

Современные проблемы химической предыстории возникновения жизни. Астрокатализ

Снытников В.Н.

Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН
Новосибирский государственный университет

snyt@catalysis.ru

Развитие теорий зарождения жизни



Опарин А.И.
(1894—1980)

(1922) **Гипотеза возникновения жизни на Земле с происхождением жизни из первичного "бульона" органических веществ в океане.**

- доклад «О возникновении жизни», 1924

- книга «Происхождение жизни», 1924.

(1980 год) :

«...возможно первичное образование простейших органических веществ – углеводов – на нашей планете. Эволюция этих веществ должна приводить к образованию белковоподобных соединений, а затем коллоидных систем...»

Журнал Всесоюзного химического общества им. Д.И.Менделеева» **Т. XXV, в.3-4, 1980 год**

Развитие теорий зарождения жизни



В.И. Вернадский
(1863—1945)

(1921-1927) **Жизнь на Земле геологически вечна**

La Géochimie, 1924

Биосфера, 1926

Очерки геохимии, 1927

«Живое вещество и биосфера» – М.:Наука, 1994.

Стр. 277: Не зная научно [космического прошлого Земли], очевидно, мы не можем научно решить вопрос о генезисе в нем жизни, *если* он произошел в космические периоды земной истории. Другого времени для этого нет, ибо в геологических временах зарождения жизни не было.

Стр. 277: ...Возможно стремиться к опытному воссозданию абиогенеза в наших лабораториях и институтах. Вполне мыслимо, что **особые условия «случая» или особой космической среды** могут быть найдены и воссозданы человеческим разумом.

Развитие теорий зарождения жизни

Г.Э. Рихтер (1865 г.)

Гипотеза панспермии - рассеянные во Вселенной споры микроорганизмов переносятся с одной планеты на другую метеоритами или космической пылью .

С.А. Аррениус (1901 г.)

Перенос бактериальных спор с планеты на планету под действием давления света.

Суть гипотезы в том, что жизнь вечна в вечной Вселенной. Жизнь проявляется как фундаментальное свойство материи.

Возраст Вселенной – 13,6 млрд лет,
Солнечной системы – 4,56 млрд лет.

Современная астробиология – конец XX века.



**Аррениус С.А.
(1859—1927)**

БИОГЕОХИМИЧЕСКАЯ ЭВОЛЮЦИЯ

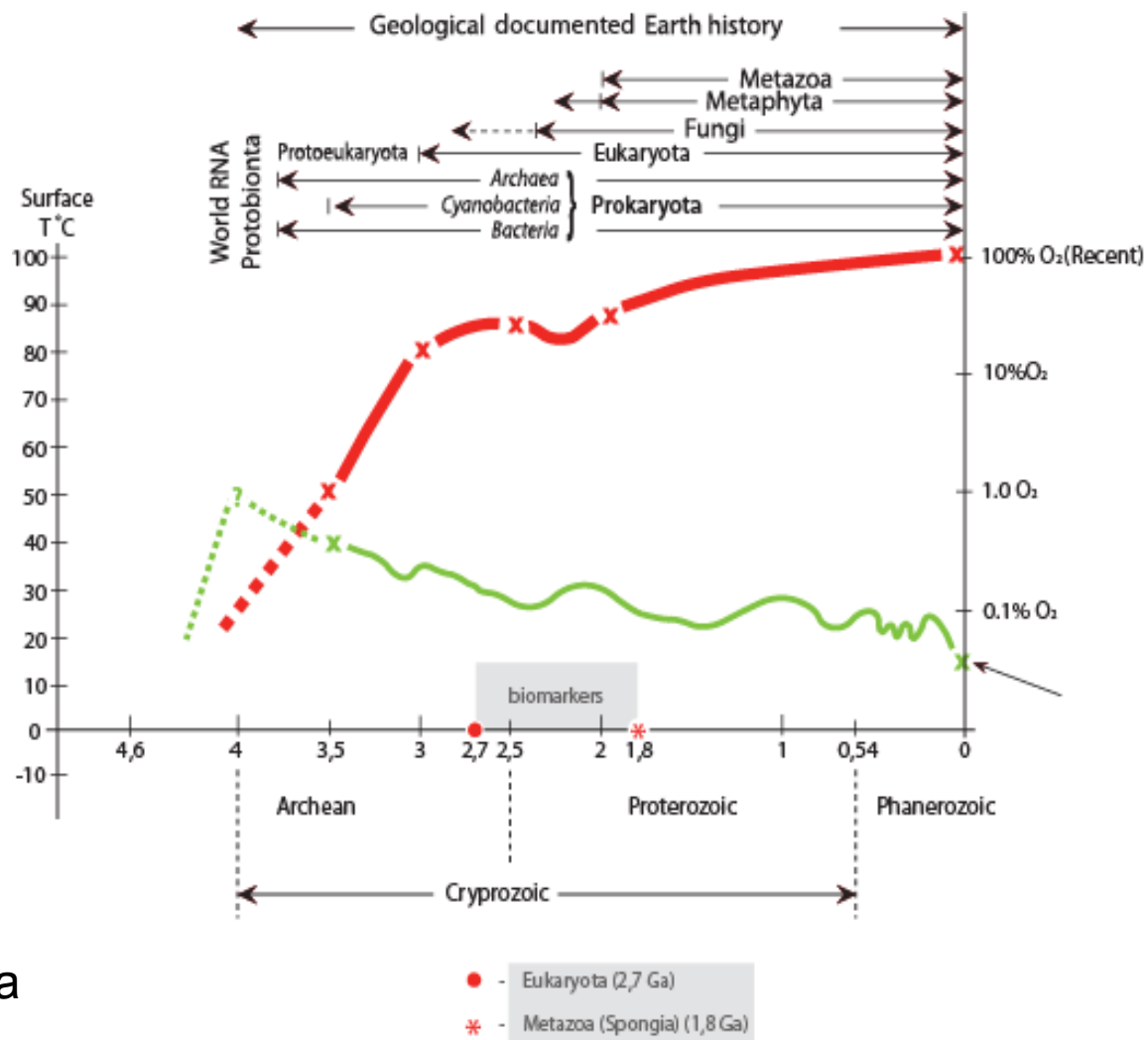


Срез мата *Microcoleus*



Цианобактериальная биопленка
с пузырьками кислорода

А.Ю. Розанов, Г.А. Заварзин и др. Бактериальная палеонтология. ПИН РАН, 2002.



Carbonaceous chondrites



Murchison CM

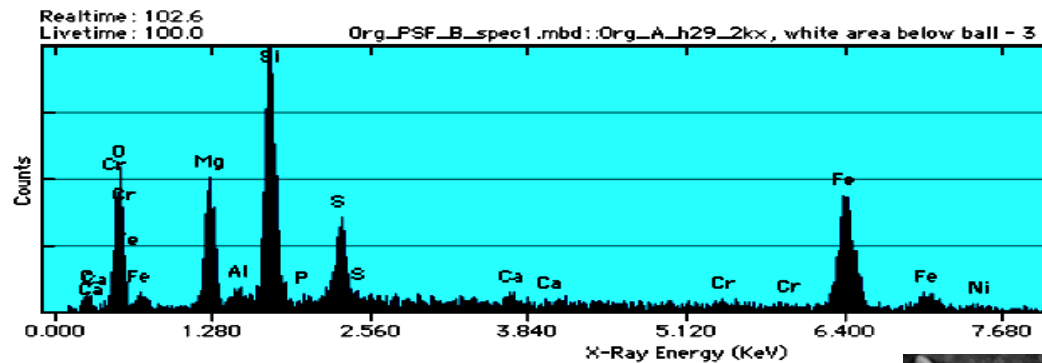


Allende CV3



Orgueil (CI)

Indigenous Microfossils in Orgueil C11 Carbonaceous Chondrite



Quantitative Results for Org_A_h29_2kx, white area below ball - 3
Analysis: Bulk Method: Standardless
Acquired 14-Jul-2004, 15.0 KeV @10 eV/channel

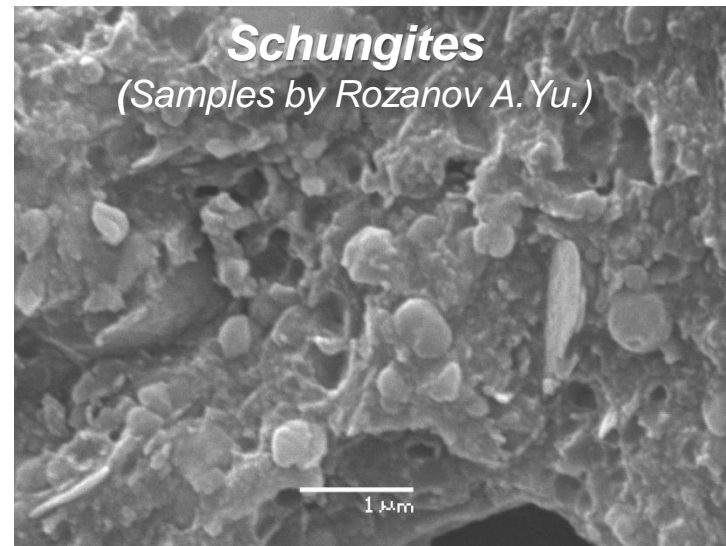
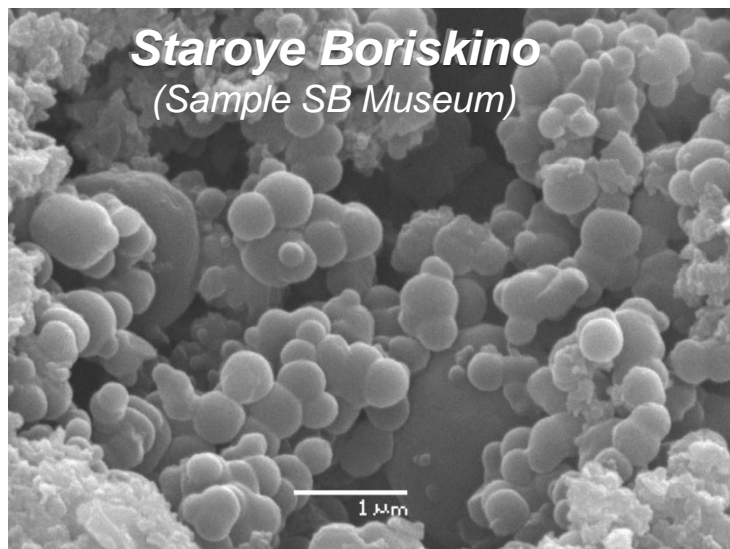
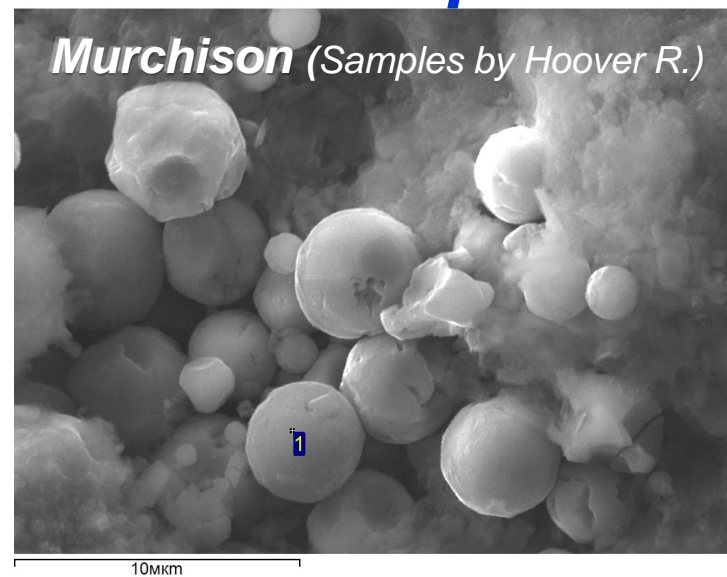
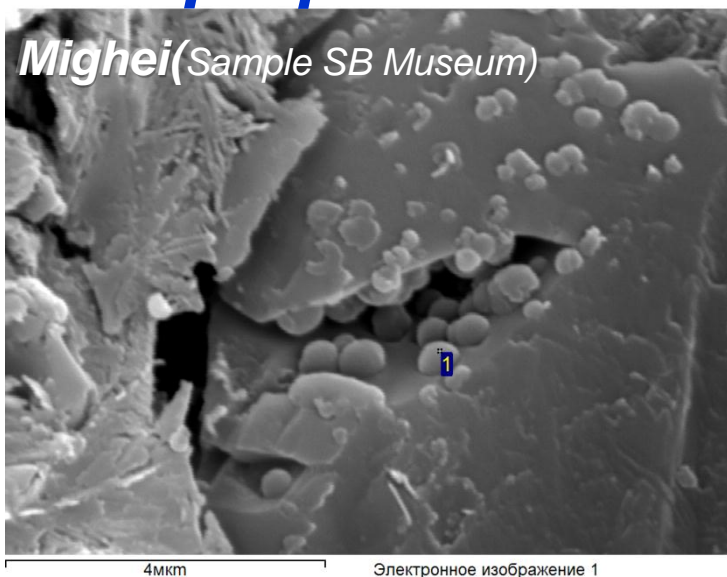
Element	Weight %	Std. Dev.	MDL	Atomic %	k-Ratio	Intensities
C	3.83	1.30	0.98	9.51	0.0251	92.4
N ?	0.01	0.01	7.38	0.01	0.0000	0.2
O	14.04	1.07	0.63	26.17	0.1171	1106.6
Mg	10.34	0.86	2.19	12.68	0.0509	874.0
Al ?	1.14	0.47	5.44	1.26	0.0064	106.2
Si	19.38	1.20	1.18	20.57	0.1336	2241.4
P ?	0.00	0.01	3.97	0.00	0.0000	0.2
S	6.15	1.25	1.85	5.72	0.0476	713.1
Ca ?	0.00	0.01	3.42	0.00	0.0000	0.2
Cr ?	0.00	0.01	4.20	0.00	0.0000	0.2
Fe	45.09	2.05	1.35	24.07	0.4113	1543.5
Ni ?	0.01	0.03	7.84	0.01	0.0001	0.2
Total	100.00					



EDAX Spectrum at x on Glycocalyx
of Orgueil Cyanobacteria

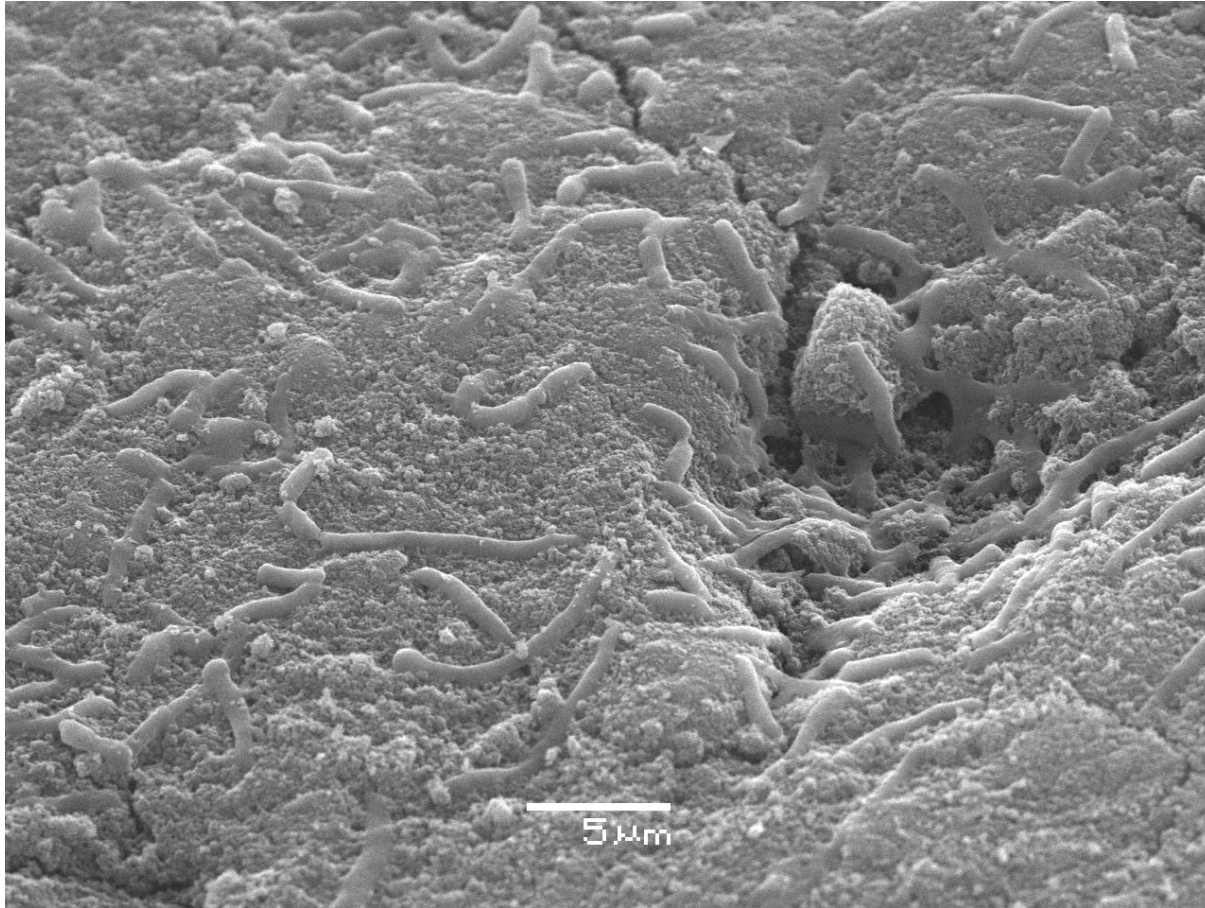
МЕТЕОРИТЫ

Микрофоссилии в углистых хондритах СМ



Scanning Electron Microscope, BIC SB RAS (Study by N.A. Rudina)

