

Università della Terza Età "Cardinale Giovanni Colombo" - Milano

A.A. 2023 - 2024

Corso di Astrofisica

Docente: Adriano Gaspani

Lezione 9

Il Principio Antropico: un tentativo di risposta ad una grande domanda

Che ci facciamo qui?

Qual'è il ruolo del genere umano nell'Universo?

Tutte le civiltà hanno cercato una spiegazione per le nostre origini ...

la risposta degli antichi:

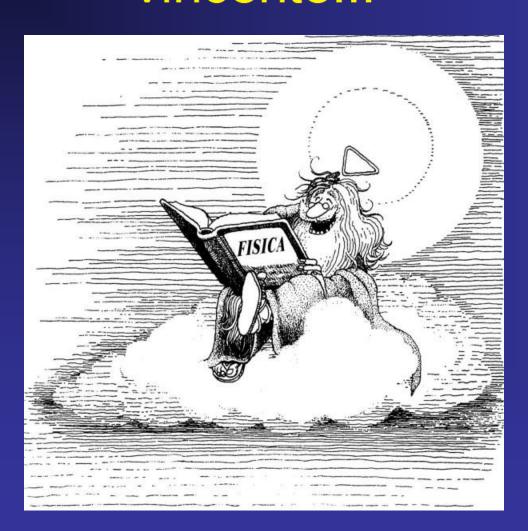


...in questo modo gli antichi trovarono una soluzione semplice



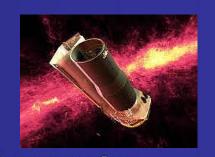
...E' una risposta soddisfacente?

L'approccio "teista", seppur lecito, non è un atteggiamento scientifico vincente...



Andiamo con ordine...

Gli scienziati propongono una spiegazione diversa,



che si basa sui dati raccolti sulla Terra e nello spazio:

molto tempo fa,

non c'era il tempo, non c'era lo spazio.

Ma,

13.72 miliardi di anni fa ...



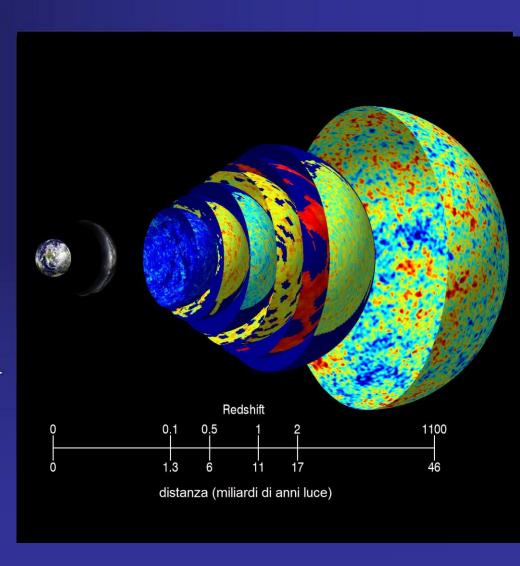
...accadde qualcosa...

II "Big Bang"...

Dove non c'era il niente, ora c'era il tutto:
l'intero universo.

Un universo piccolo, immensamente caldo, con grande densità, formato da particelle elementari ...

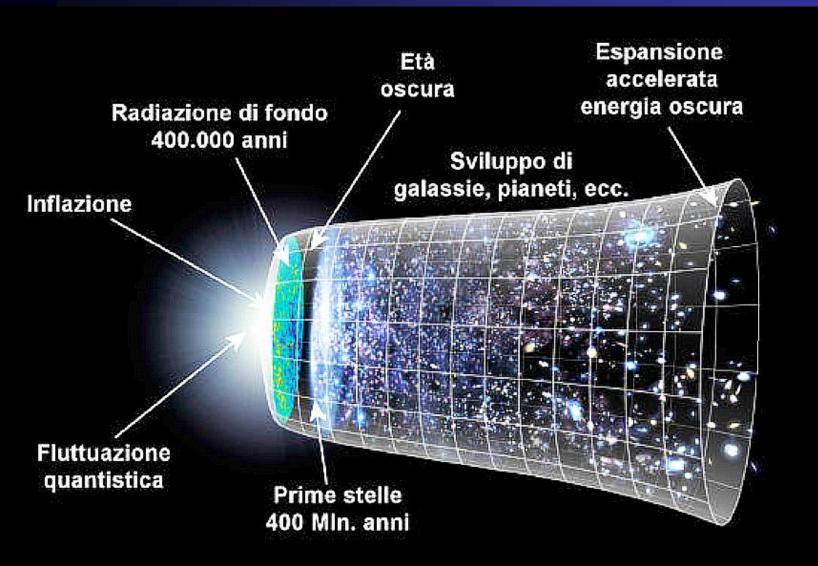
Che per una frazione infinitesima di secondo si espanse in modo rapidissimo. Poi rallentò un poco, ma continuò ad espandersi, come fa ancora.



Finalismo e Genesi

· Big bang e creazionismo

· Causa finale e causa efficiente



© → 13,7 Mld anni ESPANSIONE DAL BIG BANG

<u>Epoca della radiazione</u>

- · Era quantistica
- · Era inflattiva
- · Confinamento dei quark
- · Era del plasma
- · Era nucleare

Epoca della materia

- · Fine dell'epoca di radiazione
- · Epoca attuale
- · Futuro remoto

II "Big Bang"...

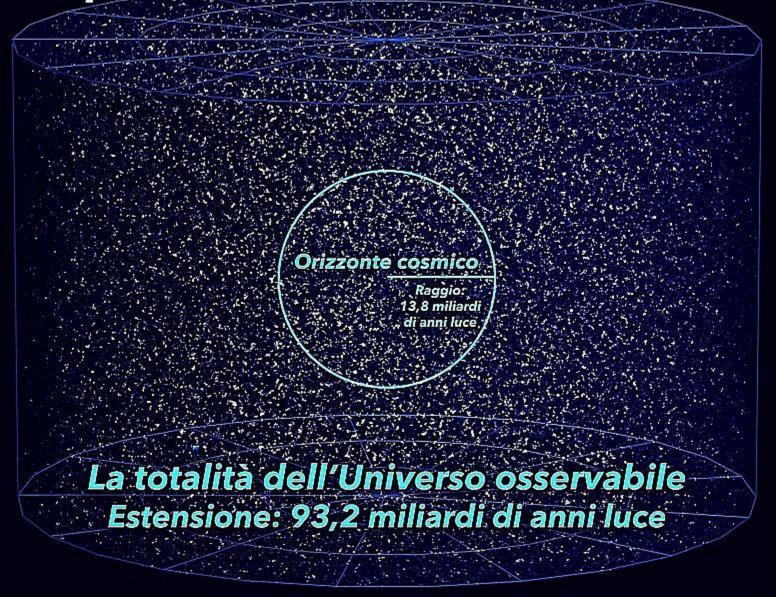
Il tempo e lo spazio ebbero origine dalla singolarità, che nelle prime infinitesimali frazioni di secondo subì una enorme espansione a una velocità molto superiore a quella della luce, l'*inflazione*.

