



Università della Terza Età "Cardinale Giovanni Colombo" – Milano

A.A. 2023 - 2024

Corso di Astrofisica

Docente : **Adriano Gaspani**

Lezione 16

L'importanza antropica del Carbonio e dei suoi derivati

NEL 1970 IL BIOLOGO E PREMIO NOBEL J. MONOD
SCRISSE:

**L'UOMO SA DI ESSERE SOLO
NELL'ARIDA IMMENSITA'
DELL'UNIVERSO, DA CUI EGLI È
EMERSO PER PURO CASO**

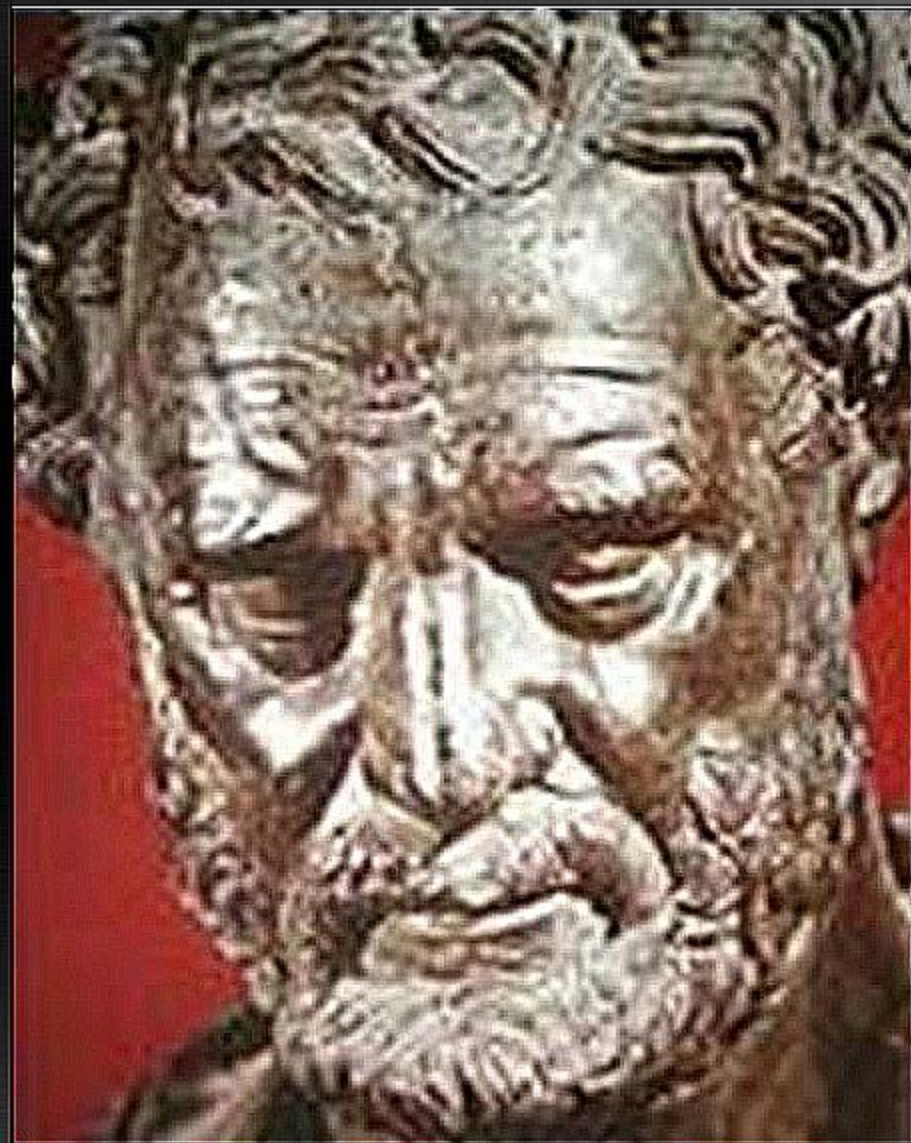
SIAMO SOLI NELL'UNIVERSO?

IL PENSIERO DEI GRANDI DEL PASSATO

Democrito (460-390 a.C.)
ed **Epicuro** (341-270 a. C.)
credevano nell'esistenza
di infiniti mondi su cui
vivono creature, piante e
altre cose che noi vediamo
in questo mondo.

(Epicuro: Lettera a Erodoto)

Questi innumerevoli mondi
erano sistemi separati non
visti dagli umani, ognuno
con la propria Terra, Sole,
pianeti e stelle.



Il cardinale **Nicola Cusano** (1401-1464) nel suo libro “*La dotta ignoranza*” scrive: “Supporremmo che in ogni regione dell’universo ci siano abitanti differenti in natura per rango, aventi tutti la loro origine in Dio”.



Giordano Bruno (1548-1600)
nei suoi libri: *“La cena de le
ceneri, De l’infinito universo e
De immenso”* riteneva che
l’universo fosse infinito perché
tale era il suo creatore e che
questo spazio infinito brulicasse
di mondi abitati.



Blaise Pascal (1623-62)
nei suoi “*Pensieri*”
scrive:

“L’eterno silenzio di
questi spazi infiniti mi
atterrisce.”

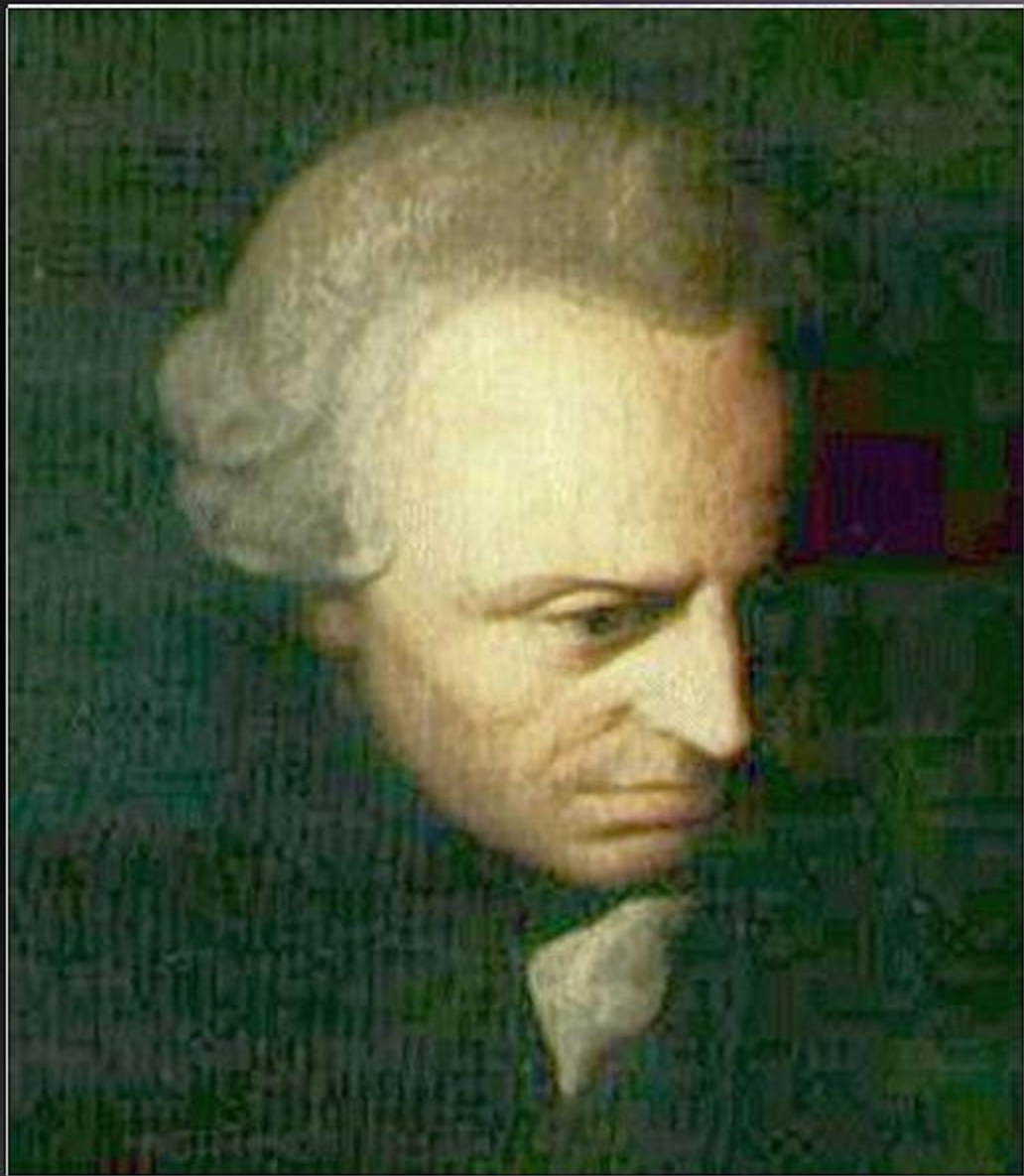


Christiaan Huygens (1629-95) scrisse in latino il “*Cosmotheoros*”, il cui titolo fu tradotto “*Mondi Celesti Scoperti: congetture riguardanti gli abitanti, le piante e le produzioni dei mondi nei pianeti*”.

In esso enunciava il principio che gli altri pianeti non sono inferiori in dignità al nostro e da questo principio deduceva che gli abitanti dei pianeti devono essere molto più avanzati di noi in astronomia.



Kant (1724-1804), illustre filosofo, pensava che: “La materia di cui sono formati gli abitanti dei diversi pianeti, e anche gli animali e le piante che si trovano su di essi, deve in generale essere tanto più sottile ... quanto maggiore è la distanza dei pianeti dal Sole.

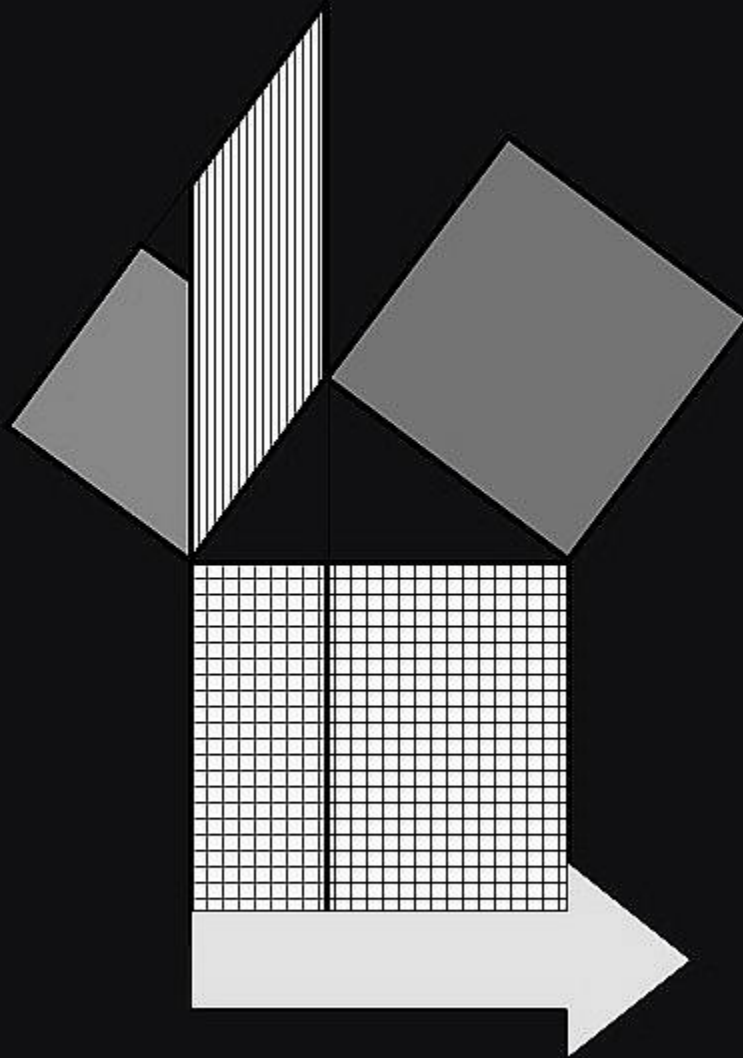


Carl Friedrich Gauss (1777-1855) credeva in una pluralità di mondi abitati che includeva anche la Luna e Marte.

