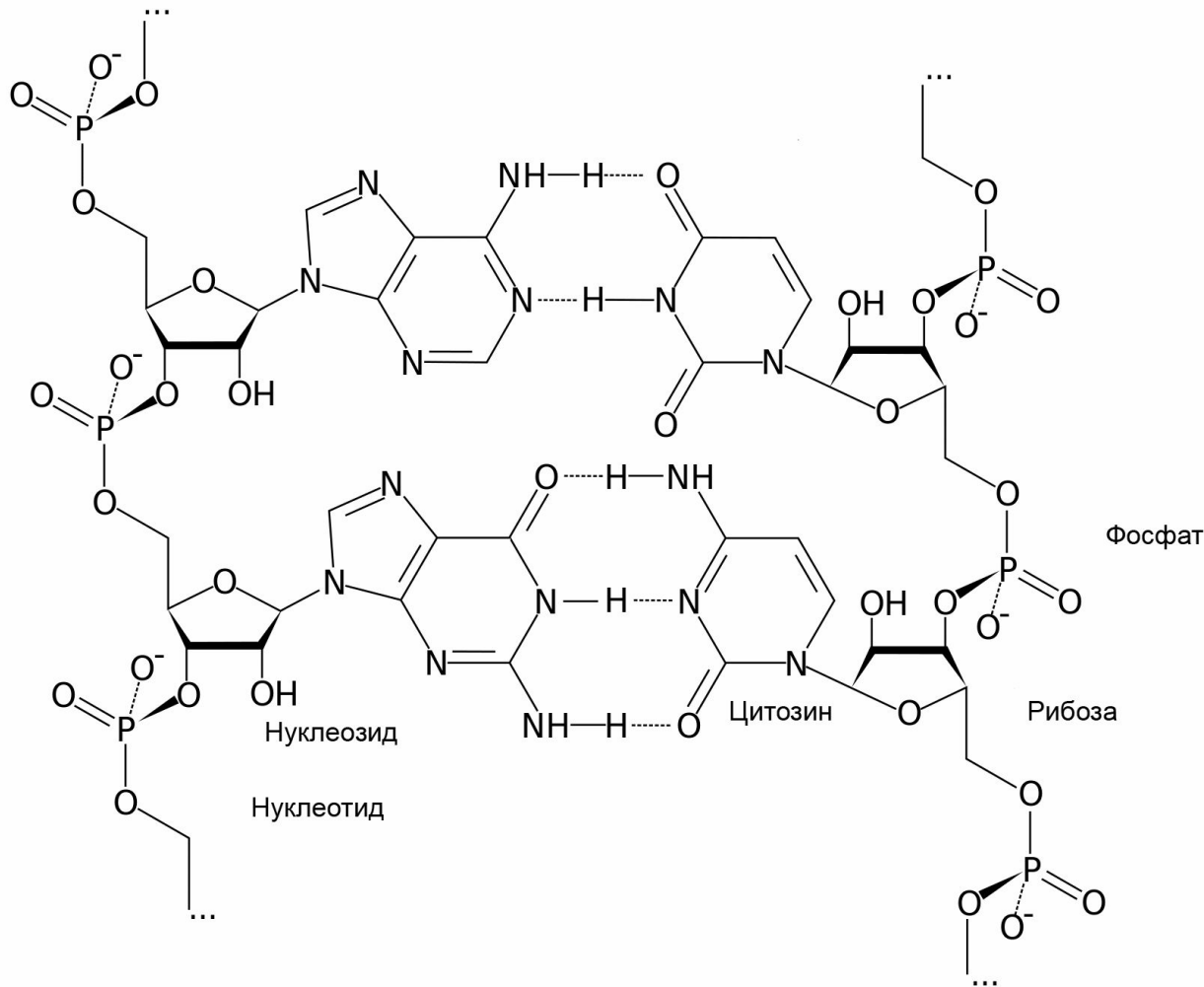
## А если вникнуть в детали:

- РНК может хранить наследственную информацию (в вирусах)
- РНК может работать катализатором (рибозимы)
- РНК катализирует ключевой шаг синтеза белков

**Следовательно, возможна примитивная жизнь без белков и ДНК, только на основе РНК**



# СТРУКТУРА РНК



- Сахаро-фосфатная цепь
- Сбоку на ней — азотистые основания 4 типов
- Образование пар между азотистыми основаниями может соединять две цепи в двойную спираль или компактно сворачивать одну цепь

Следовательно, возможна примитивная жизнь без белков и ДНК, только на основе РНК

# НЕДОСТАТКИ «МИРА РНК»

## Непонятна экология

- Рибозимы не способны к окислительно-восстановительным реакциям
- Рибозимы не способны к фотосинтезу
- Чистый «Мир РНК» может лишь питаться готовыми нуклеотидами

## Что добавить к РНК, чтобы она вписалась в окружающую среду?

- Мир «РНК+коферментов» ?
- Мир «РНК+минералов» ?
- Мир «РНК+пептидов» ?
  
