

ALLA RICERCA DI VITA INTELLIGENTE EXTRATERRESTRE: ASPETTATIVE, PARADOSSI, LIMITI INTRISENCI

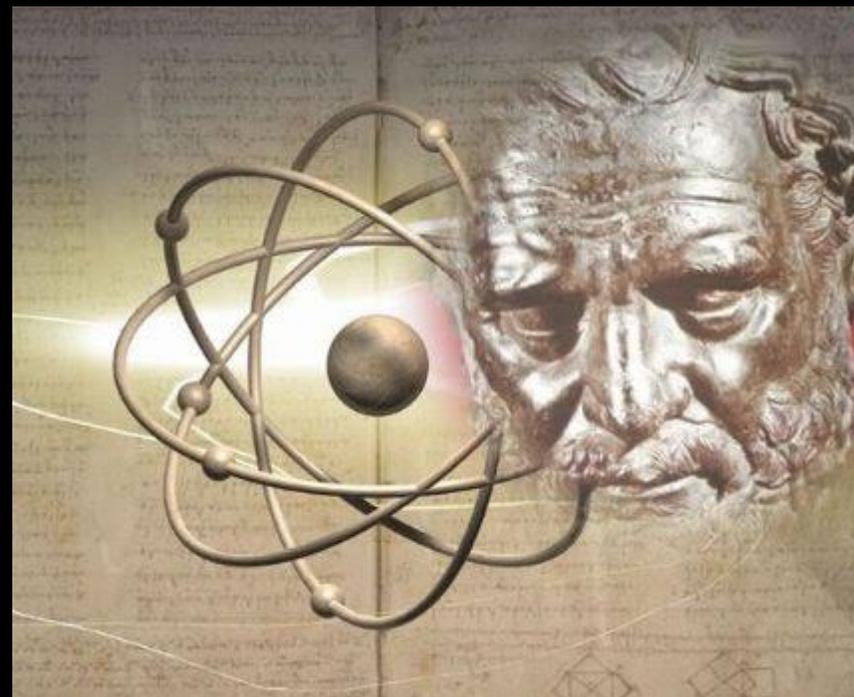
17 Maggio 2024

Sergio Brighel
GACB



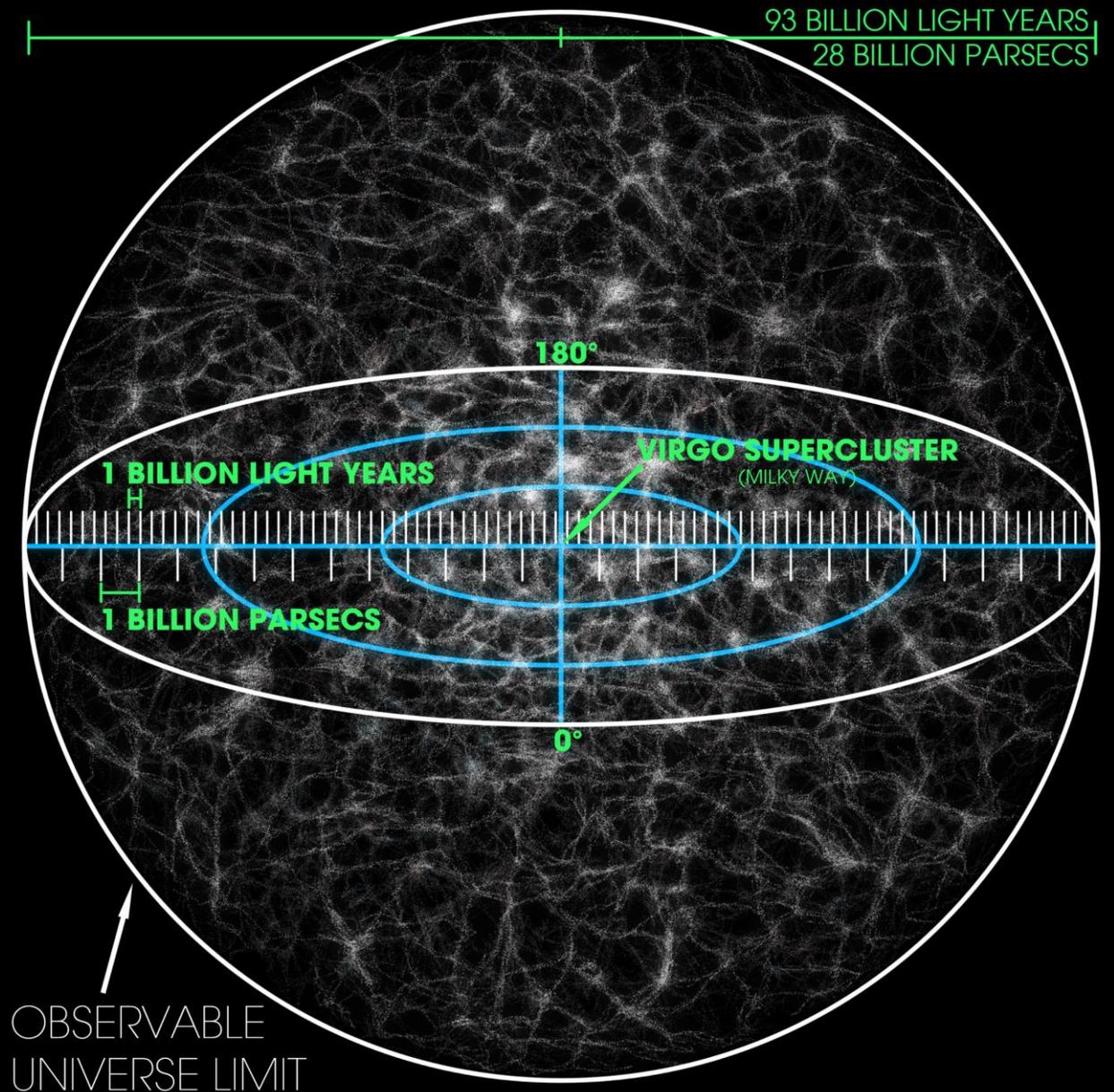
DEMOCRITO

- La convinzione che esistessero altri mondi era collegata con la **teoria atomistica (IV sec. A.C.)**, secondo la quale tutte le cose sono fatte di atomi, incluso il cosmo; **ne consegue che associazioni di atomi simili a quelle che formano la Terra possono verificarsi in altri punti del vuoto.**
- Data l'abbondanza della materia e l'uniformità della natura, la vita e la consapevolezza dovrebbero emergere su altri mondi nello stesso modo in cui sono emerse sulla Terra.
- La vita potrebbe dunque essere una condizione necessaria dell'Universo e delle leggi fisiche che lo governano.
- Un approccio meramente statistico è sufficiente per affermare che la vita sia diffusa nell'Universo?
- Se fosse confermata la presenza di vita, l'intelligenza è una conseguenza ineluttabile?



L'UNIVERSO

- L'universo «osservabile» dalla Terra è una sfera con un raggio di circa 46.5 miliardi di anni luce, sebbene la sua età stimata sia 13.83 miliardi di anni.
- Il diametro di una Galassia tipica è di 30.000 anni luce, e la distanza tipica tra due galassie vicine è di 3 milioni di anni luce.
- Nell'universo osservabile sono presenti circa **2000 miliardi** (2×10^{12}) di galassie e circa **300.000 triloni** (3×10^{23}) di stelle



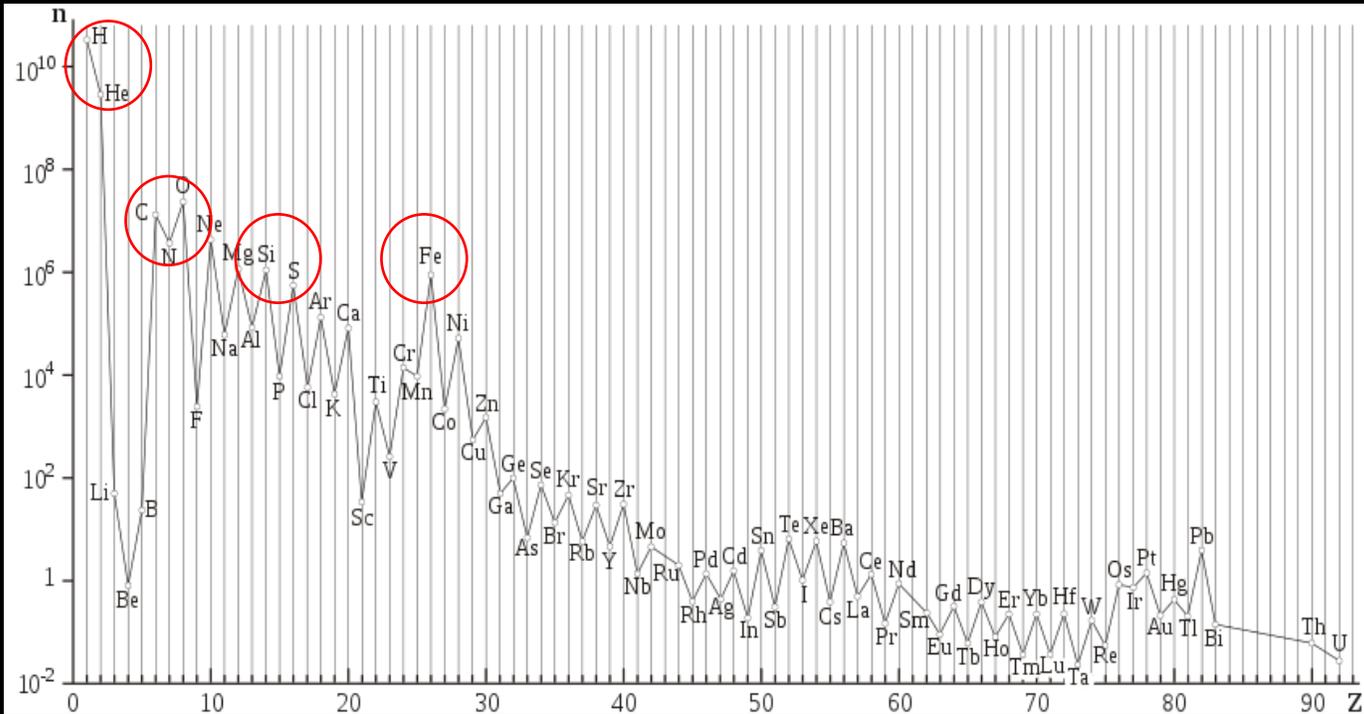
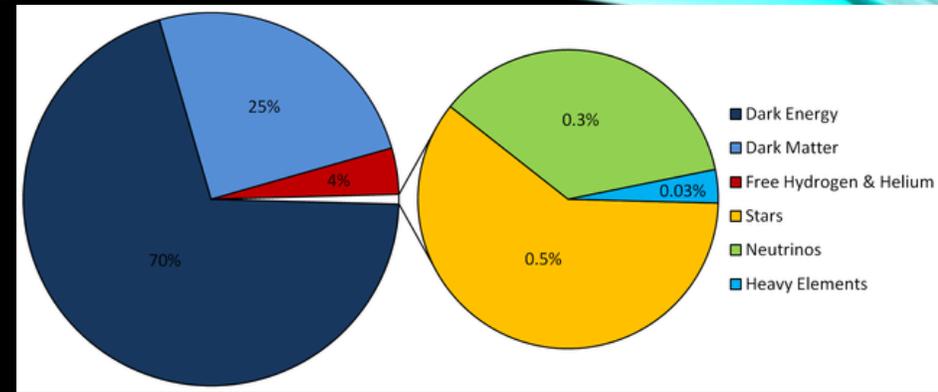
- In questa immagine del telescopio Webb circa 50.000 sorgenti galattiche di luce.
- La velocità di recessione con la quale le galassie si allontanano è causata dall'espansione dell'Universo.
- Più è lontana la galassia osservata, maggiore la velocità di recessione e maggiore è il suo Redshift.
- Recentemente è stata misurato un aumento di velocità di recessione pari a **74,03 km/s** per megaparsec (1Mpc = 3.2614 milioni di anni luce ca.)
- Gli effetti della relatività rendono lo spazio-tempo distorto su scala cosmica.
- **Lo scambio di informazione con altre galassie è dunque impossibile**
- **Le distanze sono inimmaginabili. Ad esempio, la galassia più vicina è M31 Andromeda a 2.5 milioni di anni luce di distanza.**



Effetti di distorsione gravitazionale sulla luce

ABBONDANZA ELEMENTI NELL'UNIVERSO

(LA MATERIA ORDINARIA E' SOLO IL 4.9% DELL'INTERA MASSA DELL'UNIVERSO)



Il corpo contiene circa 60 elementi, che rappresentano un numero totale di atomi di $6,7 \times 10^{27}$. La tabella seguente fornisce una panoramica di tutti gli elementi e della loro abbondanza nel corpo umano!^[2]

Elemento	Frazione di massa (%)	Massa (kg)	Percentuale di atomi	Numero di atomi
Ossigeno	65	43	24	$1,61 \times 10^{27}$
Carbonio	18	16	12	$8,03 \times 10^{26}$
Idrogeno	10	7	63	$4,22 \times 10^{27}$
Azoto	3	1.8	0.58	$3,9 \times 10^{25}$
Calcio	1.5	1.0	0,24	$1,6 \times 10^{25}$
Fosforo	1	0,780	0.14	$9,6 \times 10^{24}$
Potassio	0.25	0,140	0.033	$2,2 \times 10^{24}$
Zolfo	0.25	0,140	0,038	$2,6 \times 10^{24}$
Sodio	0.15	0,100	0.037	$2,5 \times 10^{24}$

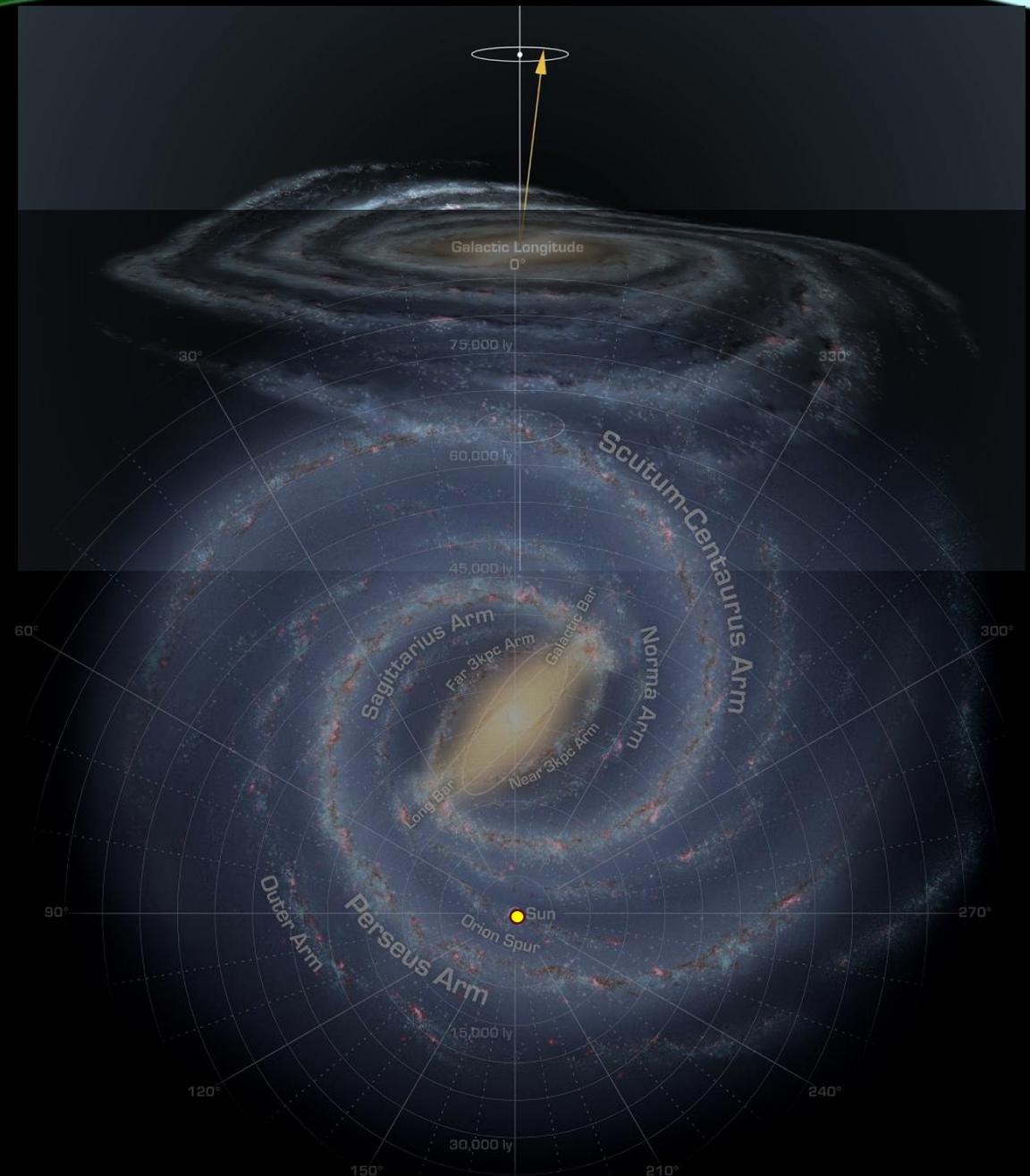
La vita nell'Universo deve soddisfare le leggi della Termodinamica. E' caratterizzata da processi metabolici che coinvolgono l'assunzione di energia dall'ambiente esterno, la sua conversione in forme utilizzabili e l'eliminazione dei prodotti di scarto.

La vita potrebbe dunque essere una macchina spontanea evolutasi per produrre Entropia? **Non ci sono risposte.**

Non conosciamo il dato fondamentale :la probabilità dell'Abiogenesi.

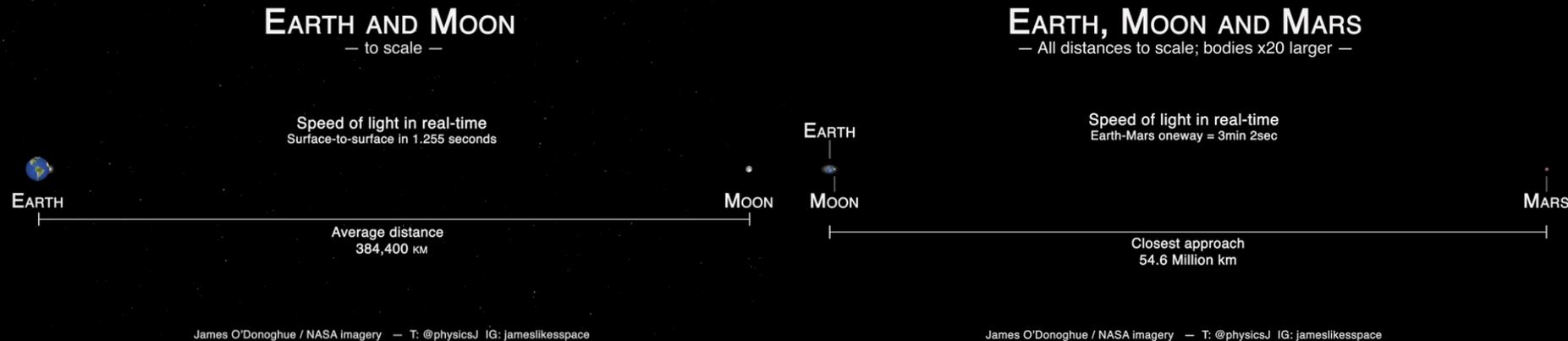
LA VIA LATTEA

- Il disco stellare della Via Lattea ha un diametro di circa 100 000 anni luce e uno spessore medio, nella regione dei bracci, di circa 1,000-2,000 anni luce
- La sua età è stimata tra 6.5 e 10.1 miliardi di anni.
- Le stime sul numero di stelle che la compongono sono varie : da circa **200 miliardi** a **400 miliardi**; Il numero esatto dipende dalla quantità delle stelle di piccola massa, altamente incerto;
- 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.
- Nella regione del sistema solare le stelle sono mediamente distanti **4-5 anni luce** le une dalle altre.



1 anno luce = 9.460 miliardi di km

COMUNICAZIONI : DISTANZA-LUCE



- La relatività ristretta stabilisce che la velocità della luce (e della stessa Gravità) non può essere oltrepassata (circa 300.000 km/s).
- Tuttavia, su scala cosmica la luce è enormemente “lenta”
- È così lenta che occorrono 1.25 secondi per giungere sulla nostra Luna (2.5s tempo A/R)
- Ad esempio, i comandi e i segnali da tutte le sonde inviate verso Marte impiegano dai 3:02 min a oltre 14 min per giungere a destinazione (da 6:04 min a oltre 28 min per A/R).
- Non è dunque possibile una comunicazione in tempo-reale con un “vicino” interstellare.