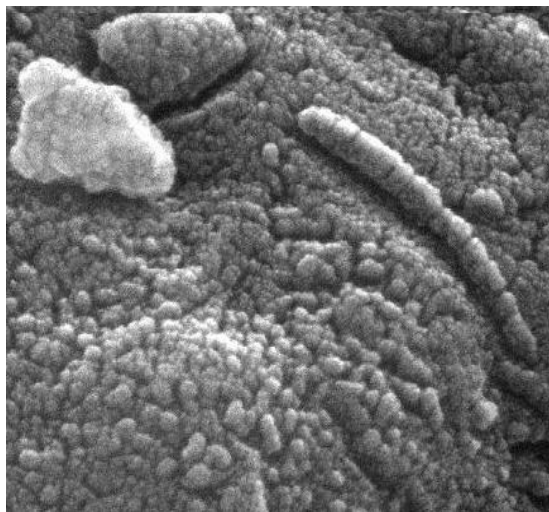
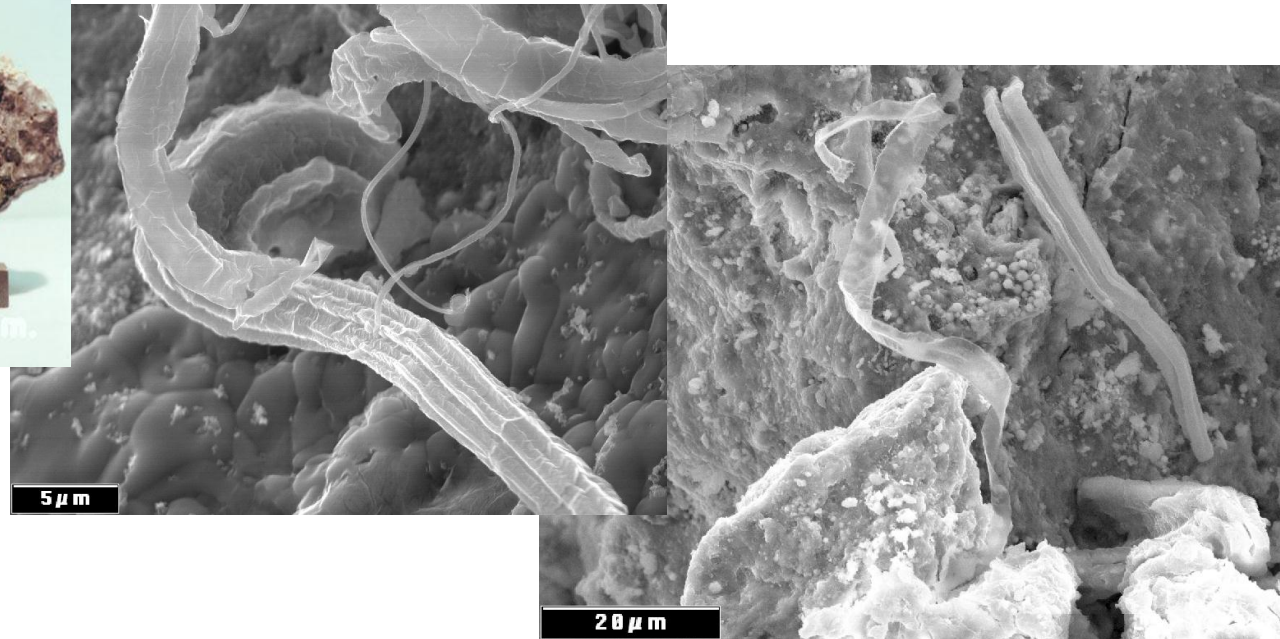
Rhodococcus sp. on Sibunite (C – material)



Kovalenko G. and Rudina N. (BIC SBRAS)

Comets, Carbonaceous Meteorites, and Origin of the Biosphere

1996: McKay et al. Report Discovery of Possible Microfossils in 3.2 Gya Mars Meteorite ALH84001. Microfossils discounted as being too small for life and too simple to be conclusively Biogenic.



2004: Hoover et al. Report Evidence for Complex Mats of Mineralized Morphotypes of Filamentous Cyanobacteria in Orgueil CI Carbonaceous Meteorite

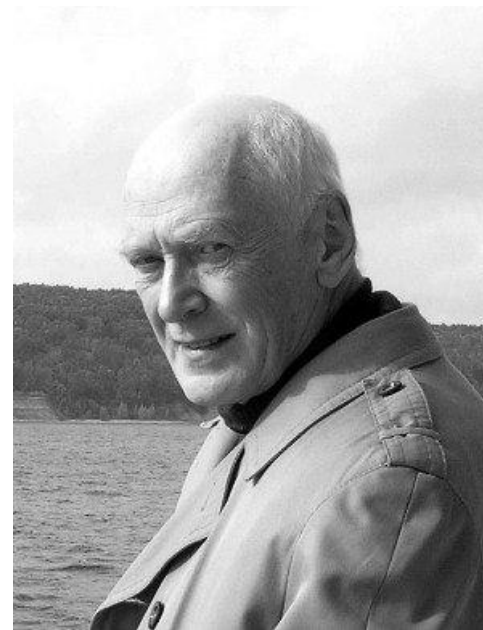
Развитие теорий зарождения жизни

Г.А. Заварзин Лекции по природоведческой микробиологии. М., 2004

Г.А. Заварзин – Происхождение жизни – это проблема происхождения цельной системы - биоценоза, а не отдельной клетки, организма, тем более белка, молекул РНК, АТФ или ДНК.

«Происхождение жизни окончательно вытеснено в Космос»

2009 г. В книге «Проблемы происхождения жизни», ПИН РАН, М. / Под ред. А.Ю. Розанова, А.В. Лопатина, В.Н. Снытникова



**Г.А. Заварзин
(1933—2011)**

Содержание книги не сводится к набору отдельных предложений. Предложения – к словам. Слова – к приставкам, корням, суффиксам, окончаниям. Они, в свою очередь, - к отдельным буквам. С точки зрения проблемы происхождения жизни мы в химии находимся в положении людей, которые, занимаясь отдельными буквами, пытаются понять содержание книги.

Хемоценозы

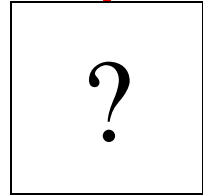
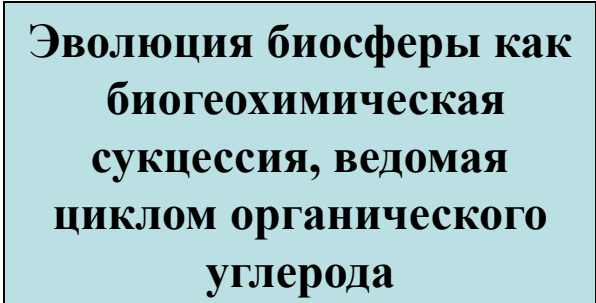
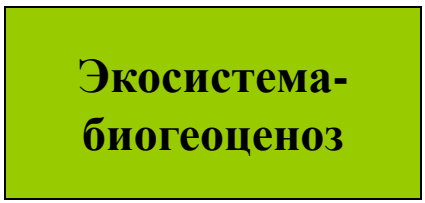
Мир РНК

Абиогенный синтез химических соединений

Самосборка компонентов клетки: рибосом, нуклеоида, мембран, цитоплазмы



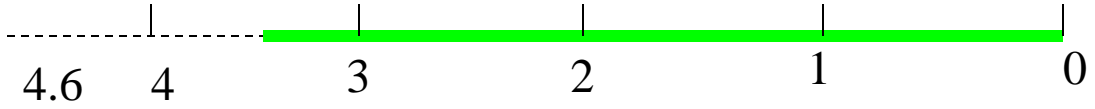
Состав
 $(\text{CH}_2\text{O})_{106}(\text{NH}_3)_{16}\text{H}_3\text{PO}_4$
Масса $2,5 \cdot 10^{18}$ г



Происхождение жизни

Где? Когда? Как?

Ключевая идея – **Жизнь возникла при формировании планет СС**



Эволюция биосферы Земли

Программа Президиума РАН «Происхождение и эволюция биосферы» 2004 – 2014 гг.

Движущей силой программы были академики

Г.А. Заварзин, Н.Л. Добрецов, Э.М. Галимов, М.В. Виноградов,
А.Ю. Розанов, А.И. Григорьев, А.С. Спирин, Н.П. Юшкин,
С.Г. Инге-Вечтомов, С.В. Шестаков, В.К. Шумный, Н.А. Колчанов,
В.Н. Пармон, М.Я. Маров, В.В. Власов, А.П. Деревянко, М.А. Федонкин ...

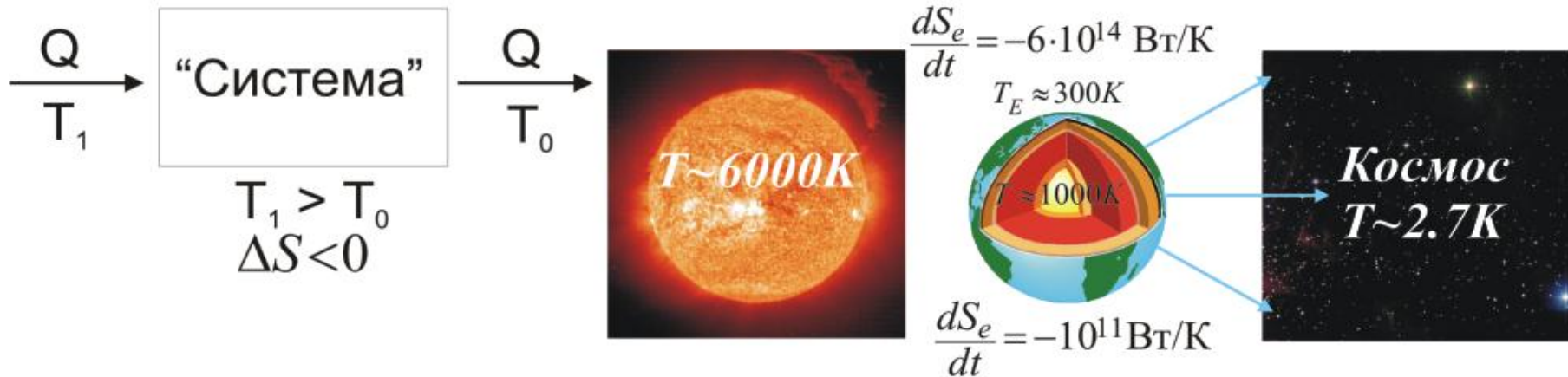
и другие действительные члены и член-корреспонденты РАН - от астрофизиков до археологов.

Первоочередной задачей была выработка общего языка и терминологии,
доступного для всех участников программы.
Химические и биохимические технологии.

Неравновесная термодинамика. Открытые системы. Закон возрастания энтропии.

Примеры:

1. Земля и ее биосфера



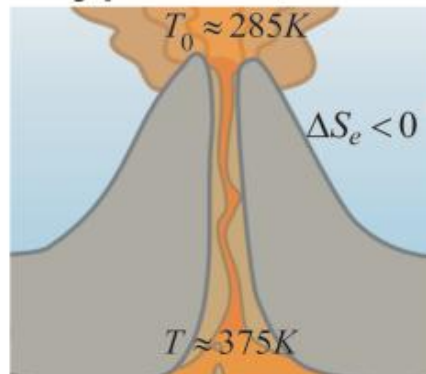
Физика процессов

$$\frac{dS_e}{dt} + \frac{dS_i}{dt} = 0$$

$$W = \frac{dQ}{dt} \quad \frac{\Delta S_e}{\Delta t} = W \left(\frac{1}{T_S} - \frac{1}{T_E} \right) < 0$$

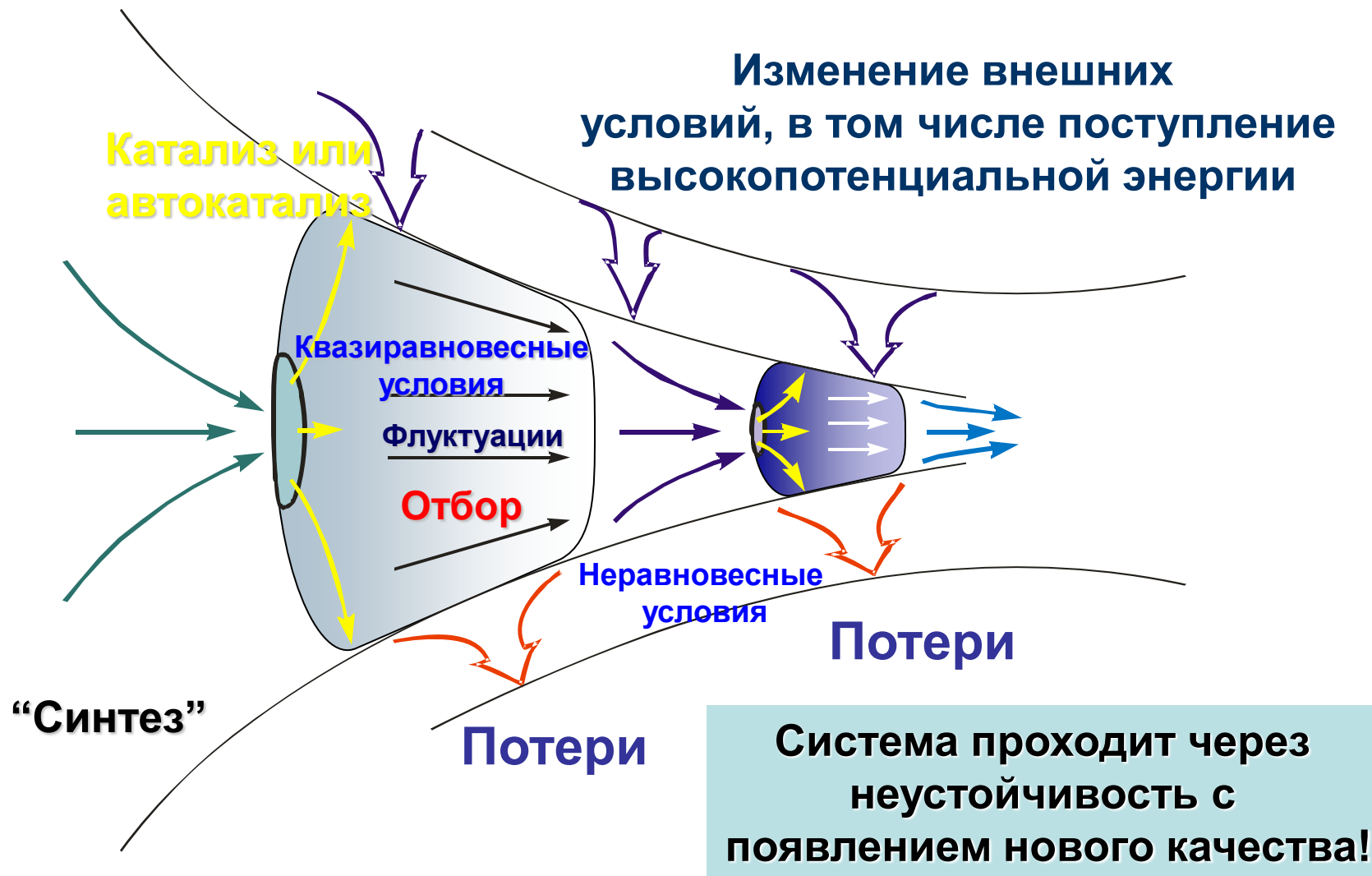
$$T \cdot \Delta S = Q$$

2. "Курильщик"



Земля - замкнутая система, биосфера на ее поверхности и на глубине - открытая система.

Самоорганизация системы



Как можно синтезировать $2,5 \cdot 10^{18}$ г органических и био- полимеров?

Сколько современный химик - технолог должен взять простейшего сырья и материалов, чтобы получить в заводских условиях

$2,5 \cdot 10^{18}$ г органического вещества

Состава $(\text{CH}_2\text{O})_{106}(\text{NH}_3)_{16}\text{H}_3\text{PO}_4$?