Dopo circa 400.000 anni si liberò la radiazione di fondo e in seguito si formarono le galassie, le stelle e i pianeti.

qualche precisazione:

- Non esiste un centro dell'espansione, ogni punto è equivalente
- E' lo spazio fra le galassie ad espandersi (la nostra galassia, il nostro sistema solare, la nostra casa non si stanno espandendo!)
- Non esiste un "bordo" dell'universo. L'espansione non avviene "dentro" qualcos'altro.
- L'universo, nonostante si stia espandendo, potrebbe comunque essere infinito.
- Anche se l'universo fosse infinito, potremmo vederne solo una parte: quella percorsa dalla luce in 13,7 miliardi di anni, aumentata per l'espansione.

L'Universo è 38 volte più grande di quello che riusciamo a osservare



Il volume di questo spazio sferico è pari a circa 5×10³² anni luce cubi; queste dimensioni potrebbero contenere circa 7×10²² stelle, organizzate in circa 2×10¹² galassie (duemila miliardi, secondo una stima effettuata nel 2016), agglomerate in gruppi e ammassi di galassie e super ammassi.



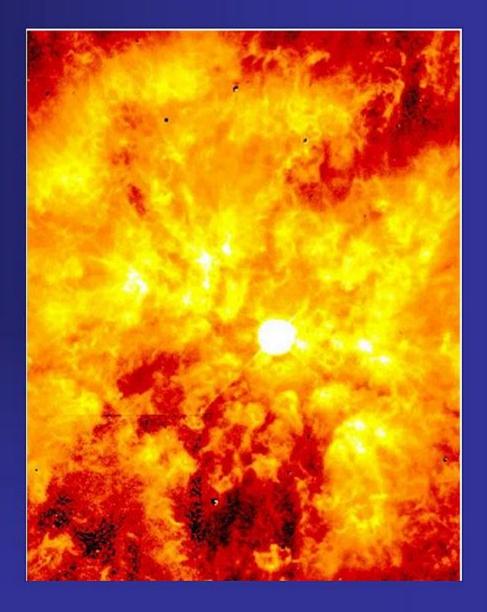
Come è andata?

Alcune centinaia di migliaia di anni dopo l'istante iniziale, la temperatura diventò sufficientemente bassa, attorno al migliaio di gradi, e permise agli elettroni e ai protoni di legarsi stabilmente, formando atomi di idrogeno.



14 miliardi anni fa

Nel gas primordiale, vi furono piccole fluttuazioni di densità. Le zone, in cui la densità era un poco più alta, diventarono progressivamente più massicce ...





Erano nate le prime stelle

Dalla cui evoluzione derivano gli atomi di C, H, O, N etc di cui siamo composti.

In un processo durato alcune centinaia di milioni di anni, queste si unirono in galassie, ciascuna delle quali conteneva miliardi di queste nuove stelle.





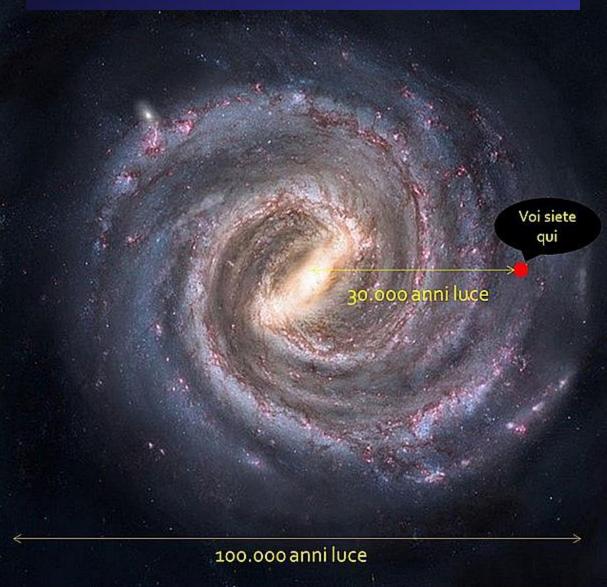
Il disco stellare della Via Lattea ha un diametro di circa 100 000 anni luce e uno spessore, nella regione dei bracci, di circa 1 000 anni luce

Le stime sul numero di stelle che la compongono sono varie e a volte controverse: secondo alcune fonti sarebbero circa 200 miliardi, mentre secondo altre potrebbero essere fino a 400 miliardi

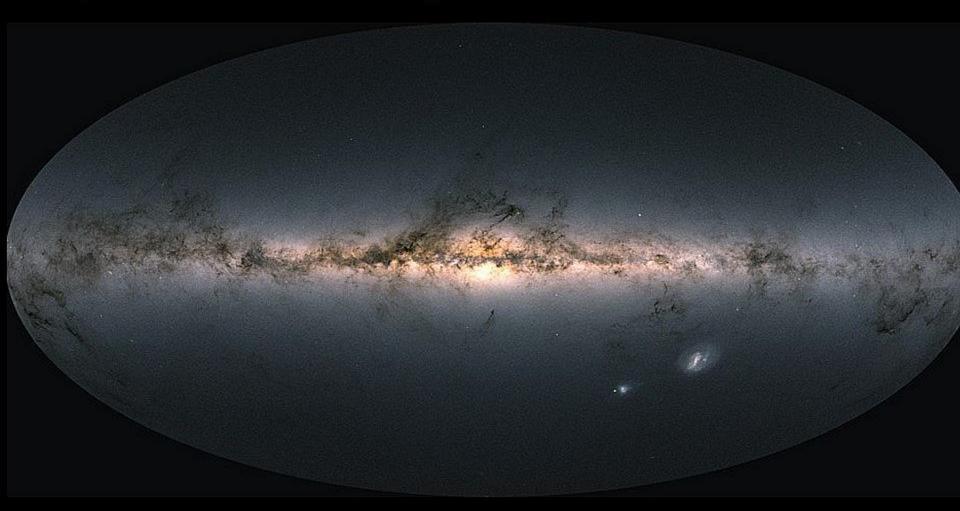
In realtà, il numero esatto dipende dalla quantità delle stelle di piccola massa, altamente incerto; inoltre, recenti osservazioni inducono a pensare che il disco gassoso della Via Lattea abbia uno spessore di ben 12 000 anni luce, un valore dodici volte superiore a quello precedentemente ipotizzato

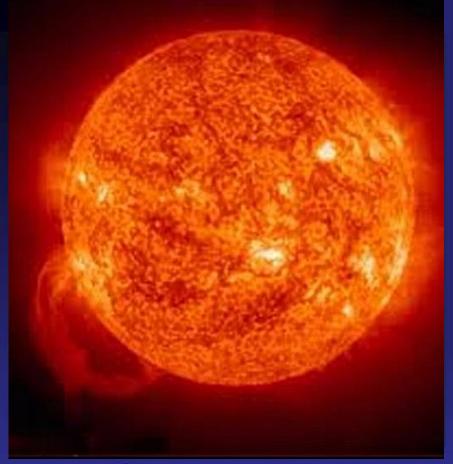
Se vi fosse un modellino in scala con un diametro di 130 km che rappresentasse la nostra Galassia, il sistema solare ne occuperebbe appena 2 millimetri





GAIA EARLY DATA RELEASE 3 (3 DICEMBRE 2020)





Quasi cinque miliardi di anni fa, quando l'universo era già abbastanza vecchio, nacque una stella ai confini di una galassia, che noi chiamiamo Via Lattea:

II nostro SOLE!