L'ESPLORAZIONE INTERSTELLARE PRESUMIBILMENTE AVVERRÀ SOLO CON SONDE ROBOTICHE /ROBOT E CON L'INTELLIGENZA ARTIFICIALE

- Le distanze cosmiche sono immense, al di là del comprensibile. Nessun essere organico potrebbe mai sopravvivere ai rigori dovuti al tempo e i pericoli connessi.
- Occorre superare i limiti della propulsione di origine chimica. Annichilazione materia-antimateria? Vento solare, Laser?
- La soluzione logica è affidarsi alle macchine per superare i limiti intrinseci dei meccanismi biologici.
- È dunque plausibile che in un futuro un ipotetico visitatore alieno sia un robot!
- È altrettanto plausibile che uno step successivo per l'evoluzione sia quello di macchine autocoscienti. **Gli esseri umani non sono l'apice dell'evoluzione.**
- È dunque difficile immaginare la veridicità degli Omini Verdi e dei dischi volanti



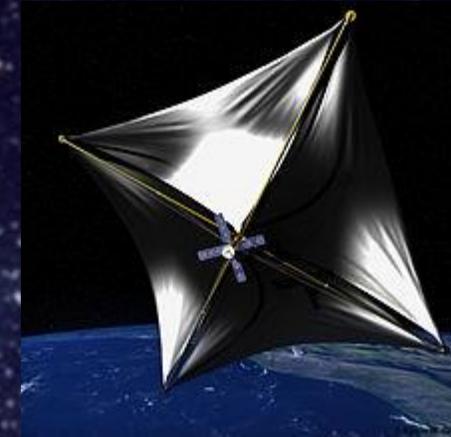
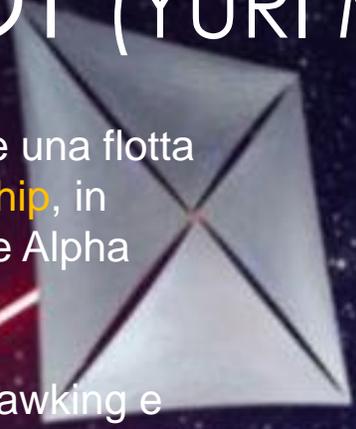
"Paul" 2011



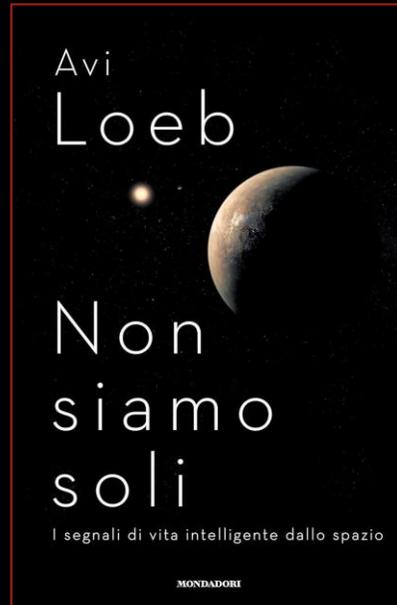
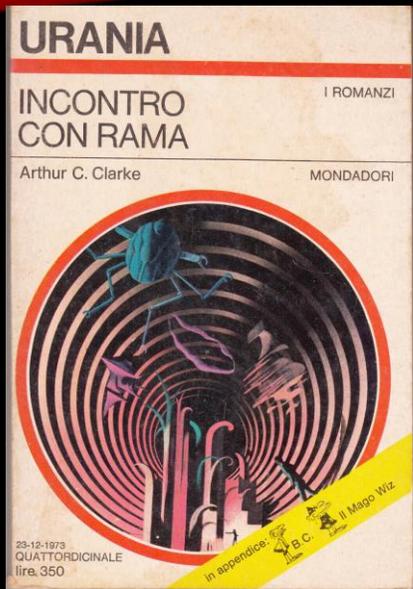
Valkyrie R5 Nasa

PROGETTO STARSHOT (YURI MILNER)

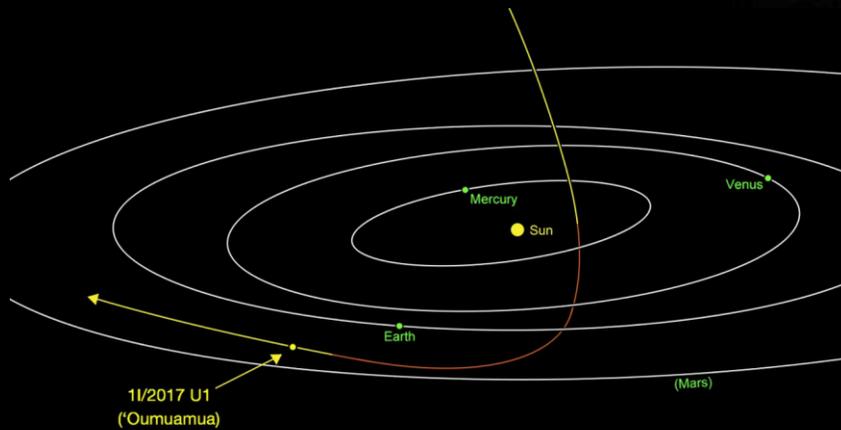
- Breakthrough Starshot è un progetto per sviluppare una flotta di sonde interstellari a vela leggera chiamata **Starchip**, in grado di compiere il viaggio verso il sistema stellare Alpha Centauri a 4,34 anni luce di distanza.
- È stata fondata nel 2016 da Yuri Milner, Stephen Hawking e Mark Zuckerberg.
- Una missione flyby è stata proposta a **Proxima Centauri b**, un esopianeta delle dimensioni della Terra nella zona abitabile della sua stella ospite, Proxima Centauri.
- Sospinta da un array di laser da 100 GW per 10 min, la vela accelererebbe ad una velocità compresa tra il 15% e il 20% della velocità della luce
- In un tempo di circa 20 anni completerebbe il viaggio per poi scattare immagini e raccogliere dati in sole 3 ore di fly-by. Trasmessi alla Terra, impiegherebbero circa 4 anni per essere ricevuti.



ESPLORAZIONE ALIENA ROBOTICA?



18/10/2017 U1 Oumuamua



il primo **oggetto di origine interstellare** identificato mentre attraversava il Sistema solare La cosa più strana di Oumuamua fu la scoperta che il moto nello spazio fra 1,2 e 2,8 au dal Sole era determinato non solo dalla forza di gravità solare, ma anche da una forza non-gravitazionale simile a quella che agisce sulle comete: rivolta principalmente in **senso antisolare** e **inversamente proporzionale al quadrato della distanza**. **L'accelerazione di 'Oumuamua, in base alle piccole dimensioni e alla grande distanza dal Sole, era molto più elevata di quanto ci si potesse aspettare dal modello cometario classico.**

GLI OGGETTI TERRESTRI PIU' LONTANI : VOYAGER I & II

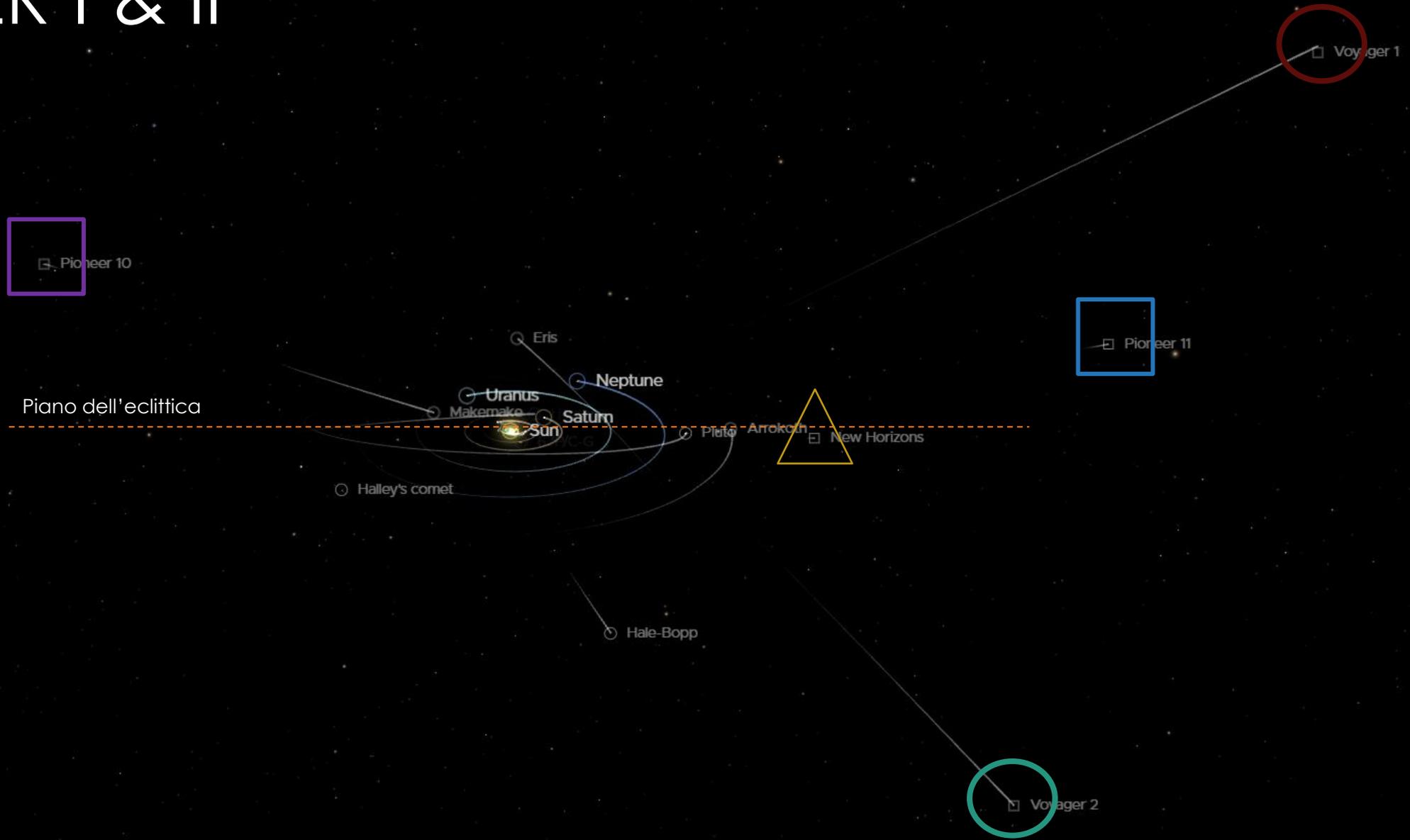
	Voyager 1	Voyager 2
Launch Date	Mon, 05 Sept 1977 12:56:00 UTC	Sat, 20 Aug 1977 14:29:00 UTC
Mission Elapsed Time	46:08:08:17:20:05 <small>YRS MOS DAYS HRS MINS SECS</small>	46:08:23:15:47:05 <small>YRS MOS DAYS HRS MINS SECS</small>
Distance from Earth	24,346,805,074 km	20,361,589,452 km
	162.74833967 AU	136.10881865 AU
Distance from Sun	24,459,925,553 km	20,424,923,986 km
	163.50450337 AU	136.53218385 AU
Velocity with respect to the Sun (estimated)	16.9995 kps	15.3741 kps
One-Way Light Time	22:33:32 (hh:mm:ss)	18:51:58 (hh:mm:ss)

Circa 60,000 Km/h

Istantanea dal sito <https://voyager.jpl.nasa.gov/mission/status/> presa il 14/05/24 alle 08:16

In 46 anni e 8 mesi hanno percorso rispettivamente circa 24.5 e 20.5 miliardi di km (circa 23 ore luce).
La stella piu' vicina, Proxima Centauri si trova a 4.34 anni luce = 41,000 miliardi di km.
Voyager I puo' raggiungerla in circa 80 mila anni...

VOYAGER I & II

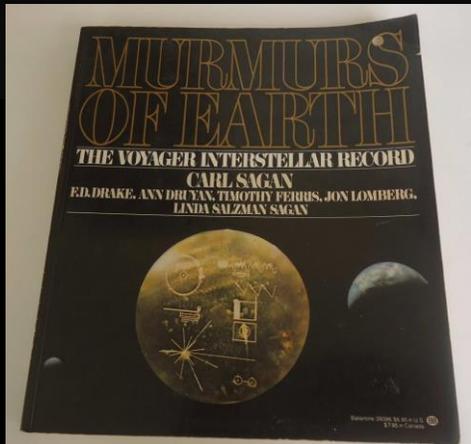
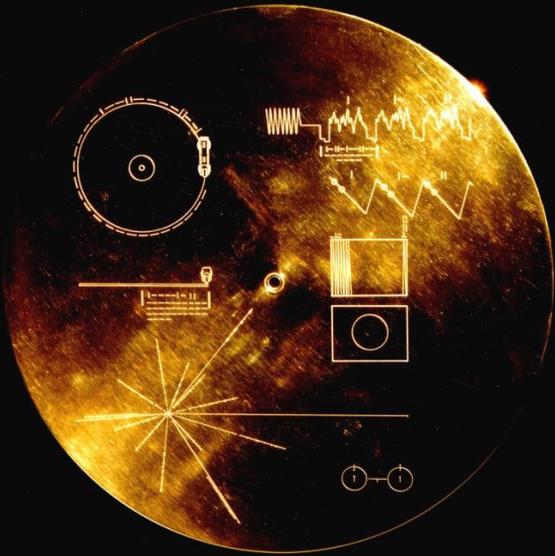


VOYAGER I & II: THE SOUNDS OF EARTH

UNO DEI PRIMI ESEMPIO DI CETI

May 6, 2024

06:11:04 AM
PM



- Saluti dal U.S. President Jimmy Carter
- Saluti da Kurt Waldheim, UN Secretary General
- Lista dei membri del congresso
- Saluti in 55 lingue
- Saluti dalle Balene
- Sounds of Earth
- 90 minuti di musica
- 115 immagini

PRINCIPIO ANTROPICO (CARTER 1974)

- Il modo di vedere pre-Copernicano postula che la Terra si trova al centro dell'Universo e gode dunque di una situazione privilegiata.
- Con Copernico, si può invece sostenere che la Terra non abbia assolutamente niente di speciale, e che la vita (anche intelligente) possa esistere altrove.

Da cui:

Dobbiamo tenere presente il fatto che la nostra posizione nello spazio e nel tempo è **necessariamente privilegiata**, in quanto compatibile con la nostra esistenza di osservatori (cosiddetto «**Principio antropico debole o di mediocrità**» che non esclude vita intelligente di origine più esotica)

L'universo e di conseguenza i parametri fondamentali che lo caratterizzano **devono essere stati tale** da comprendere la creazione di osservatori all'interno di esso ad un certo stadio della sua esistenza (cosiddetto «**Principio antropico forte**»: l'Universo è fatto per la comparsa dell'uomo!)

Il principio antropico sottolinea comunque che viviamo in un Universo che di fatto permette l'esistenza della vita come noi la conosciamo. Noi esistiamo per testimoniare!



SIAMO SOLI? IL PARADOSSO DI FERMI

Il paradosso di Fermi è un costrutto logico che sostiene quanto segue:

- la Terra è più giovane dell'Universo di diversi miliardi di anni e ha avuto bisogno di un certo stadio evolutivo per sviluppare una forma di vita intelligente.
- Se altre civiltà tecnologiche extraterrestri esistessero o sono esistite nelle Galassia, almeno una dovrebbe aver sviluppato e intrapreso il viaggio / la colonizzazione interstellare
- **Tuttavia non ne vediamo!** (le storie di UFO sono per la maggior parte spiegate da cause "terrestri" o "umane", e le tracce di cui parliamo dovrebbero essere archeologicamente visibili e non soltanto fuggevoli apparizioni). **Dove sono tutti quanti?**
- **Pertanto l'ipotesi di partenza è sbagliata, e siamo la sola (o una delle pochissime) civiltà tecnologica (e probabilmente intelligente) nella Galassia!**
- **Sono possibili molteplici risposte possibili al paradosso di Fermi.**

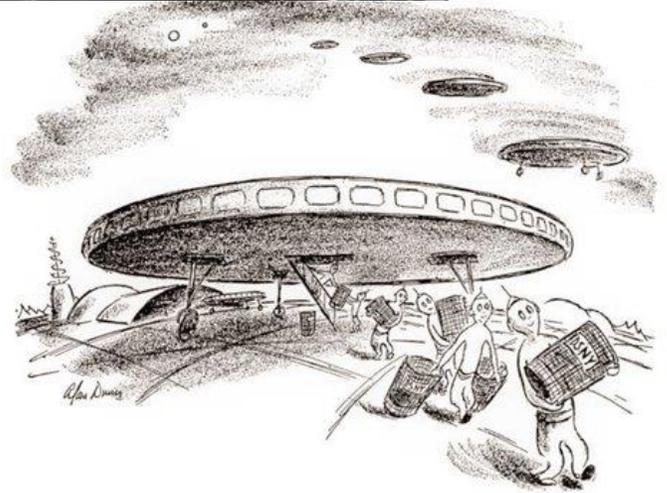
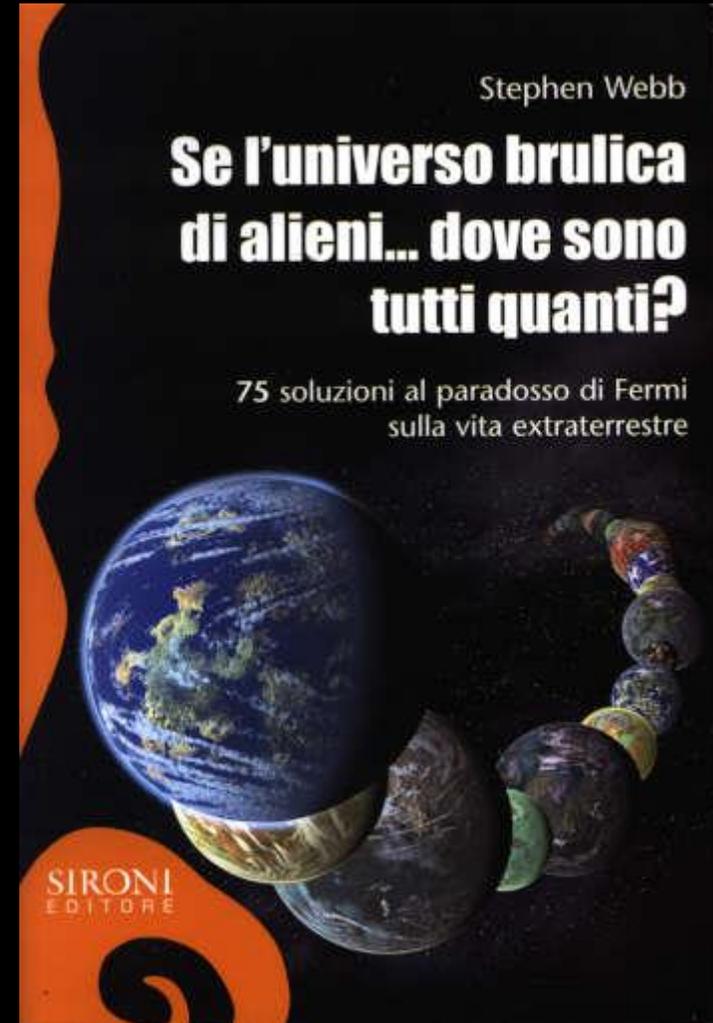


Fig. 2.4 For reasons that make sense only to them, aliens are returning to their home planet with trash cans that are the property of New York's Department of Sanitation. (Credit: The New Yorker Collection 1950, drawn by Alan Dunn, from cartoonbank.com; all rights reserved)

CLASSI DI RISPOSTE PER IL PARADOSSO DI FERMI:

- Non è vero che non ci siano tracce di presenze aliene (o di vita extraterrestre), occorre guardare con più attenzione e con strumenti migliori.
- Gli alieni esistono, ma per qualche motivo non siamo in grado di rilevare la loro presenza o loro non intendono comunicare (ipotesi dello **zoo galattico** o della **foresta nera**)
- Le civiltà extraterrestri non esistono, cioè noi siamo l'unica forma di vita intelligente nella Galassia. (abbandonando dunque il «**principio di mediocrità**»)

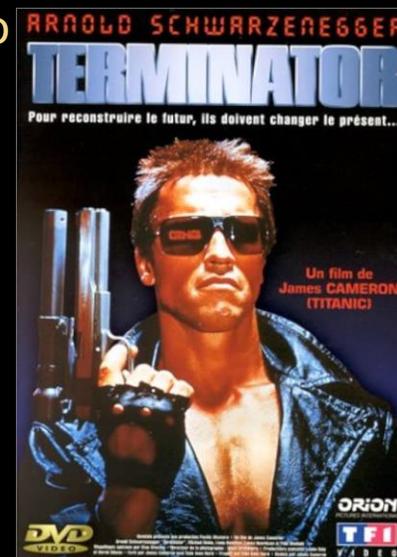


AMMETTIAMO CHE LA GALASSIA SIA PIENA DI VITA INTELLIGENTE. DOVE SONO TUTTI QUANTI?