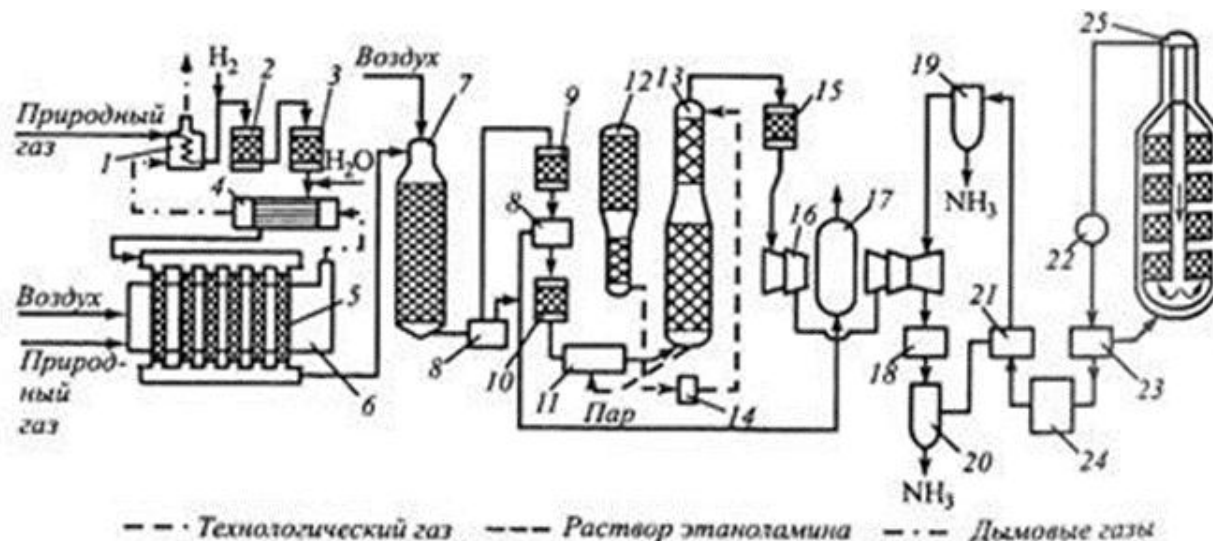
Ответ:

Необходимо проделать инженерный расчет **химико-технологической системы**, состоящей из конечного числа отдельных стадий.

Пример - стадия получения аммиака из простых соединений элементов H, C, O, N.

Производство аммиака

В современном агрегате синтез аммиака ведут при температуре 420 - 500 °С и давлении 250-360 атм в присутствии железных катализаторов, получаемых сплавлением оксидов железа с активаторами (промоторами) - Al_2O_3 , SiO_2 , TiO_2 , K_2O , Na_2O , CaO , MgO и др. и последующим восстановлением оксидов железа.

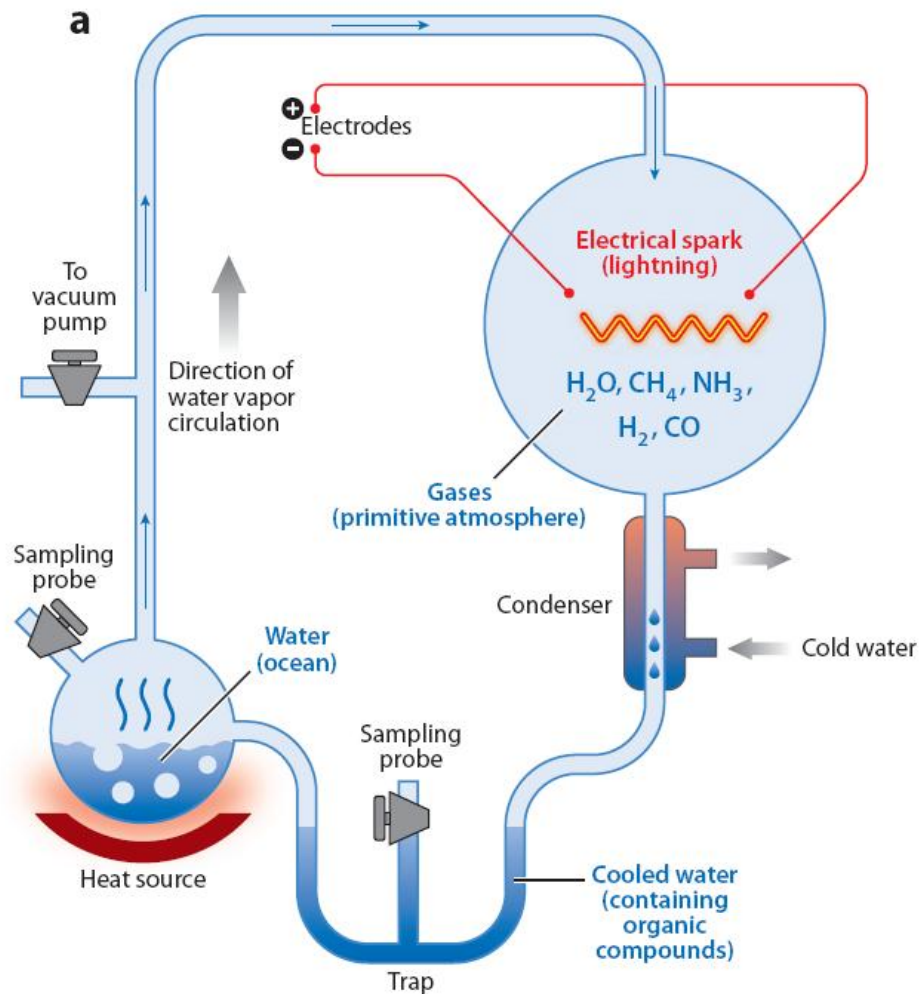


Принципиальная схема синтеза аммиака под средним давлением:

1 - подогреватель природного газа; 2 - реактор гидрирования органической серы; 3 - адсорбер сероводорода; 4 - теплообменник; 5 - трубчатая печь - конвертор метана; 6 - топка; 7 - шахтный конвертор метана; 8 - паровой котел; 9 - конвертор CO I ступени; 10 - конвертор CO II ступени; 11 - теплообменник; 12 - регенератор CO_2 ; 13 - абсорбер CO_1 ; 14 - воздушный холодильник; 15 - метанатор; 16 - турбокомпрессор с газовой турбиной; 17 - паровая турбина; 18 - аммиачный холодильник; 19 - первичный сепаратор; 20 - вторичный сепаратор; 21 - холодильный теплообменник; 22 - водоподогреватель паровых котлов; 23 - "горячий" теплообменник; 24 - воздушный холодильник; 25 - полочная колонна синтеза

Добиологический синтез

Эксперимент Миллера-Ури

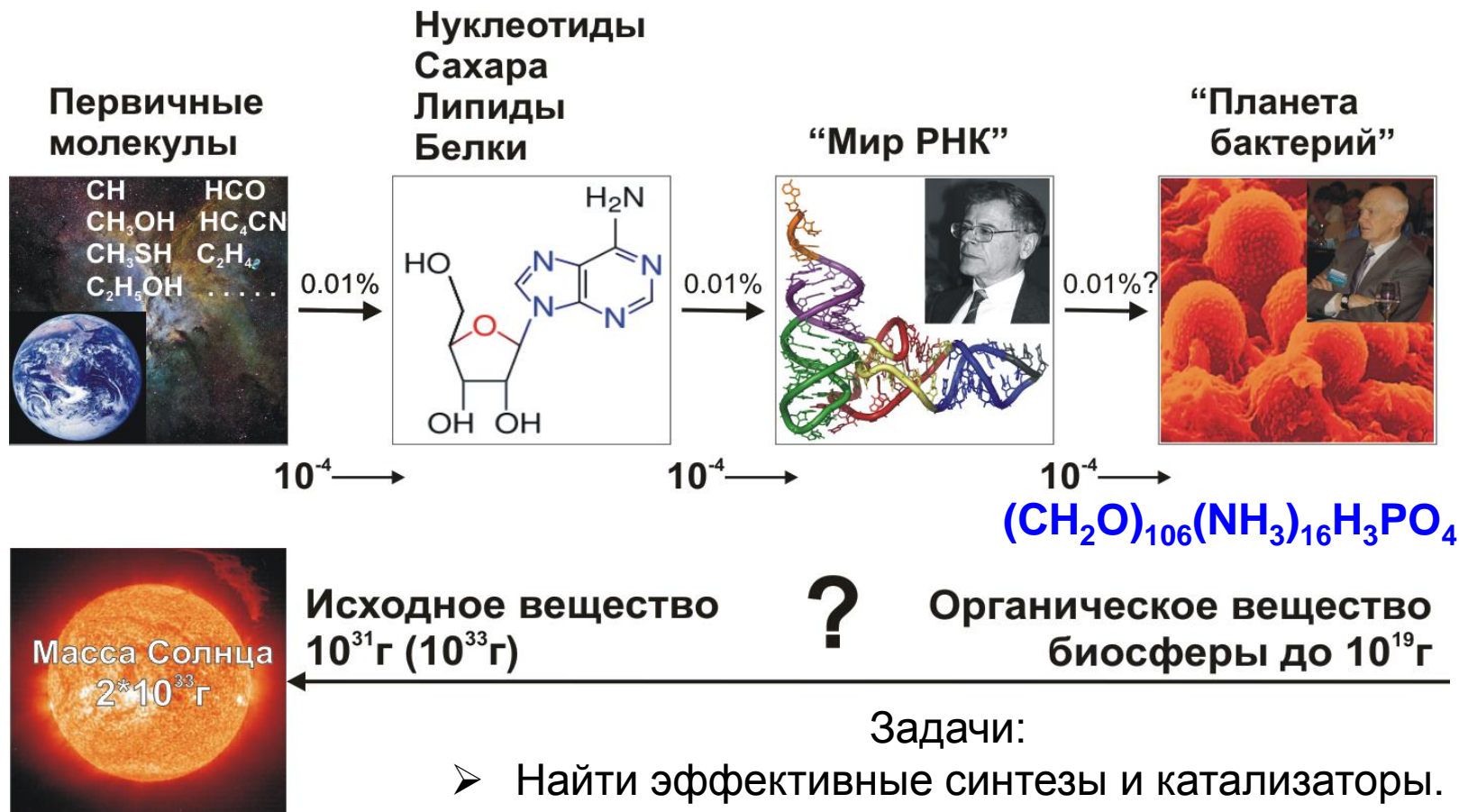


Когда, где и как появилась жизнь ?



1. Сколько требуется сырья?
2. Как подводится и снимается энергия?
3. Как утилизируются отходы (в «топку», в «третьи страны»)?

Проблема «Химического завода»



Можем ли позволить начинать не с CH₄, CO₂, H₂O, N₂, а с высокорекреакционноспособных соединений?

Могла ли участвовать в синтезах масса вещества, сравнимая с солнечной?

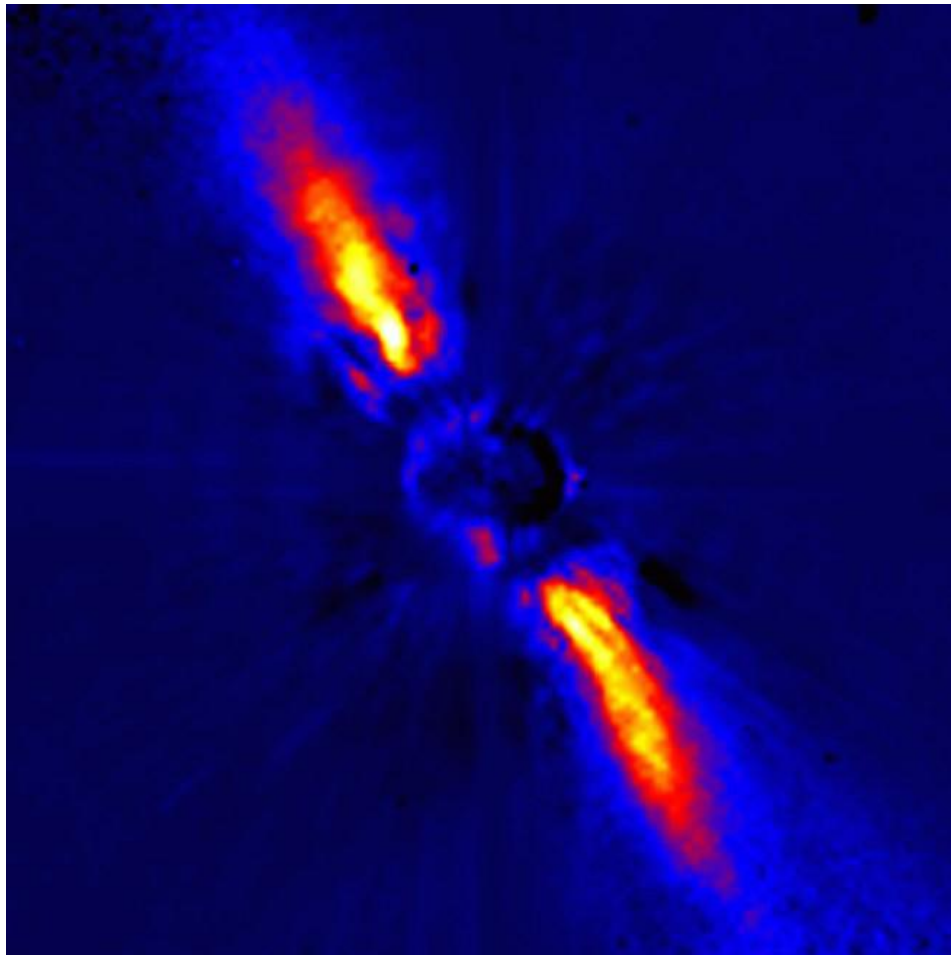


**Околозвездные протопланетные
диски.**

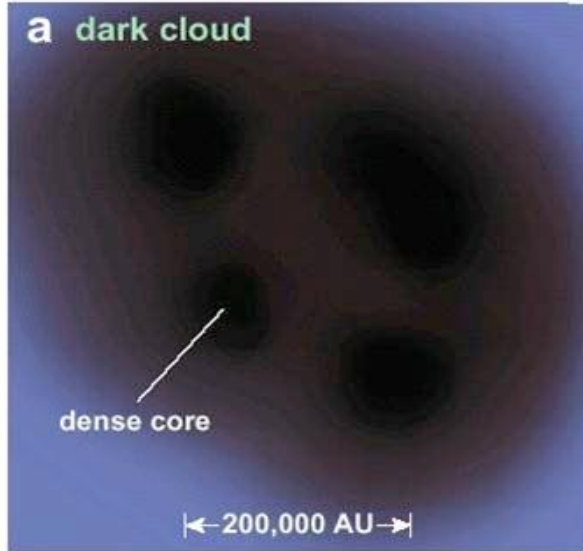
**Шмидт О.Ю., 1951 год.
Химическая эволюция в
подходящих физических
условиях.**

Газопылевое облако β Живописца

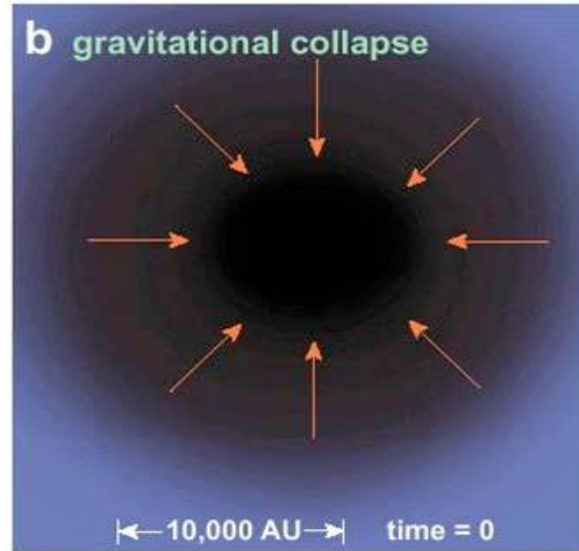
[antwrp.gsfc.nasa.gov/apod/ap971128.html]



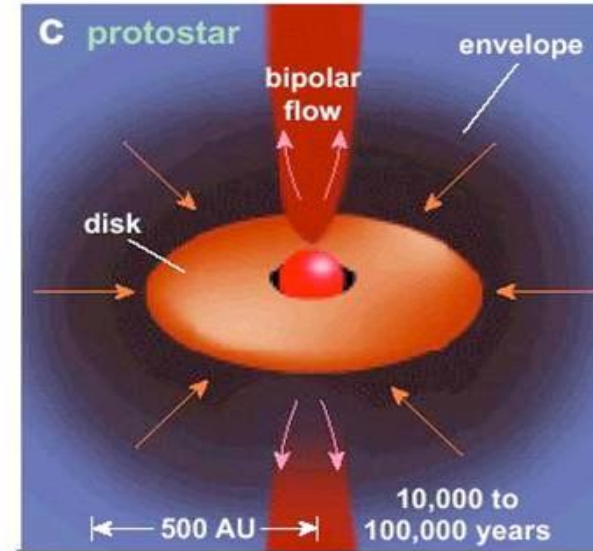
Main stages of protostellar disk evolution



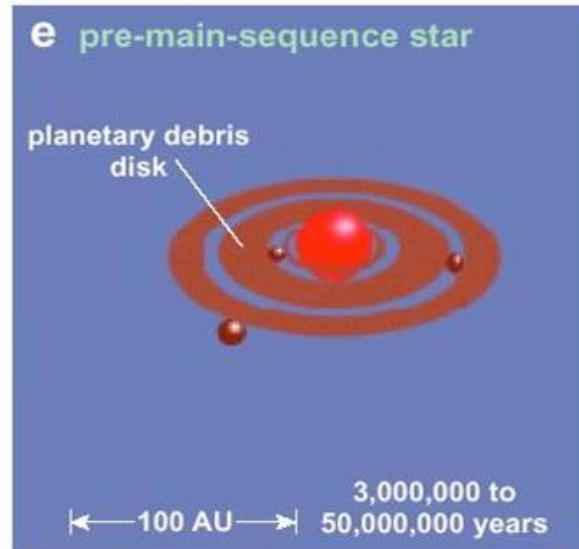
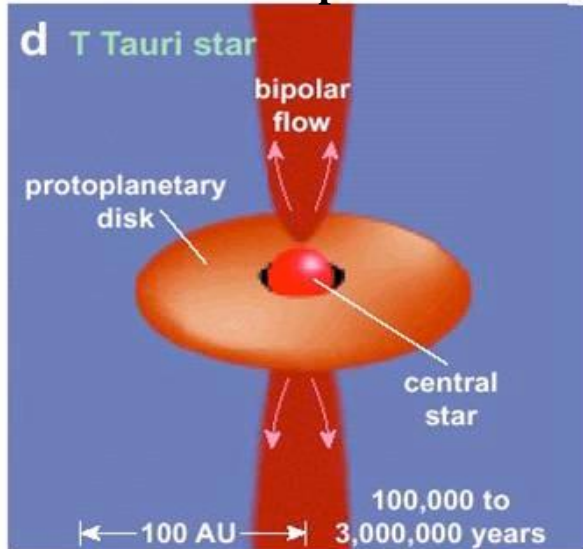
Pre-stellar phase