Qui la vicenda si fa interessante...

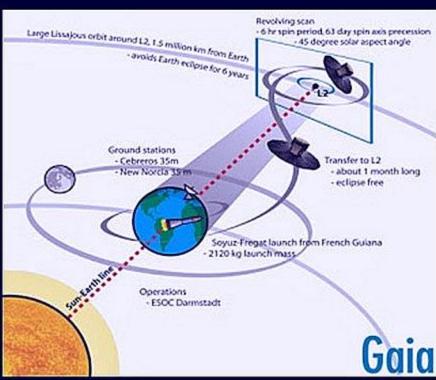
La missione spaziale Gaia



La missione spaziale Gaia

GAIA (Global Astrometric Interferometer for Astrophysics) è stata lanciata il 19 dicembre 2013 e sta orbitando attorno al punto lagrangiano L2, a una distanza di 1,5 milioni di chilometri dalla Terra.



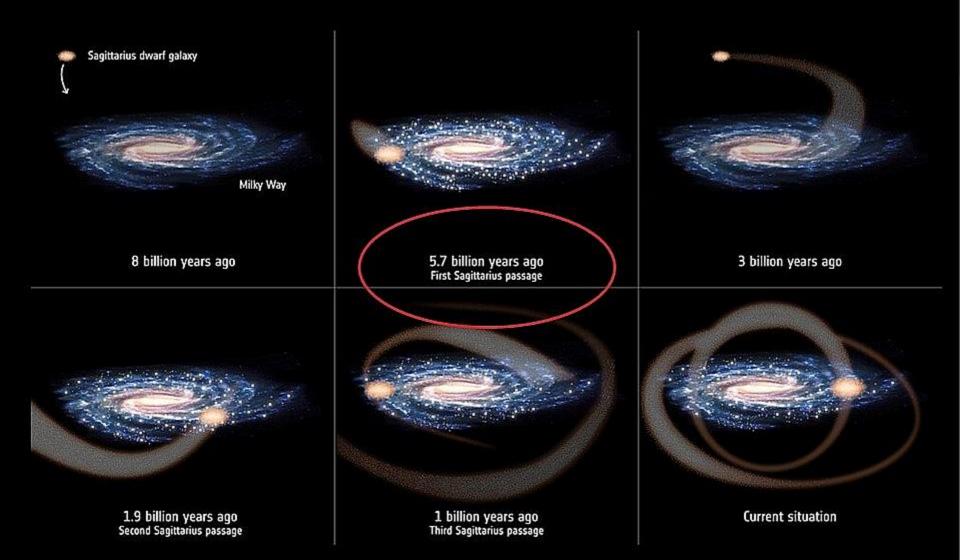


La missione spaziale Gaia

Ricostruire la posizione, i moti e le distanze delle stelle della Via Lattea è cruciale per capire come è fatta la nostra Galassia ma anche quanto sono realmente luminose le stelle e, in seconda battuta, ricavare informazioni sulla loro massa e la loro età.

E' così possible ricavare anche informazioni sul tasso di formazione stellare e capire se la formazione stellare ha proceduto in modo uniforme o ci sono stati episodi con picchi di formazione.

Il confronto tra le osservazioni e accurati modelli stellari elaborati dai ricercatori dell'Istituto Nazionale di Astrofisica ha permesso di ricostruire la storia evolutiva della Via Lattea

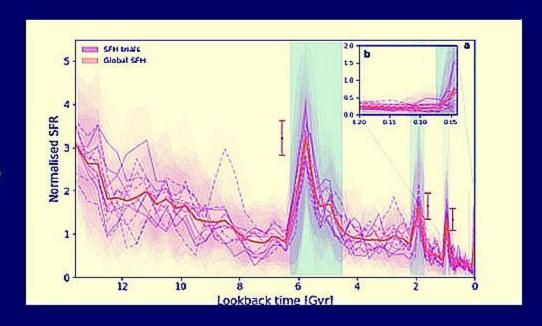


La Via Lattea sembra aver sperimentato circa 13 miliardi di anni fa un processo di formazione stellare molto violento, la cui intensità è andata progressivamente diminuendo nel tempo.

Ma in tutto questo periodo si notano anche alcuni eventi estremamente intensi di formazione stellare.

Il primo sarebbe avvenuto circa 5-6 miliardi di anni fa, seguito da altri eventi avvenuti rispettivamente 2 miliardi e 1 miliardo di anni fa, per arrivare all'ultimo, "vecchio" solo 100 milioni di anni.

S.F.R. Stellar Formation Rate



La durata può essere anche dell'ordine del miliardo di anni per l'episodio piu antico

Questo significa che l'episodio di 5,5 miliardi di anni fa' potrebbe essere all'origine della nascita del sistema solare.

In effetti il nostro Sole ha 4,5 miliardi di anni.

4.5 miliardi di anni fa si formò anche il Sistema Solare...

Perchè esistiamo?

Solo noi nell'Universo?



Altre domande fondamentali:

Perchè ora siamo qui?



Quale è il ruolo del Genere Umano?

Solo noi?

...e, eventualmente, gli "altri"?



Siamo utili?

Siamo indispensabili?

Siamo dannosi?

Siamo uno scherzo della Natura?

Esiste una questione fondamentale non ancora risolta dall'Astrofisica e dalla Cosmologia:

Quale rapporto intercorre tra l'Universo e lo sviluppo della vita

mmm... c'e' anche di peggio...

Si da per scontato che la vita debba svilupparsi nell'Universo, ma è veramente così?

Stiamo cercandola anche da qualche altra parte nell'Universo...

Fino ad ora, nessun risultato...

Perchè?

Perchè dovremmo cercare

- ·Motivi filosofici: cercare di rispondere ad un interrogativo posto da migliaia di anni
- La ricerca della vita è un argomento astrofisico leggittimo. Capire l'origine della vita ha la stessa difficoltà e pone sfide analoghe a quelle che bisogna affrontare per capire l'origine dell'universo

Alcune domande fondamentali:

Come è nato l'universo?





Da dove viene la Terra?

Come e quando l'uomo è apparso sulla Terra?



Quale è il nostro rapporto con l'Universo?

Le parti del tutto

 L'universo non è semplicemente un sistema fisico come gli altri, seppure molto più vasto: esso è sostanzialmente diverso nella sua natura rispetto a una qualsiasi delle parti che lo compongono

· Dennis Sciama

Problema statistico:

L'unico pianeta in cui possiamo osservare la vita è la Terra

Non abbiamo altri termini di confronto...

Quindi...

Cerchiamo di capire come è andata qui da noi...

Lo sviluppo della vita

- ·Insorgere della vita
- · Modalità dell'evoluzione
- · Arricchimento epigenetico



"Descendant with modification":

è vita tutto quello che si riproduce fedelmente, ma che
puo' comunque cambiare e sottostare

all'evoluzione darwiniana

...come ogni definizione di vita ha i suoi difetti (ad esempio, in questo modo i virus informatici polimorfi sono vivi!)