Assieme a Johann Littrow, direttore dell'osservatorio di Vienna, studiò il metodo per comunicare ai Seleniti che la Terra era abitata da esseri intelligenti.



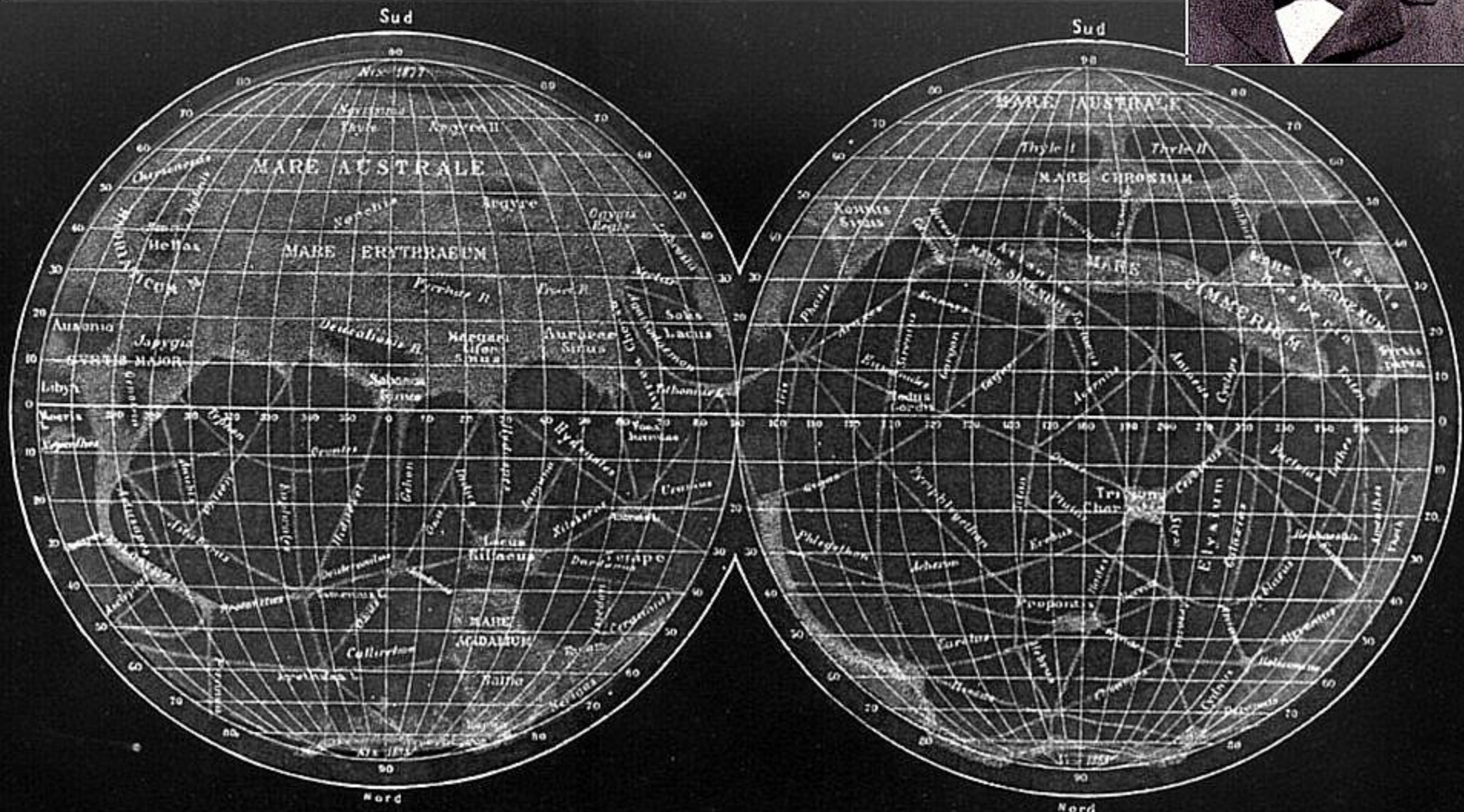
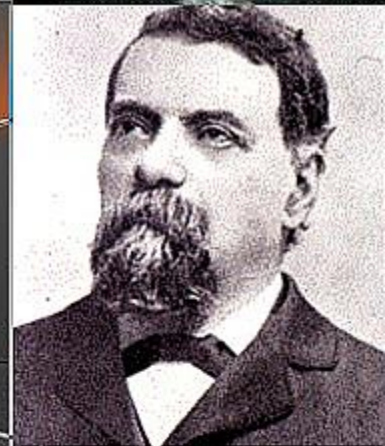
GAUSS E IL TEOREMA DI PITAGORA



Per segnalare ad un eventuale extraterrestre la presenza di vita intelligente sul pianeta, Gauss propose di disegnare nella steppa siberiana la dimostrazione del teorema di Pitagora per mezzo del I teorema di Euclide.

TUTTA LA COMUNITA' SCIENTIFICA RITENEVA CHE LA GEOMETRIA POTESSE ESSERE COMPRESA IN MANIERA INEQUIVOCABILE DA OGNI ESSERE INTELLIGENTE.

Planisfero di Marte disegnato da Schiaparelli nel 1878





Ci sono esseri intelligenti su altri mondi ?

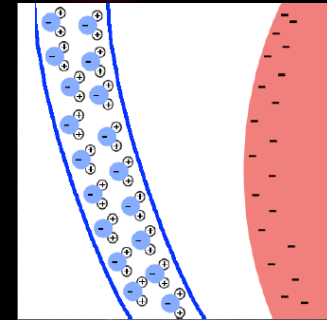
L'uomo si è fatto questa domanda fin dai tempi antichi. Ma adesso, per la prima volta nella storia dell'umanità, i progressi delle scienze biologiche e della tecnologia spaziale potranno finalmente permettere di rispondere.

Anche se non abbiamo ancora trovato nessun esempio di vita extraterrestre, il confronto con certe forme di vita terrestri suggerisce che esistono nel Sistema Solare potenziali habitat per la vita extraterrestre tuttavia....

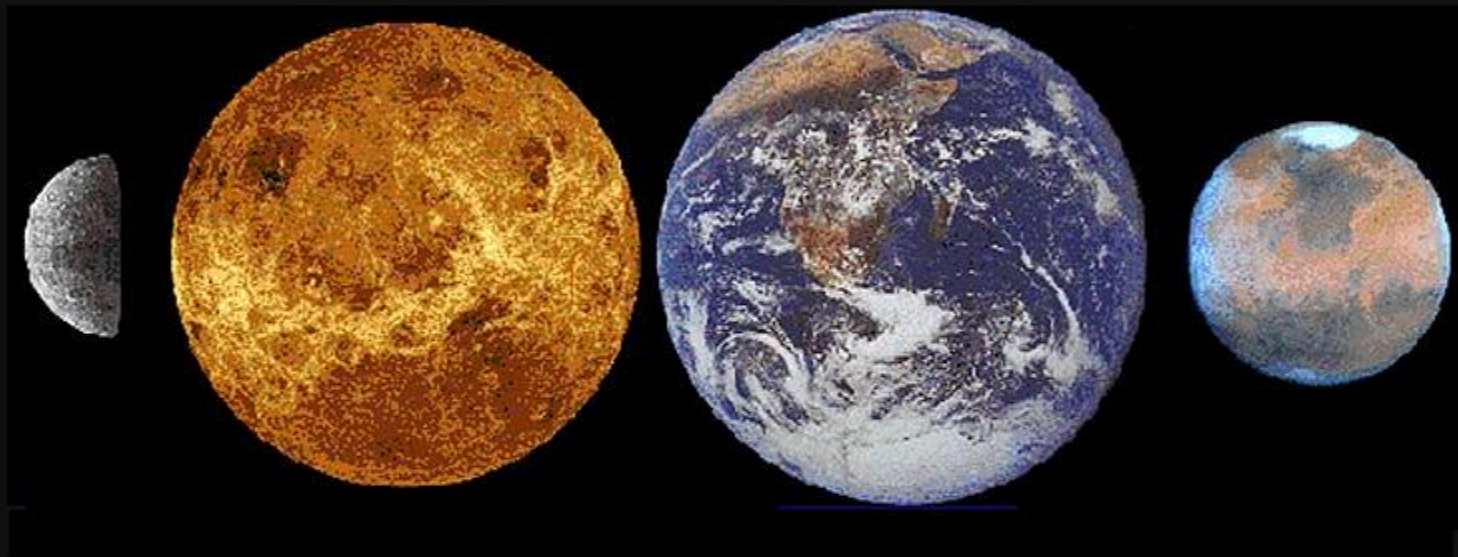
Nel Sistema Solare, se esiste vita, molto probabilmente si tratta di VITA BATTERICA.

Carbonio, Acqua, Vita

- Dal punto di vista fisico-chimico, la vita e' un insieme di processi chimici che avvengono tra molecole molto complesse (miliardi di atomi)
- L'atomo di Carbonio e' quello piu' adatto a formare anelli aromatici
- L'acqua e' un solvente polare che facilita formazione ed interazione delle molecole ed e' liquida ad alte temperature in ampi intervalli di pressioni e temperature
- Altre biochimiche? Possibili ma non probabili.



CONDIZIONI FISICHE SUI PIANETI



Mercurio

Venere

Terra

Marte

T (°C)

500

490

15

-70

P (atm)

10^{-15}

90

1

0.007

Solo la Terra ha condizioni accettabili per l'uomo

SIAMO SOLI NELL'UNIVERSO?

La risposta è stata:

- **NO** fino a 100 anni fa;
- **SI'** fino a 40 anni fa;
- **PROBABILMENTE NO**

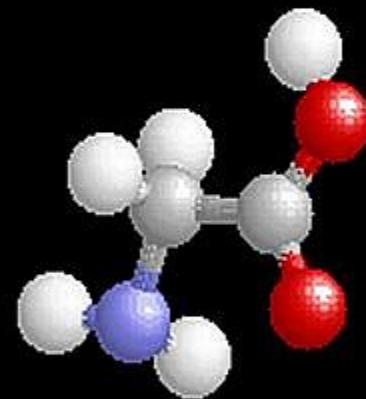
dopo la scoperta di:

- 1) *Molecole organiche interstellari*
- 2) *Estremofili*
- 3) *Pianeti extrasolari*
- 4) *C,H,O,N abbondanti*



1) MOLECOLE NELLO SPAZIO INTERSTELLARE

Più di 172 molecole, anche di 13 atomi, sono state scoperte nelle nubi interstellari e nelle comete. Un'attiva ricerca durata 4 anni, ha permesso di individuare, nelle nubi interstellari, anche il più semplice amminoacido, la **glicina**.