- Perché non abbiamo ancora rilevato segni di altre civiltà?
I nostri segnali radio sono soltanto arrivati solo a 100 anni luce di distanza (incontrando circa 10,000 stelle) e i manufatti umani più lontani sono solo a 24 miliardi di km. E' forse troppo presto, o troppo tardi?
- Una soluzione per il paradosso di Fermi in questo caso è il **Grande Filtro**.
- Il grande filtro è l'idea che il progresso tecnologico crei tanti problemi quanti ne risolve. Man mano che una società avanza, le minacce possono superare i benefici, con conseguente possibile auto-distruzione totale prima di una spinta espansiva nella Galassia.

Nota: Il primo computer digitale è stato costruito tra il 1939 e il 1946, lo stesso periodo dello sviluppo delle prime armi nucleari.

- L'intelligenza artificiale è stata aggiunta all'elenco delle potenziali minacce: la «soluzione Skynet» al paradosso di Fermi.



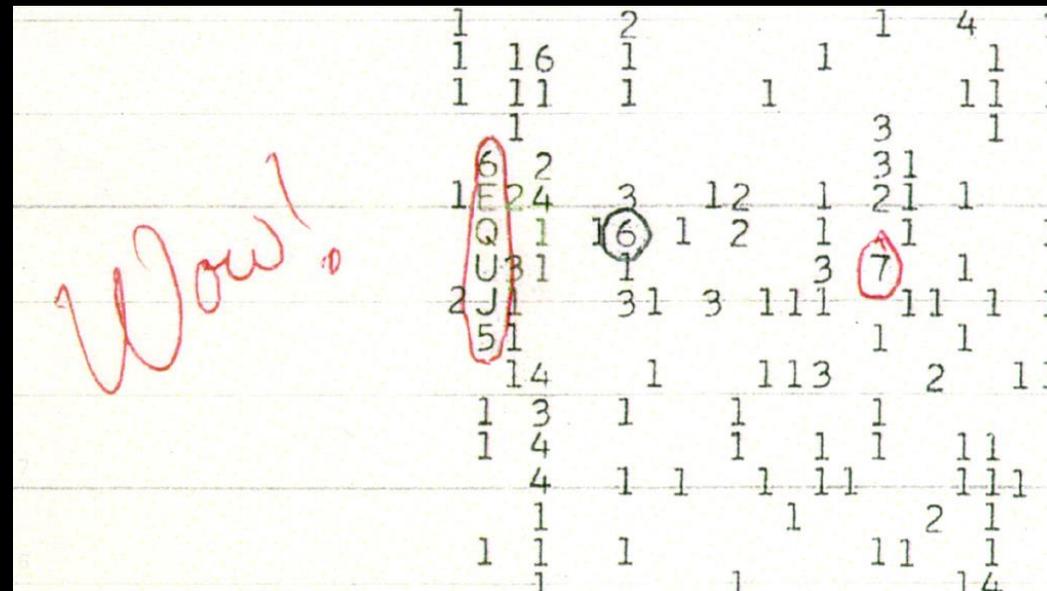
COME CI CAPIAMO? STIAMO COMUNICANDO IN MODO CORRETTO?



"WE SENT A MESSAGE TO ANY EXTRATERRESTRIAL BEINGS IN DEEP SPACE. IT WAS PICKED UP BY AN OBSERVATORY IN GREAT BRITAIN. THEY DIDN'T UNDERSTAND IT."

Abbiamo inviato un messaggio agli extraterrestri. E' stato anche ricevuto da un osservatorio in Gran Bretagna. Non lo hanno capito..

1977: WOW! Signal (Jerry Ehman, Big Ear -OH)

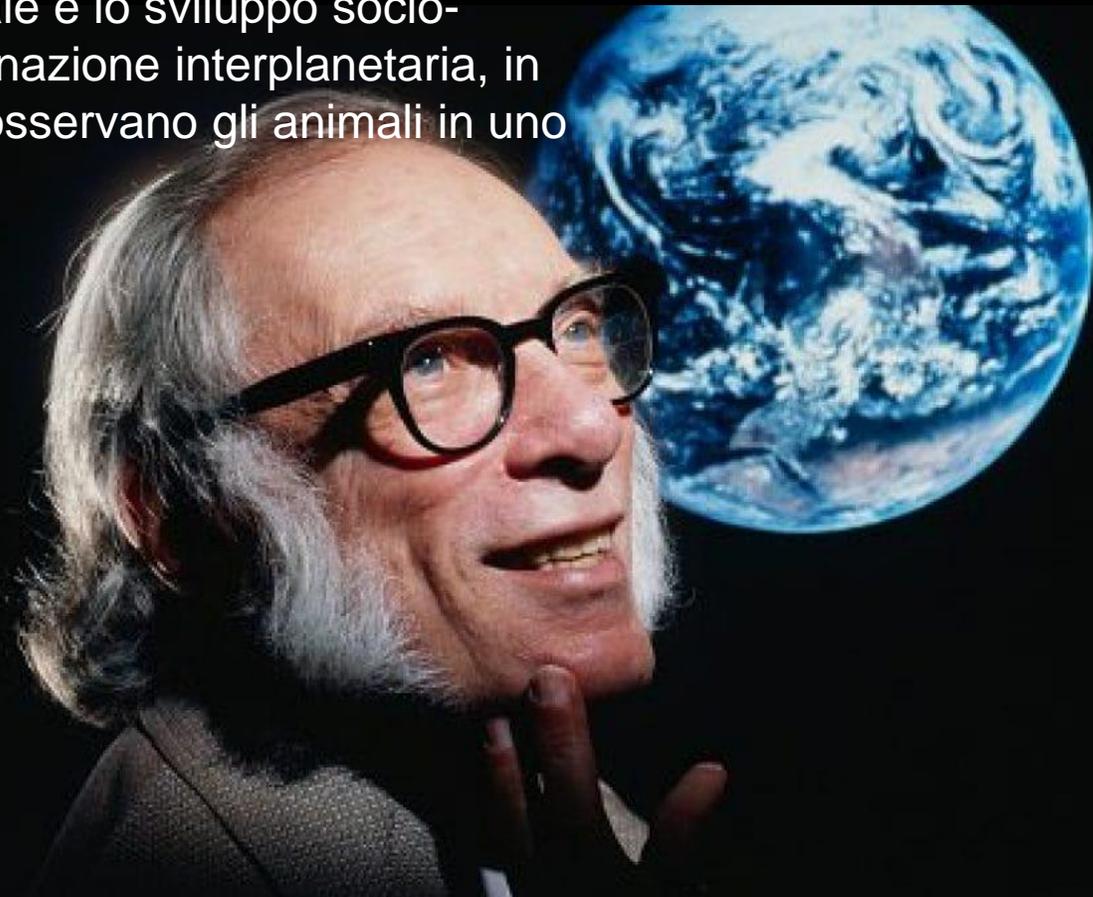


La simultaneità tra Civiltà comunicanti è un grosso problema, considerate le immense distanze interstellari e la durata temporale delle stesse ipotetiche Civiltà prima del grande filtro.

IPOSTESI DELLO ZOO. SIAMO FORSE UNA SPECIE NON ANCORA MATURA?

L'ipotesi afferma che le Civiltà aliene evitano intenzionalmente la comunicazione con la Terra per consentirne l'evoluzione naturale e lo sviluppo socio-culturale, ed evitare la contaminazione interplanetaria, in modo simile alle persone che osservano gli animali in uno zoo.

Isaac Asimov, (1920 -1992), è stato uno scrittore, scienziato biochimico, e divulgatore scientifico statunitense



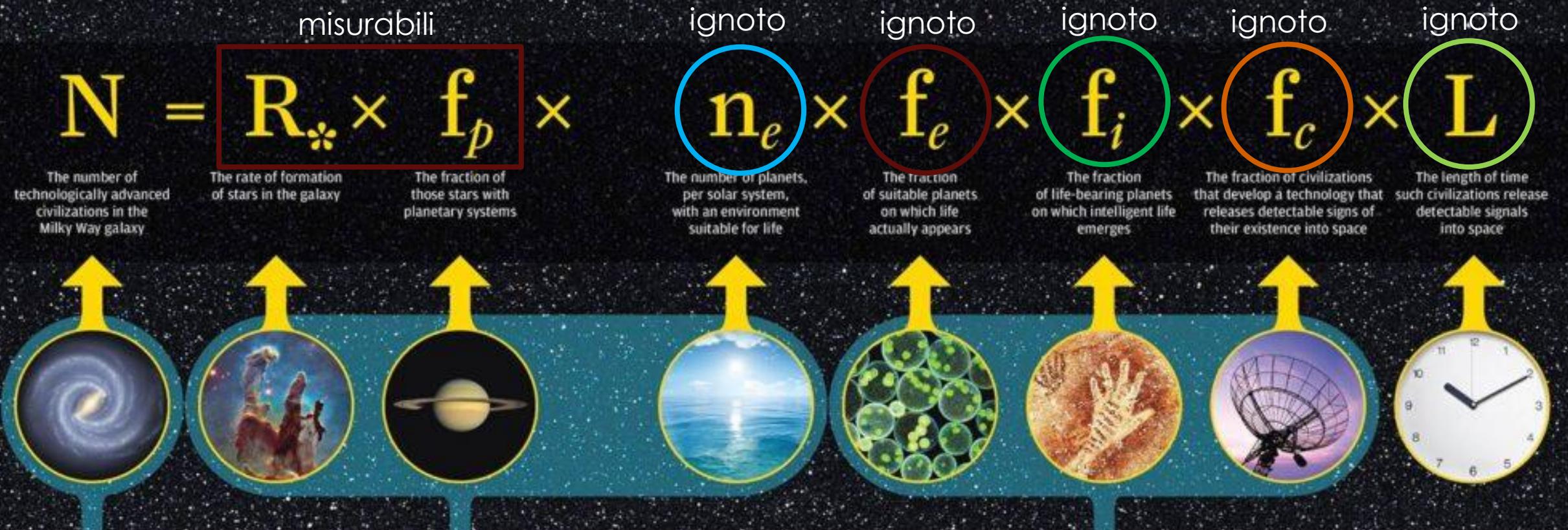
The Drake Equation (1961)

Frank Drake (1930-2022),

Esiste un modo per dedurre se siamo soli nell'Universo?
Il campione di dati a disposizione è singolo: **noi stessi**.

Fu formulata per cercare di definire il problema **del numero di civiltà extraterrestri intelligenti in grado di comunicare nella Galassia**





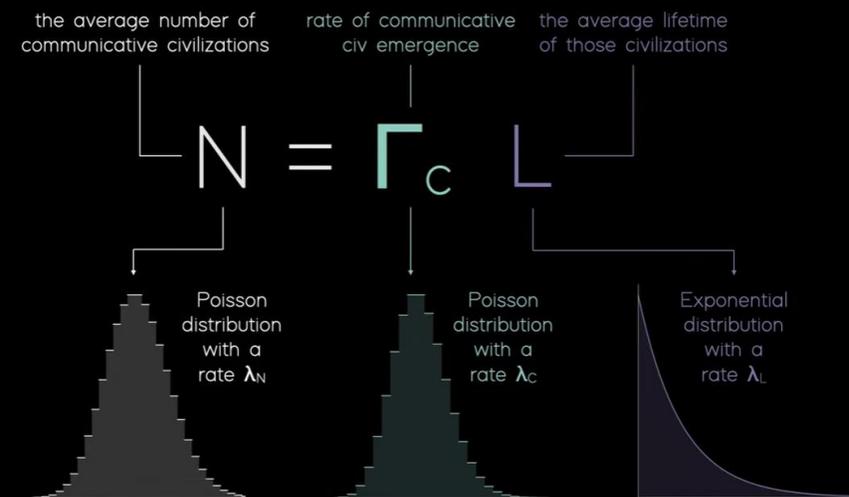
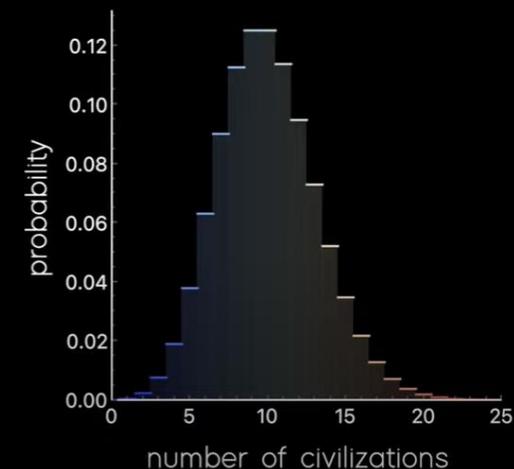
Il primo fattore R^* dovrebbe in realta' tenere conto del ritmo di formazione delle stelle da almeno 4.6 miliardi di anni e non quello attuale

I valori usati da Drake producono un valore $N = 10 \times 0,5 \times 2 \times 1 \times 0,01 \times 0,01 \times 10\ 000 = 10$.

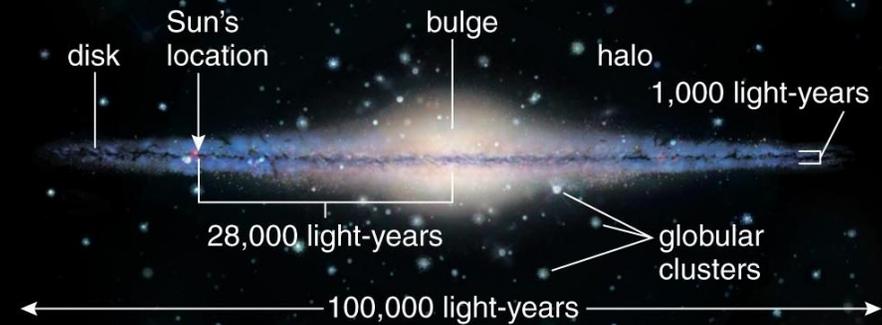
EQUAZIONE DI DRAKE

- Nell'equazione di Drake di quantitativo c'è molto poco, perché è tempo-invariante (epoch problem), non tiene conto del ruolo dei satelliti al di fuori delle zone di abitabilità, della presenza di pianeti Gioviiani, del tipo di stella. La probabilità legata alle variabili coinvolte è talmente vaga che può essere forzata per dimostrare qualsiasi ipotesi preconcepita. Di fatto, l'equazione di Drake non risolve nessuna incognita. Deve essere intesa come «un modo per organizzare la nostra ignoranza» (cit. Jill Tarter)
- Il principale difetto dell'equazione di Drake è la sua mancanza di struttura temporale, cioè non tiene conto dei vari processi evolutivi nel tempo. **Implica un equilibrio costante tra civiltà che nascono e altre che si estinguono in tutte le epoche.**
- Un approccio alternativo è il suo modello stocastico in cui il numero N di Civiltà' è trattato come distribuzione di Poisson e governato dal rapporto tra ritmo medio con cui nuove civiltazioni nascono mentre altre si estinguono (David Kipping 2020)

$$N \sim P_0 \left[\frac{\lambda_c}{\lambda_L} \right]$$



DOVE SONO TUTTI? DISTANZA MEDIA TRA CIVILTÀ NELLA GALASSIA:



- Assumendo una distribuzione uniforme di Civiltà nella Via Lattea (fattore arbitrario) e assumendo $N \geq 1$ (dato che noi esistiamo!) allora:

$$\frac{V_{Galassia}}{N} = \frac{V_{nostra\ sfera}}{1} \text{ da cui: } ET_{Distanza(N)} = \frac{\sqrt[3]{6R_{Galassia}^2 \cdot h}}{\sqrt[3]{N}} = \frac{C}{\sqrt[3]{N}} = \frac{28,845\ L.Y.}{\sqrt[3]{N}}$$

- Sappiamo che esistiamo, quindi $N \geq 1$. Supponiamo quindi di essere soli nella galassia, cioè che $N=1$. Allora la distanza dalla civiltà più vicina a noi è **28,845 anni luce**. Si tratta della distanza tra noi e il centro della galassia. Quindi, questo risultato suggerisce che, se non troviamo alcuna civiltà extraterrestre intorno a noi, dovremmo prima guardare intorno al Centro Galattico.
- Supponiamo poi che $N = 1000$. in questo caso **ET=2,885 anni luce**, non ancora raggiunta dai radiotelescopi. Necessita ALMA o SKA: grandissimi strumenti.
- Supponiamo infine che $N=1000000$, La separazione media è di **ET= 288 anni luce**. Questo è all'interno dell'intervallo (superiore) di distanze che gli attuali radiotelescopi possono raggiungere per le ricerche SETI

EQUAZIONE DI SEAGER



- Invece di cercare segnali ottici o radio che indichino una civiltà extraterrestre, ci si può chiedere se una civiltà abbastanza avanzata potrebbe aver lasciato prove della propria esistenza sotto forma di bio-firme, enormi progetti ingegneristici, scavi minerari su asteroidi o sfere di Dyson.

$$N = N^* \times FQ \times FHZ \times FO \times FL \times FS$$

dove:

N = numero dei pianeti con riconoscibili segni di vita

N* = il numero delle stelle osservate

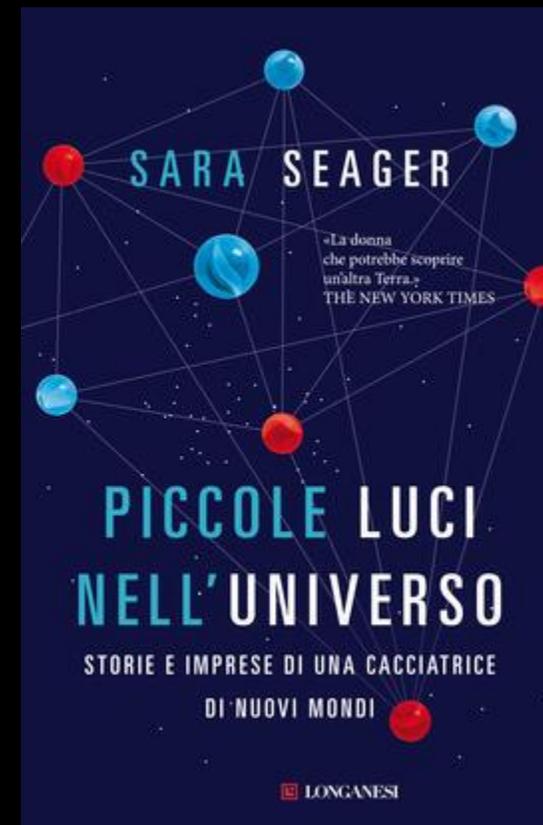
FQ = la frazione di stelle in stato di quiete

FHZ = la frazione di stelle con pianeti rocciosi nella zona di abitabilità

FO = la frazione di quei pianeti che può essere osservata

FL = la frazione di quei pianeti dove risiede la vita

FS = la frazione di quei pianeti in cui la vita produce una firma riconoscibile in un gas



VITA NELL'UNIVERSO VS. VITA INTELLIGENTE NELL'UNIVERSO



- La vita e' possibile perche' noi esistiamo! Ma abbiamo a disposizione un solo data point: il nostro. (selection bias)
- Utilizzando un modello Bayesiano si puo' dimostrare che a parita' di condizioni favorevoli esista un rapporto 9:1 tra la probabilita' che la vita sia iniziata presto rispetto ad uno sviluppo successivo.
- L'evoluzione dell'Uomo sulla Terra ha richiesto 4 miliardi di anni; e' avvenuta circa 900 milioni di anni prima il pianeta diventi inabitabile. Cio' indicherebbe un tempo minimo per la sua evoluzione.
- Potrebbe dare una risposta plausibile al paradosso di Fermi e convincerci ad abbandonare il principio di mediocrita'. Quanto osserviamo e' compatibile con l'idea di una Galassia deserta.
- Tuttavia sono anche plausibili la Teoria della Panspermia, che l'abiogenesi sia frequente o infrequente nell'Universo. Non lo sappiamo.
- La nostra esistenza di fatto ha influenzato la misura (Gatto di Schroedinger)!