Astrobiologia

L'astrobiologia è fortemente multidiscipi

- Contributi da:
 - Chimica, Biologia, Astronomia, Geologia, Climatologia...
- Difficoltà dell'approccio multidisciplinare
 - Necessità di far interagire esperti di aree scientifiche molto diverse, spesso non comunicanti
 - Attualmente la figura dell' 'astrobiologo' professionale è rara: nessuno è in grado di avere tutte le conoscenze delle diverse aree.
 - Vantaggi dell'approccio multidisciplinare
 - Spesso le grandi scoperte scientifiche sono state fatte mettendo in comunicazione risultati scientifici provenienti da diverse aree



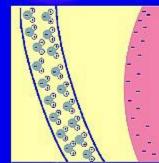
Esobiologia

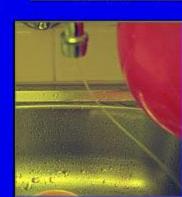
Scienza che si occupa di comprendere i meccanismi di (probabile) sviluppo della vita al di fuori della Terra

Tentativo di risolvere il problema statistico

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.



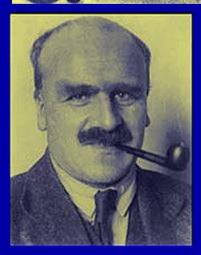


Primi lavori scientifici sull'origine della vita

- Anni 20 del novecento
 - Approccio laico e meccanicistico in opposizione al creazionismo biblico
 - La vita come fenomeno chimico-fisico
- Primi lavori fondamentali sull'origine della vita
 - Aleksander I. Oparin (1894-1980)
 - Articolo del 1924, Libro del 1936
 - John B.S. Haldane (1892-1964)
 - Articolo del 1929
- L'ipotesi dei "coacervati" (Oparin)
 - Macromolecole in soluzione acquosa
 - Goccioline con pellicola esterna capaci di suddividersi
 - Similitudine con "protocellule"



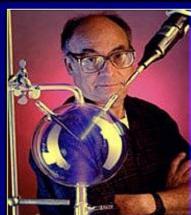




1953: "Annus Mirabilis" biologia

- 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: NH₃ CH₄ H₂O H₂
 - Punto di partenza sperimentale per gli studi sull'origine della vita terrestre
 - Negli anni sessanta si susseguono esperimenti di atmosfere terrestri simulate più realistiche





Processi energetici negli organismi terrestri • Fonti di energia

- L'esistenza di fonti di energia è una condizione necessaria per la vita
 - I sistemi viventi hanno bisogno di un flusso di energia
 - Per auto-organizzarsi, mantenendo un basso livello di entropia
 - Per svolgere lavoro
 - Distinzione degli organismi terrestri sulla base della fonte di energia
 - Autotrofi
 - Ricavano energia autonomamente a partire dalla luce solare o da reazioni di ossidoriduzione di composti abiotici
 - Eterotrofi
 - Usano molecole organiche ad contenuto di energia prodotte forme di vita autotrofe





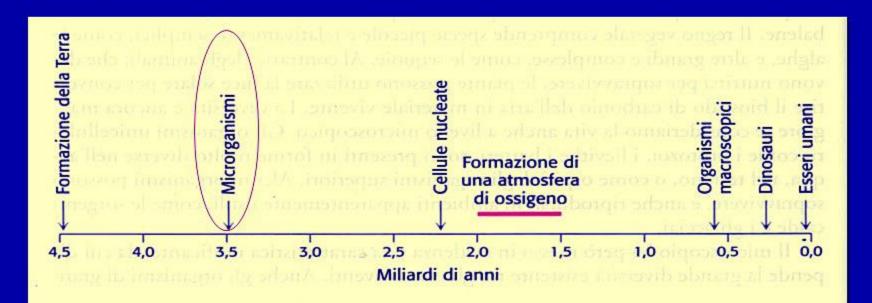
Organismi estremofili

- Vengono classificati a secondo della loro capacità di adattamento a una particolare caratteristica fisica o chimica
 - microrganismi adattati a valori estremi di:
 - Temperatura
 - Termofili & ipertermofili
 - Psicrofili
 - pH
 - Acidofili, alcalofili
 - Pressione
 - Barofili
 - Salinità
 - Alofili
 - Umidità
 - Xerofili
 - Radiazioni ionizzanti
 - Radioresistenti



Evoluzione della vita sulla Terra

- Nei primi 3 miliardi di anni solo microrganismi
 - Tracce fossili dell'evoluzione necessariamente molto scarse
- Da circa 650 milioni di anni anche organismi complessi
 - Abbondanza di reperti fossili da 540 milioni di anni

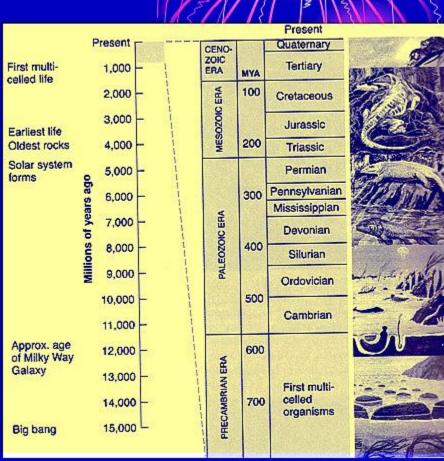


Dagli organismi multicellulari alle forme di vita più complessi

 Circa 700 milioni di anni fa compaiono i primi organismi pluricellulari

La loro formazione ha quindi richiesto all'incirca 3 miliardi di anni a partire dall'apparizione delle prime forme di vita

- Nel periodo Cambriano si sviluppano molto rapidamente tutte le speci attuali
- Gli organismi autocoscienti compaiono pochi milioni di anni fa (?)
 - Circa 3 miliardi e mezzo di anni dopo i primi organismi unicellulari



L'Universo ci odia?

L'Universo crea la vita con il fine ultimo di distruggerla?

pare di si...

Non può fare altrimenti...

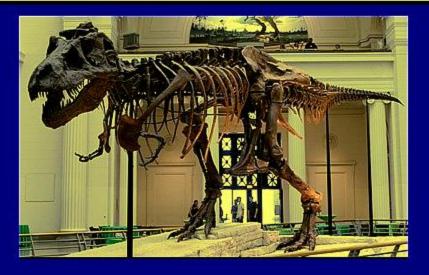
Entropia...
Il secondo principio della
Termodinamica non perdona
nessuno...

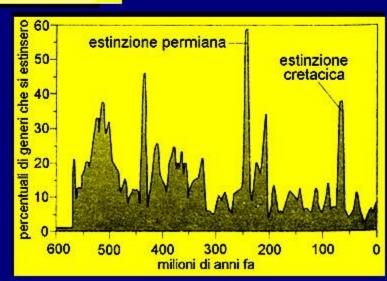
Nemmeno l'Universo...