Glicina:

Grigio: carbonio

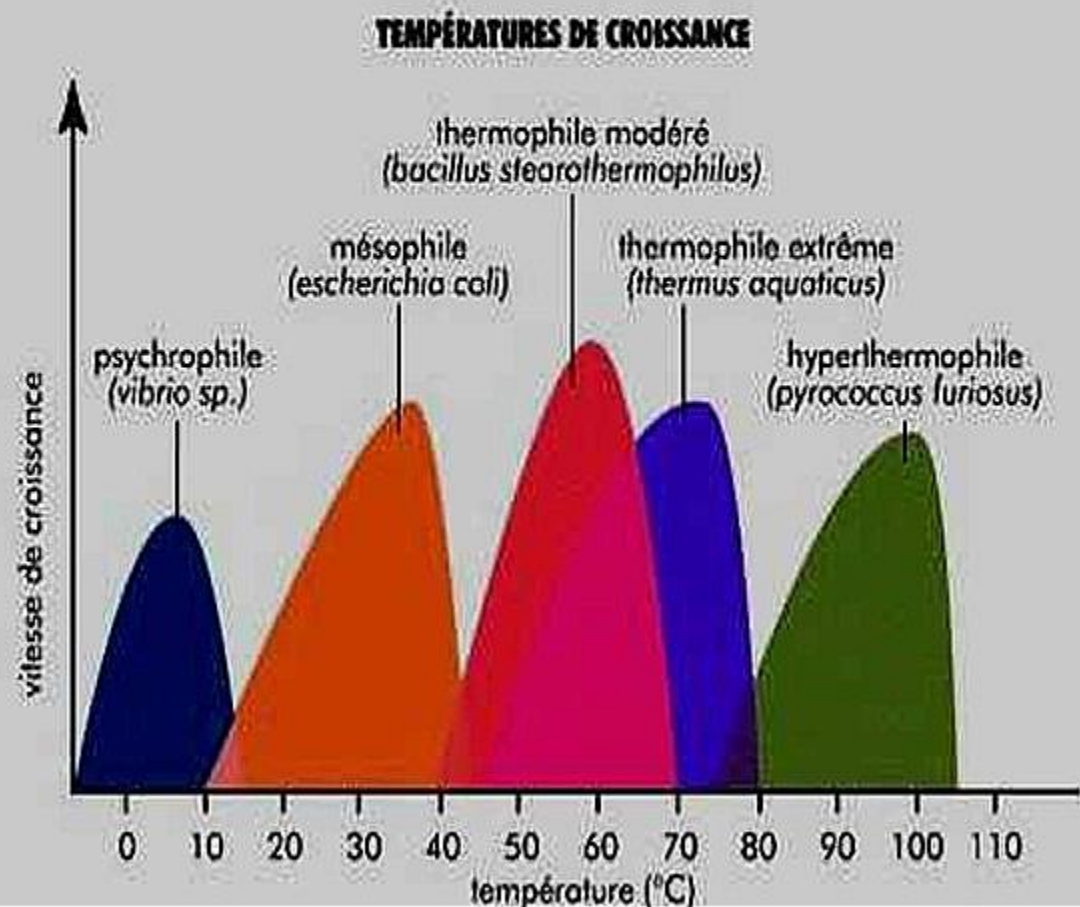
Blu: azoto

Rosso: ossigeno

Bianco: idrogeno

2) ESTREMOFILI

*La vita prolifera
anche in condizioni
estreme di
temperatura,
pressione
acidità simili a quelle che
troviamo su Marte,
Europa,
Titano*



4) Nell' universo gli **elementi necessari alla vita** sono fra i più abbondanti

<u>Elemento</u>	<u>atomi per 10^6 di H</u>	<u>fraz. di massa</u>
Idrogeno:	10^6	0,7383
Elio:	85114	0,2495
Ossigeno:	457	0,0054
Carbonio:	245	0,0022
Neon:	69	0,0010
Azoto:	60	0,0006
Ferro:	28	0,0011

ORIGINE ELEMENTI CHIMICI NECESSARI ALLA VITA

LA CHIMICA DEL CARBONIO

Gli elementi indispensabili alla vita sono:

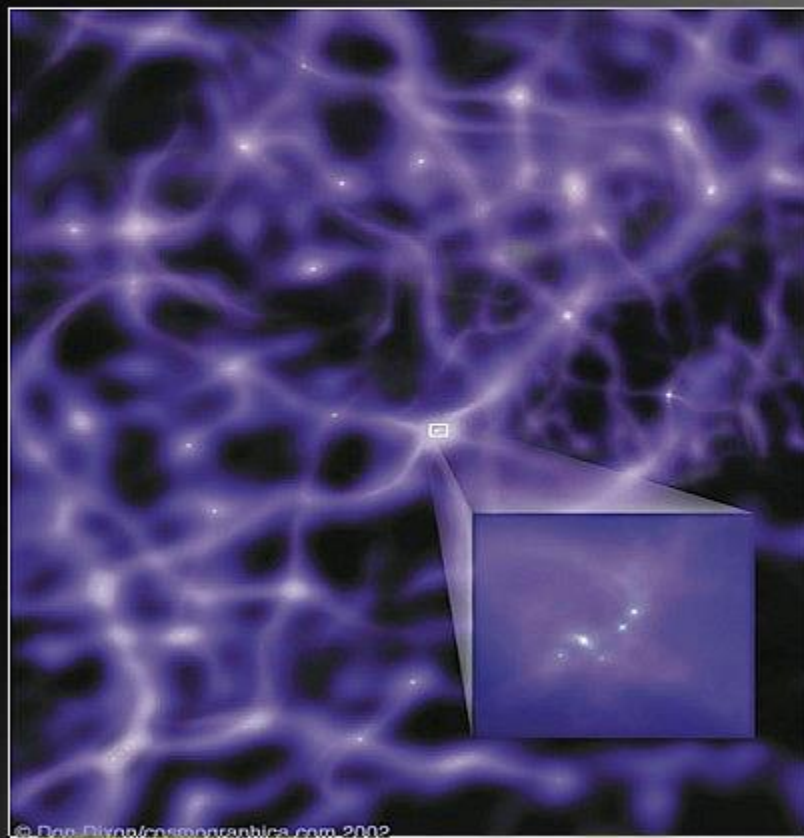
- **Il Carbonio C**
- **L'idrogeno H**
- **L'ossigeno O**
- **L'azoto N**

Molto importanti sono anche:

- **Il Fosforo P**
- **Lo Zolfo S**

Gli elementi al Big Bang

Elemento	Massa	%
H	76	
He ⁴	24	
H ²	0.02	
He ³	$2 \cdot 10^{-3}$	
Li ⁷	$1.6 \cdot 10^{-8}$	



© Don Dixon/cosmographica.com 2002

Nel Big Bang si sono formati l'idrogeno e l'elio

3 atomi di elio \longrightarrow carbonio

carbonio + 2 atomi di idrogeno \longrightarrow azoto + e^+ + ν

carbonio + elio \longrightarrow ossigeno

neon + neon \longrightarrow fosforo + 2 atomi elio + idrog.

ossigeno + ossigeno \longrightarrow zolfo
 \longrightarrow fosforo

Come si formano gli elementi chimici fu compreso dopo la fine della seconda guerra mondiale.

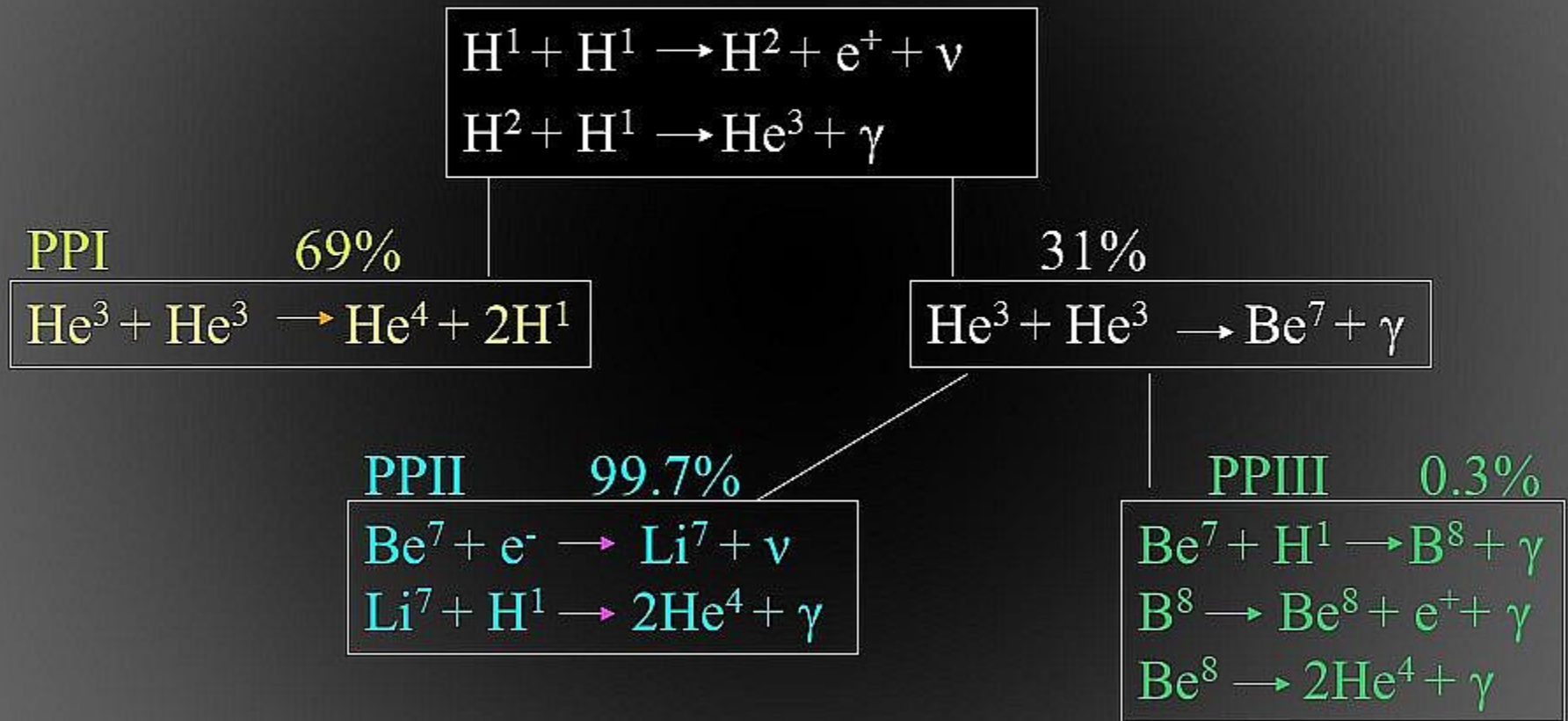
Nel libro “Structure and Evolution of the stars” Ed. Princeton Univ. Press 1958, M. Schwarzschild scrive:

“Our knowledge of thermonuclear reactions in the stellar interiors is still fascinatingly surrounded by the thrill of the new”

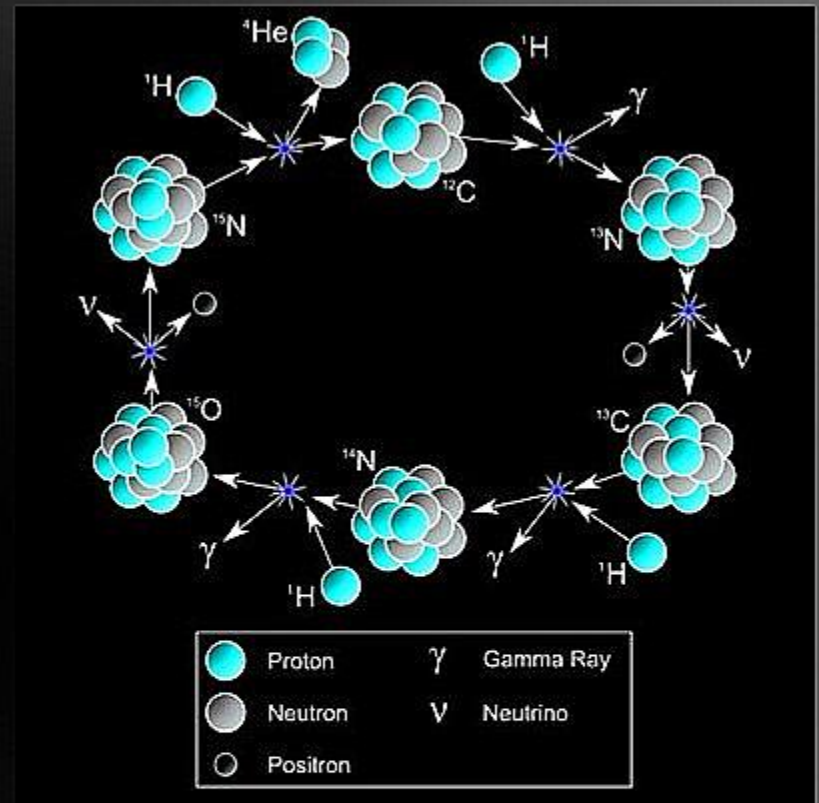
“La nostra conoscenza delle reazioni termonucleari che avvengono all'interno delle stelle è ancora avvolta in modo affascinante dal brivido del nuovo”