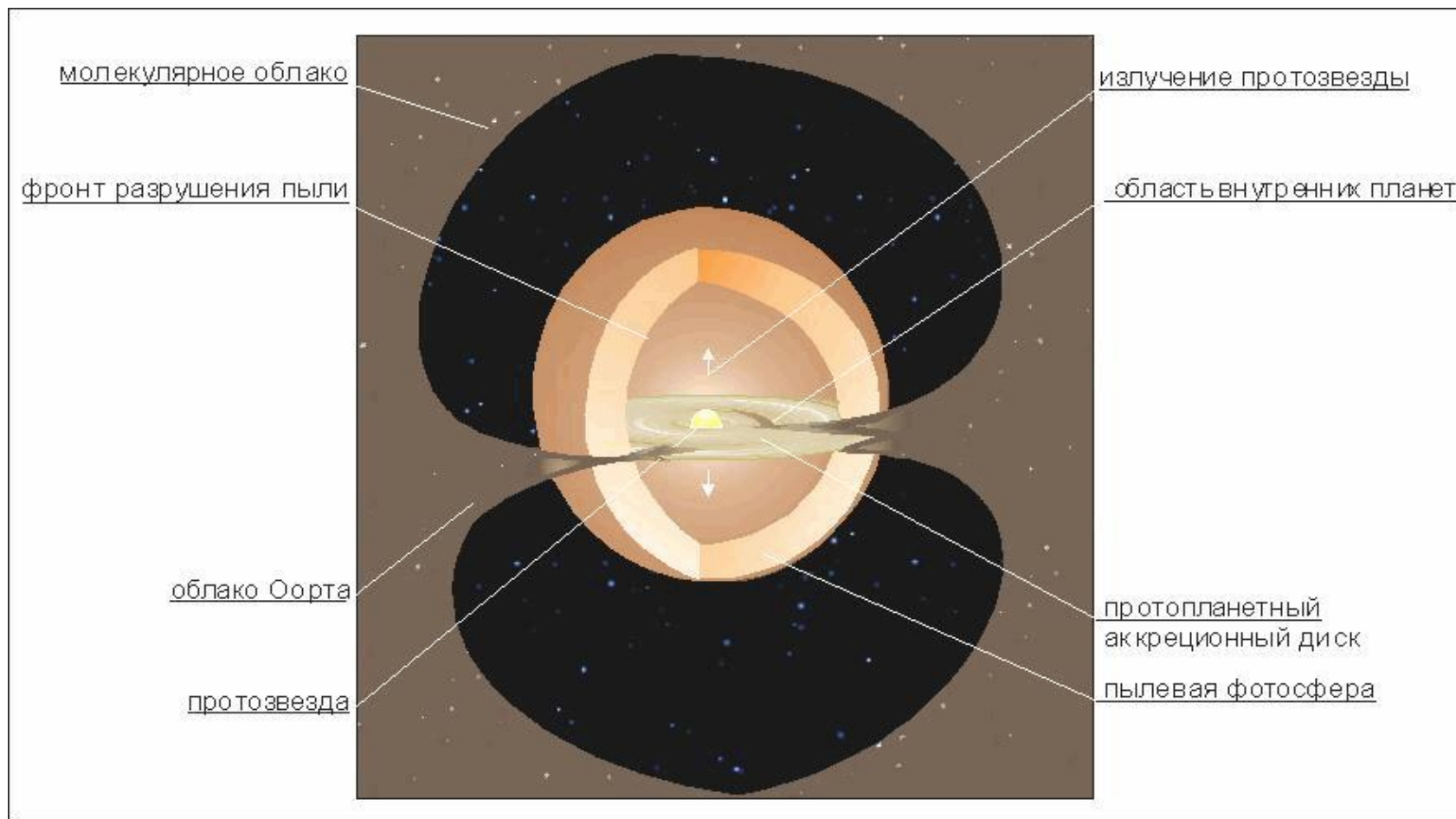
Class 0 and I phases



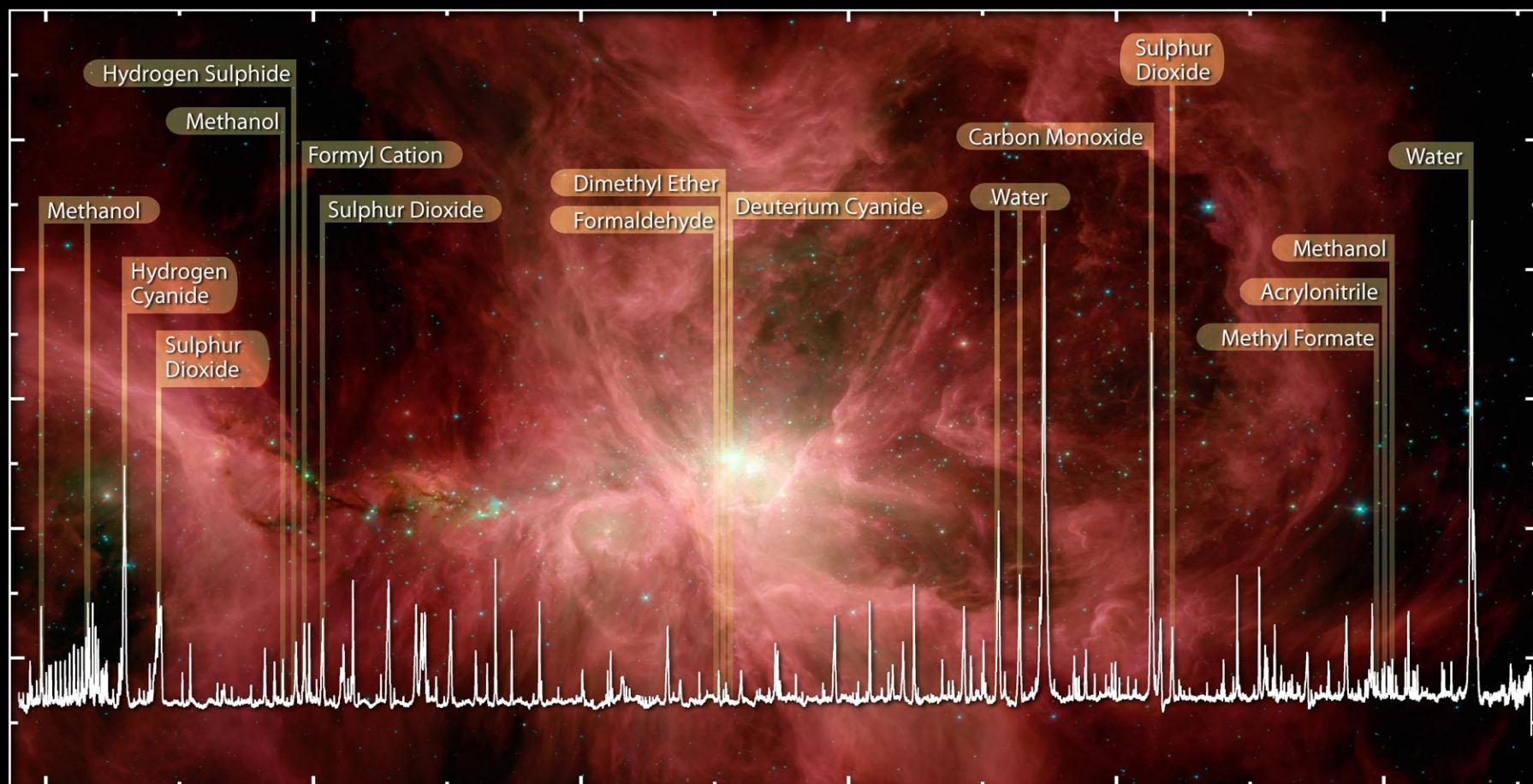
T Tauri phase



Протозвезда с околозвездным ДИСКОМ

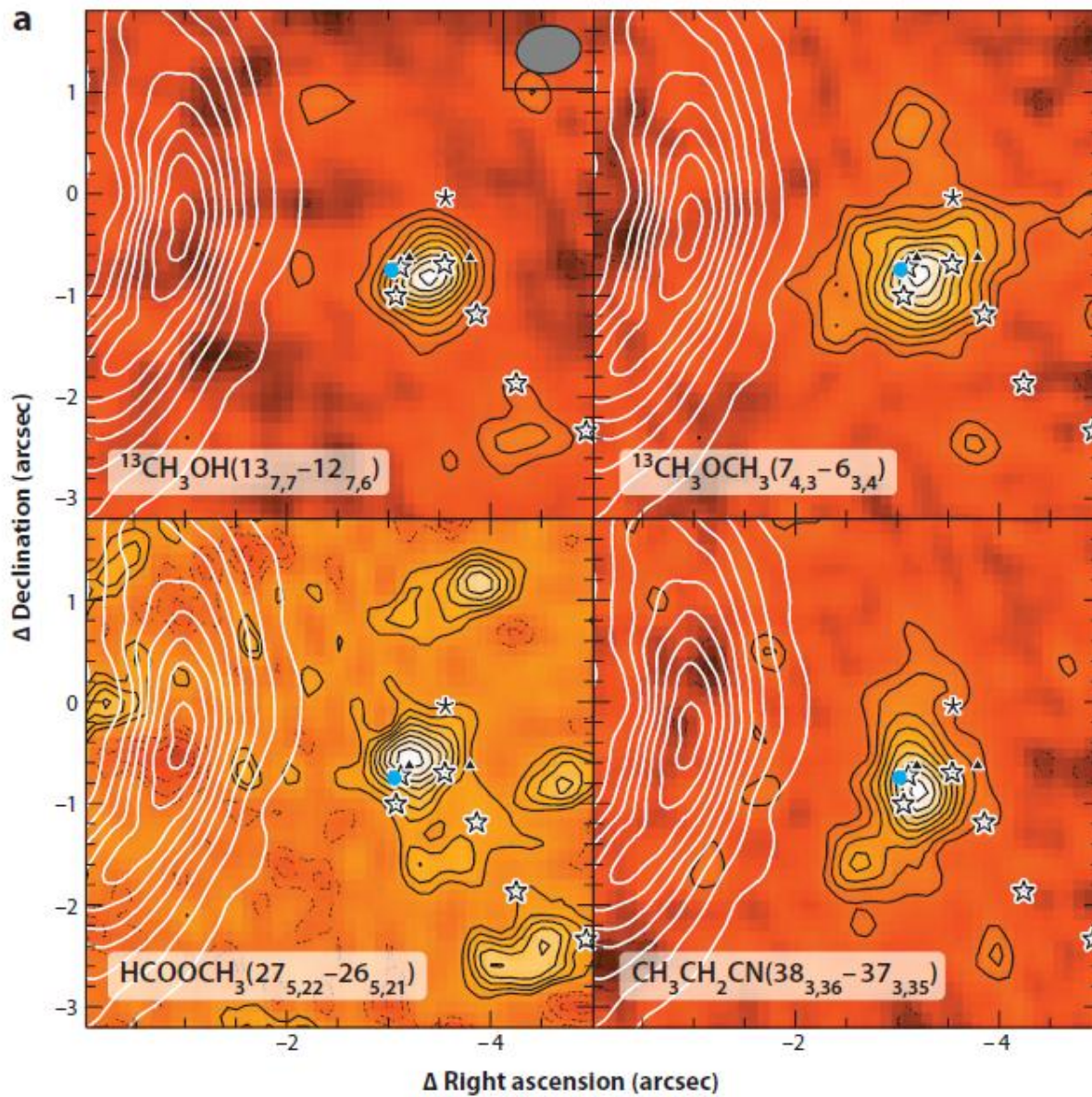


Example of simple organic and inorganic compounds observed in molecular clouds



HIFI Spectrum of Water and Organics in the Orion Nebula

© ESA, HEXOS and the HIFI consortium
E. Bergin



Molecules, found in interstellar clouds

Cold prehistory of the Life

2-atomic			
H ₂	NO	CO	SiN
AlF	NS	CO+	SiO
AlCl	NaCl	CP	SiS
C ₂	OH	CSi	CS
CH	PN	HCl	HF
CH+	CO	KCl	SH
CN	SO+	NH	FeO

3-atomic			
C ₃	MgCN	HCO+	c-SiC ₂
C ₂ H	MgNC	HSC+	CO ₂
C ₂ O	N ₂ H+	HOC+	NH ₂
C ₂ S	N ₂ O	H ₂ O	H ₃ +
CH ₂	NaCN	H ₂ S	SiCN
HCN	OCS	HNC	AlNC
HCO	SO ₂	HNO	

8-atomic
CH ₃ C ₃ N
HCOOCH ₃
CH ₃ COOH
C ₇ H
CH ₂ OHCHO

4-atomic			
c-C ₃ H	HNCS	C ₂ H ₂	H ₃ O+
I-C ₃ H	HOCO+	HCCN	NH ₃
C ₃ N	H ₂ CO	HCNH+	SiC ₃
C ₃ O	H ₂ CN	HNCO	
C ₃ S	H ₂ SC		

5-atomic			
C ₅	HC ₂ NC	c-C ₃ H ₂	H ₂ NCN
C ₄ H	HCOOH	CH ₂ CN	HNC ₃
C ₄ Si	H ₂ CHN	CH ₄	SiH ₄
I-C ₃ H ₂	H ₂ C ₂ O	HC ₃ N	H ₂ COH+

9-atomic
CH ₃ C ₄ H
CH ₃ CH ₂ CN
(CH ₃) ₂ O
CH ₃ CH ₂ OH
HC ₂ N
C ₈ H

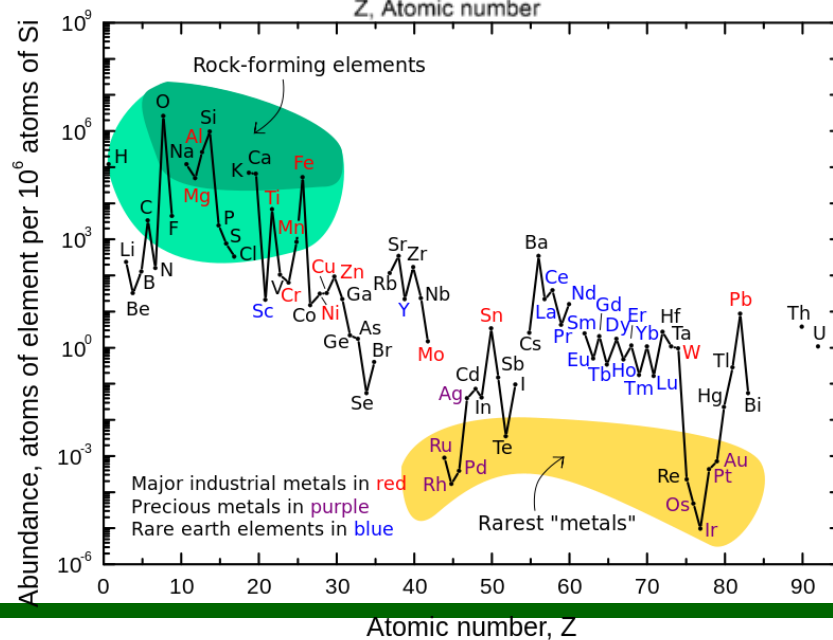
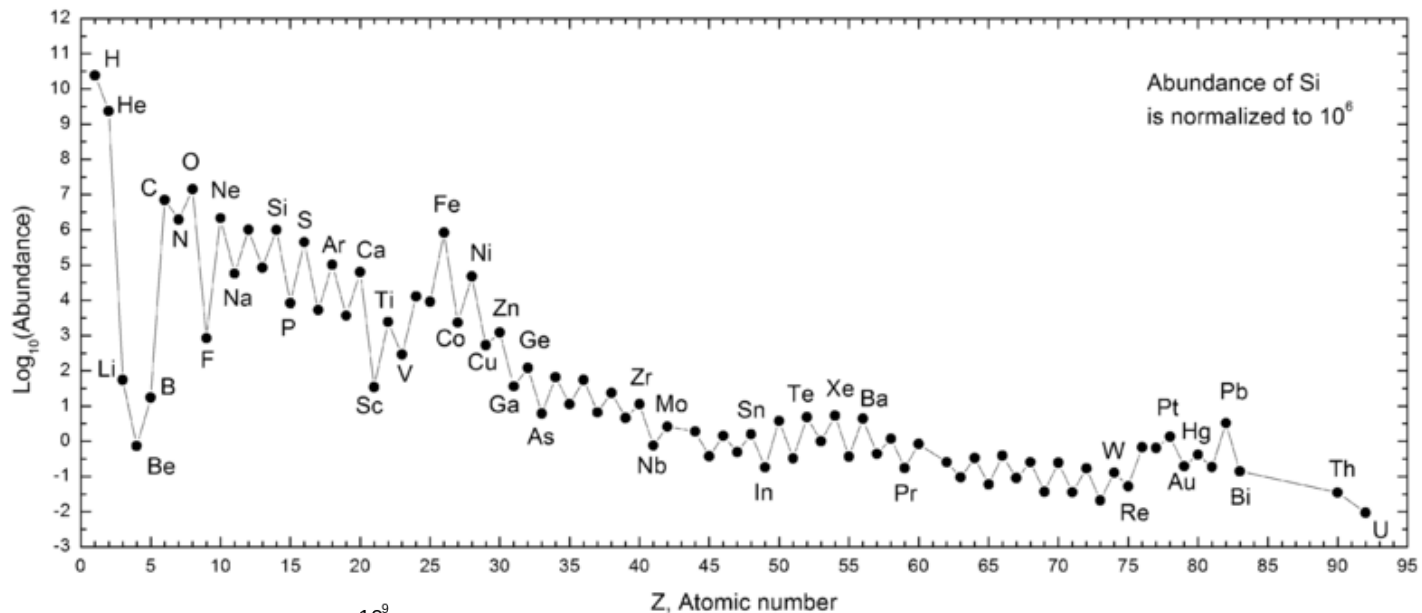
6-atomic			
C ₅ H	CH ₃ SH	CH ₃ CN	NH ₂ CHO
L-H ₂ C ₄	HC ₃ NH+	CH ₃ NC	C ₅ N
C ₂ H ₄	HC ₂ CHO	CH ₃ OH	

7-atomic	
C ₆ H	HCOCH ₃
CH ₂ CHCN	NH ₂ CH ₃
CH ₃ C ₂ H	c-C ₂ H ₄ O
HC ₅ N	CH ₂ CHOH

10-atomic
CH ₃ C ₅ H
(CH ₃) ₂ CO
NH ₂ CH ₃ COOH

R.L.Rawls,
C&EN, 2002

Распространенность элементов



МОЛЕКУЛЯРНЫЕ ОБЛАКА

Астрохимия



Распространенность элементов в космосе

H, He, O, C, Ne, N, Mg, Si, Fe, S, Ar,...