Estinzioni di massa

 Le maggiori intervallate di circa 100 milioni di anni

Nome estinzione	Età (Ma)	Specie estinte	
Precambriano	~650	~70%	
Tardo Precambriano (periodo Vendiano)	~610	incerta	
Inizio del Cambriano (limite Botomiano-Toyoniano)	510-530 490-510	incerta incerta	
Tardo Cambriano			
Tardo Ordoviciano (limite Ordoviciano-Siluriano: O-S)	~440	~85%	
Tardo Devoniano (limite Frasniano-Frammeniano: F-F)	~365	~72%	
Permiano medio-sup. (Capitaniano-Wuchiapingiano: C-W)	~265	incerta	
Fine Permiano (limite Permiano-Triassico: P-T)	~250	~90	
Fine Triassico (limite Triassico-Giurassico: T-J)	~200	~80	
Fine Cretaceo (limite Cretaceo-Terziario: K-T)	~65	~62	





Fenomeni di origine astronomica che hanno influenzato l'evoluzione della vita sulla Terra

Esplosioni di supernovae viciné

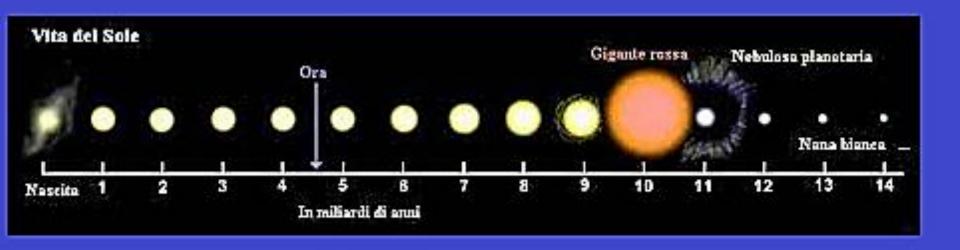
- Entro ~ 10 pc dalla Terra l'esplosione di una supernova avrebbe effetti biologici catastrofici
- Lo strato di ozono atmosferico verrebbe distrutto
 - La ionosfera potrebbe portarsi fino al livello del suolo
- Quanto spesso potrebbe succedere?
 - Circa una supernova ogni 300 milioni di anni entro
 10 pc di distanza
 - Considerate le incertezze, non è chiaro se una supernova possa aver causato una delle estinzioni di massa degli ultimi 540 milioni di anni
- Sicuramente alcune supernove con forti effetti biologici sono esplose durante i 3,5 miliardi di anni di evoluzione della vita sulla Terra





mala tempora currunt, sed pejora parantur...

Evoluzione del Sole



Quanto durerà la vita sulla Terra?

Adriano Gaspani
I.N.A.F. - Istituto Nazionale di Astrofisica
Osservatorio Astronomico di Brera - Milano
adriano.gaspani@inaf.it

Introduzione

Prima di affrontare qualsiasi speculazione in merito alla durata della vita sulla Terra è necessario fare alcune considerazioni di natura temporale. In primo luogo sappiamo che l'età attuale della Galassia è dell'ordine dei 10 miliardi di anni, mentre l'età dell'Universo è invece dell'ordine dei 13.7 miliardi di anni. Quando una galassia come la nostra si è formata, la sua composizione chimica prevalente era data dall'idrogeno che risulta anche essere il componente fondamentale delle stelle che si formarono all'interno di essa. La formazione delle stelle è un processo continuo che avviene all'interno delle galassie e

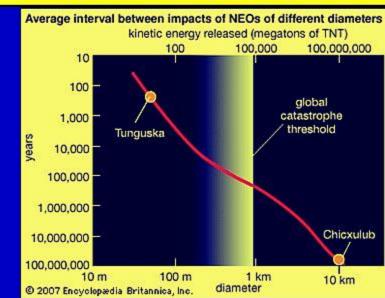
fine della vita sulla Terra

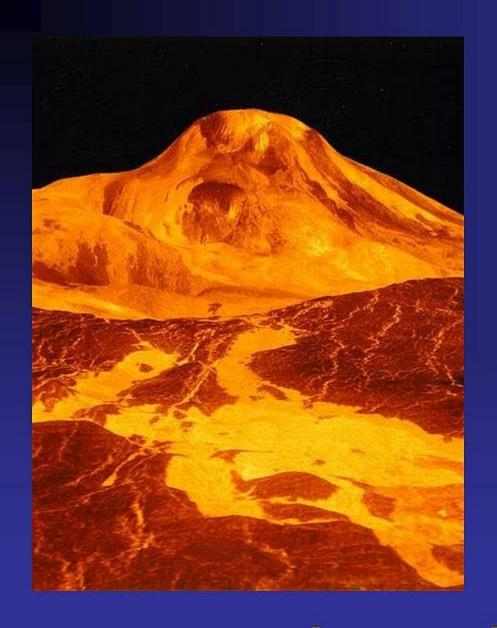
Collisioni con corpi mino del Sistema Solare

- Effetti biologici dell'impatto
 - Nube di polveri su scala planetaria blocca la fotosintesi per vari mesi
 - Organismi dipendenti dalle piante nella loro catena alimentare si estinguono
- Esistono esempi plausibili?
 - C'è un certo consenso riguardo l'estinzione alla fine del Cretaceo
 - Strato ricco di iridio antico 65 milioni di anni trovato in molti siti terrestri
 - Eruzioni vulcaniche concomitanti
- Possono avere influito sull'evoluzione?
 - Molto probabile (liberazione di nicchie ecologiche)
 - Più frequenti nel passato del Sistema Solare

Tab. 7.2 Età di grandi crateri da impatto trovati sulla Terra, in ordine decrescente di diametro.

Nome cratere	Età (Ma)	Diametro (km)	Yucatan (Messico)	
Chicxulub	64,98	100		
Manicouagan	214 ± 1	100	Quebec (Canada)	
Morokweng	145 ± 3	100	Sud Africa	
Popigai	35 ± 5	100	Russia	
Chesapeake Bay	35,5 ± 0,6	95	Virginia (USA)	
Puchezh-Katunki	220 ± 10	80	Russia	
Siljan	368 ± 1,1	55	Svezia	
Tookoonooka	128 ± 5	55	Queensland (Australia)	
Charlevoix	357 ± 15	54	Quebec (Canada)	
Kara-Kul	25	52	Tagikistan	
Montagnais	50,5 ± 0,76	45	Nova Scotia (Canada)	
Araguainha Dome	249 ± 19	40	Brasile	
Carswell	115 ± 10	39	Saskatchewan (Canada	
Manson	65,7 ± 1	35	Iowa (USA)	
Clearwater Lake West	290 ± 20	32	Quebec (Canada)	