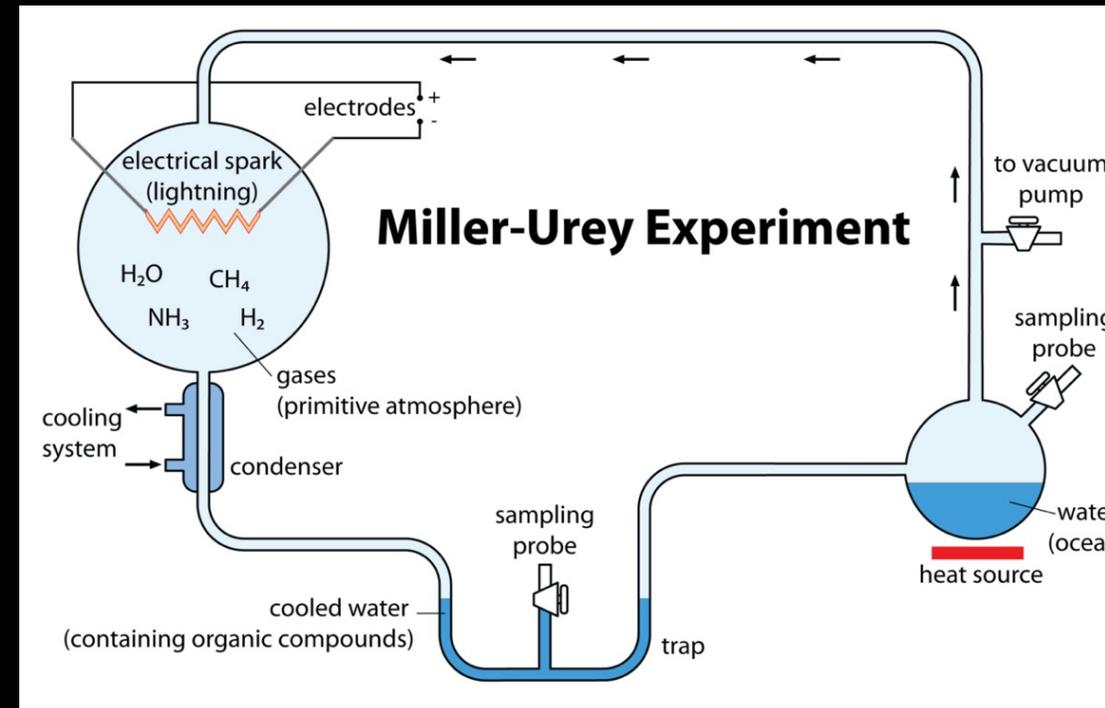


Kipping, D. 2020, "An Objective Bayesian Analysis of Life's Early Start and Our Late Arrival", PNAS: <https://www.pnas.org/content/early/20...>

ABIOGENESI

- L'abiogenesi (dal greco a-bio-genesis, "origini non biologiche") è il processo naturale con il quale si ritiene che la vita si origini a partire da materia non vivente, come semplici composti organici.
- Esperimento di Miller-Urey (1953)

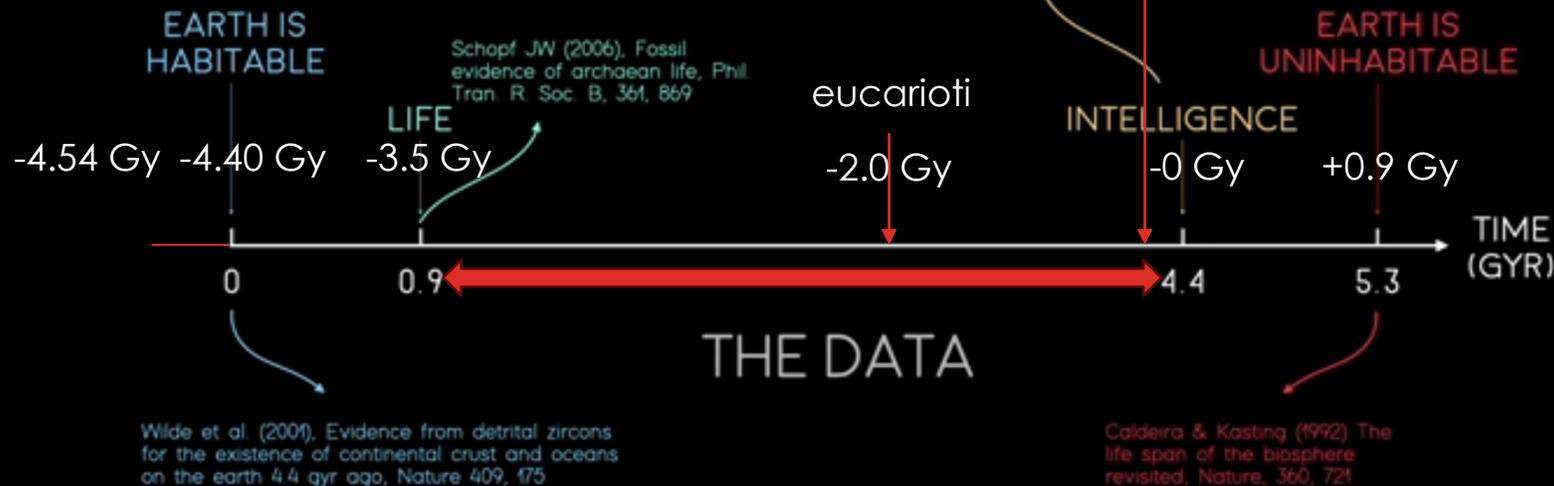
L'obiettivo dell'esperimento era simulare le condizioni della Terra primordiale per testare l'ipotesi che le molecole organiche fondamentali per la vita potessero formarsi spontaneamente da sostanze chimiche semplici presenti nell'atmosfera primitiva.
- L'esperimento produsse una serie di composti organici, inclusi 20 aminoacidi, i mattoni fondamentali delle proteine.
- Tra gli aminoacidi identificati c'erano la glicina, l'alanina e altri, che sono essenziali per la vita.



LA COMPARSA DI VITA INTELLIGENTE SEMBRA SIA CONDIZIONE NECESSARIA DI UNA RAPIDA ABIOGENESI

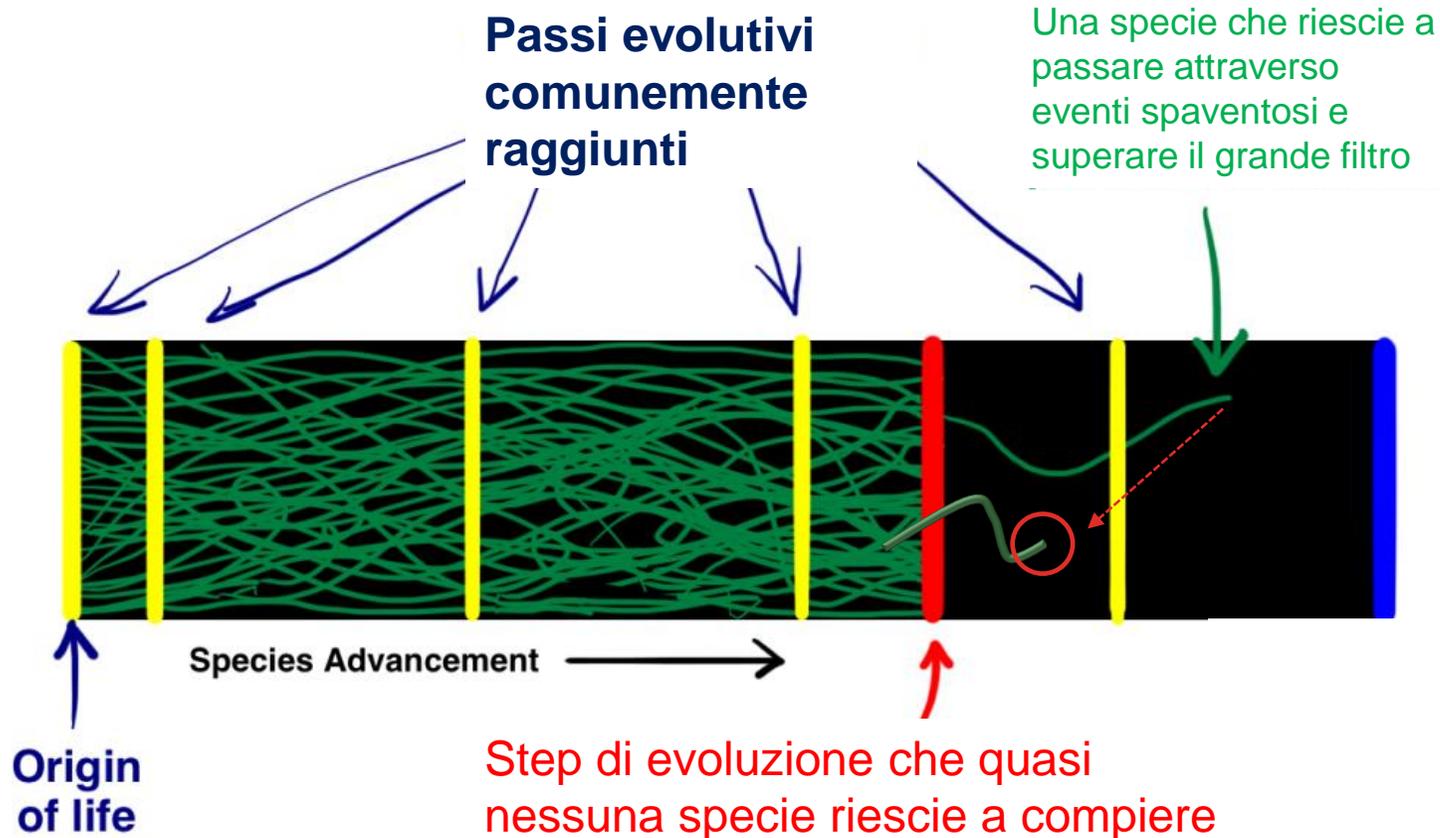
- La probabilita' che la comparsa della vita sia un processo rapido e' **3 volte maggiore** (Kipping 2020) di un processo lento, date condizioni di partenza compatibili con quelle terrestri!
- La comparsa di vita intelligente richiede che l'habitat sopravviva a circa una decina di **passaggi difficili**
- Tuttavia il rapporto tra vita intelligente e vita non intelligente e' solo **3 casi positivi : 2 negativi** (Kipping 2020).

Forme di vita dominanti non intelligenti

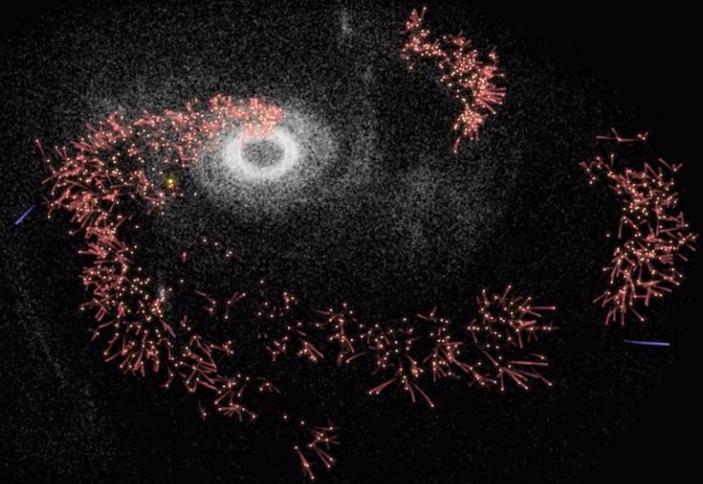


I PASSAGGI DIFICILI : BIOLOGICI E/O TECNOLOGICI

Il Grande Filtro



Espansione di una
Civiltà' nella
Galassia



UNA VISIONE OTTIMISTICA: *STAR TREK*

- Quello di *Star Trek*, è uno dei migliori Universi di tutta la fantascienza.
- È un futuro ottimistico con tratti utopici in cui l'umanità ha raggiunto le stelle, unendosi con altre specie in una «Federazione dei pianeti uniti» e risolvendo i maggiori problemi sul pianeta Terra.
- Seppure nel contesto "leggero" di un programma televisivo, gli autori hanno affrontato vari temi rilevanti dal punto di vista sociale, politico, etico e filosofico.
- *Star Trek* sembra preferire l'ipotesi dello «zoo galattico» dove l'Egemonia della «Federazione» si manifesta con la «Prima Direttiva» che impedisce ogni contatto ed interferenza con civiltà caratterizzate da stadi evolutivi inferiori

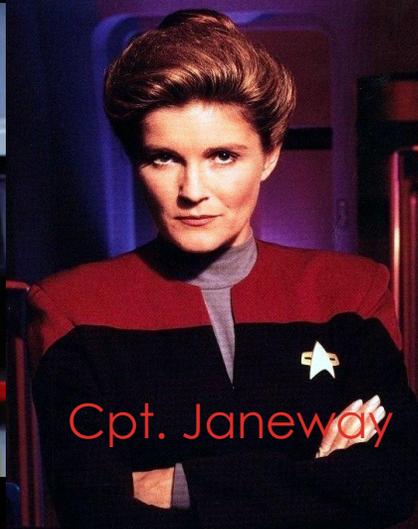


LA VIA LATTEA SECONDO STAR TREK:



Spock

Cpt. Kirk



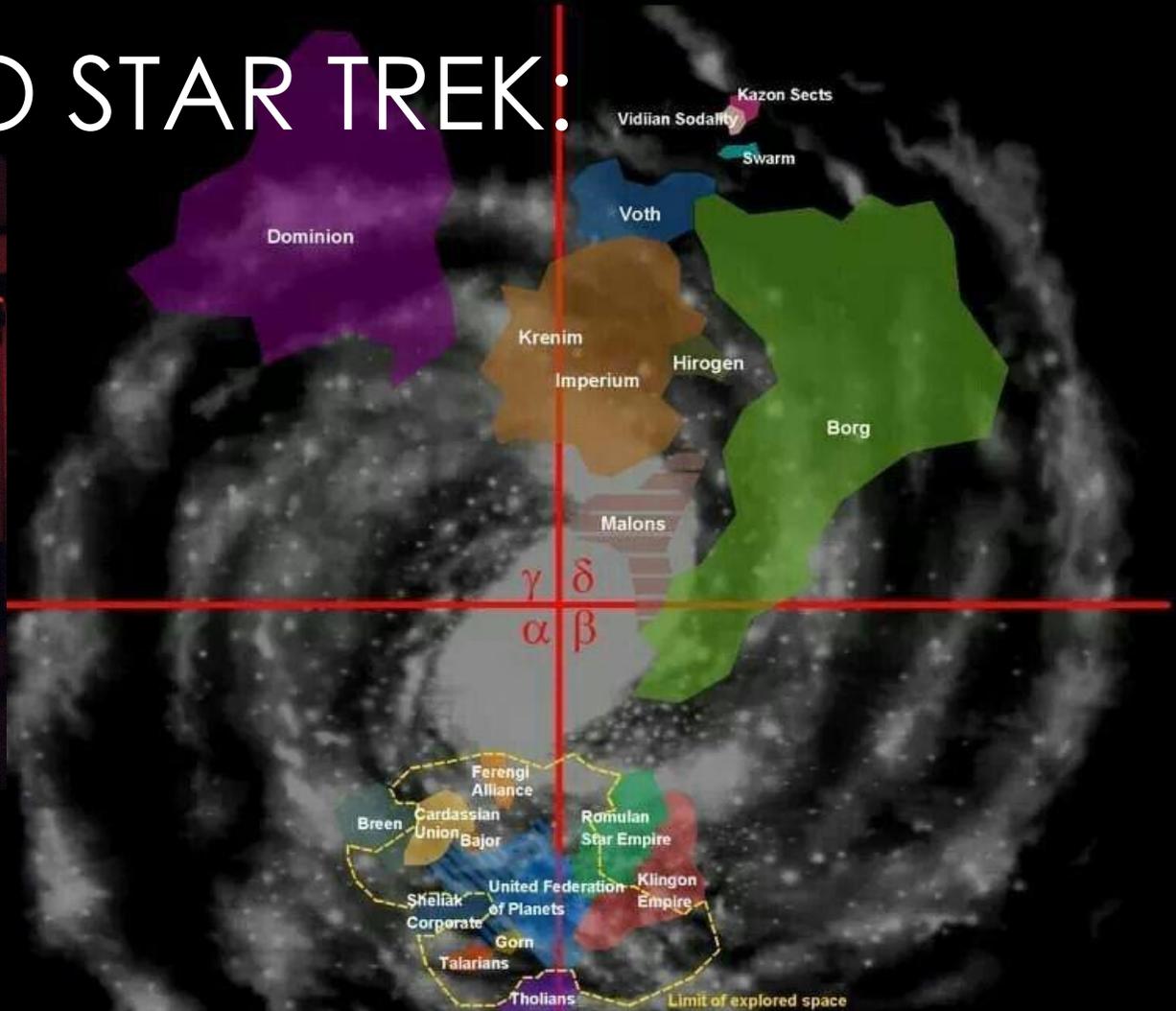
Cpt. Janeway



Cpt. Picard



Cpt. Archer

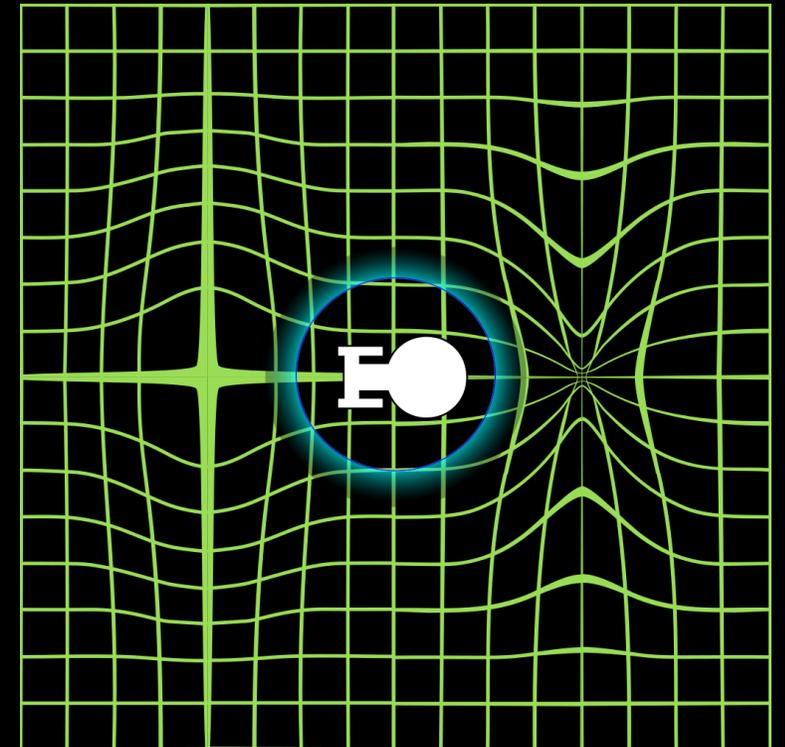
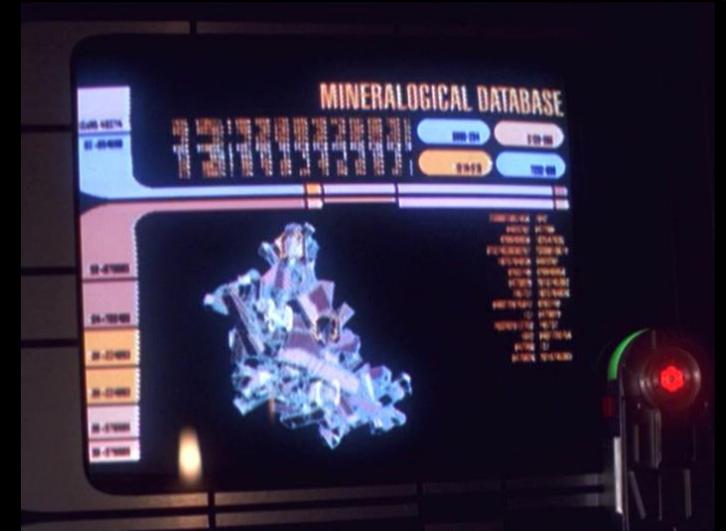


50,000 l.y.

Le differenti specie o civiltà apparse nelle serie sono oltre **quattrocento**. Sebbene la gran parte delle forme di vita incontrate dai protagonisti siano organiche e basate sul carbonio, non mancano forme di vita basate su biochimiche alternative, inorganiche, forme di vita artificiali, entità non corporee e transdimensionali.

MOTORI A CURVATURA IN STAR TREK

- L'enorme quantità di energia necessaria a raggiungere la velocità di curvatura si ottiene attraverso un reattore materia/antimateria , regolato attraverso i cristalli di **dilitio**.
- I motori a curvatura creano una distorsione spazio-temporale intorno all'astronave permettendo al mezzo di viaggiare a *velocità curvatura*
- Tuttavia, in un episodio di *The Next Generation* è affermato che viaggiare a velocità elevate danneggia il sub-spazio in modo irreparabile. La Federazione impone un «limite di velocità» per ridurre i danni.
- ..le comunicazioni sono sorprendentemente in tempo reale anche considerando gli effetti di distorsione spazio-temporale.