- I. *H + He* – 98%,
Another elements – 1-2%, *among them*
- II. **Organics** (H, O, C, N,...) > 90%
- III. **Inorganics** (Mg, Si, Fe, O, ...) < 10%

H₂, He, H₂O, CH₄, Ne, NH₃, MgH₂, SiH₄, FeH, H₂S, Ar,...

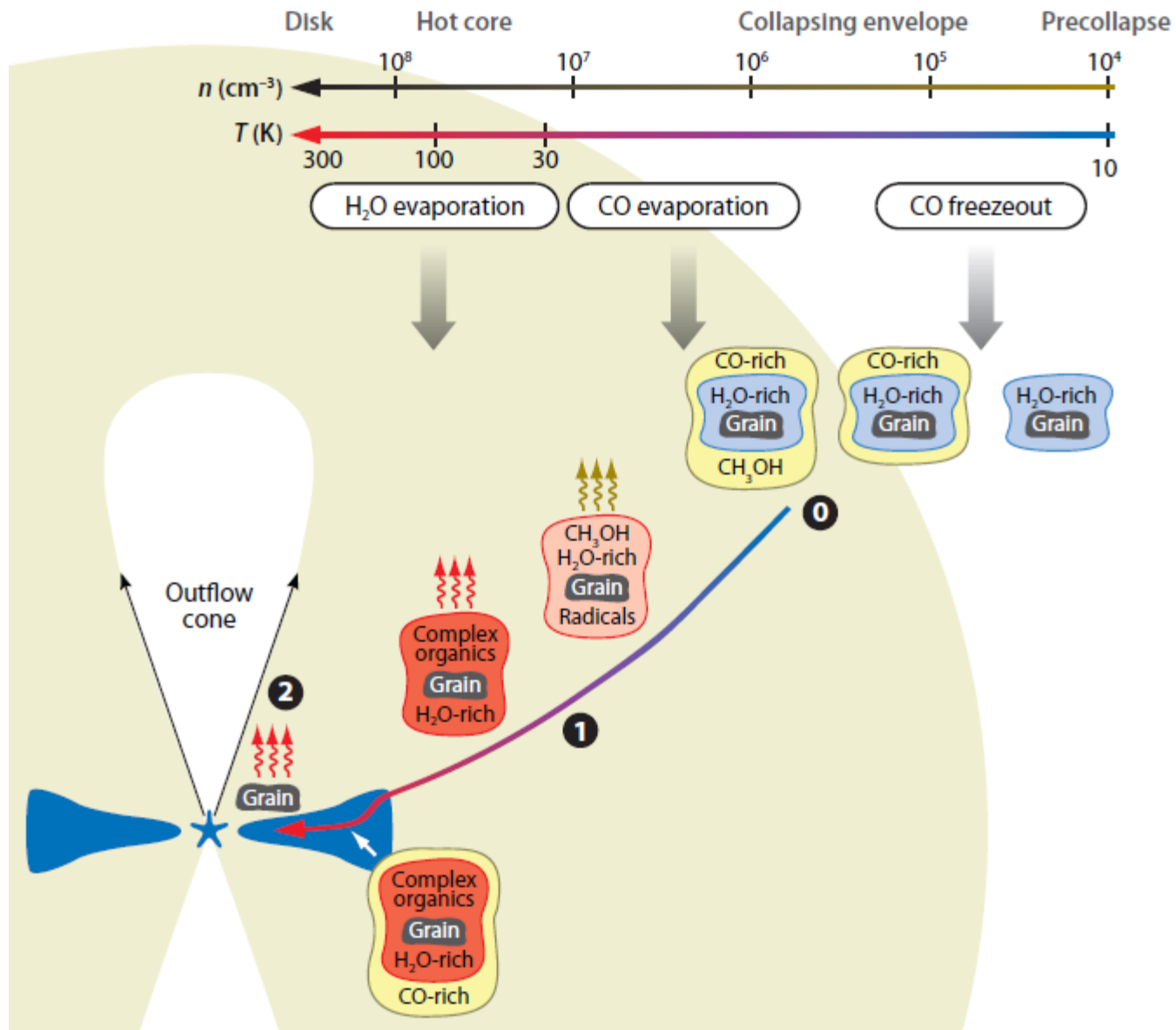
H₂, He, H₂O, CH₄, Ne, Ar - *пробники гравитации, температуры, давления*

H, O, C, N, S, ... - **элементы для синтеза органики**

O, MgH₂, SiH₄, FeH, ... – **соединения для синтезов неорганики**

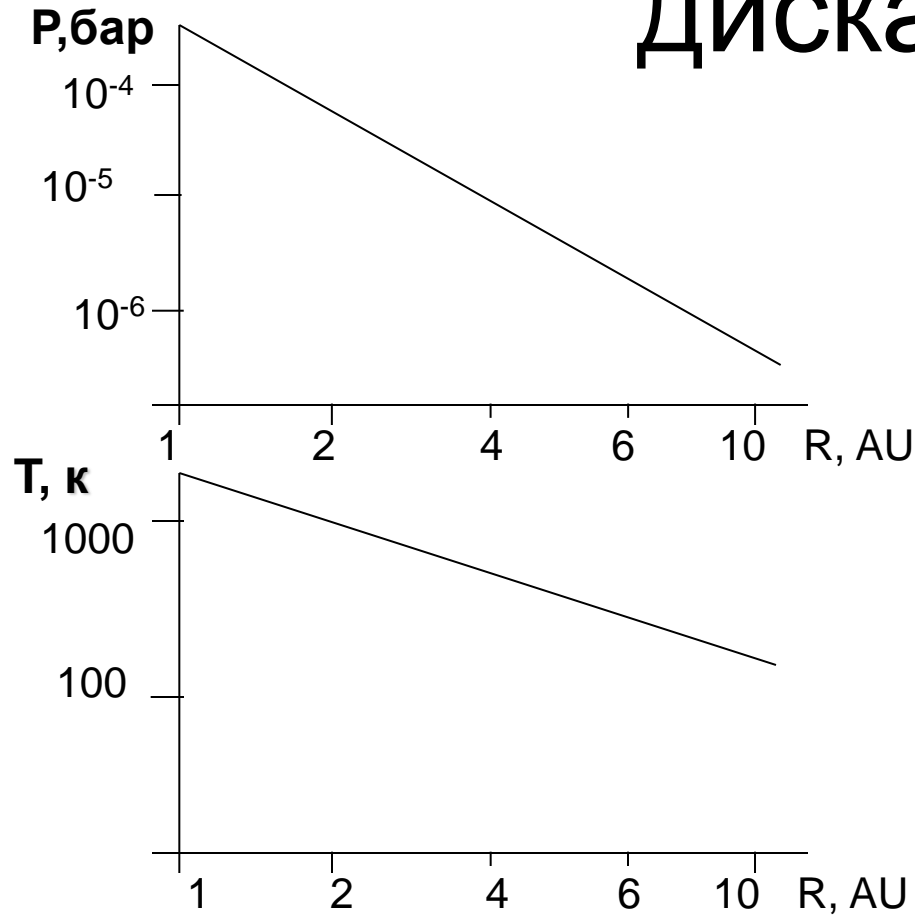
MgH₂ + SiH₄ + FeH + H₂O --> (Mg,Fe)₂SiO₄ and (Mg,Fe)₆Si₄O₁₀(OH)₈

(CH₂O)₁₀₆(NH₃)₁₆H₃PO₄ and Organics → CO₂ + H₂O + N₂ + CH₄ + [PO₃]³⁻



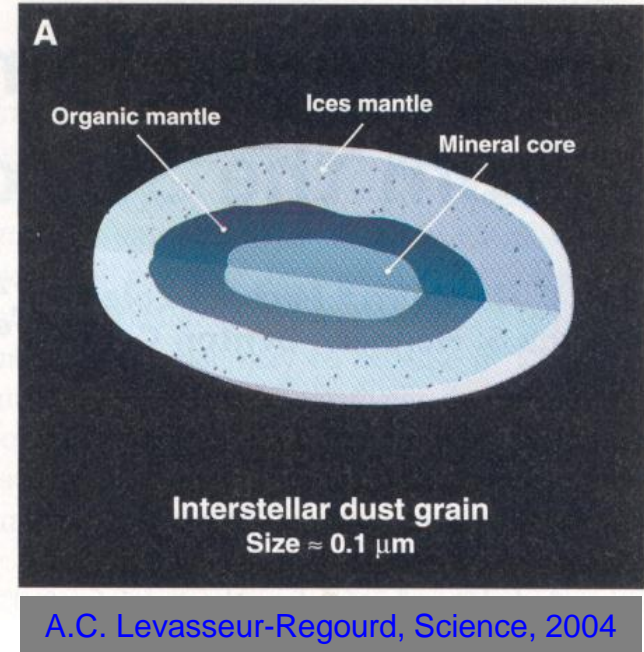
Параметры околосолнечного

диска



Дорофеева В.А., Макалкин А.Б., 2004

Межзвездная пыль



Центрифужный параметр

$$Z = (m_1 - m_2)V^2 / kT \sim 2000$$

Что могло происходить в диске на поверхности наночастиц ?

Fischer-Tropsch Synthesis

Components of Gas and Interstellar Dust - Reagents and Catalyst

H ₂	71-77%
He	21-27%
CO	10 ⁻⁴ *
N ₂ , H ₂ O, H ₂ CO	~ 10 ⁻⁵ *
HCN, HNC, NH ₃ , CO ₂ , CH ₃ OH	~ 10 ⁻⁶ *

* Relative to H₂

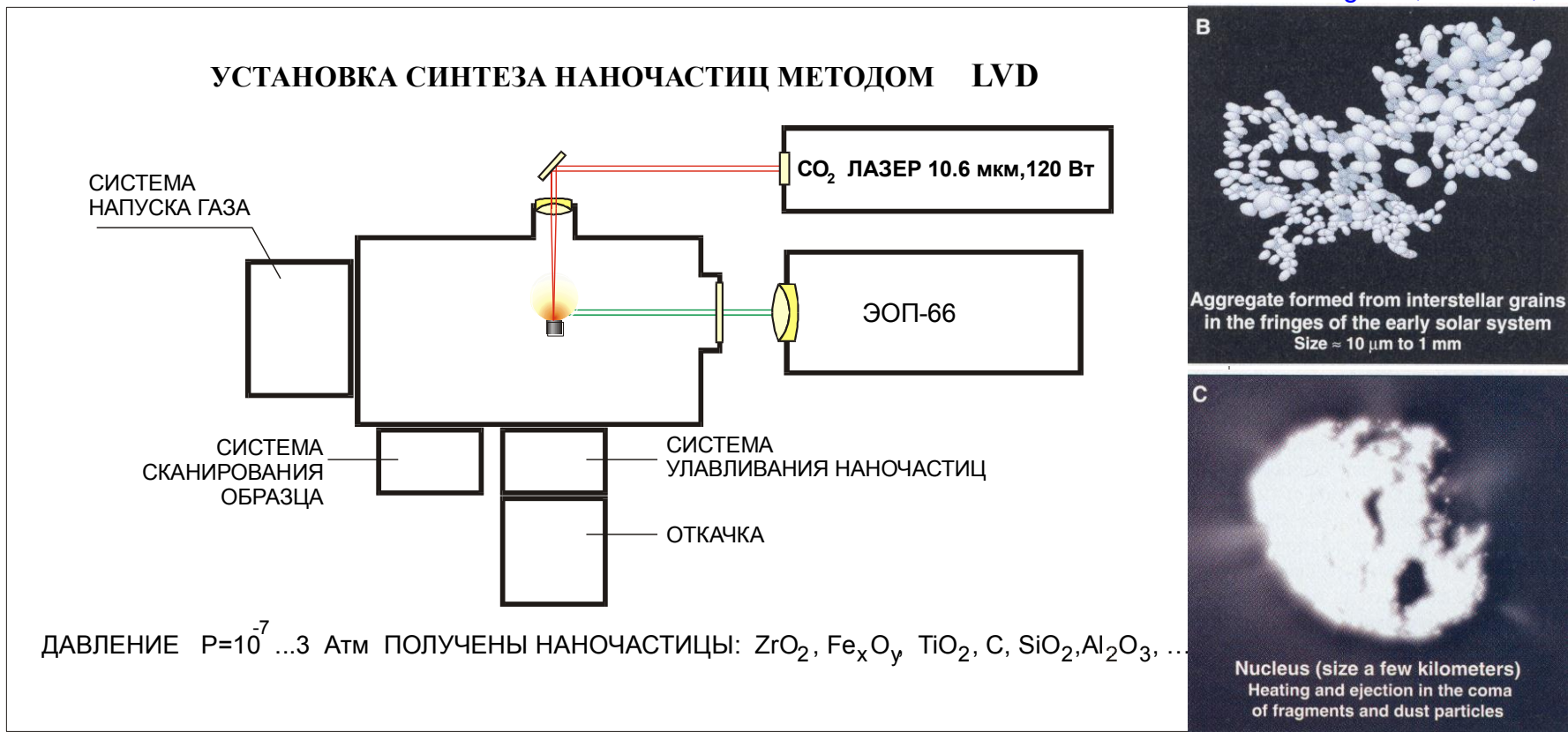
SiO ₂	33 %
FeO	22 %
MgO	23 %
FeNi	8,9 %
FeS	6,17 %
Al ₂ O ₃	2,53 %
CaO	2,32 %
Na ₂ O	0,72 %
Cr ₂ O ₃	0,49 %
P ₂ O ₃	0,38 %
MnO	0,24 %
TiO ₂	0,11 %
	about 100 %

“FT” Synthesis



Получение наноматериалов испарением образцов лазерным излучением

A.C. Levasseur-Regourd, Science, 2004

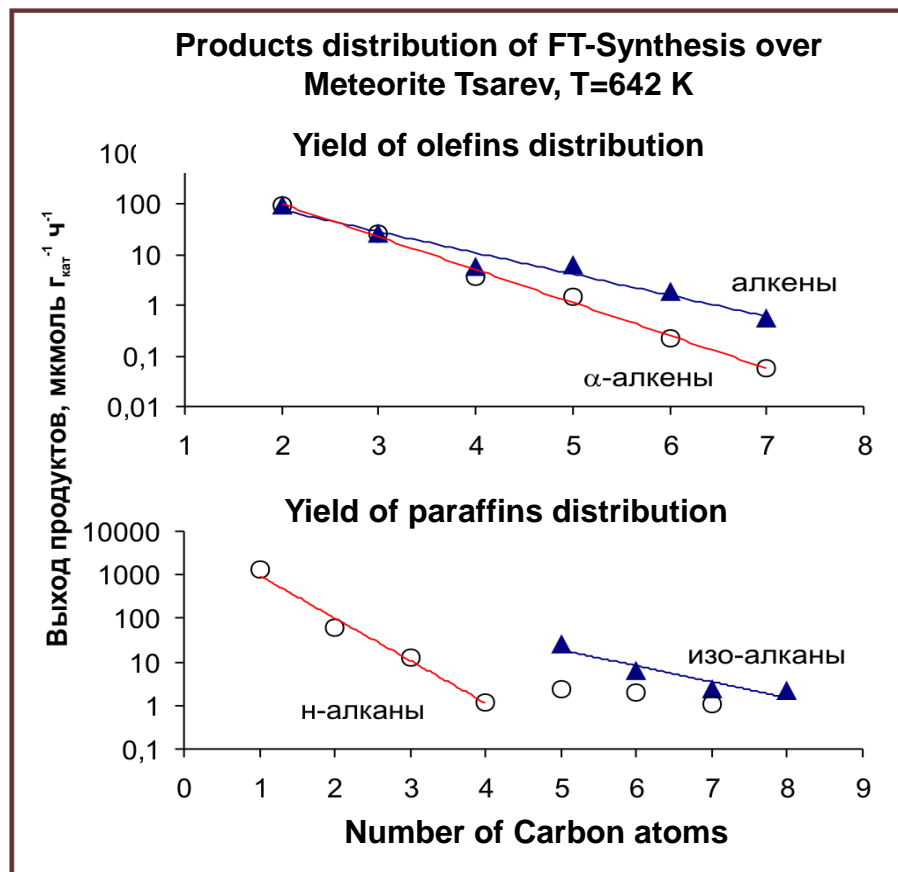


Определена каталитическая активность наноматериалов
Формирование в диске малых тел