REAZIONI NUCLEARI FONDAMENTALI

CATENE PROTONE-PROTONE - FUSIONE DELL'IDROGENO



CICLO CNO



PROCESSO 3α - BRUCIAMENTO DELL'ELIO



Abbondanza degli elementi nella atmosfera solare

<u>Elemento</u>	<u>atomi per 10^6 di H</u>	<u>fraz. di massa</u>
• Idrogeno:	10^6	0,7383
• Elio:	85.114	0,2495
• Ossigeno:	457	0,0054
• Carbonio:	245	0,0022
• Neon:	69	0,0010
• Azoto:	60	0,0006
• Ferro:	28	0,0011

ORIGINALITA' DEL CARBONIO

- Gli atomi di C si possono unire fra loro formando catene lineari o ramificate o chiuse ad anello con una grande varietà di strutture.
- I composti del C giocano un ruolo fondamentale nella costituzione e nei processi biologici di tutti gli organismi viventi conosciuti.
- I composti del C sono 100 volte più numerosi di quelli di tutti gli altri elementi chimici messi insieme.
- Catene lineari simili a quelle del C possono essere formate anche dal Si, subito sotto al C nella Tavola di Mendeleev.

TAVOLA PERIODICA DEGLI ELEMENTI

PERIODO	GRUPPO IA	IIA	IIIA	IVA	VA	VIA	VIIA	VIIIA										
1	1 H IDROGENO							2 He ELIO										
2	3 Li LITIO	4 Be BERILLIO																
3	11 Na SODIO	12 Mg MAGNESIO																
4	19 K POTASSIO	20 Ca CALCIO	21 Sc SCANDIO	22 Ti TITANIO	23 V VANADIO	24 Cr CROMO	25 Mn MANGANESE	26 Fe FERRO	27 Co COBALTO	28 Ni NICKEL	29 Cu RAME	30 Zn ZINCO	31 Ga GALLIO	32 Ge GERMANIO	33 As ARSENICO	34 Se SELENIO	35 Br BROMO	36 Kr KRIPTON
5	37 Rb RUBIDIO	38 Sr STRONZIO	39 Y ITTRIO	40 Zr ZIRCONIO	41 Nb NIOBIO	42 Mo MOLOBDENO	43 Tc TECNETIO	44 Ru RUTENIO	45 Rh RODIO	46 Pd PALADIO	47 Ag ARGENTO	48 Cd CADMIO	49 In INDIO	50 Sn STAGNO	51 Sb ANTIMONIO	52 Te TELLURIO	53 I IODIO	54 Xe XENO
6	55 Cs CESIO	56 Ba BARIO	57 La* LANTANIO	72 Hf AFNIO	73 Ta TANTALIO	74 W TUNGSTENO	75 Re RENIUM	76 Os OSMIO	77 Ir IRIDIO	78 Pt PLATINO	79 Au ORO	80 Hg MERCURIO	81 Tl TALLIO	82 Pb PIOMBO	83 Bi BISMUTO	84 Po POLONIO	85 At ASTATO	86 Rn RADON
7	87 Fr FRANCIO	88 Ra RADIO	89 Ac* ATTINIO	104 Rf RIFENIO	105 Db DUBNIO	106 Sg SEBORGIO	107 Bh BOHRIO	108 Hs HASSIO	109 Mt MEITNERIO	110 Ds DARMSFATIO	111 Rg ROENTGENIO	112 Uub UNUNBIO	?					

- metalli alcalini
 - metalli alcalino-terrosi
 - metalli del blocco d
 - metalli del blocco p
 - metalloidi
 - non metalli
 - alogeni
 - gas nobili
 - lantanidi
 - attinidi
- } blocco f

SERIE DEI LANTANIDI

58 Ce CERIO	59 Pr PRASSODIMIO	60 Nd NEODIMIO	61 Pm PROMETIO	62 Sm SAMARIO	63 Eu EUROPIO	64 Gd GADOLINIO	65 Tb TERBIO	66 Dy DISPROSIO	67 Ho OLMIO	68 Er ERBIO	69 Tm TULIO	70 Yb ITTRIO	71 Lu LUTECIO
90 Th TORIO	91 Pa PROTATTINIO	92 U URANIO	93 Np NETUNIO	94 Pu PLUTONIO	95 Am AMERICIO	96 Cm CURIO	97 Bk BERKELIO	98 Cf CALIFORNIO	99 Es EINSTEINIO	100 Fm FERMI	101 Md MOSCOVIO	102 No NOBELIO	103 Lr LAURENZIO

SERIE DEGLI ATTINIDI

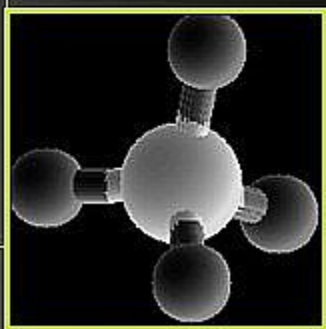
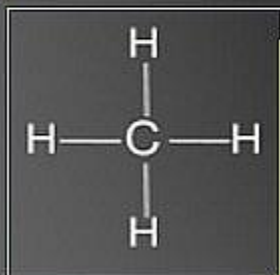
S = SOLIDO
 L = LIQUIDO
 G = GAS
 A = ARTIFICIALE

NUMERO ATOMICO
 SIMBOLO
 NOME

IDROCARBURI ALIFATICI

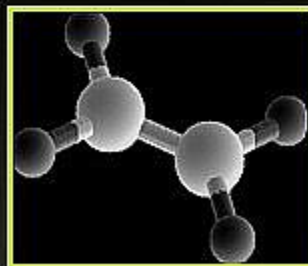
ALCANI: $C_n H_{(2n+2)}$

- **PARAFFINE** → scarsa reattività;
- **SATURI**: posseggono il max num di atomi di H possibile;
- Gli atomi di C sono uniti con legami covalenti semplici, mentre gli H si legano ai siti di legame degli atomi di C rimasti liberi;
- Il più semplice è il metano (CH_4):



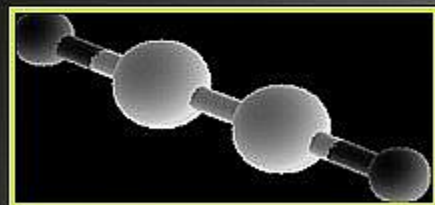
ALCHENI: $C_n H_{2n}$

- Idrocarburi con doppi legami $C=C$;
- Alta reattività;
- Il più semplice è l'etene ($CH_2 = CH_2$) o etilene {ormone vegetale capace di favorire la maturazione della frutta}



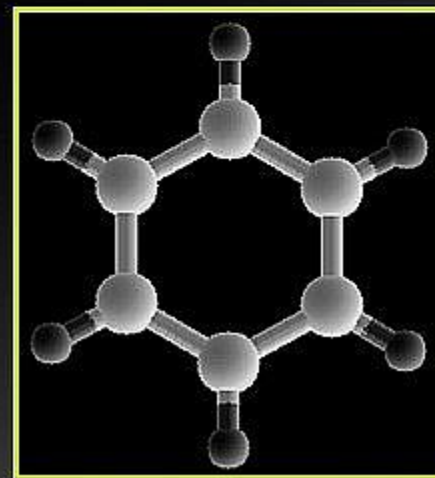
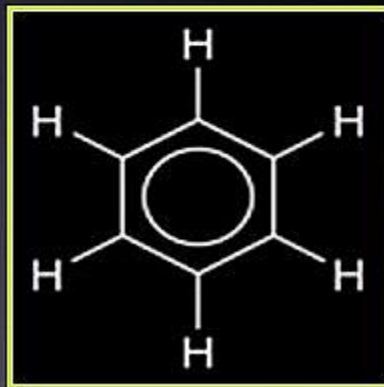
ALCHINI: $C_n H_{(2n-2)}$

- Idrocarburi con triplo legame $C \equiv C$;
- Acidità degli H legati ai C coinvolti nel triplo legame: tale acidità dà produzione di sali, "carburi" (ex. Carburo di calcio CaC_2);
- Il più semplice è l'etino, o acetilene ($HC \equiv CH$)



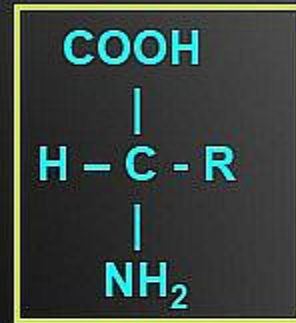
IDROCARBURI AROMATICI

- Composti che contengono uno o più anelli nella loro struttura;
- L'aromaticità è definita come l'abbassamento di energia dello stato fondamentale della molecola;
- Esempio: BENZENE (C_6H_6): struttura planare con 6 atomi di C disposti ai vertici di un esagono regolare e contenente 3 doppi legami;
- Tutti i suoi legami C-C hanno la stessa lunghezza, intermedia fra quella di un legame semplice e quella di un legame doppio (1.39 Å);
- In Astrobiologia sono molto importanti gli **idrocarburi policiclici aromatici**.



STRUTTURA GENERICA DEGLI AMMINOACIDI

R rappresenta il “gruppo specifico” di ogni amminoacido. In funzione delle proprietà chimiche di tale gruppo, un amminoacido è classificato come acido, basico, idrofilo (polare), idrofobo (apolare).

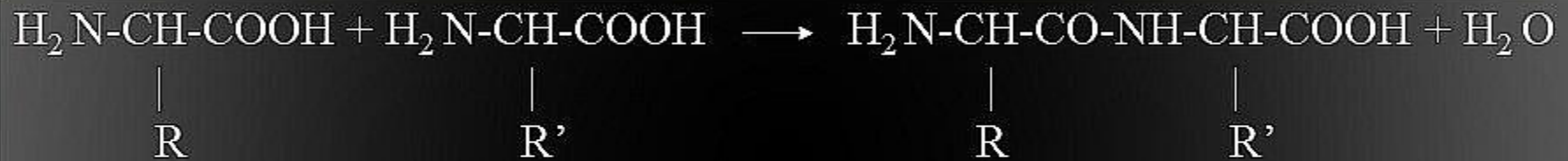


In natura si conoscono più di 100 amminoacidi, ma gli organismi viventi ne contengono solo 20. Tutti e 20 sono necessari per la sintesi proteica, ma l'organismo umano è in grado di sintetizzarne solo 10.

I restanti 10 vengono definiti amminoacidi essenziali, poiché devono necessariamente essere assunti con l'alimentazione.

REAZIONE POLIPETIDICA DEGLI AMMINOACIDI


Molecole che nella loro struttura presentano un gruppo amminico (-NH₂) e un gruppo carbossilico (-COOH). Per eliminazione di una molecola d'acqua il gruppo amminico può legarsi al gruppo carbossilico di un altro amminoacido:



- Una catena formata da non più di 50 amminoacidi legati attraverso legami peptidici prende il nome di polipeptide, da 50 amminoacidi in su si parla di PROTEINA;
- La stragrande maggioranza delle proteine sintetizzate da organismi viventi è formata da amminoacidi levogiri;
- Gli amminoacidi che compaiono nelle proteine di tutti gli organismi viventi sono 20 e l'informazione del tipo e della posizione di un amminoacido in una proteina è codificata nel DNA;

PROTEINE

Costituenti fondamentali di tutte le cellule animali e vegetali. Polimeri o macromolecole costituite da una combinazione dei 20 amminoacidi spesso in associazione con altre molecole e/o ioni metallici.