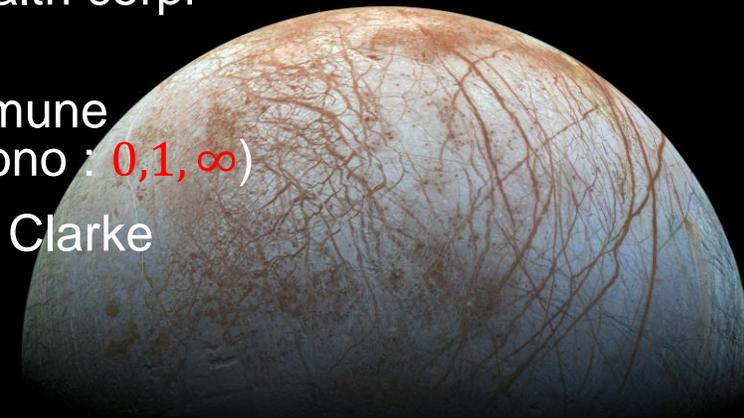
LA VITA NEL NOSTRO SISTEMA SOLARE?

La ricerca attuale sostiene che potremmo trovare semplici forme di vita su altri corpi celesti del nostro sistema stellare.

Se ciò venisse confermato, sarebbe la prova che la vita è un fenomeno comune nell'Universo (teoria del rasoio di Okham per cui i soli numeri significativi sono : $0, 1, \infty$)

In ogni caso, le due possibili risposte sono **terrificanti**, detta come Athur C . Clarke

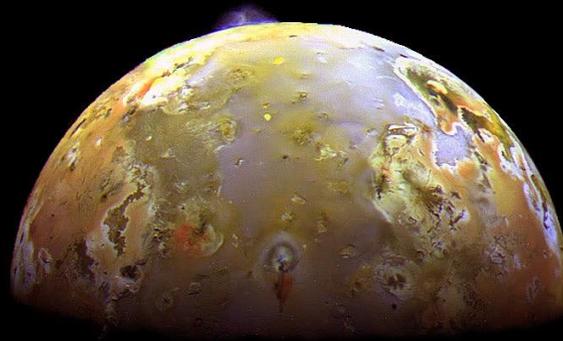
Europa



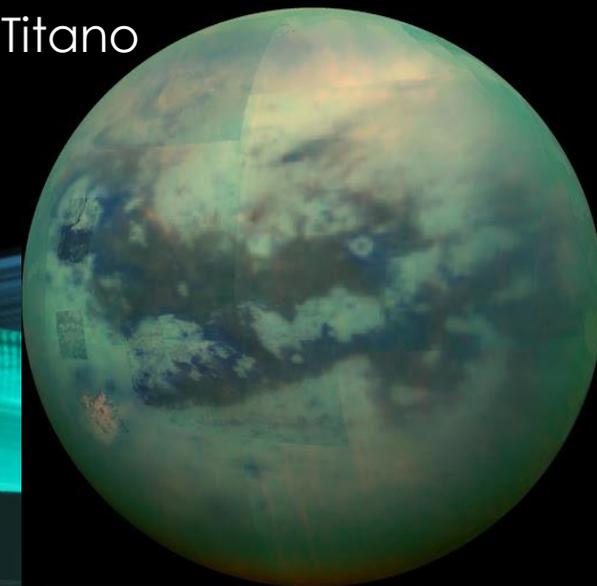
Encelado



Io



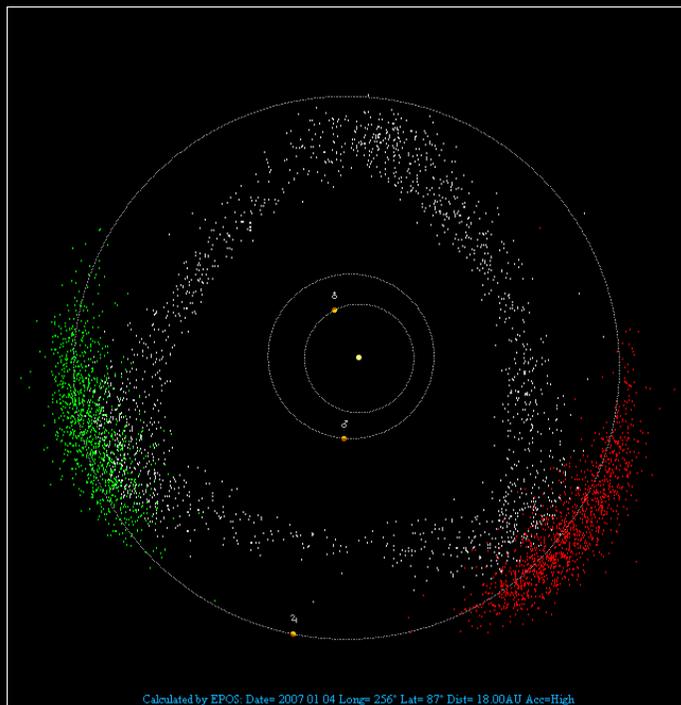
Titano



IL NOSTRO MONDO BLU È UNICO
NELLA GALASSIA?

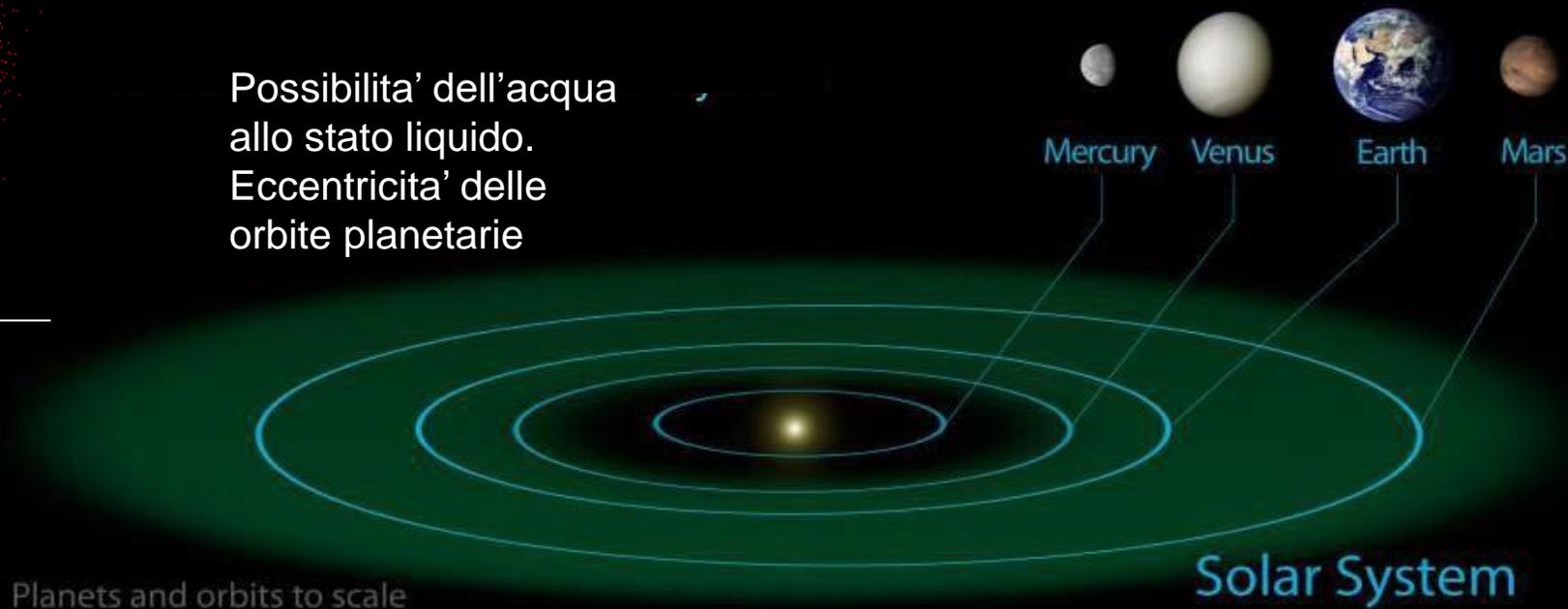


LA « ZONA ABITABILE » DEL SOLE



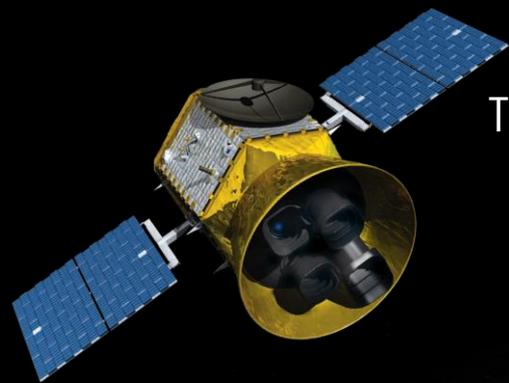
Possibilita' dell'acqua
allo stato liquido.
Eccentricita' delle
orbite planetarie

Non bisogna trascurare
l'effetto scudo prodotto da
Giove sugli asteroidi e le
comete. Stessa cosa per la
Luna con gli effetti mareali e
stabilizzanti sull'asse
terrestre.

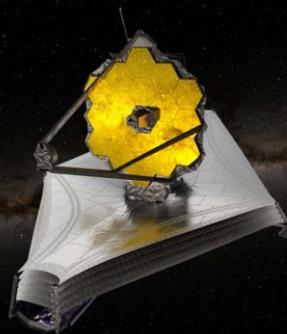


ESOPLANETI

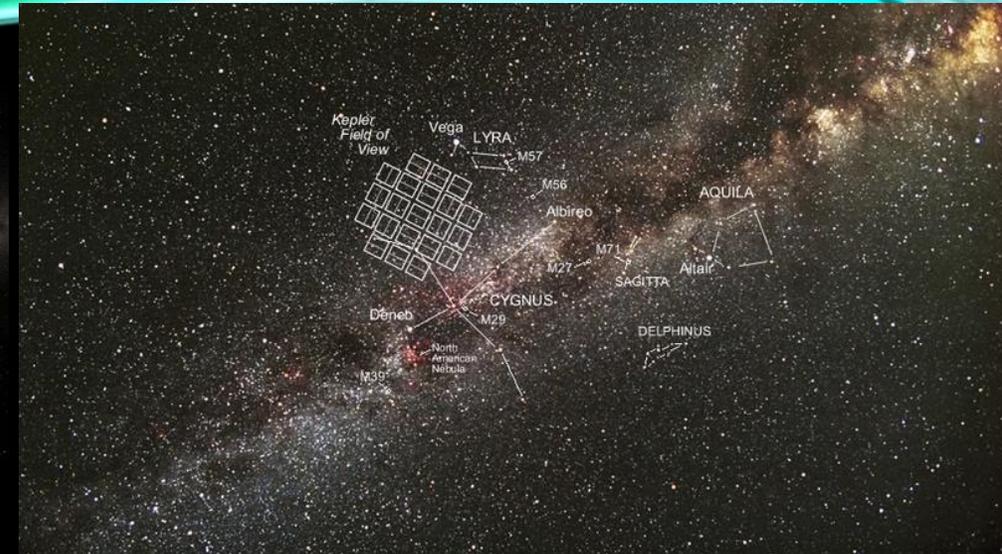
<https://exoplanet.eu/catalog/>



Tess (2018-2022)

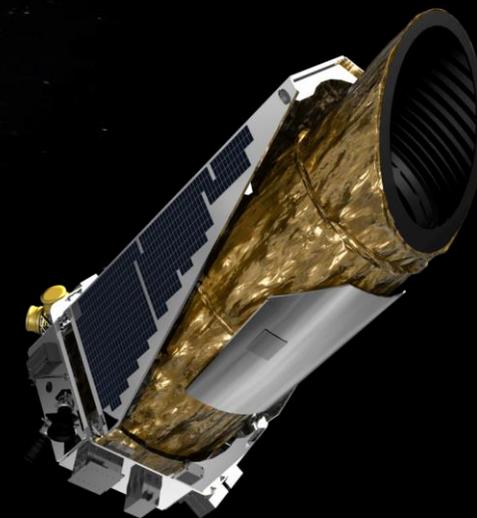


JWST (12/2021-)



You are
138,577 light-years
from Earth

Kepler (2009-2018)



Milky Way Galaxy 

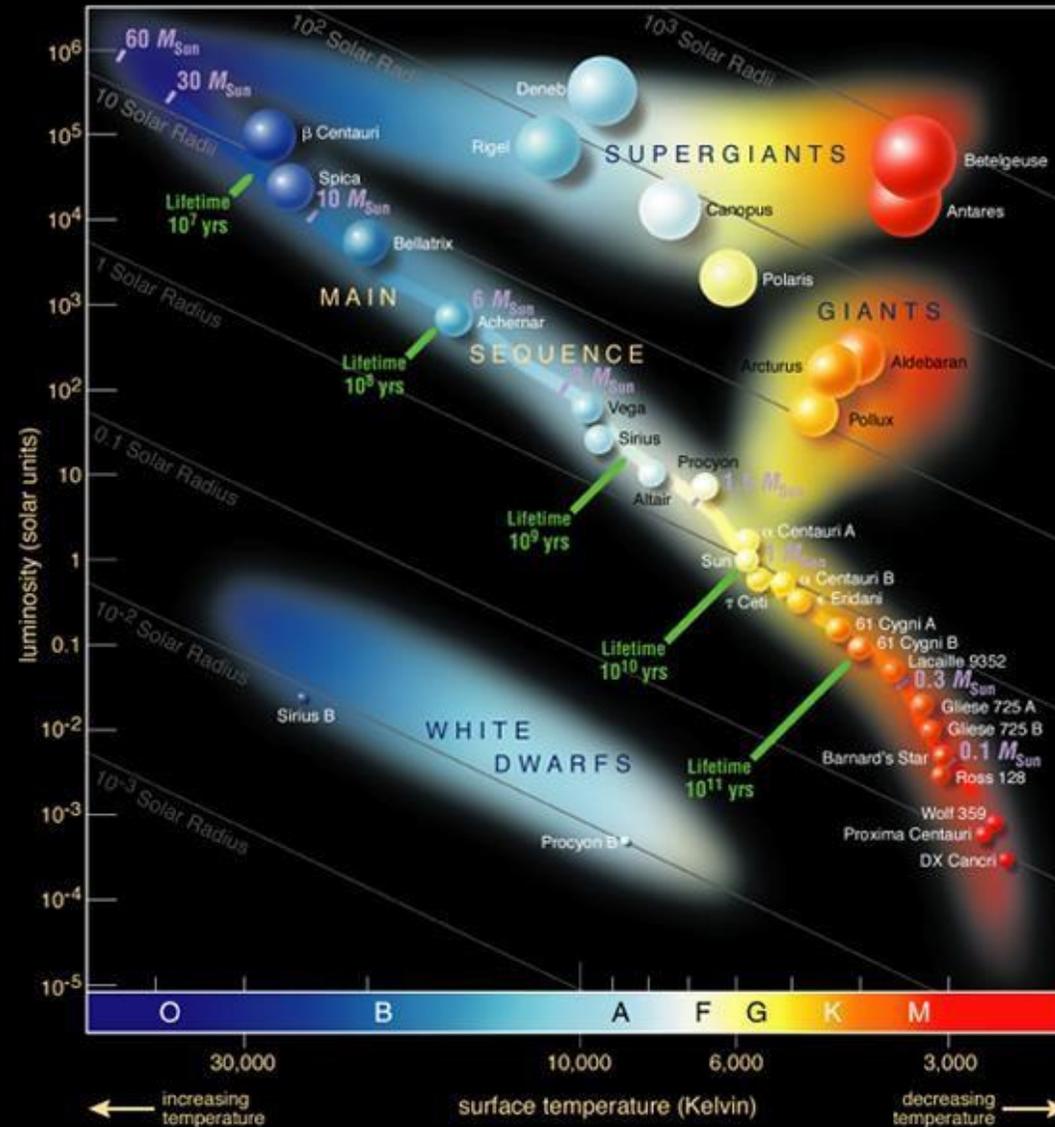
4,188 solar systems | 5,626 confirmed planets

LE STELLE DI PICCOLA MASSA SONO LE PIU' FREQUENTI

Una stella nana di classe M
puo' durare fino a 10,000 miliardi
di anni!

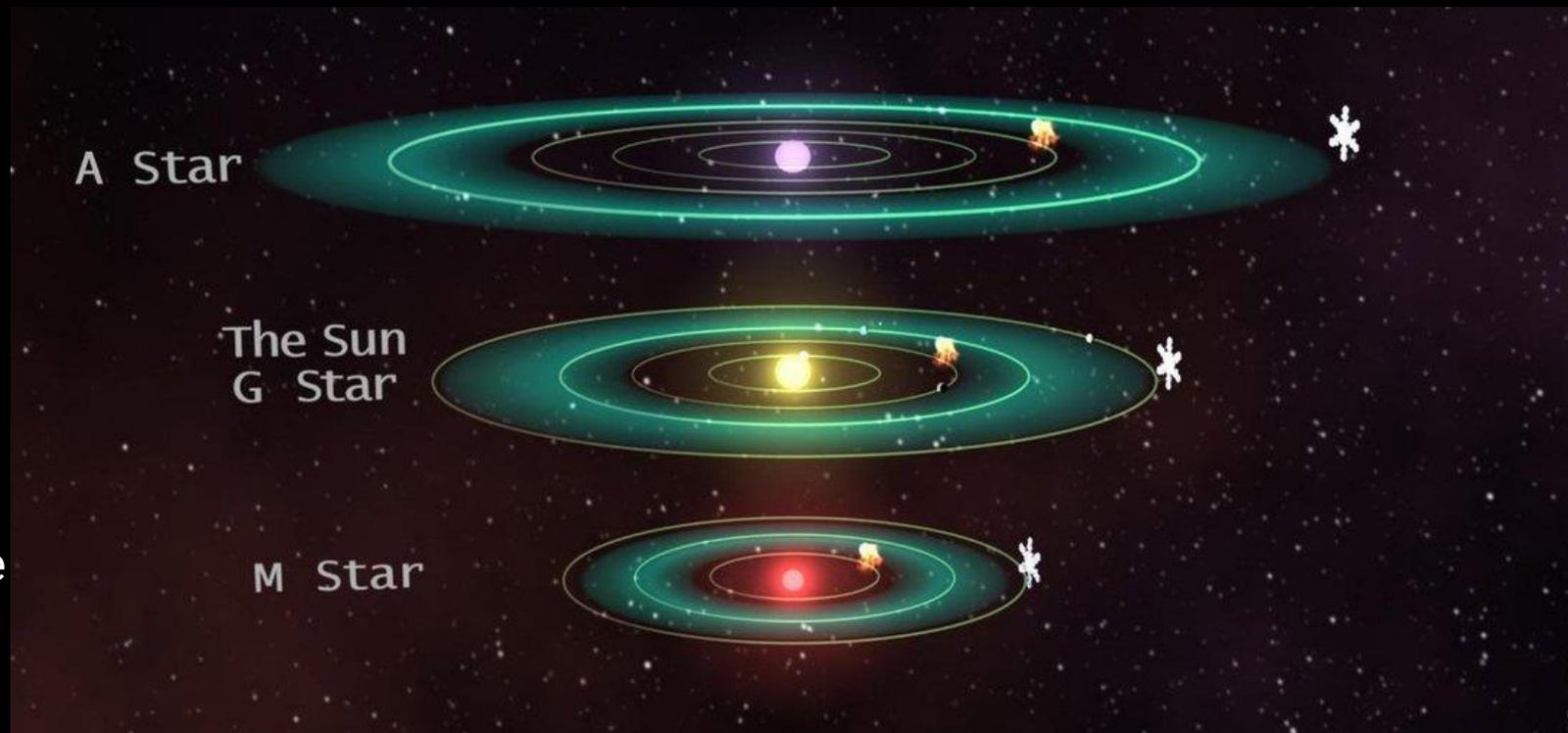
Il diagramma Hertzsprung-Russell

"Oh Be A Fine Girl, Kiss Me".