- Или жизнь вовсе началась не с РНК, а с другой реплицирующейся системы?

# ЖИЗНЬ И ТЕРМОДИНАМИКА

**Первый закон  
термодинамики:**

«Из любой системы нельзя получить больше работы, чем в ней содержится энергии»

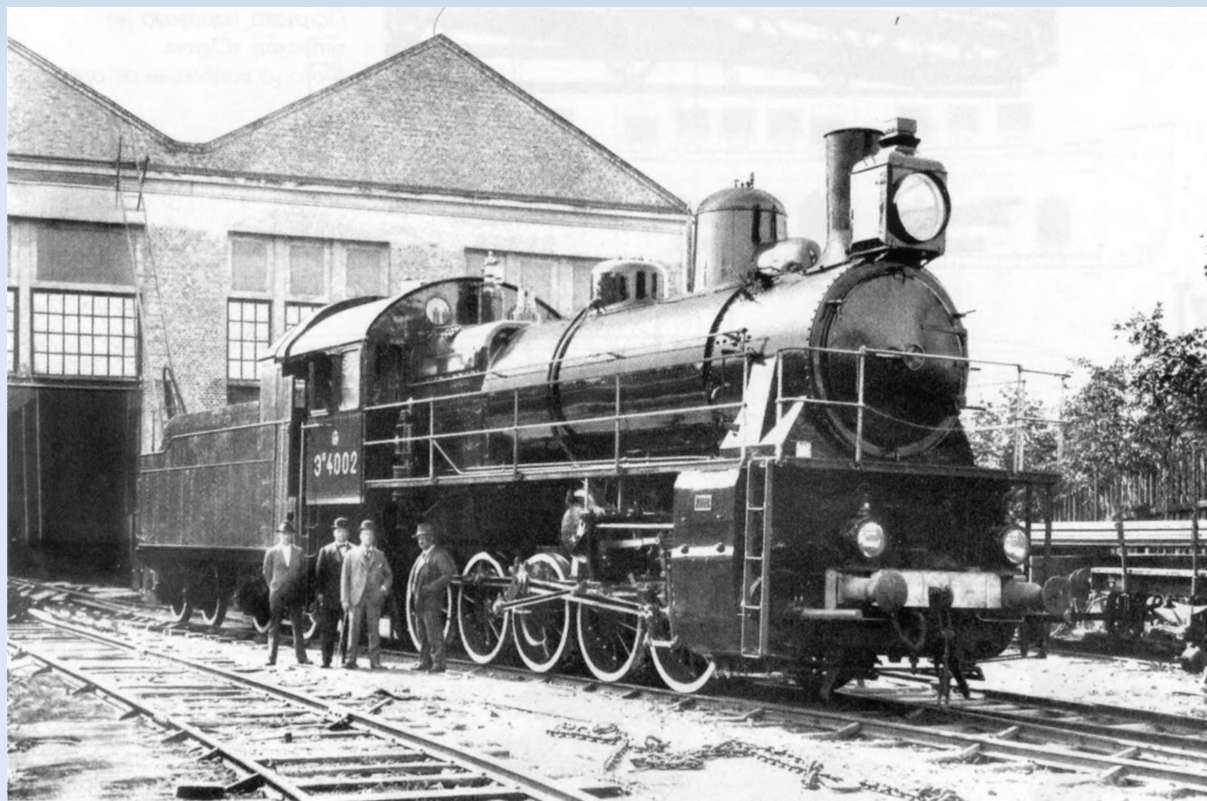
**К.П.Д. тепловых  
двигателей ограничен:**

$$\eta = (T_2 - T_1) / T_2$$

$T_1$  — температура  
холодильника,

$T_2$  — температура  
нагревателя

(по шкале Кельвина, от  
абсолютного нуля (-273,13 С))



# ЭНТРОПИЯ

- Чем меньше разница температур нагревателя и холодильника, тем меньшая доля энергии доступна для совершения работы
- Энтропией ( $S$ ) исходно называли долю «недоступной» тепловой энергии в системе (Клаузиус, 1865)
- Размерность — Джоуль/градус