2 FAMIGLIE:  Globulari: svolgono funzioni biologiche (es: **enzimi, anticorpi, alcuni ormoni**);
Fibrose: svolgono funzioni meccaniche. Utilizzate nei materiali di struttura come i tendini, le unghia, i peli, ...

In base alla loro funzione si dividono in:

- Strutturali: sono componenti delle strutture permanenti dell'organismo ed hanno principalmente una funzione meccanica;
- di trasporto: si legano a sostanze poco idrosolubili e ne consentono il trasporto nei liquidi corporei (**es: l'emoglobina**);
- Immunoglobuline: (anticorpi) proteine che si legano a molecole normalmente non presenti nell'organismo concorrendo alla difesa dello stesso;
- Enzimi: proteine catalitiche.

LE PROTEINE HANNO QUATTRO LIVELLI DI STRUTTURA:

- Primaria: livello più semplice che fa riferimento alla sequenza degli amminoacidi nella catena;
- Secondaria: è il particolare modo con cui i segmenti della catena proteica si orientano per imprimerle una forma regolare (α -elica - mantenuta da legami a idrogeno e β -foglietto - di struttura planare);
- Terziaria: fa riferimento al modo in cui la molecola si orienta in una forma tridimensionale complessiva;
- Quaternaria: si riferisce al modo in cui varie macromolecole si riuniscono per dare aggregati di grandi dimensioni.

La conformazione spaziale di una proteina è fondamentale affinché questa espliciti la sua attività biologica.

Lapis ex caelis: il meteorite di Murchison, antico di 4.6 miliardi di anni



Australia, 28 settembre, 1969

Composti presenti nel meteorite di Murchison

Idrocarburi aromatici
Idrocarburi alifatici
Acidi solfonici
Acidi fosfonici

Acidi monocarbossilici (C_1-C_8)
Acidi dicarbossilici (C_2-C_5)
Amine (C_1-C_4)

Piridine
Chinoline
Polipirroli

Alcoli (C_1-C_4)
Aldeidi (C_2-C_4)
Polioli (C_2-C_4)

Chetoni (C_3-C_5)
Idrossiacidi (C_2-C_9)
Aminoacidi

Urea
Purine
Pirimidine

E le meteoriti? La celebre ALH84001



ALH84001,0



La più antica meteorite marziana, 4,5 miliardi di anni, è un pezzo della crosta primordiale marziana. E' fatta da ortopirosseni al 98%.

ALH84001,0

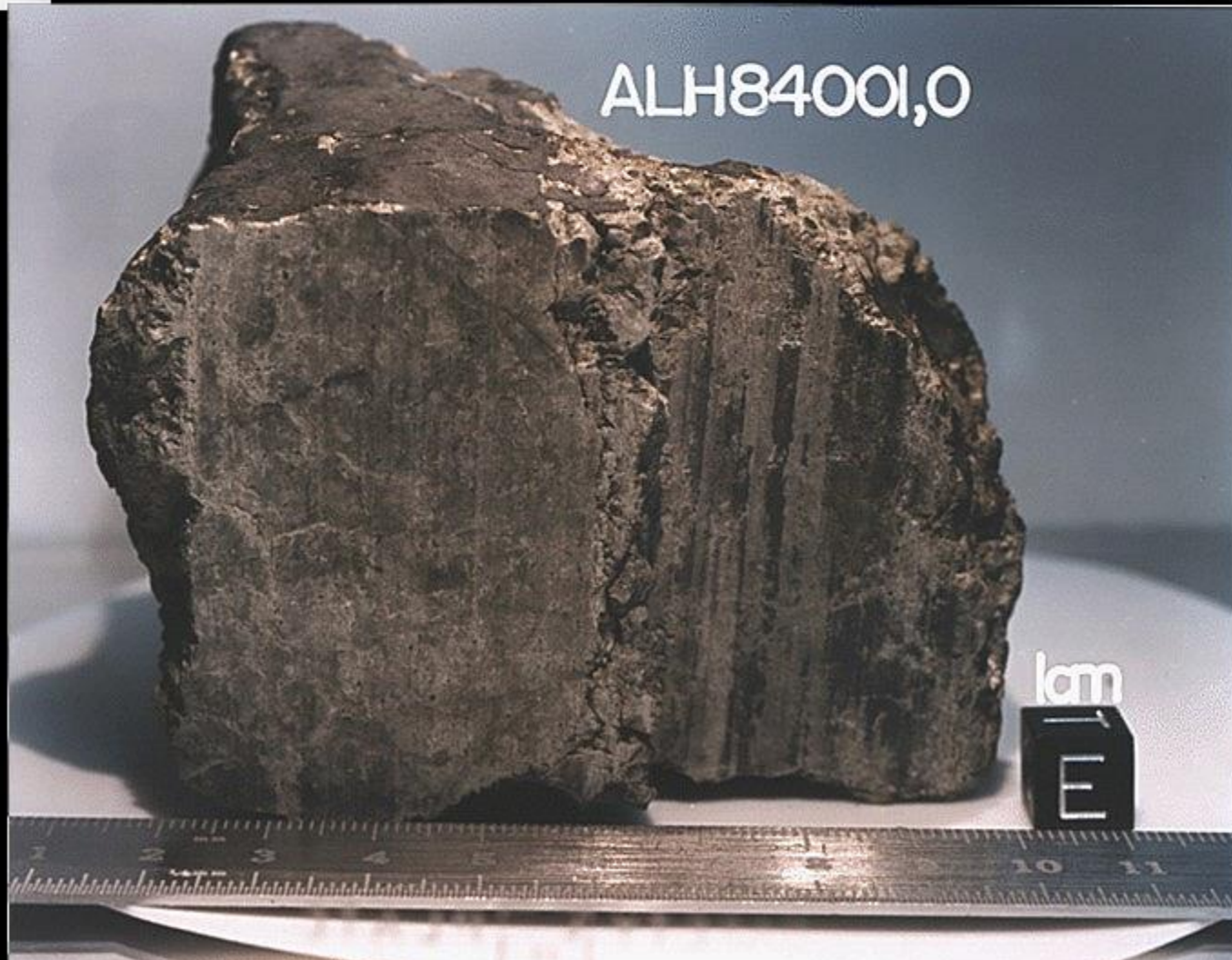
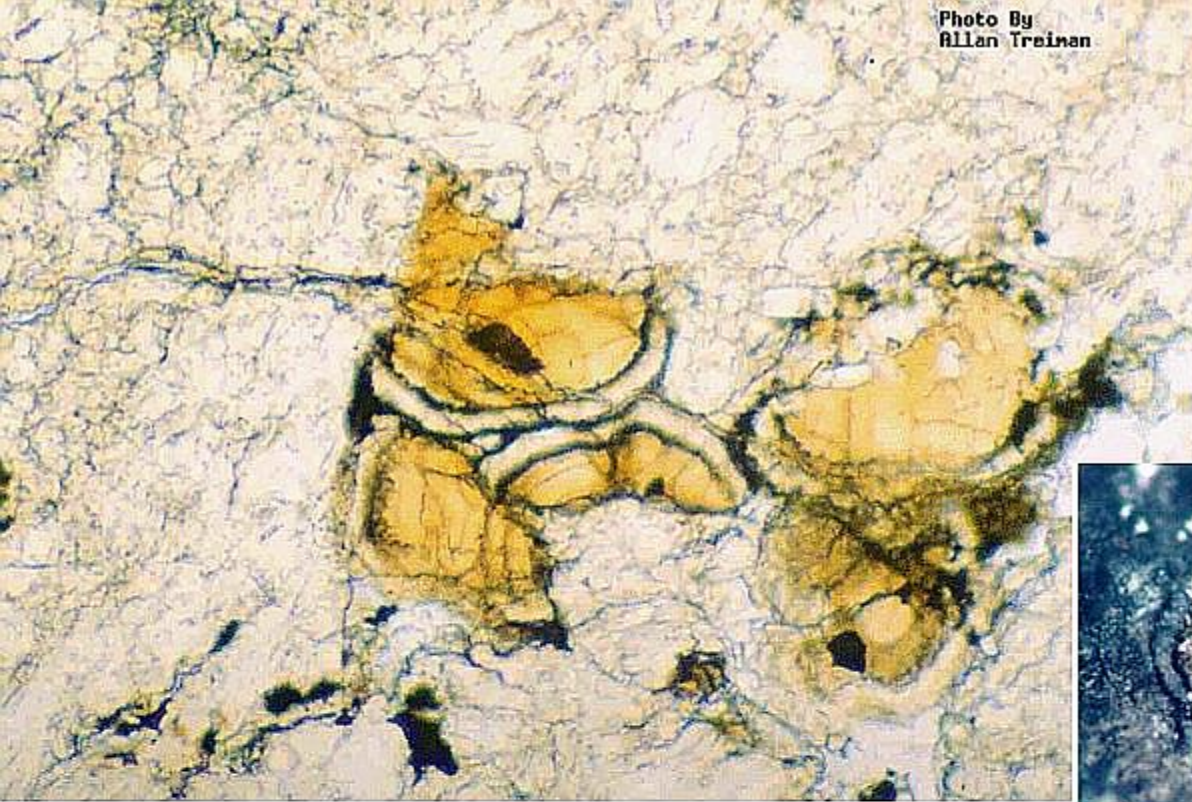


Photo By
Allan Treiman

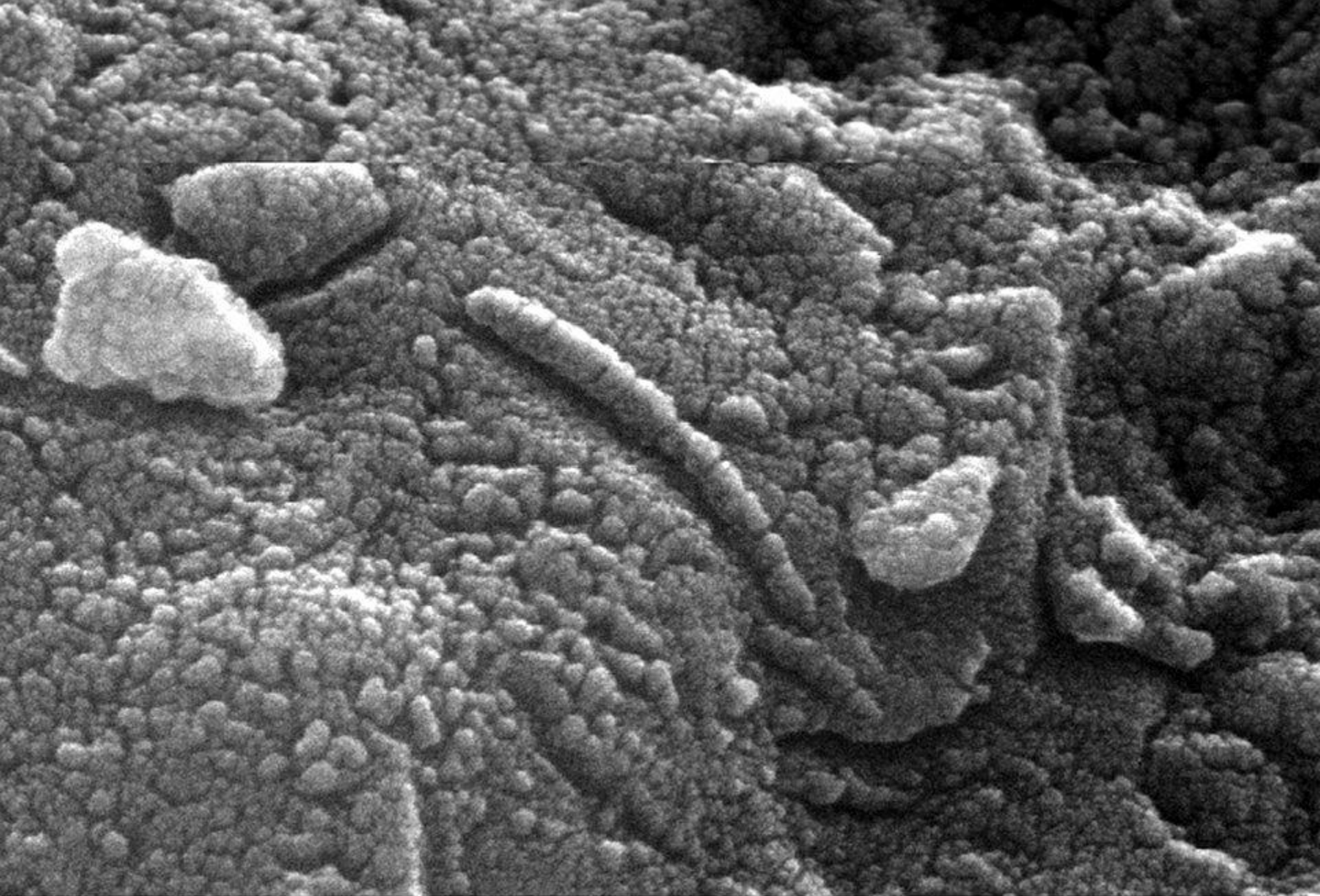
I granuli carbonatici (circa 1/5 di mm) di ALH84001