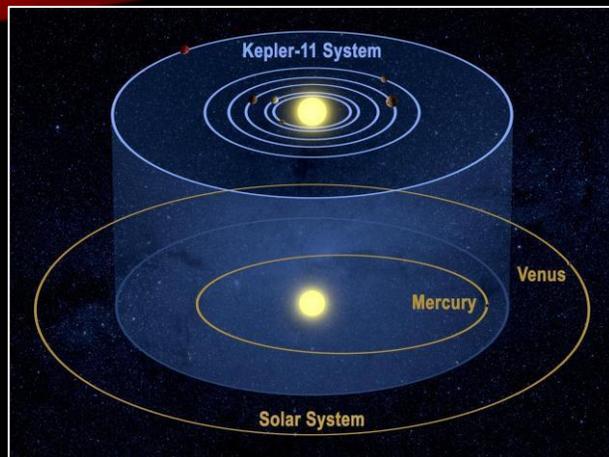
LA ZONA ABITABILE DELLE STELLE CALDE E FREDDHE

Questo diagramma mostra le regioni abitabili intorno alle stelle A, G (Sole) e M. Le regioni verdi intorno alle stelle sono le loro zone abitabili. Per il nostro Sole il simbolo interno rappresenta l'orbita di Venere, l'ellisse verde prominente è la Terra e l'ellisse gialla esterna è l'orbita di Marte. La stella A mostra le orbite equivalenti di Venere e della Terra, mentre la stella M mostra le orbite equivalenti di Venere, Terra e Marte.

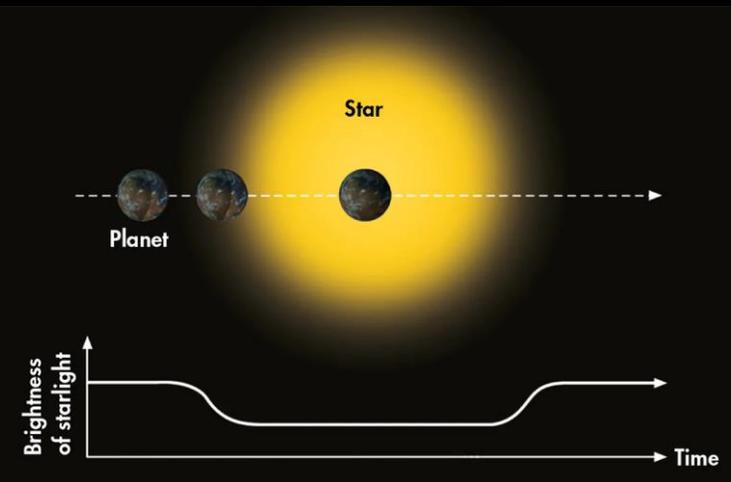
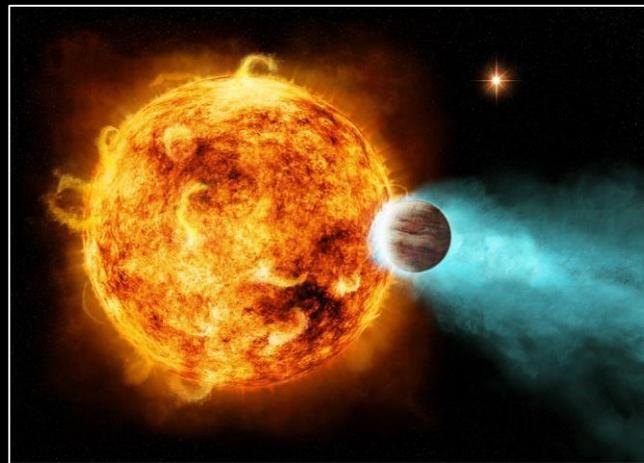


LA DIVERSITÀ DEI SISTEMI ESO-PLANETARI

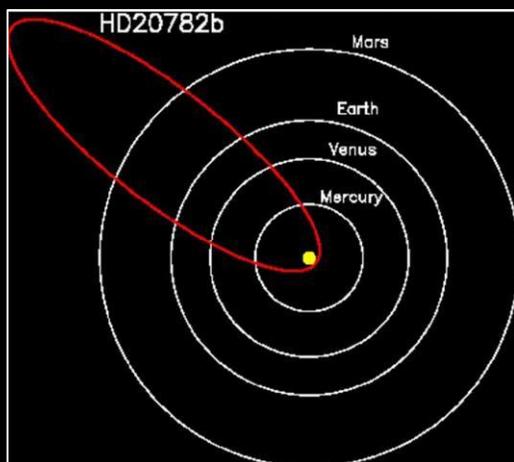
Sistemi compatti



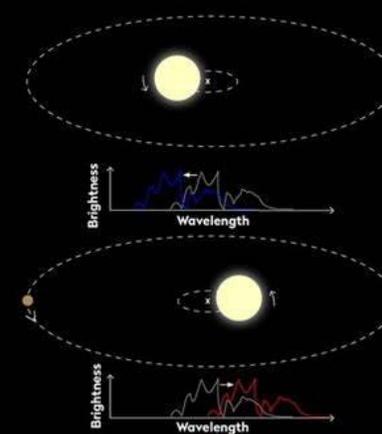
Giovani caldi



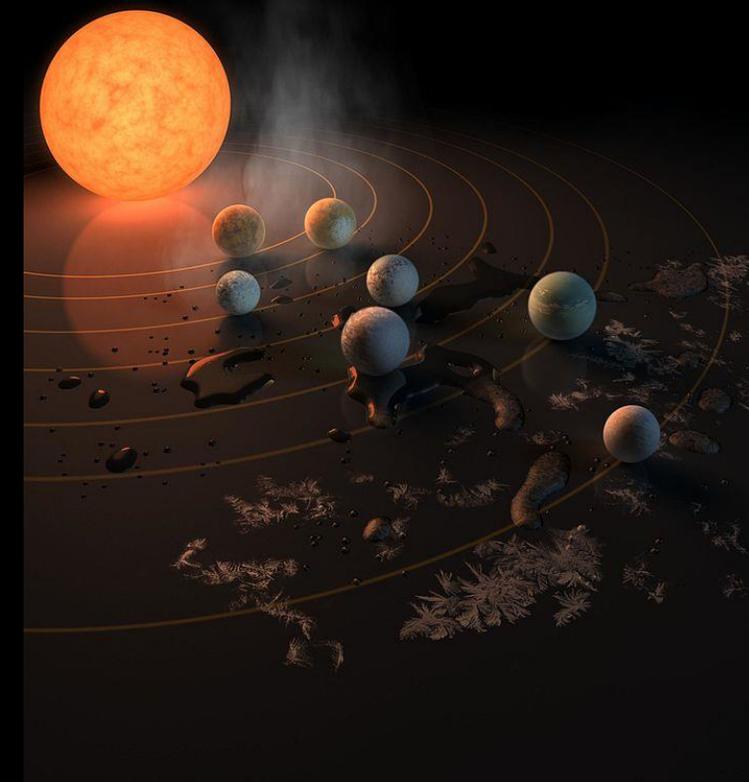
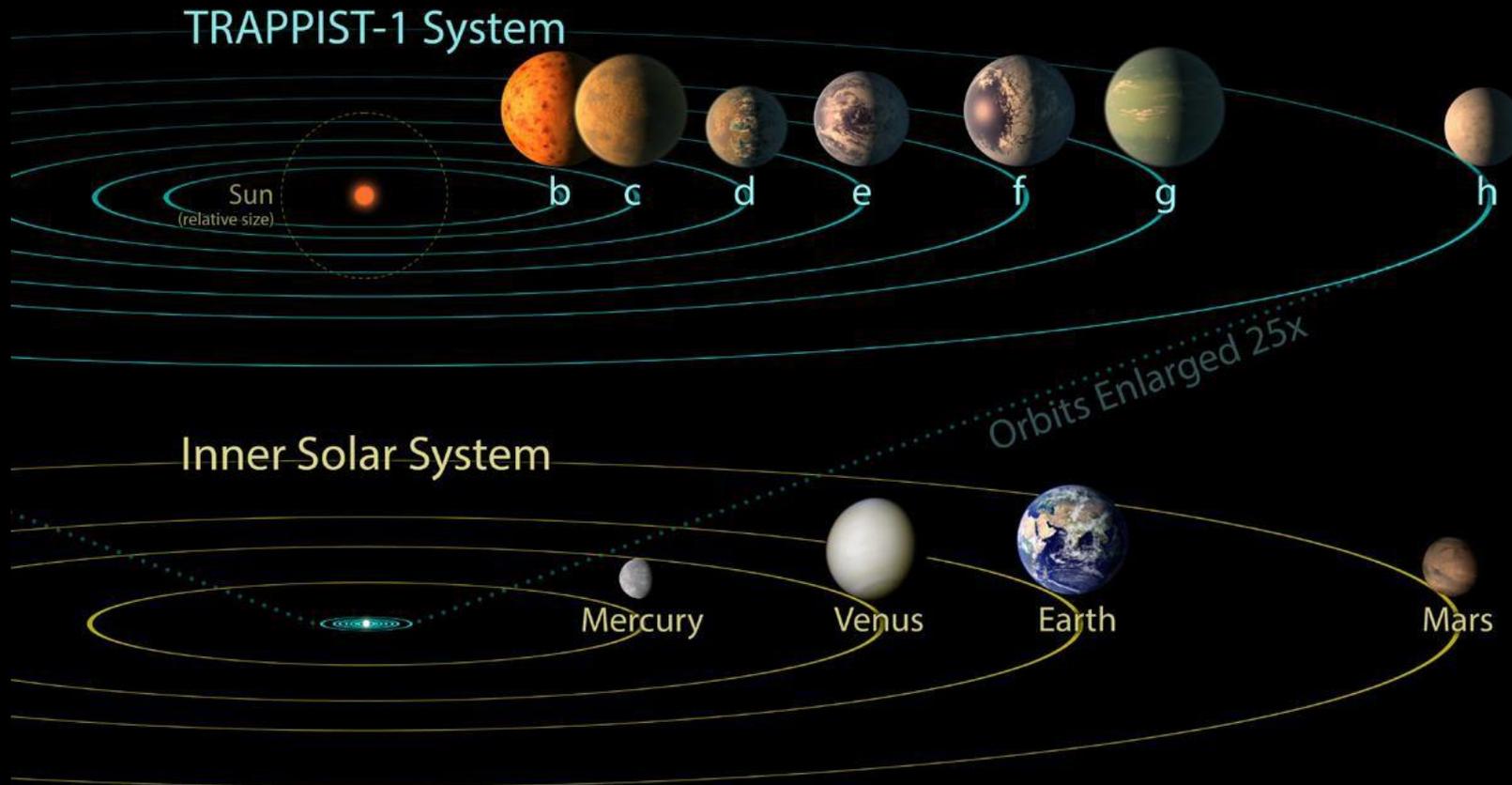
Orbite molto eccentriche



Pianeti fluttuanti

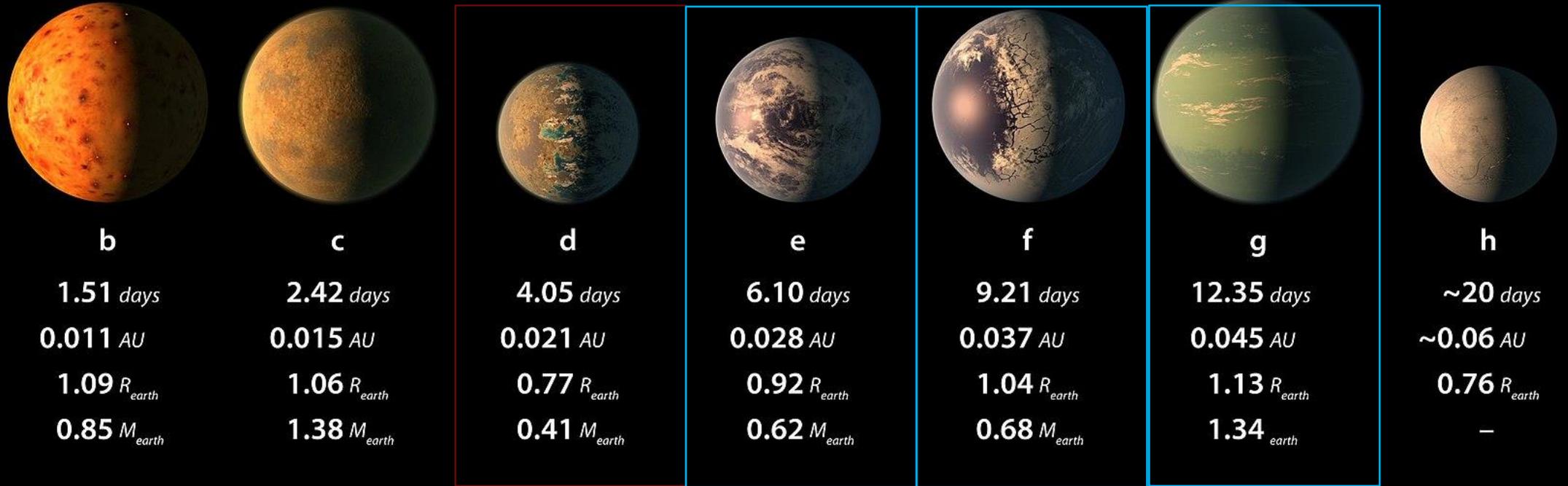


TRAPPIST-1: UN SISTEMA SOLARE MOLTO COMPATTO

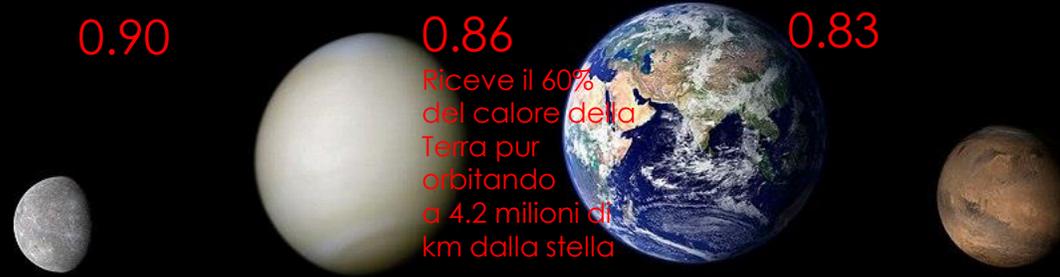


TRAPPIST-1, è una stella nana rossa ultra-fredda (0.12 raggio del Sole) di classe spettrale M8, distante 39,5 anni luce dal sistema solare. Età della stella : 7.5 Gy

TRAPPIST-1 System



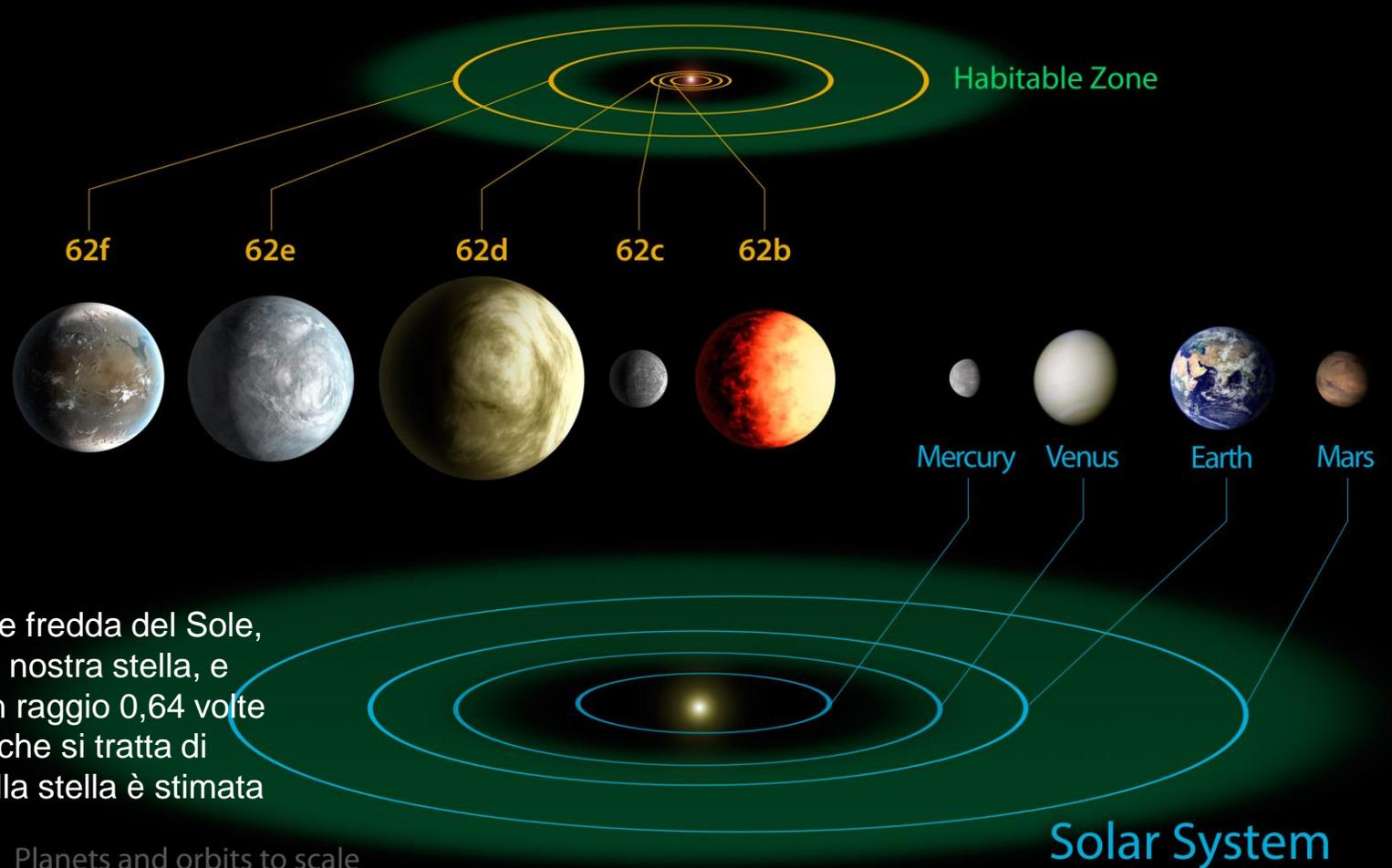
Solar System Rocky Planets



	Mercury	Venus	Earth	Mars
Orbital Period (days)	87.97	224.70	365.26	686.98
Distance to Star (Astronomical Units (AU))	0.387	0.723	1.000	1.524
Planet Radius (relative to Earth)	0.38 R_{earth}	0.95 R_{earth}	1.00 R_{earth}	0.53 R_{earth}
Planet Mass (relative to Earth)	0.06 M_{earth}	0.82 M_{earth}	1.00 M_{earth}	0.11 M_{earth}

KEPLER 62 (1200 ANNI LUCE)

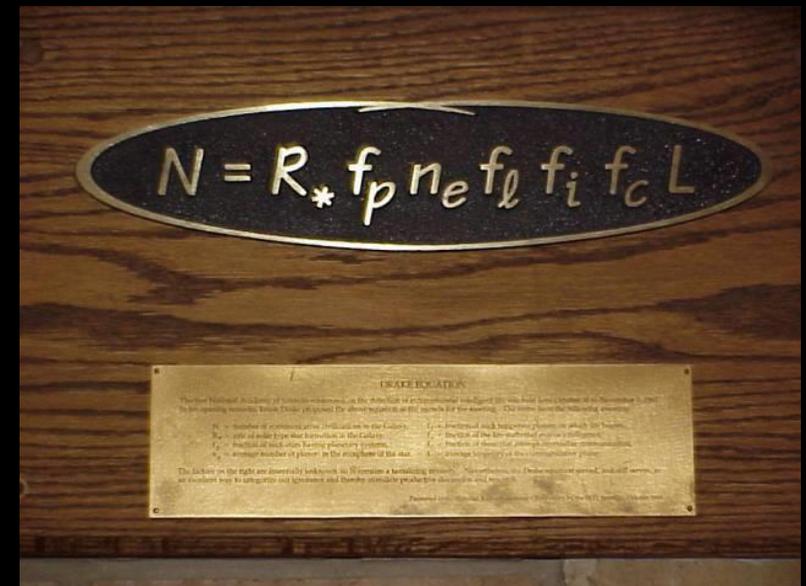
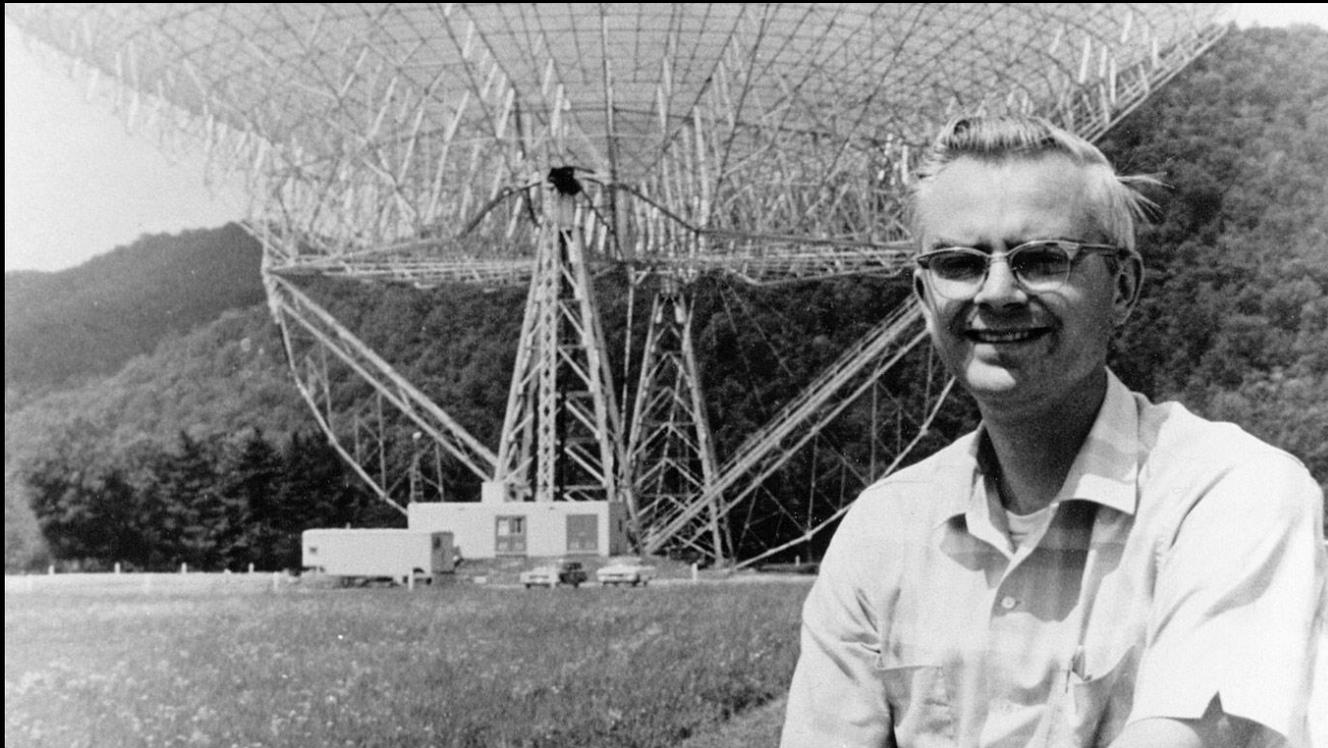
Kepler-62 System