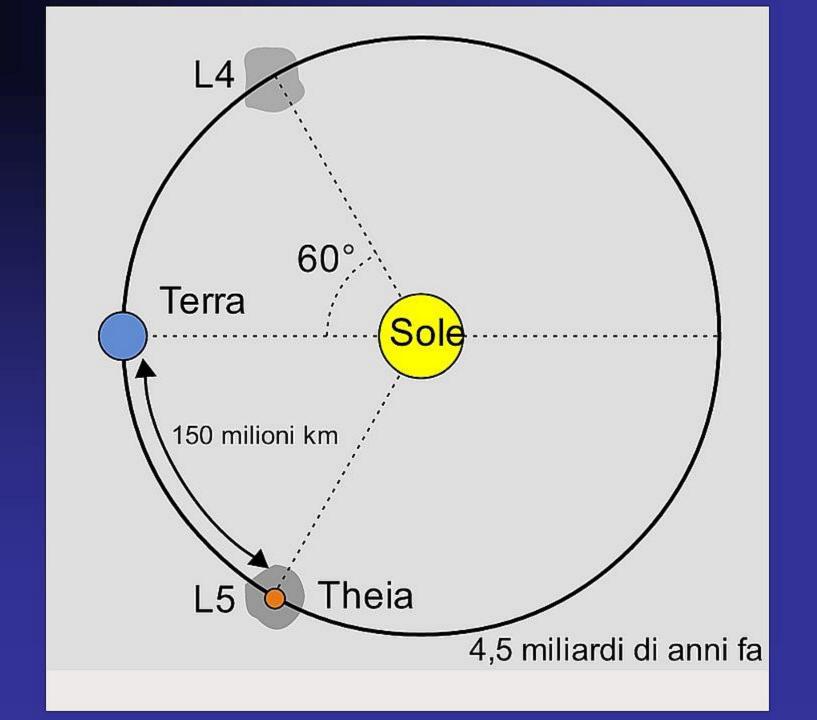


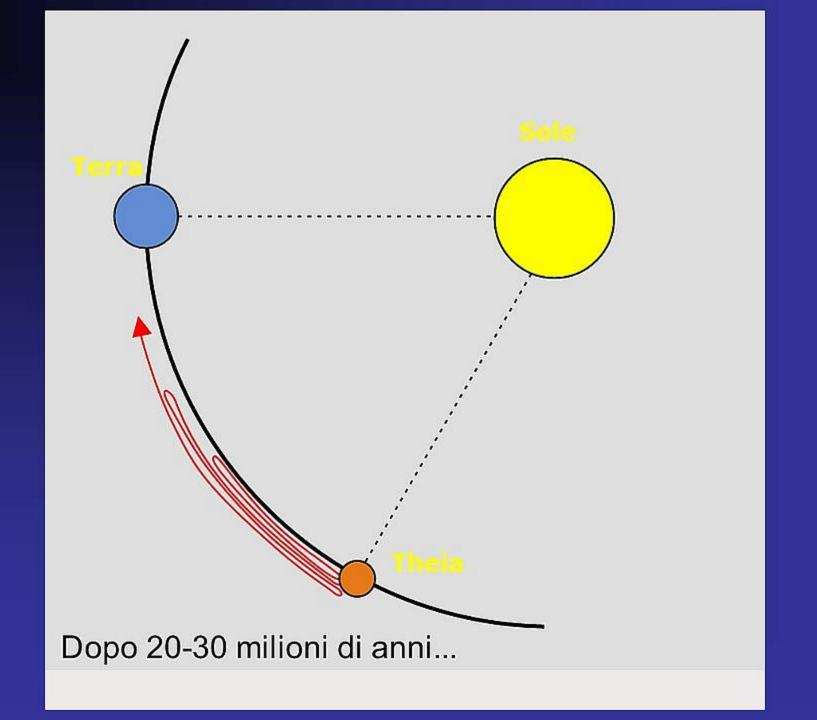


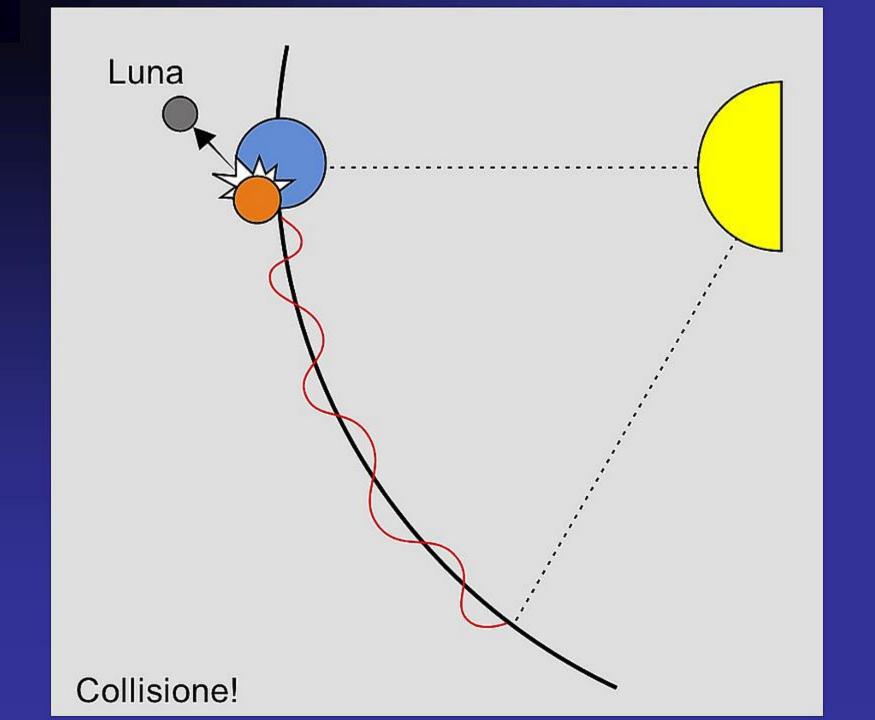
L'aspetto della Terra
primordiale era
completamente diverso da
quello attuale: era
incredibilmente
CALDA.

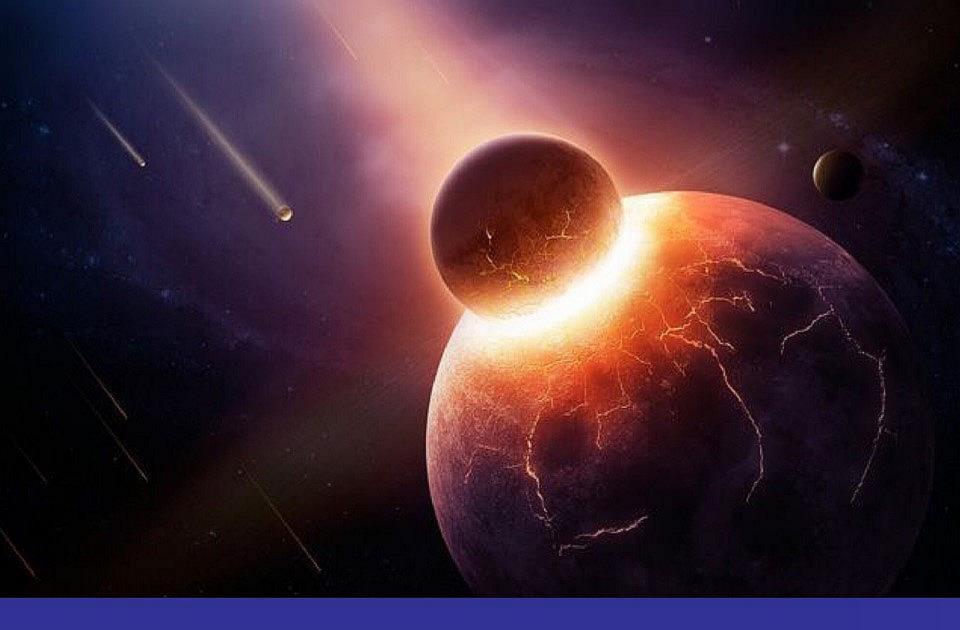
Una sfera di roccia fusa, a causa dell'enorme calore sviluppatosi dalla collisione dei materiali, che si andavano aggregando, e dal decadimento degli atomi radioattivi.

...poi succede qualcosa...