In giallo il carbonato con un poco di Fe
Il bordo bianco è carbonato di Mg (magnesite)
Nel bordo nero ci sono ossidi di Fe e solfuri

In questi granuli ci sono le tre evidenze che hanno suggerito vita fossilizzata:

- molecole organiche (idrocarburi aromatici)
- biominerali (ossidi e solfuri)
- batteriomorfi



I batteriomorfi di ALH84001 fotografati con un SEM ad alta risoluzione (\varnothing 1/2000 mm)

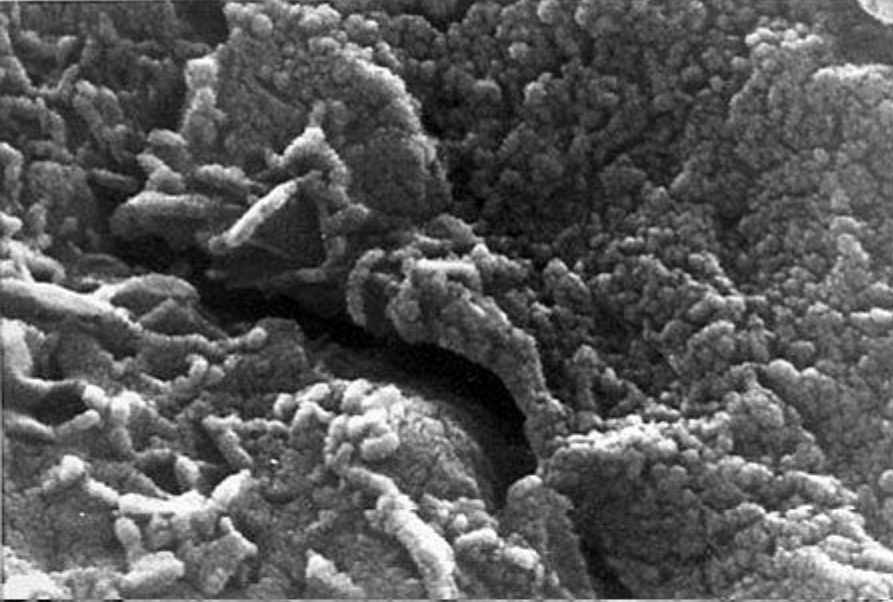
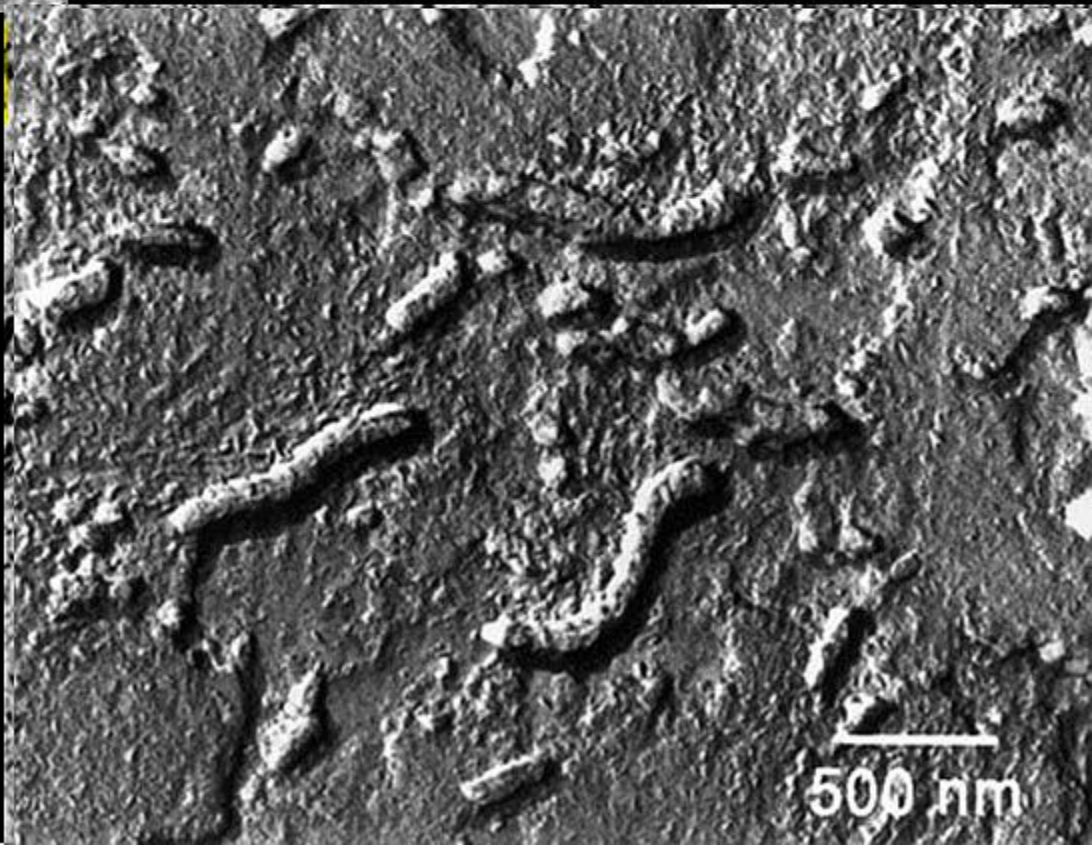


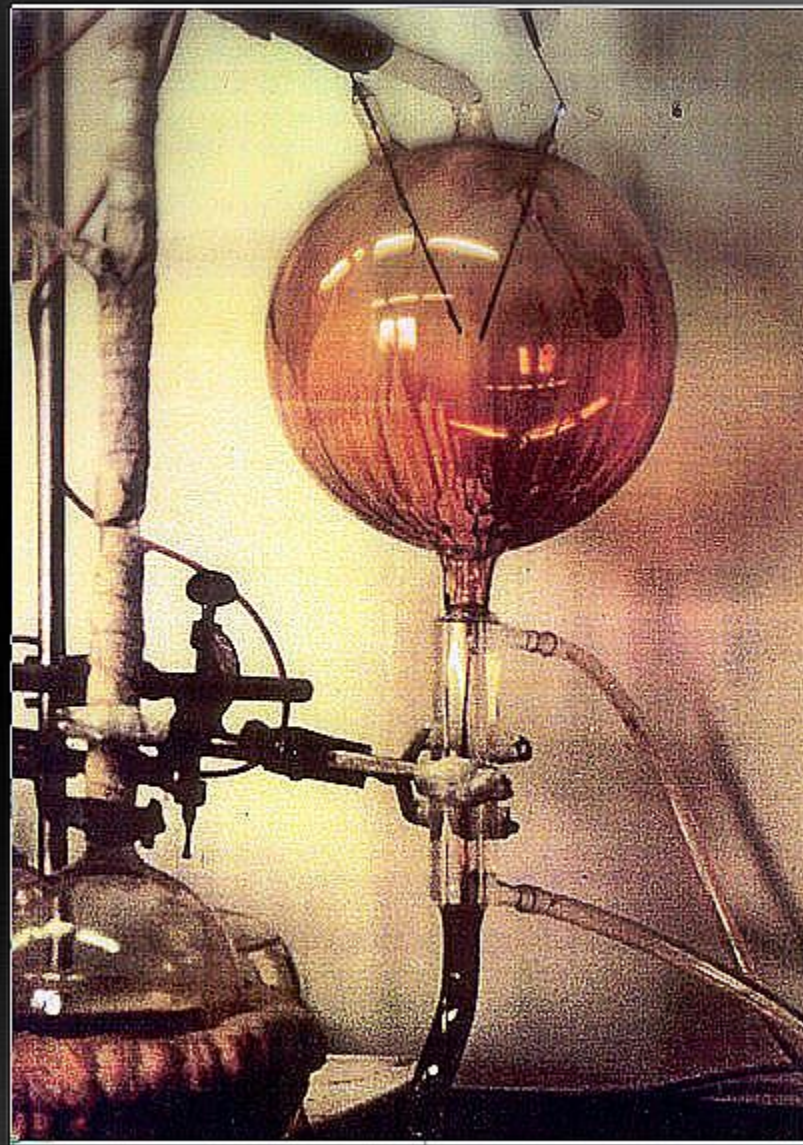
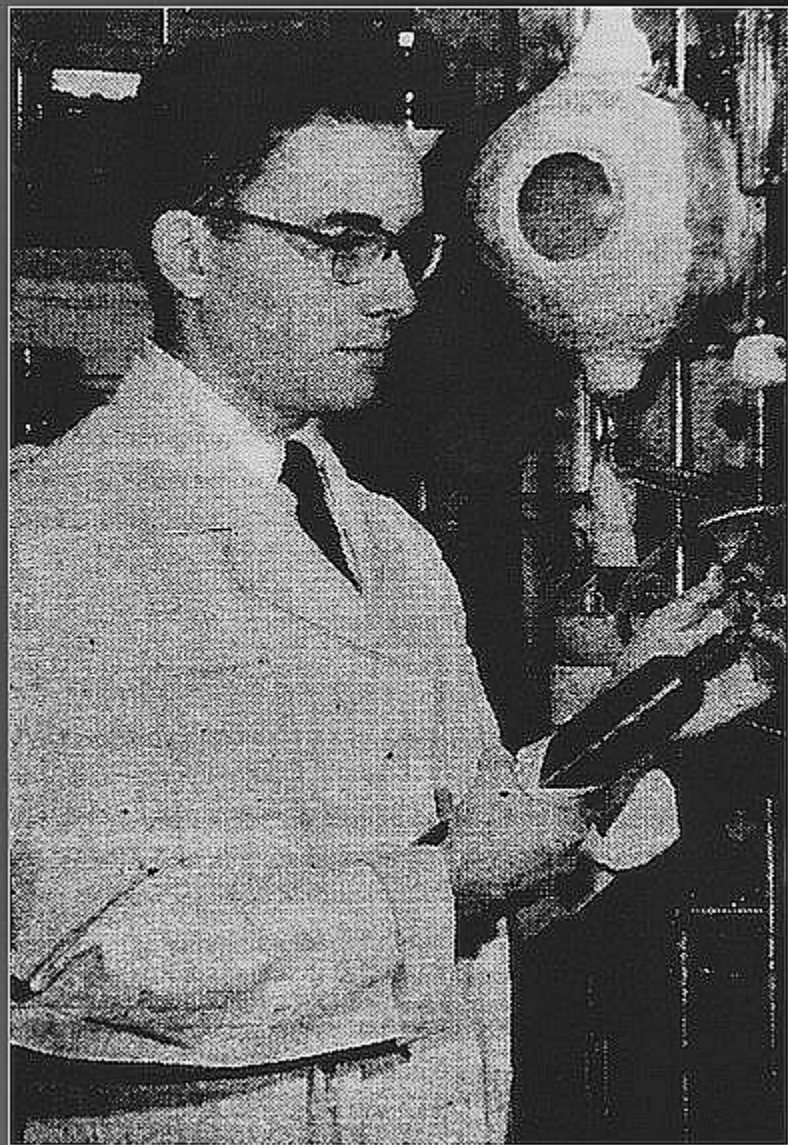
Foto presa con un SEM ad alta
risoluzione che mostra possibili
fossili di batteri