Kepler-62 è una stella nana arancione più piccola e fredda del Sole, avendo una massa stimata del 69% di quella della nostra stella, e una temperatura superficiale di 4925 K. Avendo un raggio 0,64 volte quello del Sole, i modelli evolutivi stellari indicano che si tratta di una nana arancione di classe K2V o K3V. L'età della stella è stimata in circa 7 miliardi di anni

SETI: PROGETTO OZMA

- Nel 1960 Frank Drake, Carl Sagan e i suoi colleghi di Green Bank, West Virginia, usarono il telescopio Tatel da 26m per effettuare le prime osservazioni SETI sulla frequenza di 1,420 MHz (linea emissione idrogeno neutro) in quello che fu chiamato Progetto Ozma (nome della principessa nel «meraviglioso mondo di OZ»). Fu solo rilevato un bombardiere U2 supersegreto...



SETI/CETI: RADIOTELESCOPIO DI ARECIBO

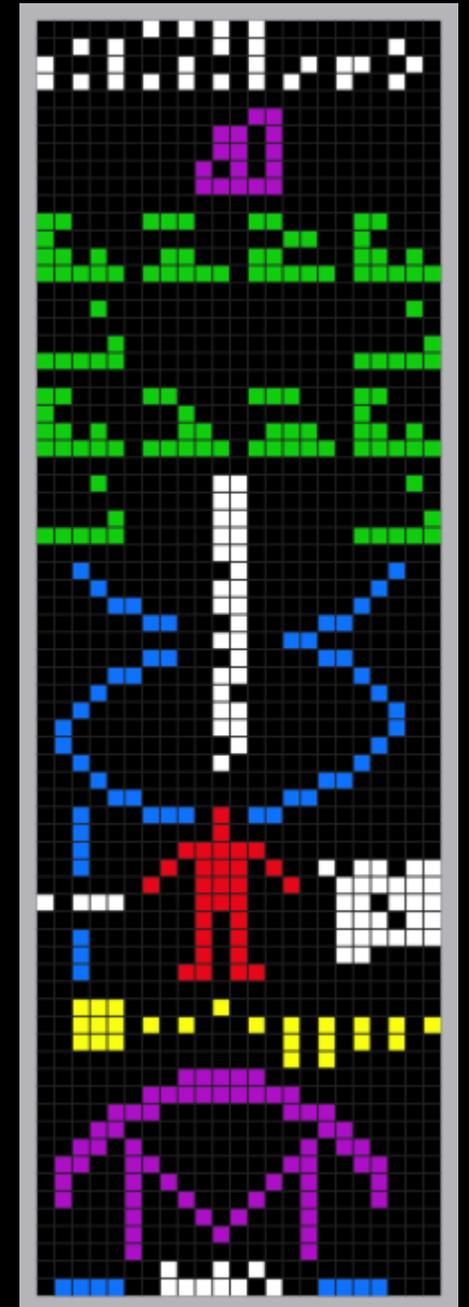
(PORTO RICO US)



Potenza equivalente di 20 TW su frequenza di 2,380 GHz

•CETI 16/11/1974: Messaggio di 169 secondi inviato dal radiotelescopio di Arecibo verso l'ammasso globulare di Ercole M13 a 25,000 A.L.:

- numeri da uno a dieci in formato binario;
- i numeri atomici degli elementi idrogeno, carbonio, azoto, ossigeno e fosforo;
- la formula degli zuccheri e basi dei nucleotidi dell'acido desossiribonucleico (DNA);
- il numero dei nucleotidi nel DNA;
- una rappresentazione grafica della doppia elica del DNA;
- una rappresentazione grafica di un uomo, con indicata l'altezza di un uomo medio (1.74 metri);
- la popolazione della Terra nel 1974 (4,292,853,750 persone);
- una rappresentazione grafica del sistema solare;
- una rappresentazione grafica del radiotelescopio di Arecibo e le dimensioni dell'antenna trasmittente.



SETI: RADIOTELESCOPIO FAST IN CINA



SIAMO SOLI? LA MIA MIGLIORE RISPOSTA AL PARADOSSO DI FERMI:

- La scienza e' basata su ipotesi confermate da prove.
- Non esiste alcuna prova inconfutabile che la vita sia presente altrove nell'Universo.
- Altresi' non esiste alcuna prova che la vita sia assente
- Tuttavia l'assenza di prove non e' una prova di assenza
- Dovremmo evitare le posizioni di fede (= credere in assenza di prove certe)

- In conclusione, la migliore risposta che posso darvi oggi e':

NON LO SO.

Le cose cambiano in fretta. Viviamo una fase di notevole progresso tecnico.

Citando Jonh M. Keynes:

“ Quando i fatti cambiano, io cambio idea. Lei che fa, signore? ”

A PALE BLUE DOT

Questo pianeta siamo noi, è su di esso che ogni essere umano che sia mai vissuto, chiunque voi abbiate anche solo sentito nominare, ha vissuto la sua vita.

Il nostro atteggiamento, la nostra presunta importanza, l'illusione di occupare una qualche posizione di privilegio nell'Universo... tutto questo si perde e svanisce nella contemplazione di quel puntino di luce fioca.

...non esiste migliore dimostrazione dell'assurdità dell'orgoglio umano di questa lontana immagine del nostro piccolo mondo.

Essa sottolinea la nostra responsabilità nell'occuparci più benevolmente e pietosamente degli altri, e nel preservare con molta cura quel puntino di pallida luce azzurra, la sola dimora che abbiamo mai conosciuto.

Carl Sagan

14/2/1990 – Voyager 1 – distanza: circa 6 miliardi di km

GRAZIE DELL'ATTENZIONE

Remember to look up at the sky and
not down at your feet.

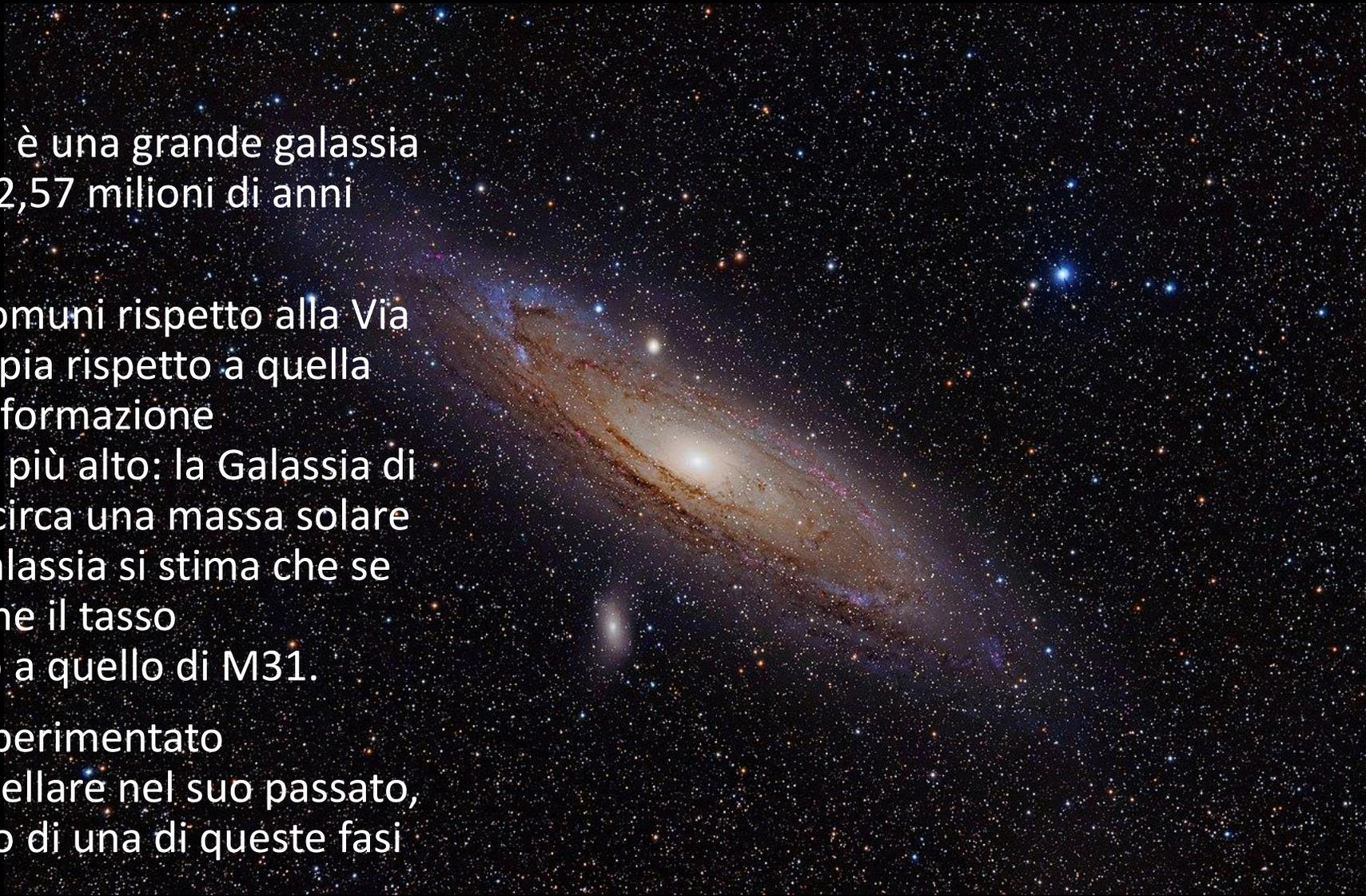
Stephen Hawking



APPENDIX SLIDES

GALASSIA DI ANDROMEDA

- La Galassia di Andromeda M 31 è una grande galassia a spirale barrata che dista circa 2,57 milioni di anni luce dalla Terra.
- M31 avrebbe molte più stelle comuni rispetto alla Via Lattea e la sua luminosità è doppia rispetto a quella della nostra; tuttavia, il tasso di formazione stellare della Via Lattea è molto più alto: la Galassia di Andromeda produce stelle per circa una massa solare all'anno, mentre nella nostra Galassia si stima che se ne producano 3-7 all'anno. Anche il tasso di supernovae è doppio rispetto a quello di M31.
- Ciò suggerisce che M31 abbia sperimentato un'intensa fase di formazione stellare nel suo passato, mentre la Via Lattea è nel mezzo di una di queste fasi



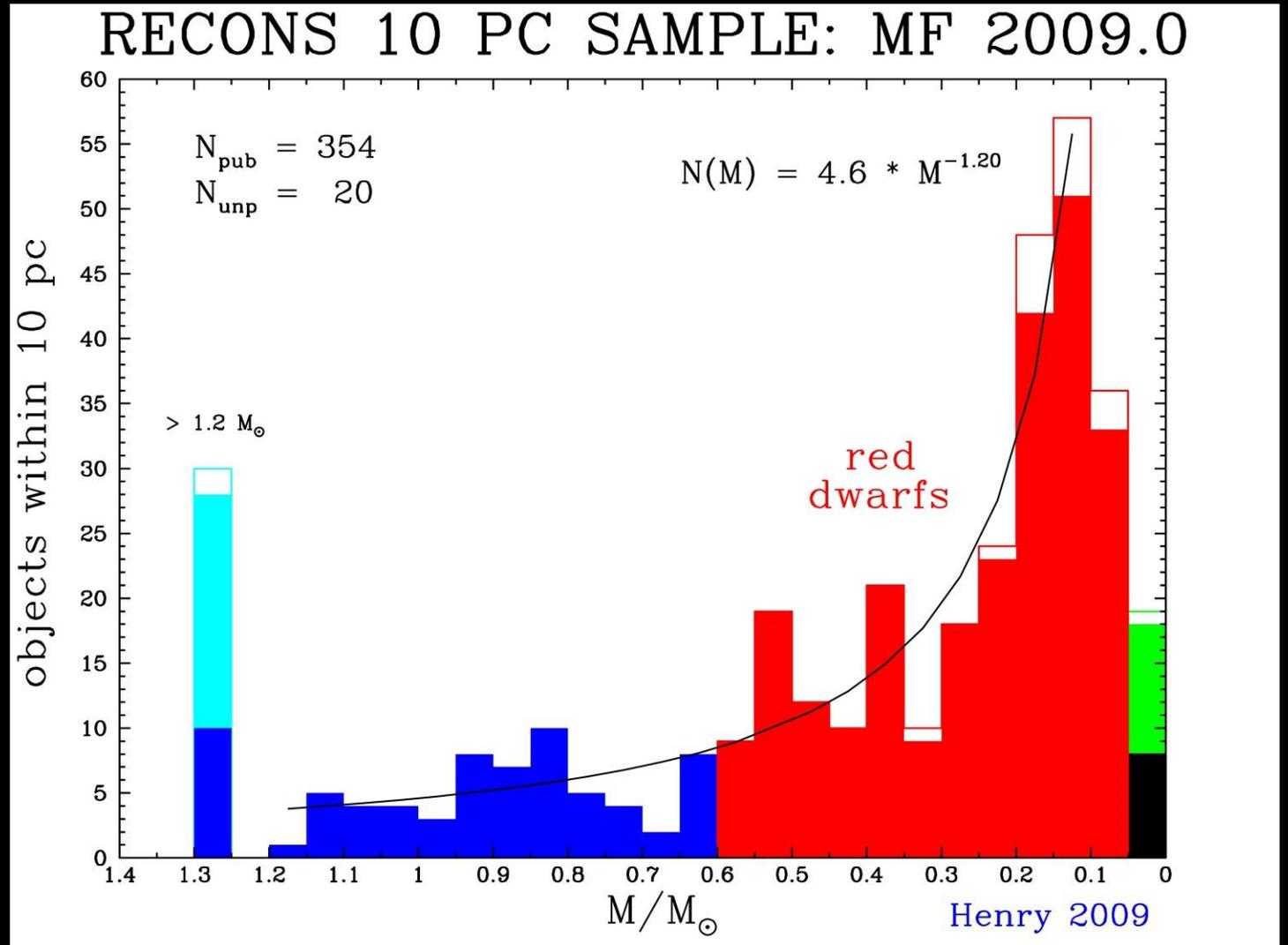
VELOCITÀ DI CURVATURA:

Fattore di curvatura	$\times c$	Velocità
Curvatura 1	1	$3,0 \times 10^5$ km/s
Curvatura 2	10.079	$3,0 \times 10^6$ km/s
Curvatura 3	38.941	$1,2 \times 10^7$ km/s
Curvatura 4	101.59	$3,0 \times 10^7$ km/s
Curvatura 5	213.75	$6,4 \times 10^7$ km/s
Curvatura 6	392.50	$1,2 \times 10^8$ km/s
Curvatura 7	656.13	$2,0 \times 10^8$ km/s
Curvatura 8	1,024	$3,1 \times 10^8$ km/s
Curvatura 9	1,516,4	$4,5 \times 10^8$ km/s
Curvatura 9,2	1,649	$4,9 \times 10^8$ km/s
Curvatura 9,6	1,909	$5,7 \times 10^8$ km/s
Curvatura 9,9	3,053	$9,2 \times 10^8$ km/s
Curvatura 9,9753	6,000	$1,8 \times 10^9$ km/s
Curvatura 9,99	7,912	$2,3 \times 10^9$ km/s
Curvatura 9,9999	199,516	$6,0 \times 10^{10}$ km/s
Curvatura 10	∞	A warp 10 un oggetto potrebbe occupare tutti i punti dell'universo contemporaneamente