“FT” Synthesis -Slurry reactor and fixed bed reactor



Catalytic active nanomaterials



	Meteorite Tsarev	Dolerit
--	------------------	---------

SiO ₂	40,6	41,6
TiO ₂	0,12	1,04
Al ₂ O ₃	2,5	12,2
Cr ₂ O ₃	0,5	0,02
FeO_x	14,0	25,3
MnO	0,34	0,18
MgO	25,2	9,0
CaO	2,0	6,3
Na ₂ O	0,7	1,0
K ₂ O	0,10	0,47
P ₂ O ₅	0,3	0,09
S	1,92	0,98
Fe (сулф.)	3,36	0
Fe⁰	6,51	0
Ni	1,08	0,17
Co	0,048	0
Cu	0,013	0,13

Добиологический синтез нуклеиновых оснований

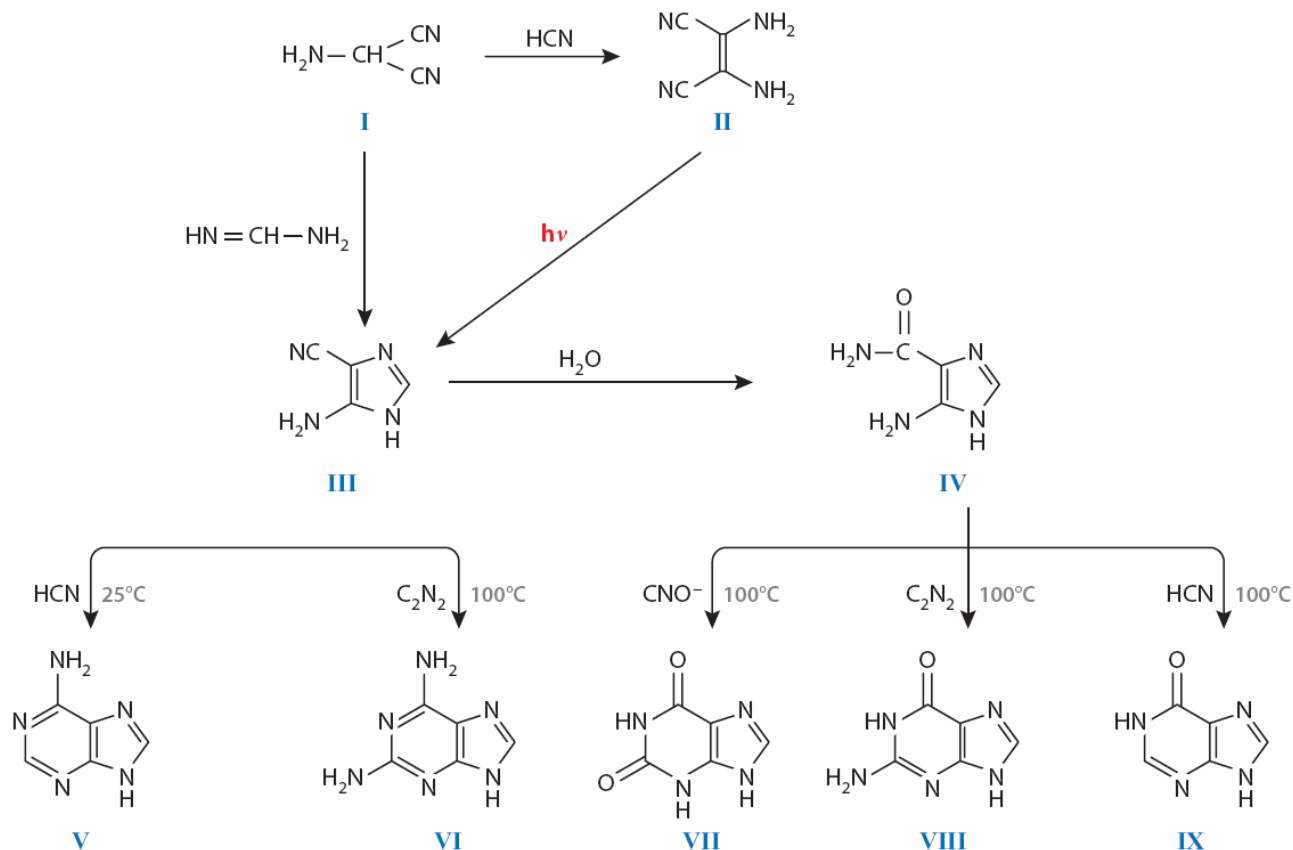


Схема синтеза пуриновых оснований из цианистого водорода (HCN).

(Thomas M. McCollom *Annu. Rev. Earth Planet. Sci.* 2013. 41:207–29)

Добиологический синтез нуклеотидов

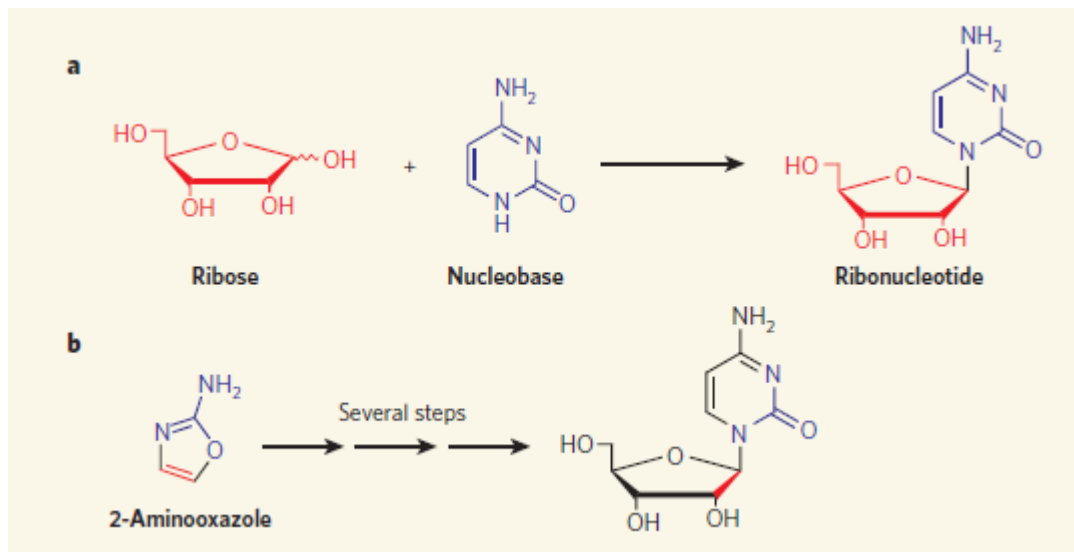
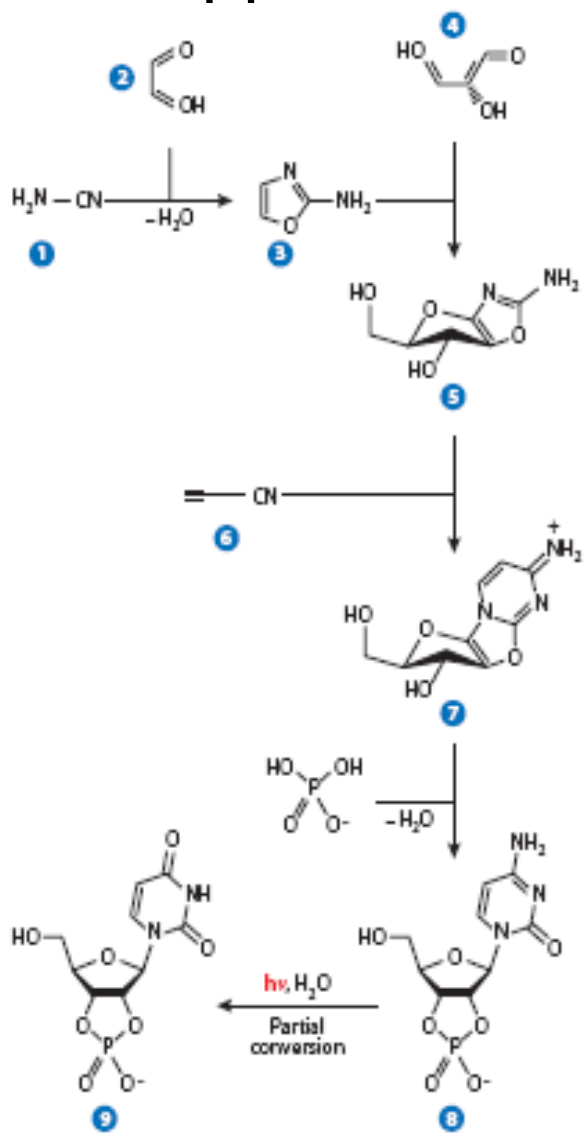
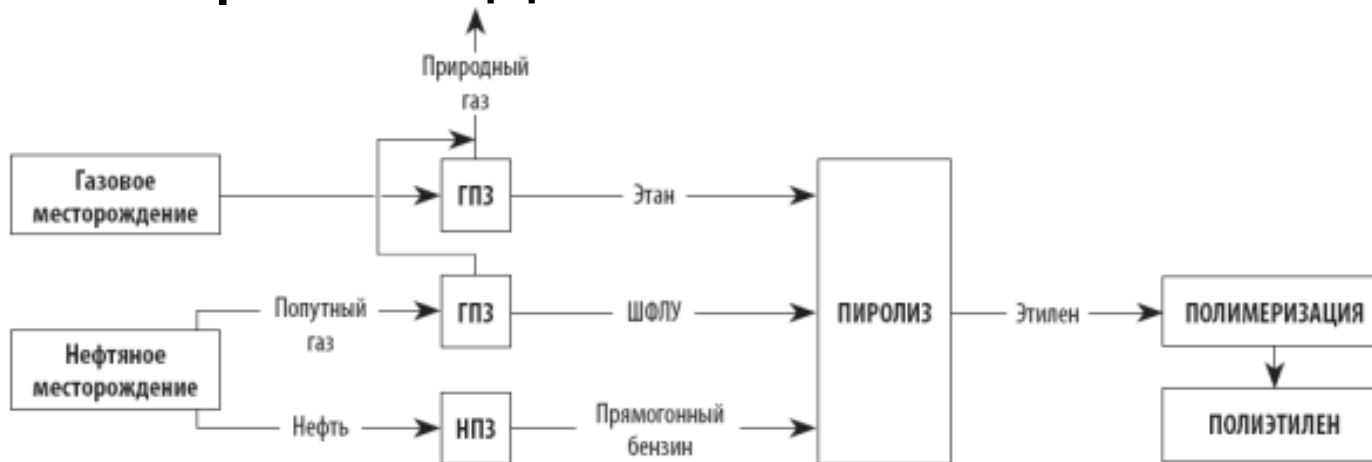


Схема синтеза пиримидин нуклеотида.
 (Thomas M. McCollom *Annu. Rev. Earth Planet. Sci.*
 2013. 41:207–29)

Производство полиэтилена



Технологическая схема производства полиэтилена (СИБУР)

Параметры процесса полимеризации этилена

Продукт	Полиэтилен высокого давления (ПЭВД)	Полиэтилен низкого давления (ПЭНД)
Условия процесса		
Давление, атм	1300 ÷ 3000	1 ÷ 20
Температура, °С	200 ÷ 300	50 ÷ 120
Активатор	Кислород или органические перекиси	-
Катализатор	-	Металло-органический
Реакционная среда	Расплав	Суспензия



Реактор полимеризации этилена высокого давления – трубопровод длиной 3 км (3 зоны по 1 км каждая)

Как из малых тел получить крупные тела: развитие гравитационной неустойчивости

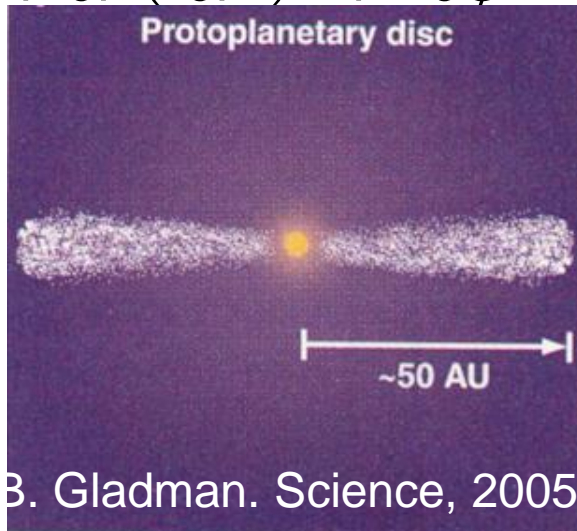
Уравнения гравитационной динамики и

$$\frac{\partial f}{\partial t} + \vec{u} \frac{\partial f}{\partial \vec{r}} - \frac{\nabla \Phi}{m} \frac{\partial f}{\partial \vec{u}} = 0$$

$$\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(\frac{\partial \Phi}{\partial r} \right) + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 \Phi}{\partial \varphi^2} + \frac{\partial^2 \Phi}{\partial z^2} = 4\pi G \rho$$

Физические неустойчивости.

Чириков Б.В., Сагдеев Р.З.,
Захаров В.А., Кузнецов Е.А.,
Рютов Д.Д. и др.



Снытников В.Н. и др.

Письма в Астрон. Жур., 2003.

газодинамические уравнения

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \text{div}(\rho \vec{v}) = 0,$$

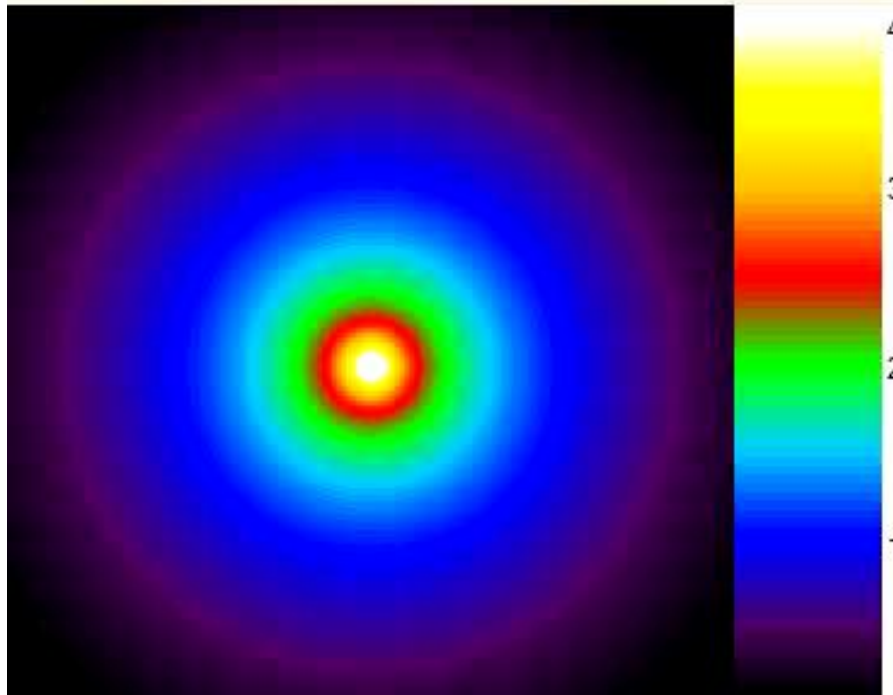
$$\frac{\partial \vec{v}}{\partial t} + (\vec{v} \nabla) \vec{v} = -\frac{1}{\rho} \text{grad}(p) + \frac{\vec{F}}{\rho},$$

$$\frac{\partial E}{\partial t} + (\vec{v} \nabla) E = -\frac{1}{\rho} \text{div}(p \vec{v}) + \frac{Q}{\rho} + \frac{(\vec{F}, \vec{v})}{\rho} - \frac{1}{\rho} \text{div}(\vec{W}),$$