ALH84001

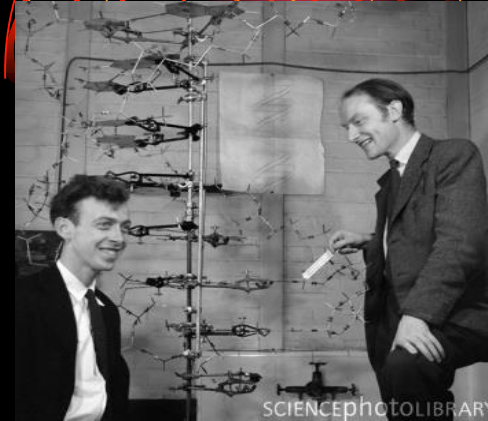
Foto presa con un TEM ad alta
risoluzione che mostra possibili
fossili di batteri



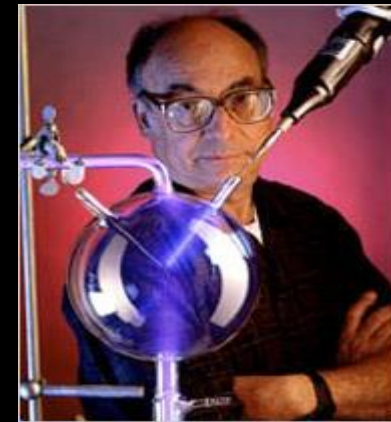
L'esperimento di Miller nel 1953



1953: “Annus Mirabilis” della biologia



SCIENCEPHOTOLIBRARY



- **Scoperta della struttura del DNA**
 - **Watson & Crick**
 - Fortissimo impulso agli studi di biologia molecolare e genetica
- **Esperimento di Stanley Miller**
 - Produzione di amminoacidi mediante dispositivo sperimentale che simulava le condizioni fisiche dell'atmosfera della Terra primitiva
 - Atmosfera riducente: NH_3 CH_4 H_2O H_2
 - Punto di partenza sperimentale per gli studi sull'origine della vita terrestre
 - Negli anni sessanta si susseguono esperimenti di atmosfere terrestri simulate più realistiche

CARBOIDRATI

Glucidi, zuccheri, saccaridi

- A temperatura ambiente sono tutti solidi;
- Fornitori di energia biochimica: il loro metabolismo fornisce all'organismo l'energia necessaria per la completa demolizione dei lipidi;

CARBOIDRATI

Semplici o monosaccaridi: non sono idrolizzabili in molecole più piccole.

esempio: GLUCOSIO ($C_6H_{12}O_6$)

Complessi: composti da due o più zuccheri semplici legati assieme. **esempi:**

SACCAROSIO: disaccaride fatto di glucosio più fruttosio;

CELLULOSA: polisaccaride, migliaia di molecole di glucosio

ACIDI NUCLEICI: acidi presenti nel nucleo della cellula

Sono macromolecole polimeriche lineari i cui monomeri sono i **nucleotidi**, formati da uno **zucchero**, una **base azotata** e un **gruppo fosfato**.

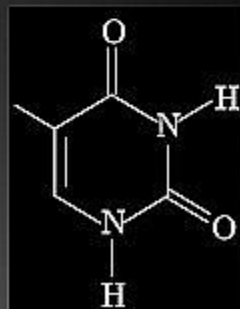
- Negli organismi viventi esistono due tipi di acidi nucleici: **DNA** e **RNA**.
- Lo zucchero del DNA è il desossiribosio, quello dell'RNA è il ribosio.

In entrambe le sostanze vi sono 4 **basi azotate**:

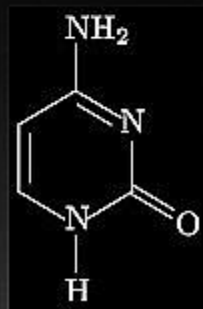
- **DNA**: adenina, timina, citosina, guanina
- **RNA**: adenina, uracile, citosina, guanina



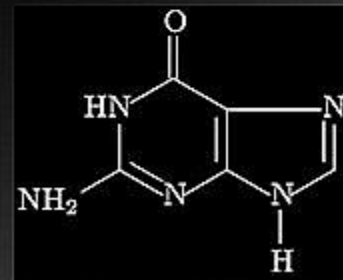
Adenina



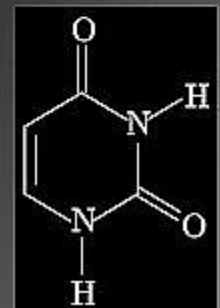
Timina



Citosina



Guanina



Uracile

DNA: Contiene l'informazione relativa al codice genetico. Il DNA è a doppio filamento, formato cioè da due catene (eliche) orientate nello stesso verso, unite da legami idrogeno tra le basi azotate. L'accoppiamento di queste è sempre: adenina – timina e guanina – citosina.

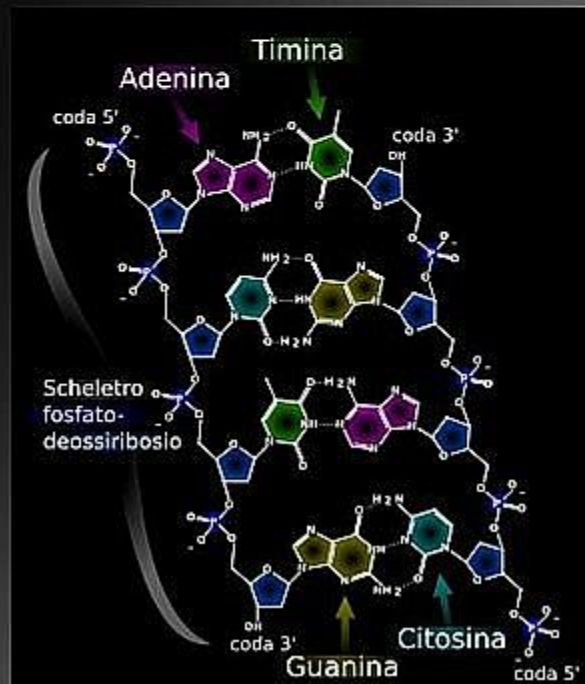
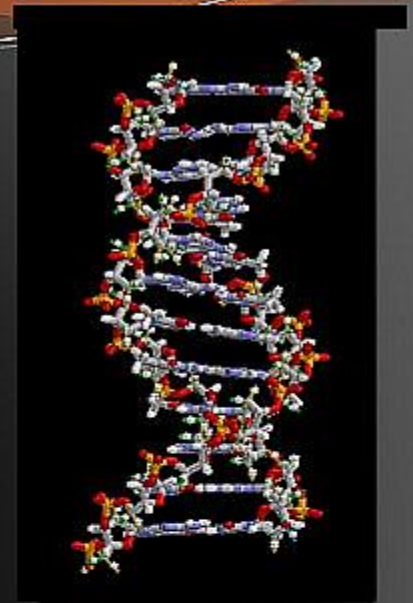
RNA: trasporta l'informazione genetica necessaria alla sintesi delle proteine. Strutturalmente è simile al DNA, ma contiene il ribosio al posto del desossiribosio e l'uracile sostituisce la timina del DNA, ma si lega sempre all'adenina. Inoltre è generalmente costituito da un unico filamento.

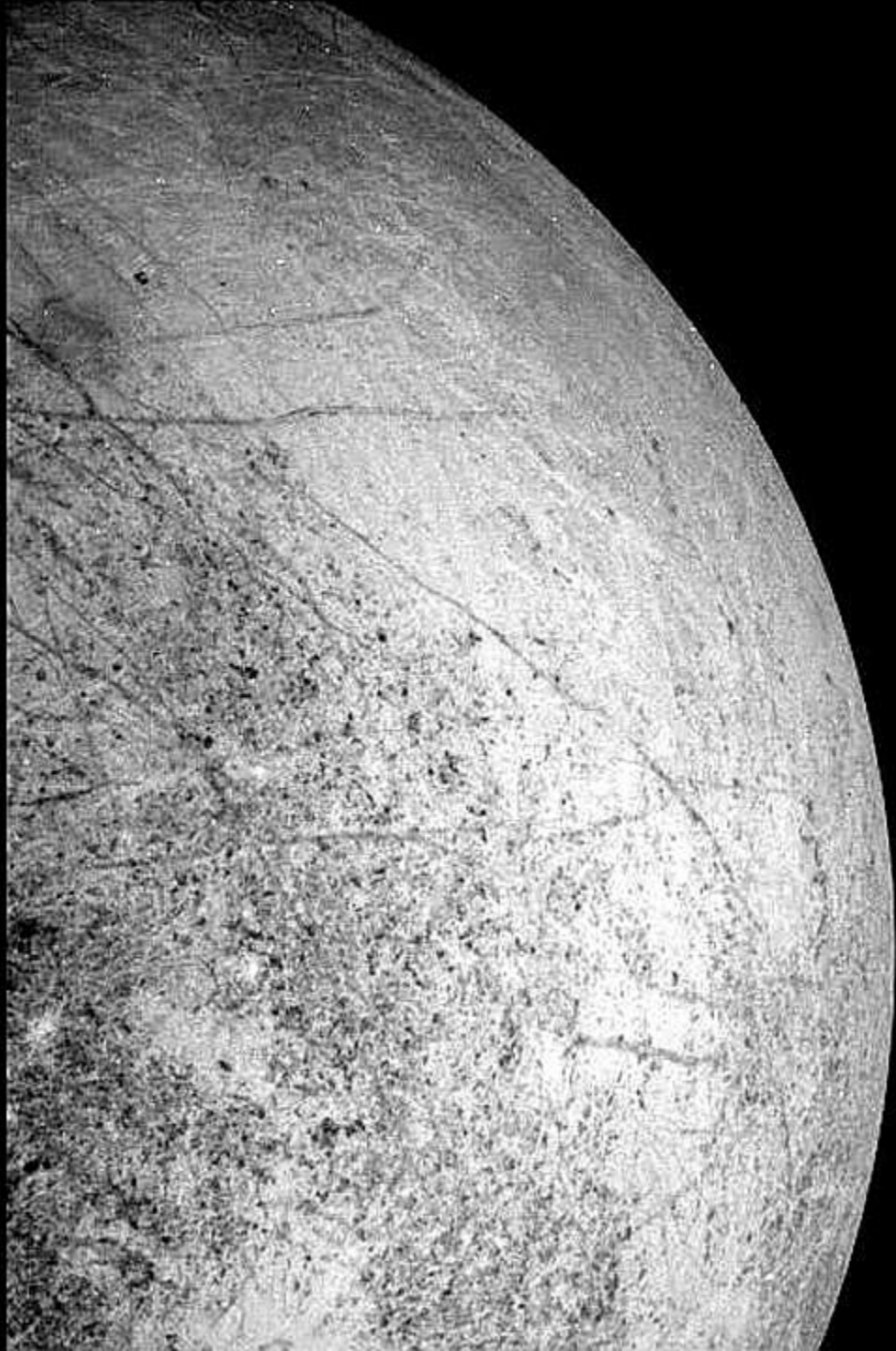


mRNA: messaggero, contiene l'informazione della sintesi delle proteine;

• **rRNA:** ribosomiale, entra nella struttura dei ribosomi;

• **tRNA:** transfer, necessario per la traduzione dei ribosomi.