**Второй закон термодинамики:** «В замкнутой системе энтропия растёт, либо в идеальном случае не убывает»

**Энтропия связана с упорядоченностью:**

$$S = k \ln P$$

(Больцман, 1872)

# НЕРАВНОВЕСНАЯ ТЕРМОДИНАМИКА

(Илья Пригожин, Нобелевская премия 1977)

- Классическая термодинамика изучала медленные процессы, близкие к равновесию
- Оказалось, что в быстрых процессах вдали от равновесия все сложнее
- Возможно образование диссипативных структур — местное уменьшение энтропии в открытой системе



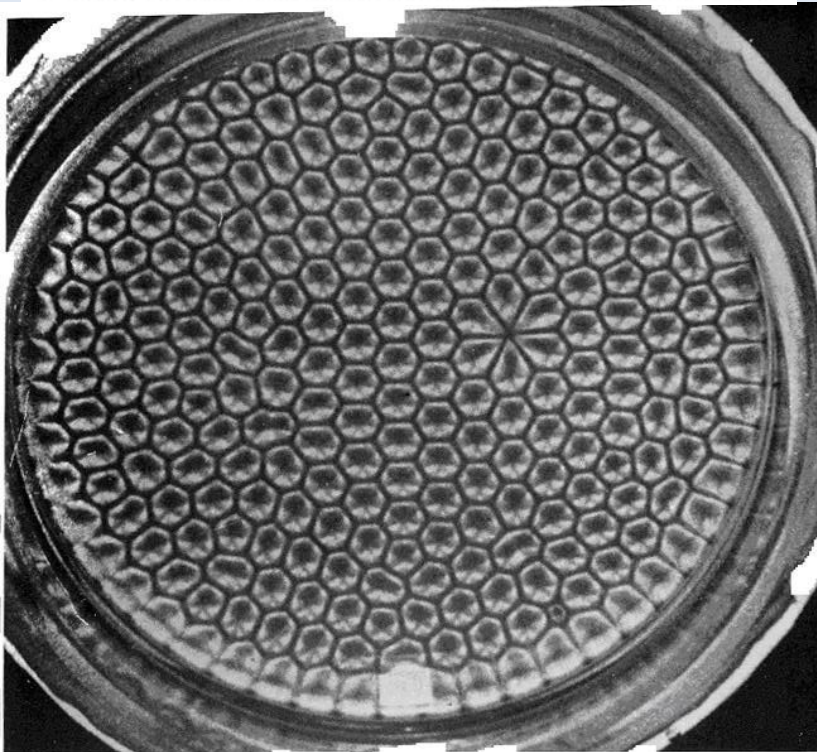
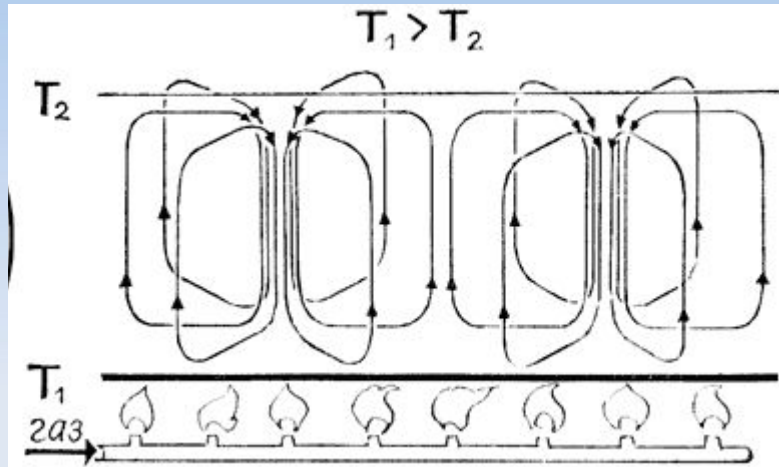
# РЕАКЦИЯ БЕЛОУСОВА-ЖАБОТИНСКОГО

**$\text{KBrO}_3 + \text{CeCl}_3 + \text{лимонная кислота}$**



# ДРУГИЕ ДИССИПАТИВНЫЕ СТРУКТУРЫ

## Ячейки Бенара



## Циклоны и торнадо



# КАК СПАСТИ «МИР РНК» ?

- Найти подходящую среду обитания
- Найти источники энергии
- Найти источники подходящих питательных веществ

## Непонятна экология

- Мир «РНК+коферментов» ?
- Мир «РНК+минералов» ?
- Мир «РНК+пептидов» ?
  
- Или жизнь вовсе началась не с РНК, а с другой реплицирующейся системы?