Theia impatta con la proto-Terra

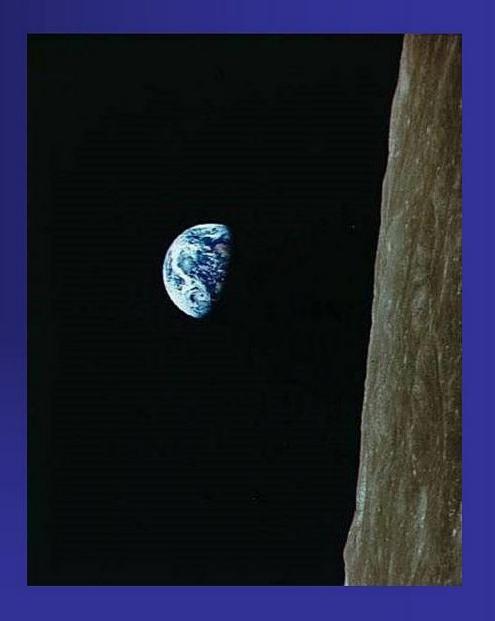
ecco il cratere d'impatto...



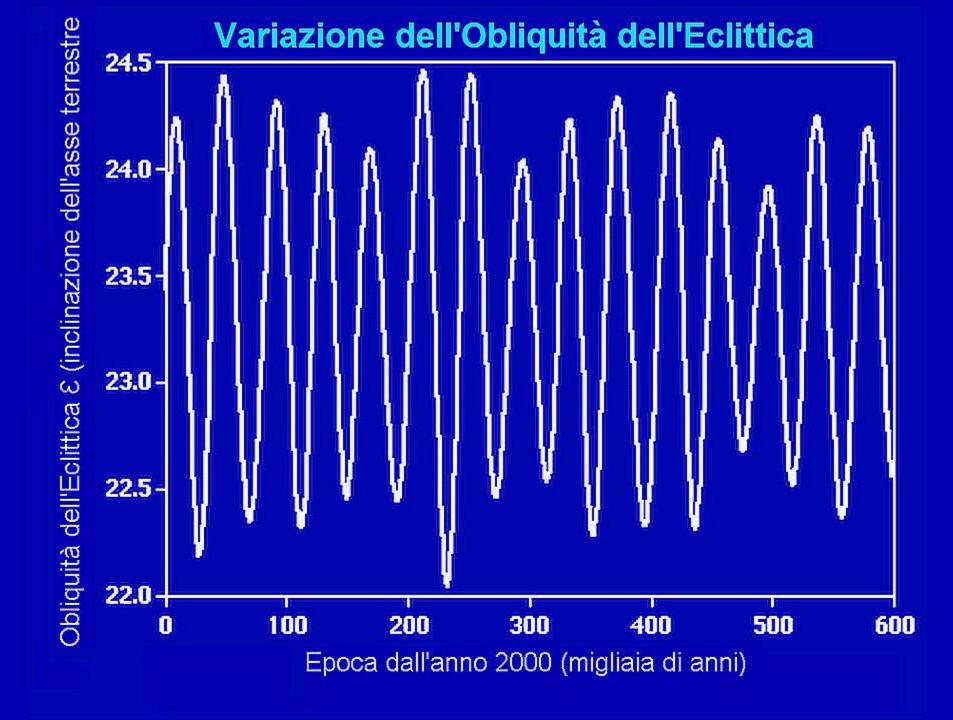
Nei milioni di anni che seguono, la temperatura della superficie terrestre si abbassò lentamente, consentendo alla superficie di solidificarsi.

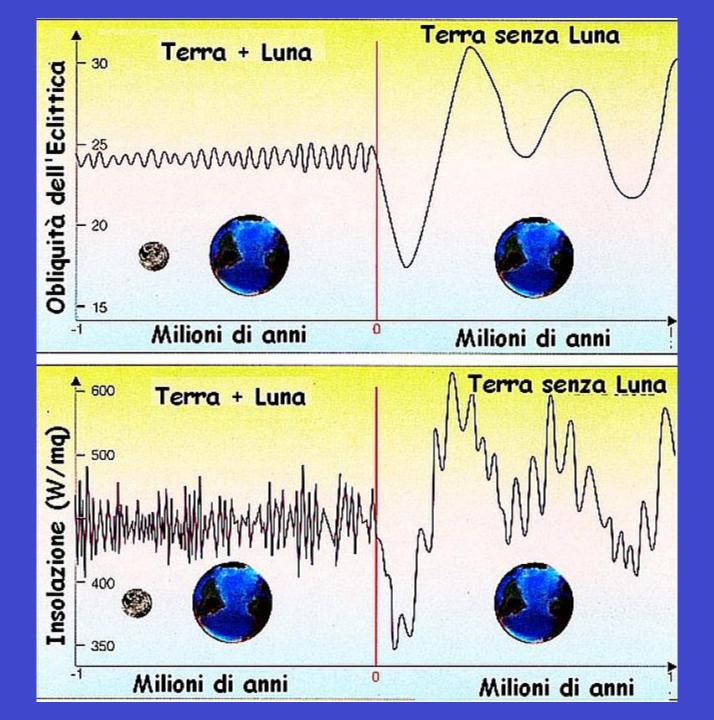
Un ulteriore abbassamento della temperatura determinò la condensazione del vapore acqueo e la formazione degli oceani.

La Terra divenne blu.

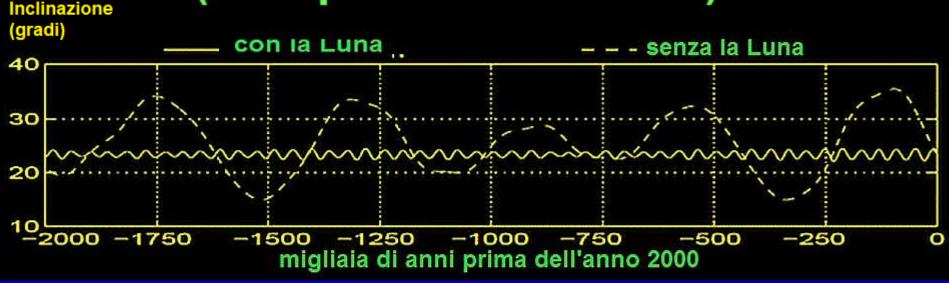


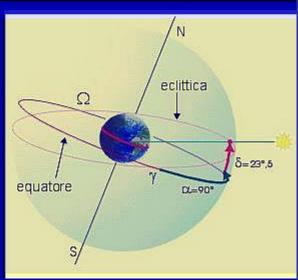






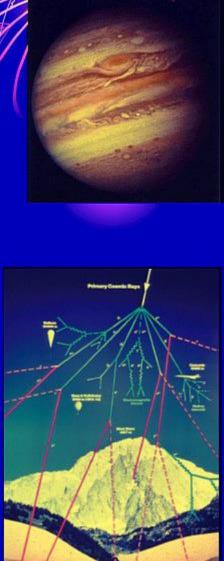
L'inclinazione dell'asse della Terra (Obliquità dell'Eclittica)





Ipotesi Rare Earthy

- La vita evoluta potrebbe essere rara...
- Ricerca di caratteristiche astrofisiche peculiari della Terra. ...ce ne sono? \$!!
- 1. La Terra e' un pianeta doppio: (Terra + Luna) stabilizzazione asse
- 2. La Terra ha tettonica a placche: stabilizzazione clima, campo magnetico
- 3. Oceani: non troppi ne troppo pochi
- 4. Giove scherma da impatti ma non perturba l'orbita
- 5. "wildcards": snowball earth, effetto serra globale, esplosione cambriana...