Europa, luna di
Giove, visto
dalla sonda
Galileo, 1997

Oceani di
acqua liquida
sotto la
superficie
ghiacciata?

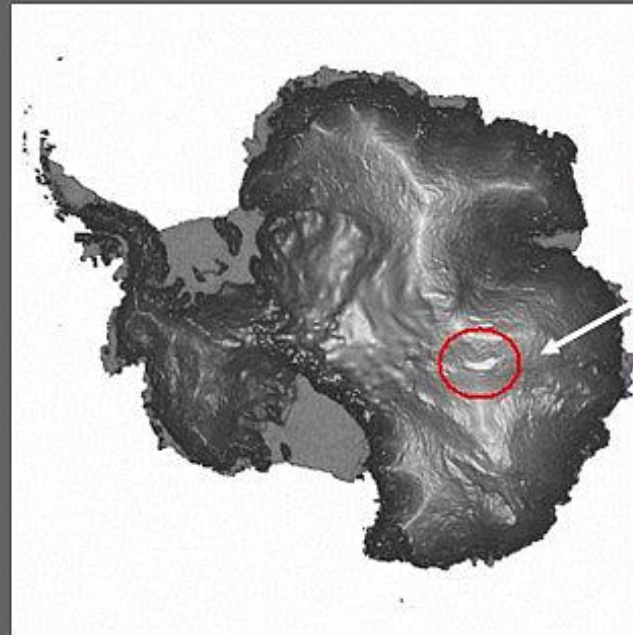


La superficie ghiacciata di Europa

Colore azzurro: aree
ghiacciate.

Colore rosso: aree
prive di ghiaccio.

Laghi subglaciali antartici:
analoghi terrestri di Europa
(e Callisto)?



Lago Vostok



The Subglacial Lake Vostok System



AIR

ice flow from Ridge B

Vostok Station

cored 3623 m



microbial life and biogenic material found in accreted ice: a) and b) bacteria, c) pollen, d) marine diatom, e) unknown

ICE SHEET

internal layers

Inflow of subglacial meltwater and groundwater?

420,000 year old ice

deformation of internal layers and accreted ice from moving over the side walls

echo-free zone

pockets of subglacial meltwater and small subglacial lakes

220 m accreted ice

BEDROCK

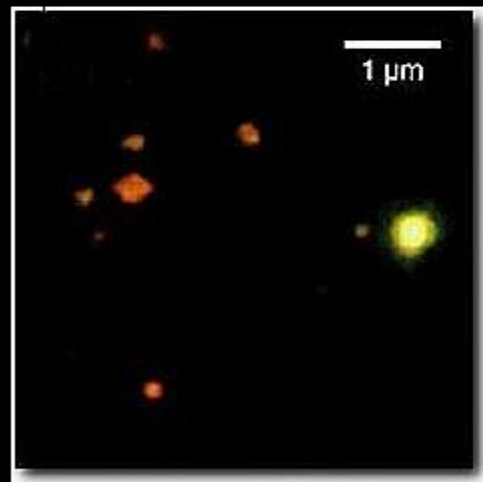
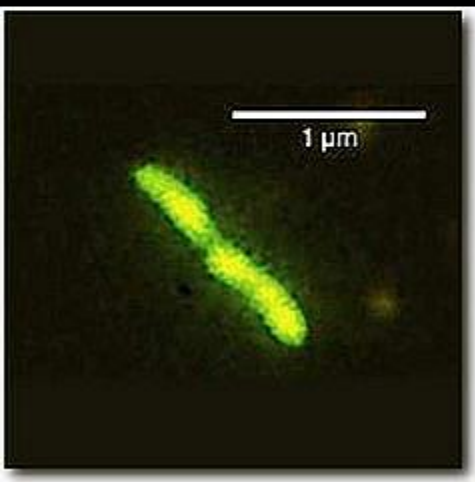
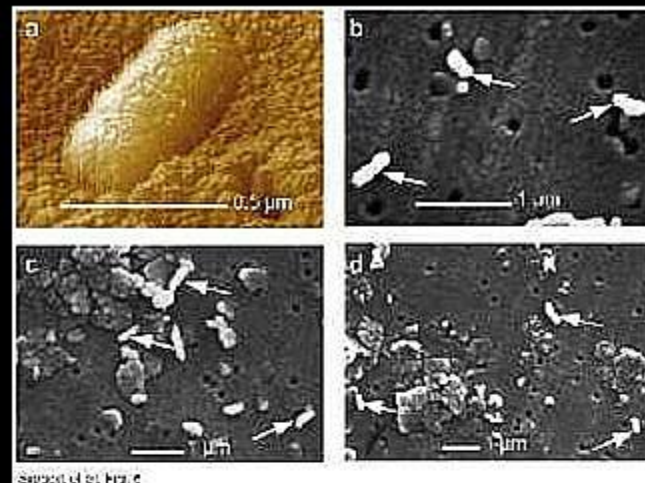
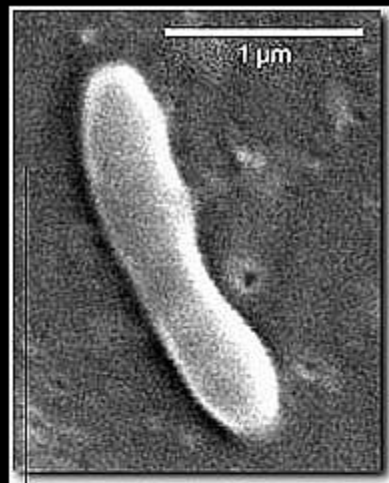
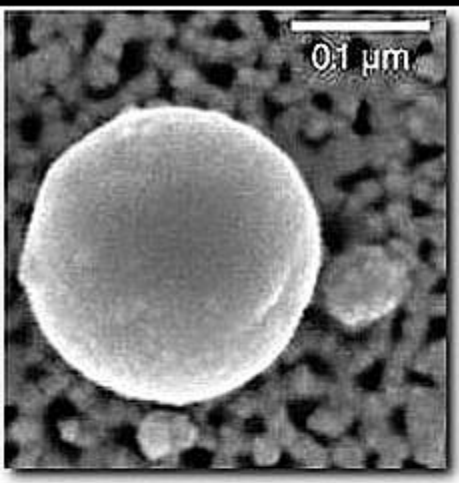
LAKE

670 m water depth

subglacial deposits from glacial scouring, released by inflow of meltwater or basal melting of the ice sheet

preglacial limnetic sediments?

Lago Vostok:
Isolato da luce e aria aperta
da centinaia di migliaia d'anni



Batteri visti al microscopio ottico e al SEM estratti dal ghiaccio prodotto dall'acqua del Lago Vostok (Antartide), carotato dai russi.

NASA/Marshall Space Flight Center

800nm 30000X

Colonie microbiche sepolte per
migliaia d'anni nel ghiaccio
Antartico.

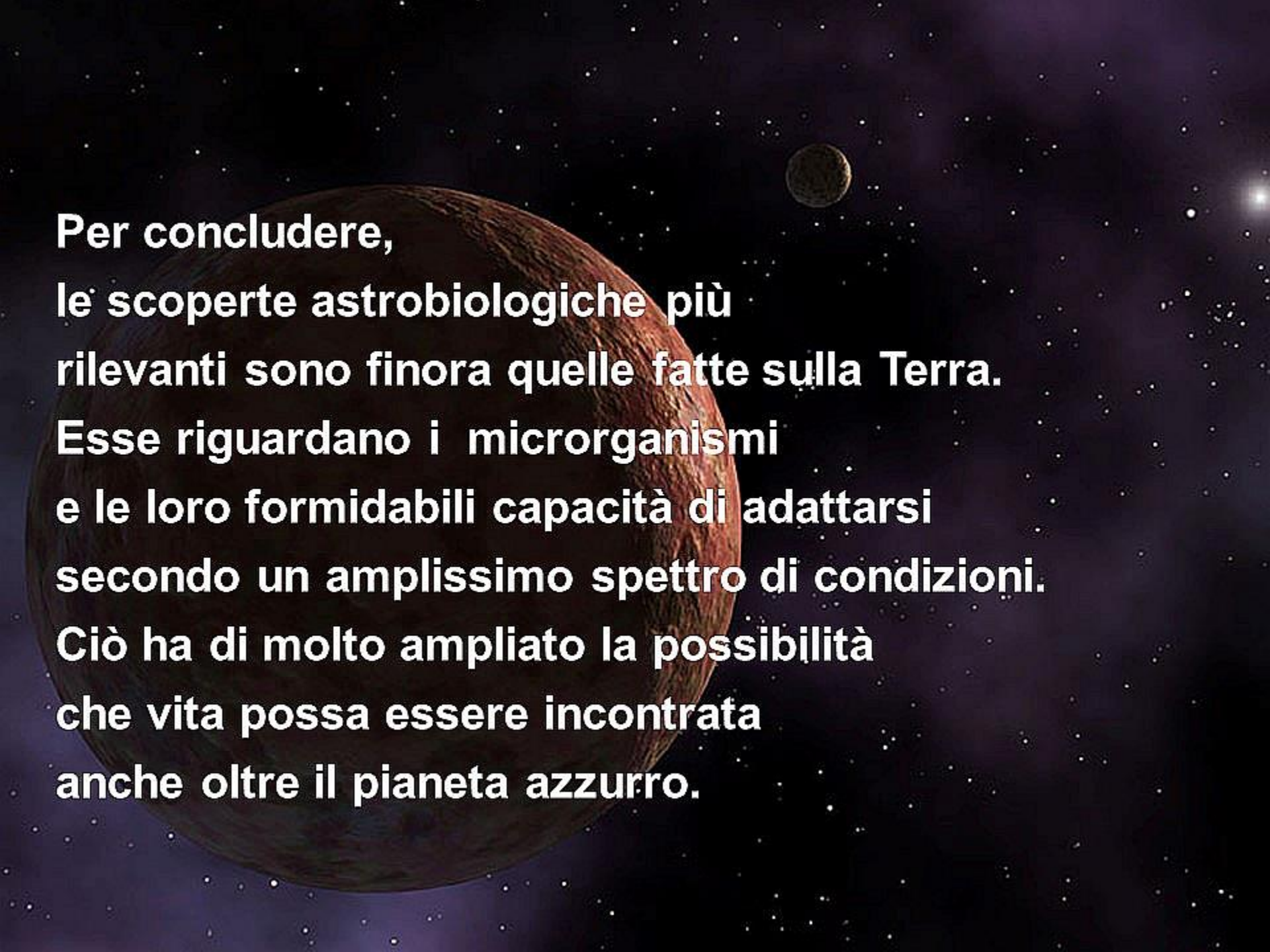


Alghe unicellulari e batteri viventi sono stati recuperati in ghiaccio del Vostok datato fino a 200mila anni (2,4 km di prof.)

L'acqua del lago potrebbe avere un'età anche di 1 milione di anni!

Forme di vita (?) in totale isolamento, nel buio, sottoposte a elevata pressione e a tenori di ossigeno 50 volte maggiori di un comune lago.

E' un ambiente sufficientemente estremo, vero?



**Per concludere,
le scoperte astrobiologiche più
rilevanti sono finora quelle fatte sulla Terra.
Esse riguardano i microrganismi
e le loro formidabili capacità di adattarsi
secondo un amplissimo spettro di condizioni.
Ciò ha di molto ampliato la possibilità
che vita possa essere incontrata
anche oltre il pianeta azzurro.**