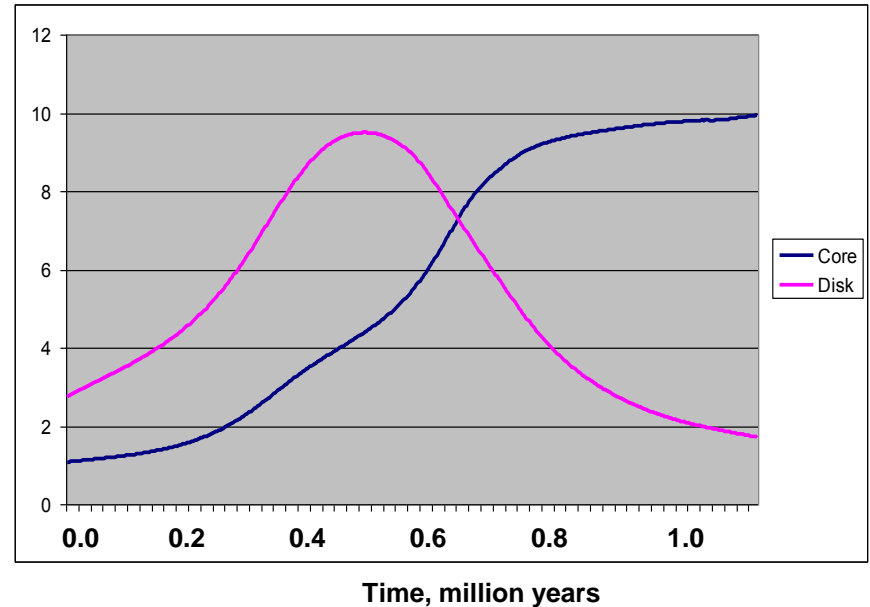
DISK – SUBDISK *Astrocatalysis*

Density in meridional plane
Axial lengths - 2000 AU

T = 0



Protostar's and its disk mass change
Times about 1 Million Years



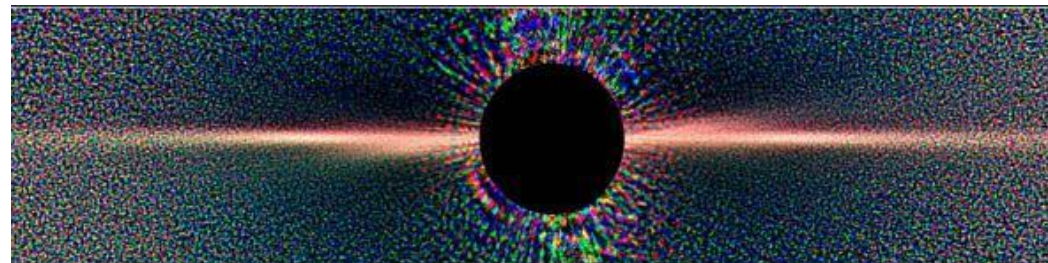
Disk of Beta-Pictoris, Hubble Telescope

Gas/condence phase density >0.1

Temperature in massive disk – firstly increases from 10K up to over 300K, then falls

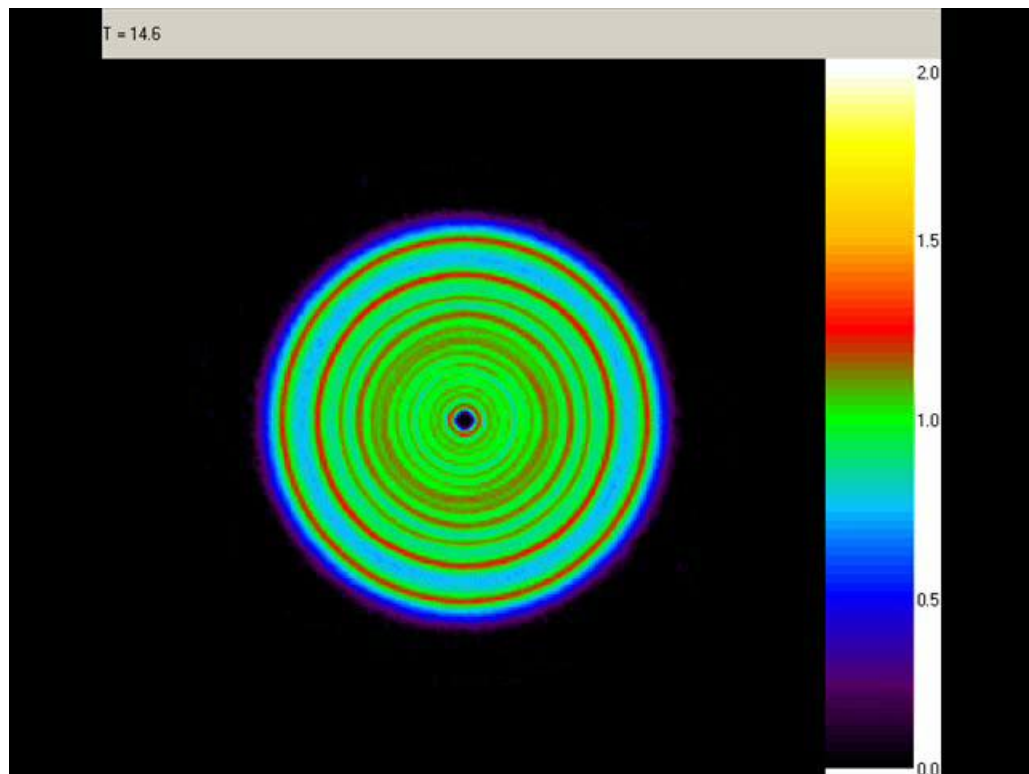
Catalyst - Fe- Mg-Si-O

Formation of the bodies of organic composition with radius up to 1- 10 m



Особые условия в околозвездном диске

RNA World



Creation of primary bodies with size about 1 and more kilometers

Catalysts and organics compounds

Drastic change of physical and chemical conditions

RNA world

Ancient RNA world was a precursor of the Life on the Earth

Gravitational instability

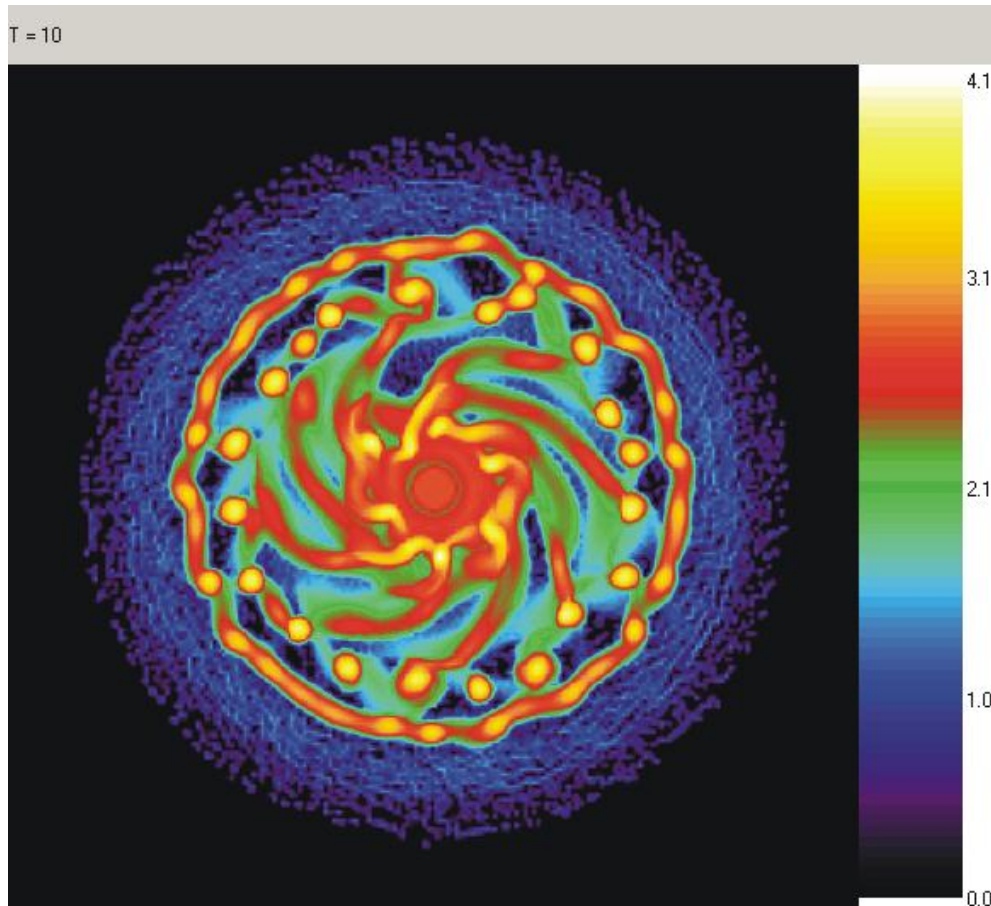
Time of the Clump was 1-10 years

RNA World was during 1 Million Years

Ribonucleic acids are capable to perform all basic functions characteristic of both DNA and proteins.

Астрокатализ. Воссоздание физических условий химической эволюции в допланетных околозвездных дисках.

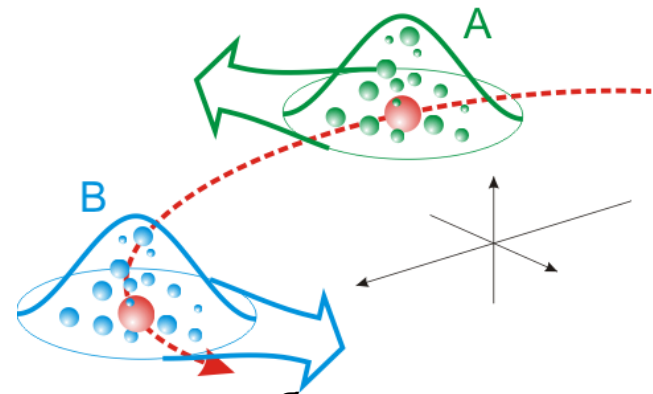
Логарифм плотности газа в диске. Сгустки.



Двухфазная модель диска из газа и твердых тел.

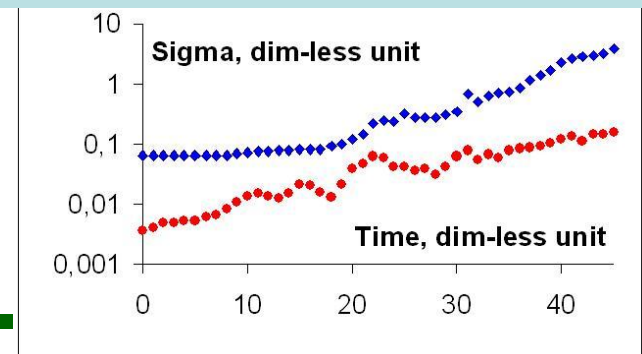
Расчеты на ССКЦ и кластере ИК СО РАН. Сетка 80 000 000 ячеек.

Периодическое повышение давления над поверхностью тела из $(\text{Mg,Fe})_2\text{SiO}_4$ и $(\text{Mg,Fe})_6\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_8$ при его движении из одного сгустка к другому в первый миллион лет. Волновые реактора высокого давления $P > 100$ атм по H_2 и He для «мира РНК».



Коллапс газа и сборка тел в одном сгустке

Поверхностная плотность газа (синий) и плотность твердой фазы (красный)



Характеристика космического каталитического реактора - солитона

Реактор с псевдооживленной кипящей твердой фазой

Восстановительная Водород-Гелиевая Атмосфера

Давление газа до 100 атмосфер

Твердая фаза – **SiO₂ – MgO – Fe** каталитически активная огромная поверхность связанных **наночастиц** (составы глинистых минералов, монтмориллонитов ?), на определенных расстояниях - с конденсированной **H₂O**

Размеры «гранул» твердой фазы – порядка 1 – 10 метров

Размеры реактора на разных временных этапах – от 10⁷ км (0.1AU) до десятков диаметров Солнца (0.01AU) и меньше

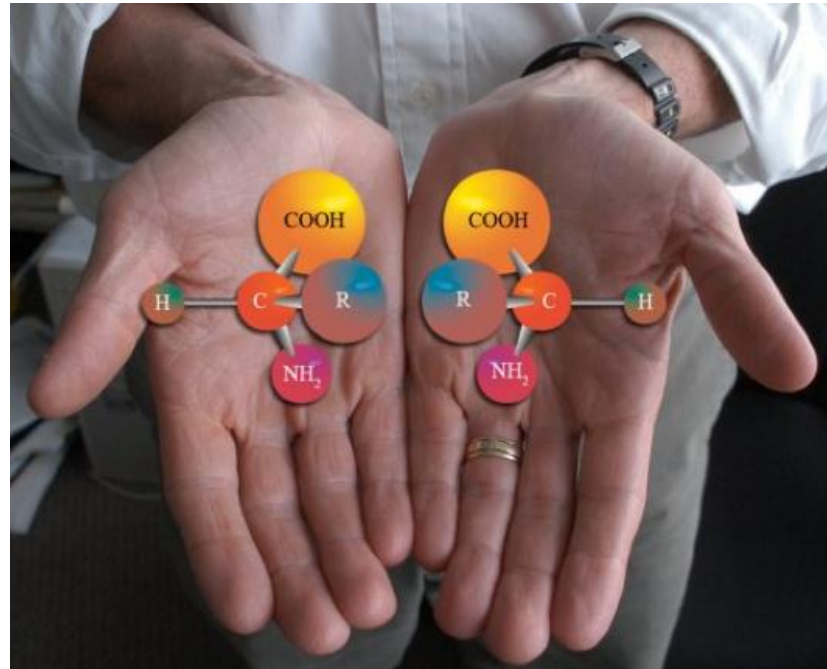
Ввод энергии – излучение протоСолнца с поступлением в среду посредством атомарного H и метастабильного He на всю поверхность протопланетного диска и - *Съем энергии*

Конечное состояние – высокомолекулярные органические соединения, **H₂O** и другие гидриды элементов, («Мир РНК» !?)

Хиральность, биологическая гомохиральность

Гомохиральность \equiv предусловие для зарождения и эволюции жизни

«Правая» форма
Dextro-
D-энантиомер



«Левая» форма
Levo-
L-энантиомер

« L + D » 50/50 – рацемическая смесь

« L \neq D » – нерацемическая или скалемическая смесь

« ee » (enantiomeric excess) - энантиомерный избыток

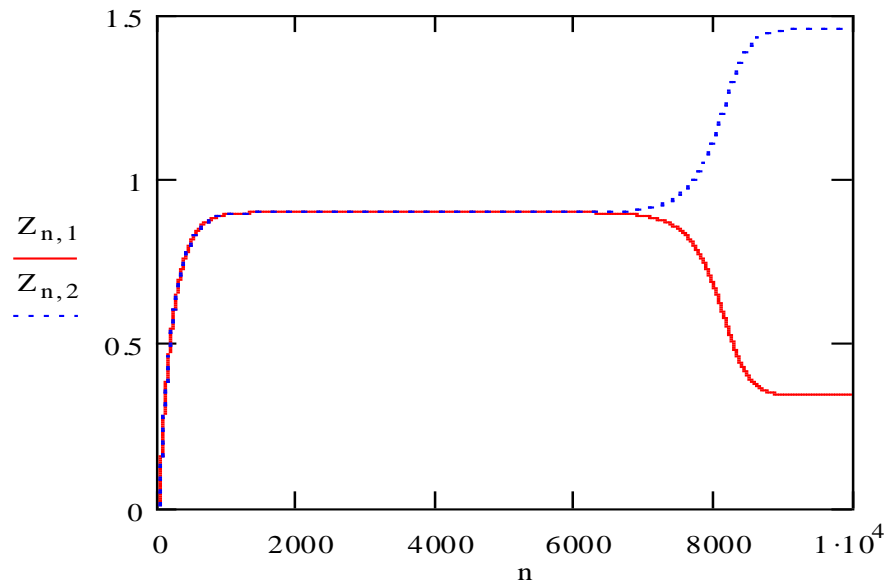
Хиральность

$k_1 := .9$
 $C_0 := .9$ $a := 10.0$ $X := \begin{pmatrix} 0.0100000 \\ 0.0100000000 \end{pmatrix}$ $V := .5$ $k := 1.0$

$$D(t, X) := \begin{bmatrix} C_0 - X_0 - X_0 \cdot (X_1)^2 \cdot k + X_1 \cdot (X_0)^2 \cdot k \\ C_0 - X_1 - X_1 \cdot (X_0)^2 \cdot k + X_0 \cdot (X_1)^2 \cdot k \end{bmatrix}$$