Condizioni per lo sviluppo della vita

- Tipo di stella
 - •Spettro di radiazione, età sulla sequenza principale
- Distanza pianeta-stella
 - Posizione rispetto alla zona abitabile circumstellare
- Eccentricità dell'orbita
 - Stabilità del sistema planetario
- Massa del pianeta
 - Tipo terrestre o gigante
- Densità media del pianeta
 - Tipo di pianeta (roccioso, gassoso)
 - Possibilità di trattenere un'atmosfera
- Nei prossimi anni non solo ci sarà un aumento della statistica, e quindi della probabilità di trovare pianeti abitabili, ma si potranno anche studiare le <u>atmosfere dei</u> <u>pianeti</u>

Il clima e l'abitabilità

- La temperatura effettiva della Terra, dato il bilancio energetico, dovrebbe essere
 -18°, invece è +15°
- La differenza sta nella presenza dell'atmosfera (effetto serra...)
- In passato il problema era ancora maggiore! (Faint Young Sun Paradox)

Potenziali tipi di habitat nell'Universo

- Zona abitabile nell'Universo
 - Ambiente astronomico capace di ospitare forme di vita
 - Concetto in via di definizione attualmente utilizzato con diversi significati in diversi ambiti di studio
 - La definizione di vita è essenziale per definire il concetto di abitabilità
 - In mancanza di una definizione chiara di vita, gli studi attuali di abitabilità prendono principalmente in considerazione la vita di tipo terrestre
- Abitabilità per vita di tipo terrestre
 - Principali ingredienti/condizioni necessarie
 - Disponibilità di elementi biogenici (H, C, N, O, ...)
 - Possibilità di esistenza di acqua allo stato liquido
 - Disponibilità di fonti di energia adeguate a sostenere la vita
 - Esistenza di un ambiente fisico adeguato
 - Pianeti o satelliti con condizioni climatiche adatte
 - Ambiente interplanetario/interstellare con condizioni fisiche non ostili

Riassumiamo...

- La vita sulla Terra nasce presto (come?), ma la vita complessa si sviluppa tardi
- Estinzioni di massa probabilmente causate da eventi astronomici
- Importante l'ambiente astronomico per la possibilita' di sviluppare la vita
- Ricerca di vita fuori dalla Terra in corso: trovarla avrebbe conseguenze fondamentali.
- Lo studio della vita sul nostro pianeta, dell'interazione di essa con il resto dell'Universo e la ricerca di ambienti abitabili e di vita fuori dalla Terra stanno solo ora venendo a costituire una nuova scienza. Ma in molti campi, la ricerca sta muovendo i suoi primi passi, e nessuno puo' padroneggiare a livello tecnico tutto il sapere scientifico coinvolto
- la vita extraterrestre forse esiste, ma per ora non abbiamo evidenze sperimentali quindi bisogna affidarsi al calcolo delle probabilità e ai modelli di simulazione...

AUTORGANIZZAZIONE

Formazione di strutture ordinate in sistemi fuori dall'equilibrio

PRIGOGINE-STENGERS

CASO E MUTAZIONE

Il solo caso, libertà assoluta ma cieca, è alla radice dell'evoluzione: la vita ne è un semplice frutto, scaturito dal nulla.

MONOD

Il problema combinatorio

Qual è la probabilità che, collegando a caso degli aminoacidi, si ottenga una proteina con specifiche proprietà enzimatiche?

1 su 10³⁰



Quanto tempo occorre perchè si formi un DNA sulla base di tentativi casuali?

1 miliardo di anni

Si da per scontato che la vita debba svilupparsi nell'Universo, ma è veramente così?

In realtà il problema dello sviluppo della vita nell'Universo è marginale...

Che dire della vita intelligente?

L'illustre radioastronomo Francis Drake ha cercato di valutare il numero di civiltà intelligenti con cui potremmo entrare in contatto.



(1930-2022)

"Settecento miliardi di galassie, e in ognuna di esse da cento a quattrocento miliardi di stelle. Come pensare che tutto questo sia solo per noi?..."

Nel 1961, l'astronomo Frank Drake suggerì una formula per ragionare sulla diffusione della vita nella nostra Galassia.

L'equazione di Drake fornisce un modo per stimare il numero di mondi della Via Lattea che potrebbero avere vita intelligente e le cui trasmissioni radio potrebbero essere rilevabili dalla Terra.



Drake identificò una sequenza di sette termini, per aiutare a riflettere su ciò che deve verificarsi prima che un pianeta possa essere abitato da una vita civilizzata, in grado di trasmettere segnali elettromagnetici.

L'Equazione di Drake

Per fare una stima, sia pure molto grossolana, di quante civiltà possano attualmente esistere nella nostra Via Lattea, Drake, nel 1961, propose la seguente equazione, diventata ormai famosa, composta dal prodotto di 7 fattori:

$$N = R \cdot fp \cdot ni \cdot fv \cdot fi \cdot fc \cdot D$$

$N = R \cdot fp \cdot ni \cdot fv \cdot fi \cdot fc \cdot D$

- N = numero delle civiltà attualmente presenti nella Via Lattea.
- R = tasso medio di formazione delle stelle durante tutta la vita della Via Lattea, e che si ottiene dividendo il numero di stelle galattiche (circa 300 miliardi) per l'età della Galassia (circa 13.7 miliardi di anni)
- fp = frazione di stelle con un sistema planetario,
- ni = numero di pianeti, in ciascun sistema, in condizioni adatte allo sviluppo della vita,
- fv = frazione di pianeti adatti in cui la vita si sviluppa effettivamente e si evolve verso forme molto complesse,
- fi = frazione di questi pianeti su cui si sviluppano forme di vita intelligente,
- fc = frazione di questi in cui le forme di vita intelligente sviluppano interesse per le comunicazioni interstellari,
- D = durata media di una civiltà tecnologicamente avanzata.

Programmi SETI e CETI

SETI = Search for ExtraTerrestrial Intelligence

CETI = Communication with ExtraTerrestrial Intelligence

Probabilmente il solo tipo di intelligenza extraterrestre che possiamo sperare di scoprire è quella capace di inviare e ricevere segnali radio nello spazio.

Frequenze usate: 1420 MHz (λ = 21 cm) dall'H 1720 MHz (λ = 17,4 cm) dall'OH

Senza alcun risultato...

Il problema dell'origine della vita non è quello del coalescere, più o meno a caso, a un certo istante, di tutti gli indispensabili precursori a formare la prima cellula, ma quello di individuare una lunga catena di passi consecutivi che, a partire da una situazione caotica iniziale, deve portare a quella "macchina per produrre viventi"...

<u>Mario Ageno</u>

Il principio antropico

W

A

P

I valori osservati di tutte le quantità fisiche e cosmologiche non sono ugualmente probabili ma assumono valori ristretti dal requisito che esistano luoghi ove si possa evolvere vita basata sul carbonio e sul requisito che l'universo sia abbastanza vecchio per averlo già fatto.

Grazie per l'attenzione!!