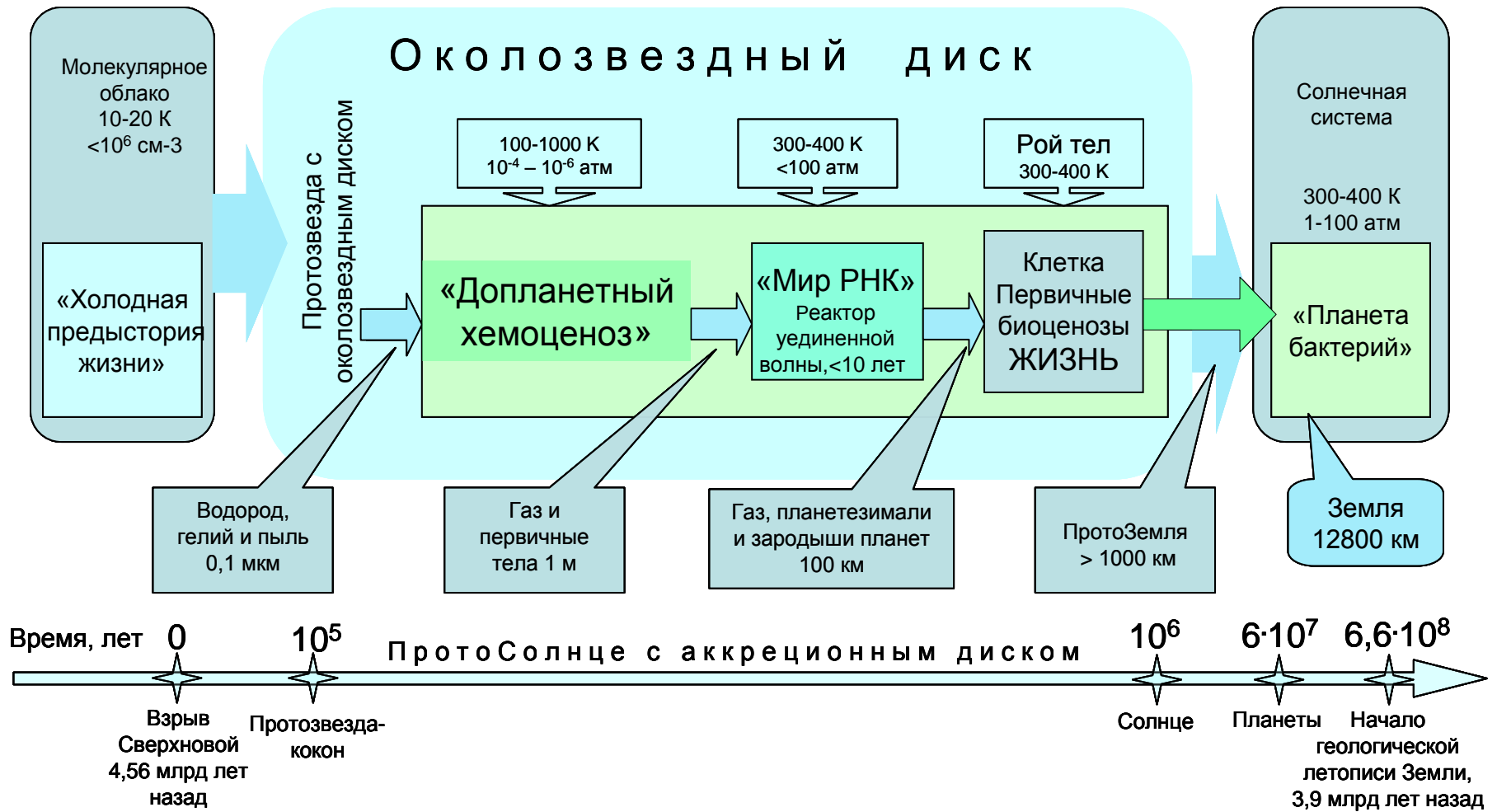
Автокатализ на L+L и на D+D

$Z := \text{rkfixed}(X, 0, 50, 10000, D)$ $n := 0..9999$



Снытников В.Н.,
Пармон В.Н., 2004

Происхождение жизни как процесс самоорганизации



ВЫВОДЫ

Астрохимия – десятки миллионов лет
Возникновение жизни при формировании планет

Стадии:

Астрокатализ – сотни тысяч лет,
Мир РНК – миллионы лет,
Протопланетная биосфера – десятки миллионов лет,
Депрессивная биосфера – сотни миллионов лет,
Планета бактерий – миллиарды лет

Направления по изучению абиогенного синтеза пребиотических соединений

- Детальное изучение космическими аппаратами Юпитерианской атмосферы на предмет органической материи и характеристик реликтовой биосферы
- Детальное изучение метеоритов как каталитических материалов с синтезируемыми органическими соединениями на них
- Сбор на МКС микрометеоритов и космической пыли с детальным их изучением в лабораториях на Земле
- Создание детальных компьютерных сценариев, аккумулирующих наши знания по формированию Солнечной системы и физико-химических изменений в ней

Проблемы и задачи

- Понять процесс самоорганизации
- Получить данные о формировании планет в околозвездных дисках. Набрать данные о составе атмосферы на планетах вне СС. Понять законы эволюции планет.
- Химическая эволюция на допланетных временах
- Химическая эволюция в процессе образования планет
- Данные об геологической эволюции основных планет СС, отдельных малых тел СС и об СС в целом, включая С.
- Получить данные о биогеохимической эволюции на поверхности Земли, включая атмосферу. В чем уникальность Земли? Как образовалась Луна?
- Получить данные о геохимических процессах на поверхности Марса, Венеры, других тел СС.

Итак, наблюдательные астрофизические данные, экспериментальные лабораторные исследования, полевые данные с образцами, космические исследования автоматическими аппаратами тел СС, математическое моделирование

Рассчитать на суперкомпьютерах сценарии эволюции (процессы самоорганизации), которые привели к биосфере на поверхности Земли

Найти зоны обитаемости в предыдущие времена. Сделать прогнозы на будущее.

Современные телескопы (астрономические проекты)

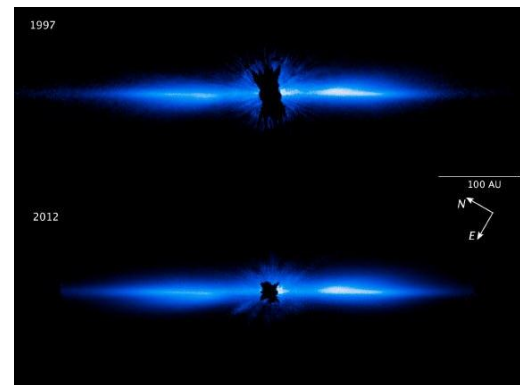
HST (Hubble Space Telescope)



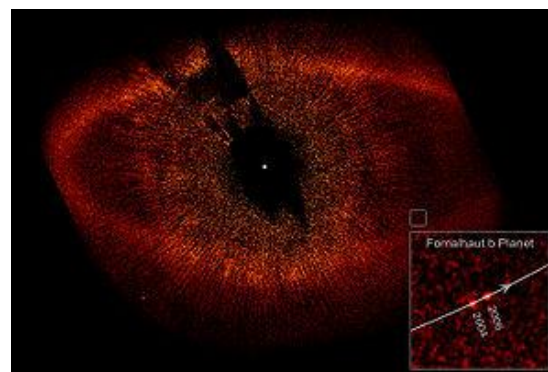
Дата открытия: 24 апреля 1990

Высота орбиты: 559 км

Стоимость: 2.5 млрд USD, общие расходы
на проект - 6 млрд USD и 593 млн Euro



Газопылевой диск вокруг
звезды Бета Живописца



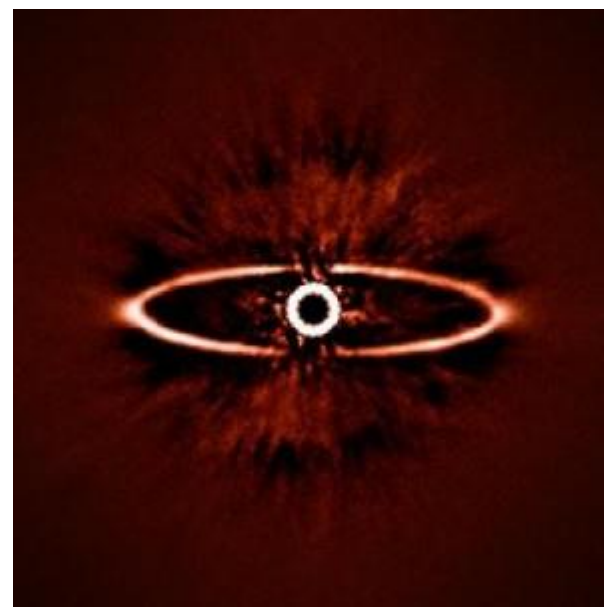
Фотография осколочного
диска вокруг Фомальгаута
(Наблюдения с HST).

Современные телескопы (астрономические проекты)

VLT (Very Large Telescope)



Дата открытия: май 1998
Расположение: пустыня Атакама, Чили
Стоимость:

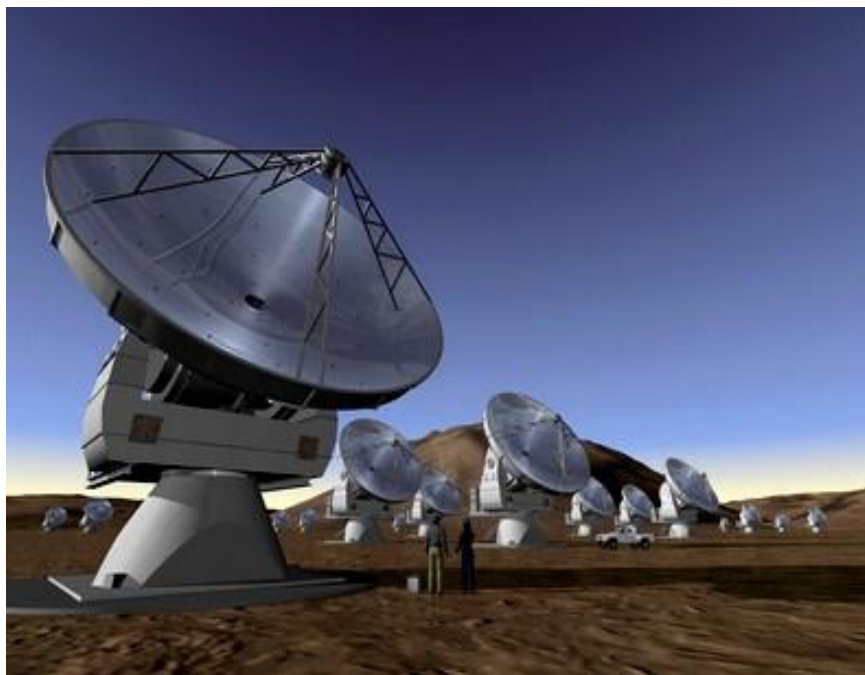


Околос звездный диск (пылевой диск
вокруг звезды HR 4796A,
наблюдение с VLT)

Современные телескопы (астрономические проекты)

ALMA

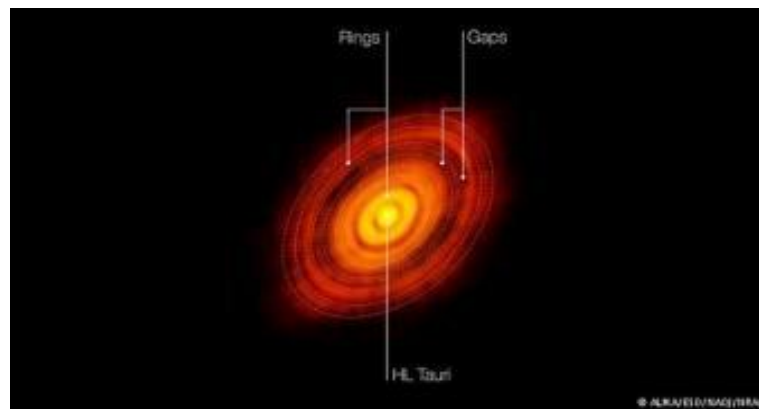
(Atacama Large Millimeter Array)



Дата открытия: 13 марта 2013

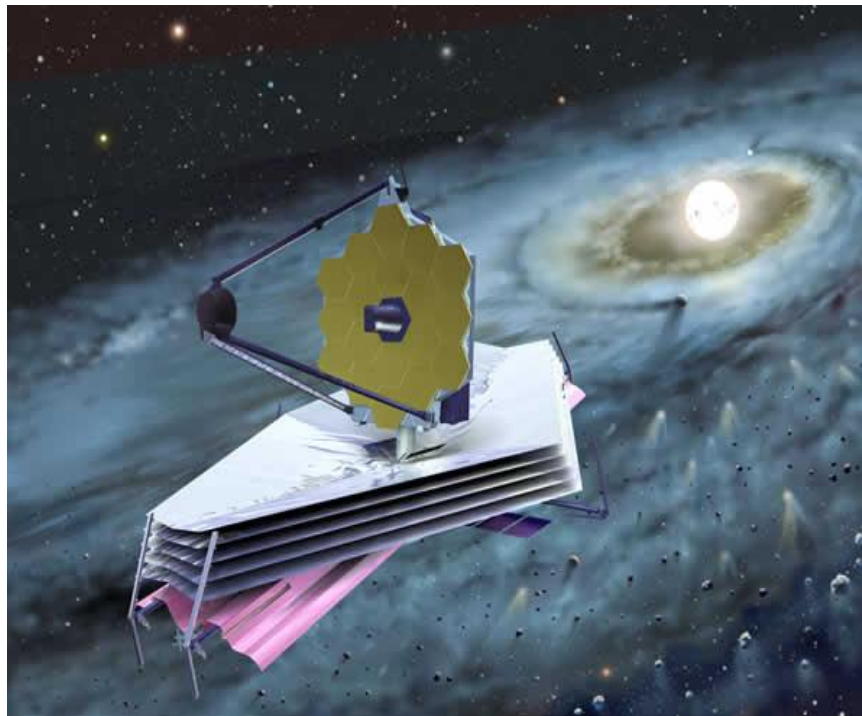
Расположение: пустыня Атакама, Чили

Стоимость: 2.5 млрд Euro



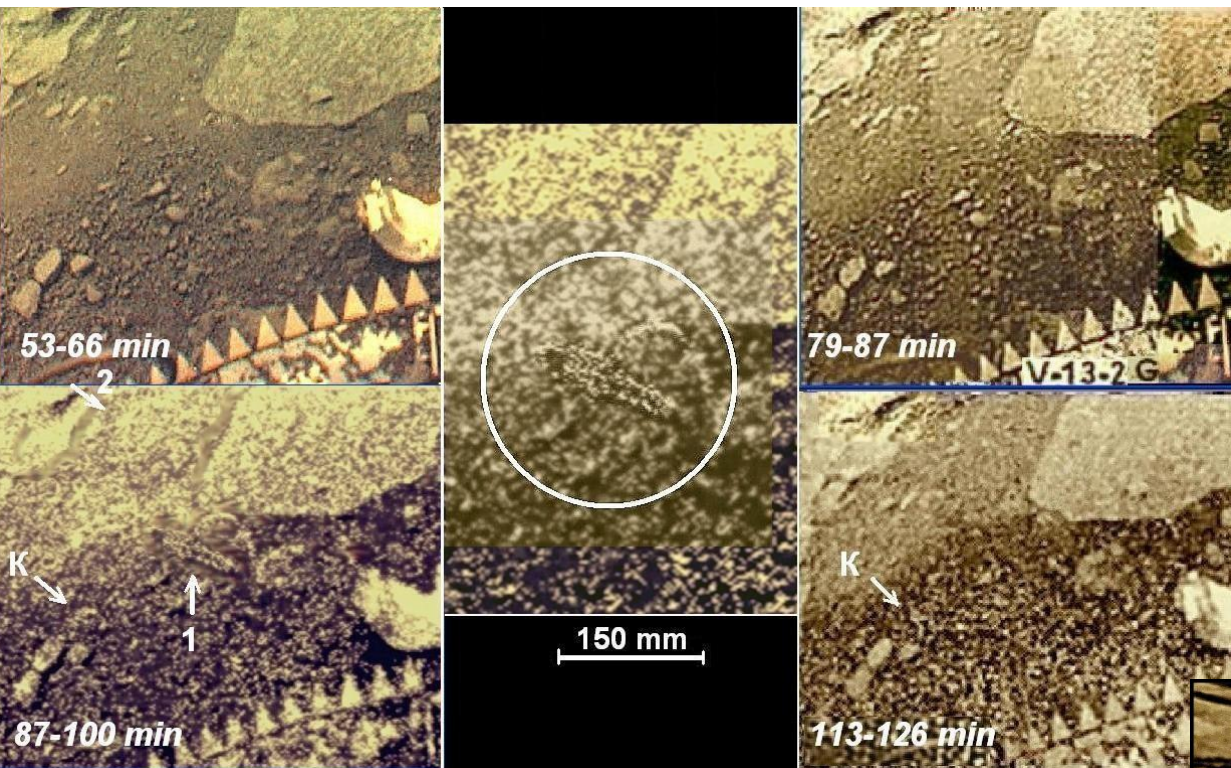
Околос звездный диск (протопланетный газопылевой диск вокруг звезды HL Tauri, наблюдение с ALMA)

Современные телескопы (астрономические проекты) **JWST (James Webb Space Telescope)**



Дата запуска: запланирован на 2018
Местонахождение: точка Лагранжа L_2 системы Солнце — Земля
(1,5 млн км от Земли в противоположную Солнцу сторону)
Стоимость: может составить 6.8 млрд USD

!!!??? Венера - биосфера ???!!!



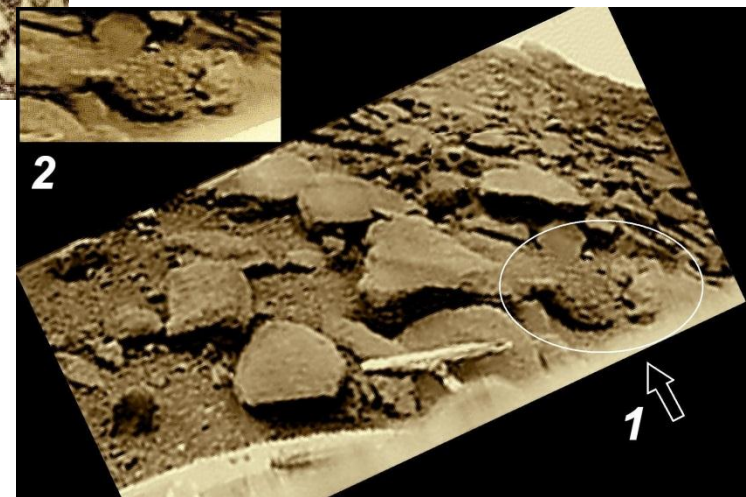
Миссии
ВЕНЕРА -9,-10, -13,-14

Л.В. Ксанфомалити
«Астрономический вестник»,
2012 г. , №1

Наука и жизнь
2012, №5, стр. 14-20,
№6 стр. 60-66

Температура - 462°C,
давление 87 – 90 атмосфер,
Газовая оболочка - плотность 65 кг/м³,
Углекислый газ - 96,5%, азот - 3,5%.

Полимеры на основе азота?



Спасибо за внимание

snyt@catalysis.ru