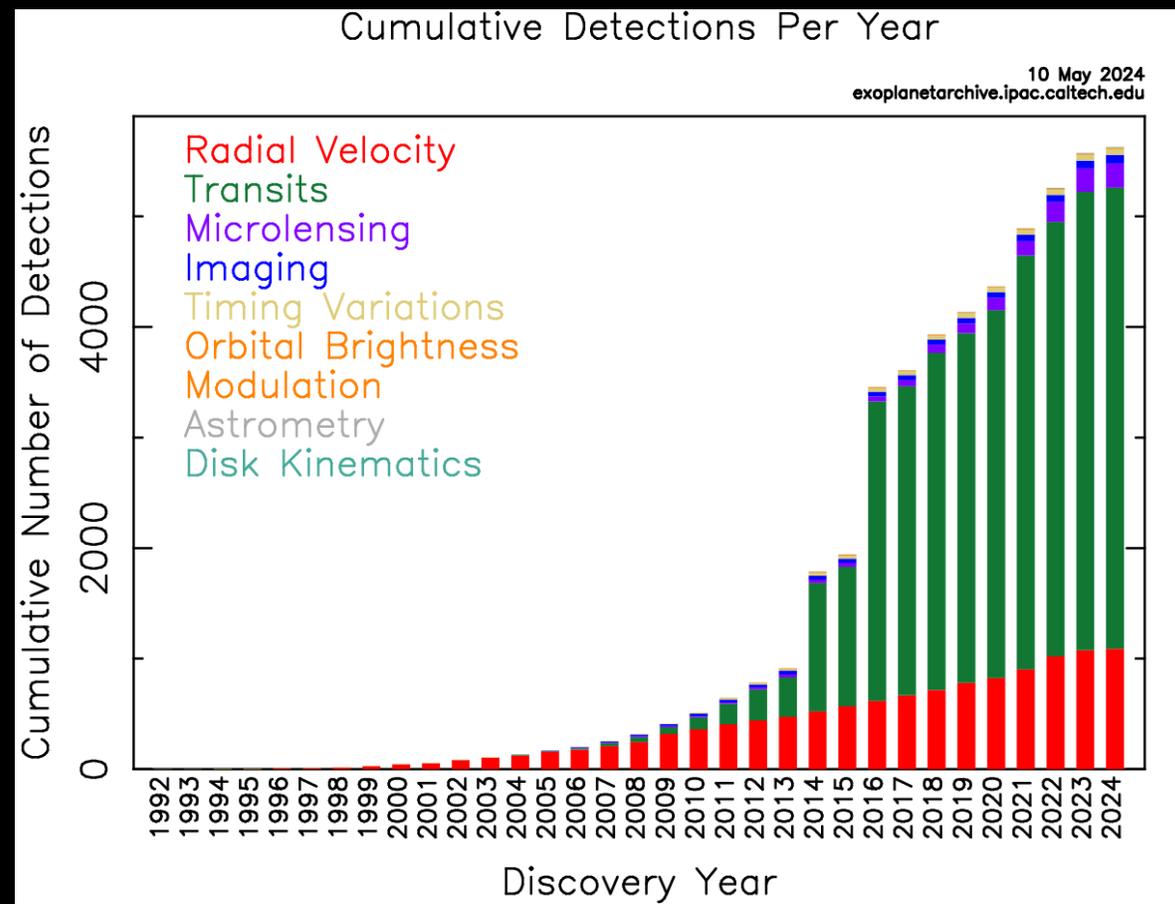
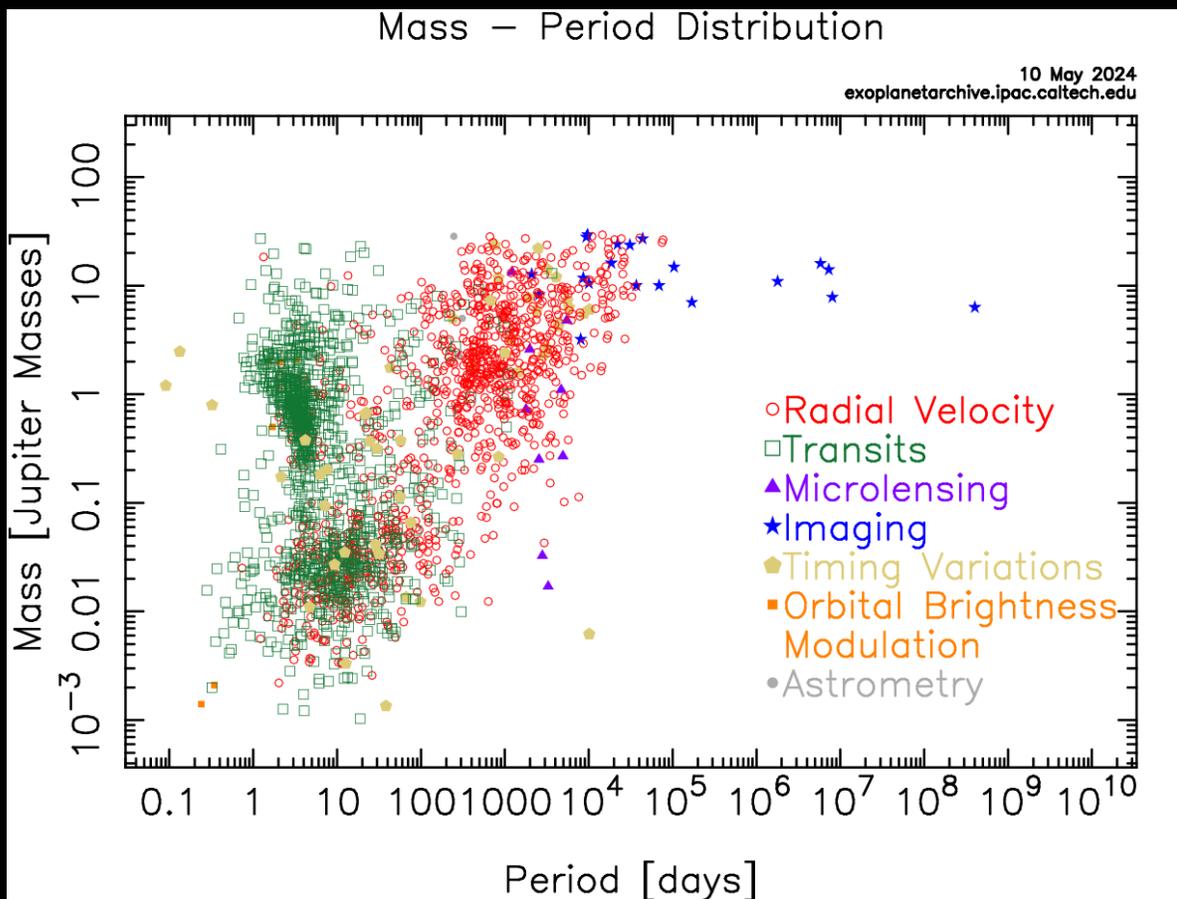


LA MAGGIOR PARTE DELLE STELLE SONO PIÙ PICCOLE E PIÙ FREDDO DEL SOLE

La distribuzione di massa di tutte le stelle entro 30 anni luce dal Sole è tracciata in unità della massa del Sole (M). Le nane rosse (Rosso), più leggere di $0,6 M$, sono molto più numerose di tutti i tipi stellari più pesanti (Blu). La distribuzione sale rapidamente verso masse più piccole.

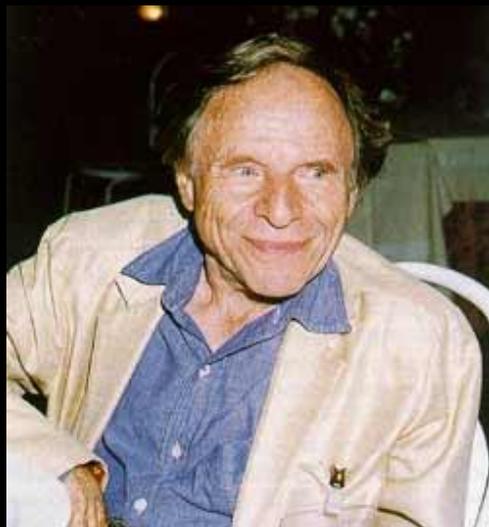


ESO-PIANETI. IL PRIMO NEL 1995



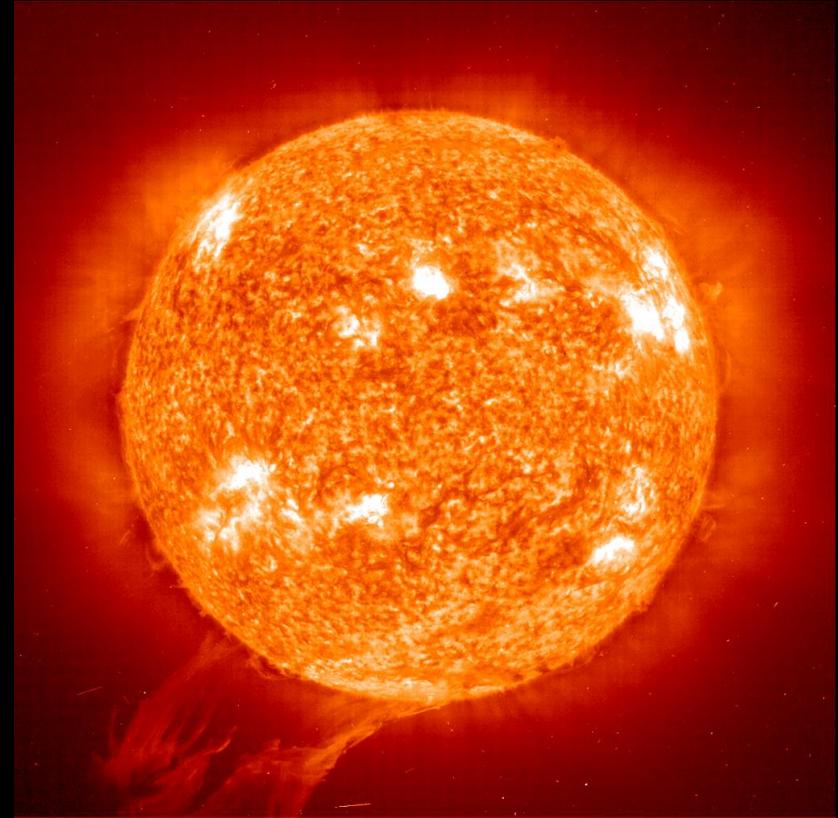
IL DOCUMENTO INIZIALE PER LA RICERCA SETI:

- Nel 1959 Giuseppe Cocconi e Phillip Morrison pubblicarono un articolo su Nature in cui sottolineavano che, con due telescopi delle dimensioni del radiotelescopio Mk1 da 76 m appena costruito a Jodrell Bank in UK, sarebbe stato possibile, in linea di principio, comunicare attraverso distanze interstellari.



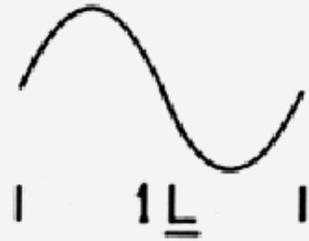
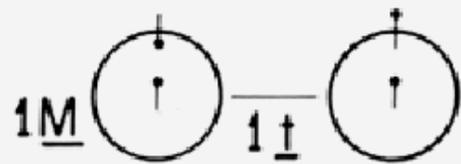
DOVE CERCARE? LUOGHI

- I ricercatori suggerirono che qualsiasi ricerca dovrebbe mirare alle stelle simili al Sole più vicine, poiché queste vivono abbastanza a lungo e sono abbastanza calde da consentire alla vita di evolversi su un pianeta ad una distanza orbitale adeguata.
- Fu inizialmente creato un elenco di obiettivi che includeva Proxima Centauri (4.34 AL), Tau Ceti (11.9 AL) ed Epsilon Eridani (10.5 AL).



DEFINIZIONI UNITÀ FISICHE E MATEMATICHE

© FRANK DRAKE



$$1 \frac{42}{100} \times 10^9 \underline{t} = 1 \underline{s}$$

$$\frac{1}{21} \underline{L} = 1 \underline{cm}$$

$$86400 \underline{s} = 1 \underline{d}$$

$$1 \underline{L} = 21 \times 10^8 \underline{a}$$

$$365 \underline{d} = 1 \underline{y}$$

$$10^2 \underline{cm} = 1 \underline{m}$$

$$6 \times 10^{23} \underline{M} = 1 \underline{g}$$

$$1000 \underline{m} = 1 \underline{km}$$

$$1000 \underline{g} = 1 \underline{kg}$$

$$6 \times 10^{27} \underline{g} = 1 \underline{e}$$

© FRANK DRAKE

$$\bullet = | = 1$$

$$||-- = 12$$

$$\bullet\bullet = | - = 2$$

$$||--- = 24$$

$$\bullet\bullet\bullet = || = 3$$

$$||--|-- = 100 = 10^2$$

$$\bullet\bullet\bullet\bullet = |-- = 4$$

$$||||-|---- = 1000 = 10^3$$

$$\bullet\bullet\bullet\bullet\bullet = |-| = 5$$

$$2+3=5$$

$$\bullet\bullet\bullet\bullet\bullet\bullet = ||- = 6$$

$$8+17=25$$

$$5 + \frac{2}{3} = 5\frac{2}{3}$$

$$||| = 7$$

$$\frac{1}{2} + \frac{1}{3} = \frac{5}{6}$$

$$2 \times 3 = 6$$

$$|--- = 8$$

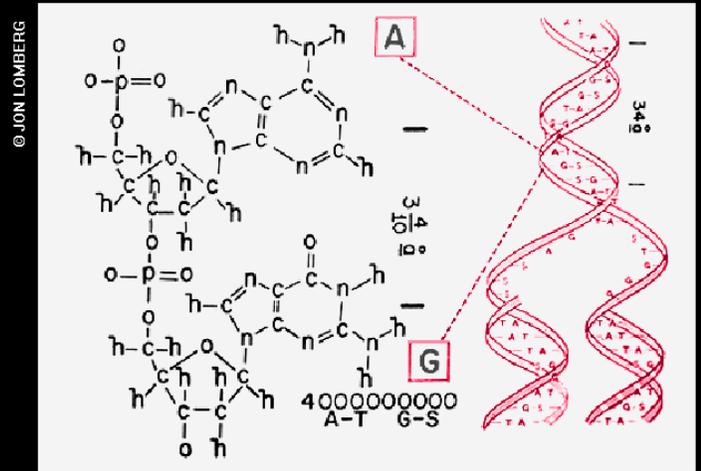
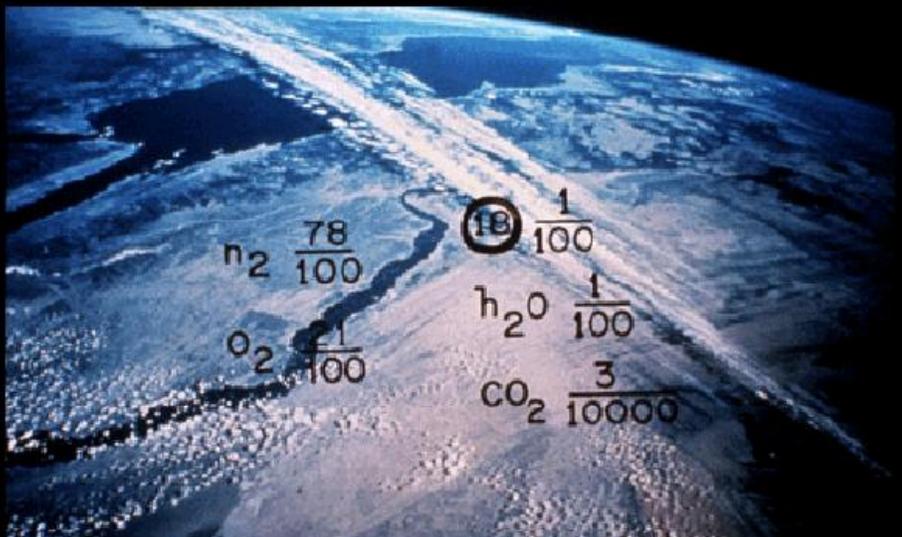
$$\frac{1}{3} + \frac{1}{5} = \frac{8}{15}$$

$$13 \times 28 = 364$$

$$|--| = 9$$

$$|-|- = 10$$

SELEZIONE DI ALCUNE DELLE 115 IMMAGINI INCLUSE:



ASA



UNDP/PHOTO



© FRANK DRAKE

$1M \quad 1\mu$
 $1 \frac{42}{100} \times 10^9 \underline{t} = 1 \underline{s}$
 $86400 \underline{s} = 1 \underline{d}$
 $365 \underline{d} = 1 \underline{y}$
 $6 \times 10^{23} \underline{M} = 1 \underline{g}$
 $1000 \underline{g} = 1 \underline{kg}$
 $6 \times 10^{27} \underline{g} = 1 \underline{e}$

$\frac{1}{21} \underline{L} = 1 \underline{cm}$
 $1 \underline{L} = 21 \times 10^8 \underline{a}$
 $10^2 \underline{cm} = 1 \underline{m}$
 $1000 \underline{m} = 1 \underline{km}$

UNDP/PHOTO



© NATIONAL ASTRONOMY AND IONOSPHERE CENTER

SELEZIONE DI IMMAGINI



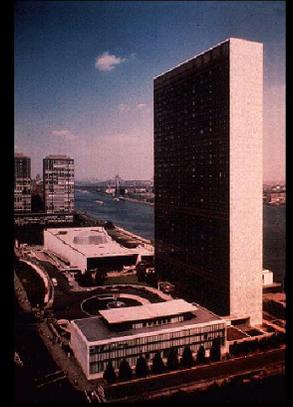
UNDP/PI PHOTO



© NATIONAL ASTRONOMY AND IONOSPHERE CENTER



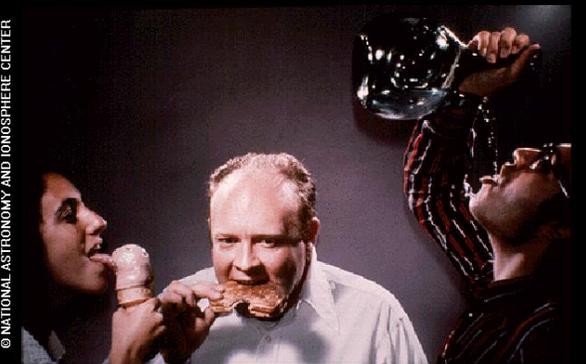
UNDP/PI PHOTO



UNDP/PI PHOTO



© FRANK DRAKE



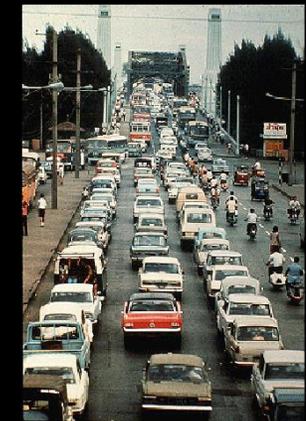
© NATIONAL ASTRONOMY AND IONOSPHERE CENTER



UNDP/PI PHOTO



© NATIONAL ASTRONOMY AND IONOSPHERE CENTER



UNDP/PI PHOTO

EVOLUZIONE DARWINIANA SU SCALA COSMICA

- 1. Condizioni ambientali:** L'evoluzione darwiniana si basa sulla competizione per le risorse e sulla selezione naturale, che a sua volta dipende dalle condizioni ambientali. Se un ambiente extraterrestre fornisce le condizioni adatte, come la presenza di acqua liquida, stabilità, tettonica, campo magnetico, nutrienti e fonti di energia, potrebbe esserci un potenziale per l'evoluzione darwiniana.
- 2. Chimica e biologia:** L'evoluzione darwiniana si basa su processi biologici e chimici che possono essere universali, se applicabili anche altrove nell'Universo. Se l'Universo è isotropo e uniforme, ciò potrebbe suggerire che i processi evolutivi potrebbero verificarsi altrove.
- 3. Materiale genetico:** L'evoluzione darwiniana richiede la presenza di materiale genetico che possa mutare e trasmettersi attraverso le generazioni. Sulla Terra, il **DNA** è il portatore principale di informazioni genetiche, ma potrebbero esistere altre forme che potrebbero svolgere un ruolo simile nell'evoluzione altrove.
- 4. Tempo:** L'evoluzione darwiniana è un processo che richiede tempo su scala geologica. Se le condizioni ambientali rimangono stabili per un periodo sufficientemente lungo, ciò fornisce alle specie la possibilità di evolversi attraverso la selezione naturale.



COLONIZZAZIONE DI UNA GALASSIA IN UN MILIONE DI ANNI:

Tra tutte le civiltà extraterrestri sviluppatesi, se solo una di esse avesse avuto una **politica espansiva**, la nostra Galassia dovrebbe essere già completamente colonizzata

Supponiamo che mandino missioni spaziali su 10 pianeti abitabili e che ognuna delle 10 colonie, quando è pronta, mandi missioni su 10 nuovi pianeti, e così via...

Può volerci molto tempo (anche con tecnologie non esotiche, ma non è questo il fattore decisivo:

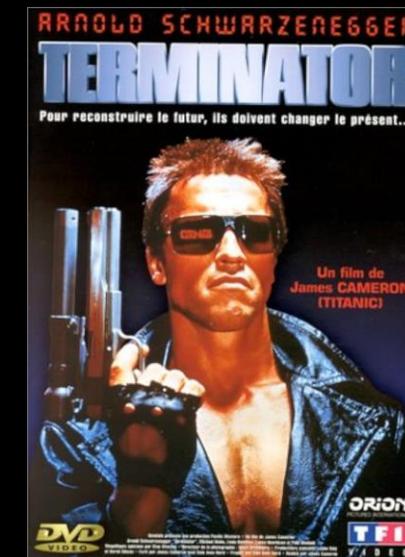
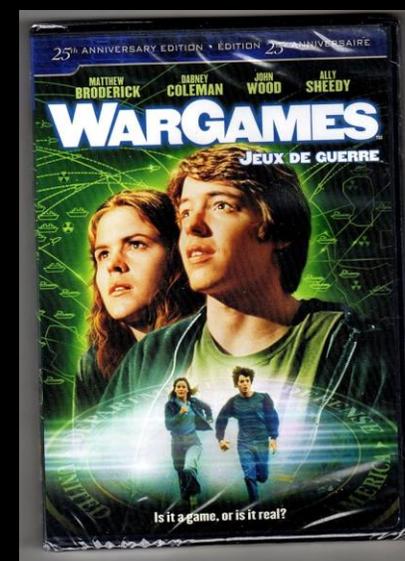
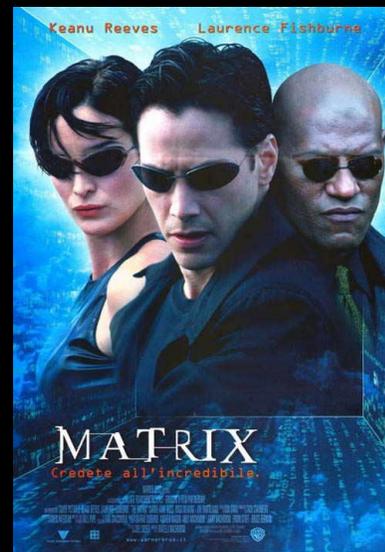
Supponiamo che ci vogliano 100.000 anni per raggiungere un nuovo pianeta, stabilirsi, costruire una nuova civiltà e inviare 10 nuove missioni. Ciò darebbe origine ad una crescita esponenziale!

in un milione di anni o poco più, l'intera Galassia viene colonizzata

Dove sono tutti quanti? La vita intelligente deve dunque essere rara, oppure i processi evolutive sono così lenti e le distanze sono tali da rendere la simultaneità altrettanto improbabile.

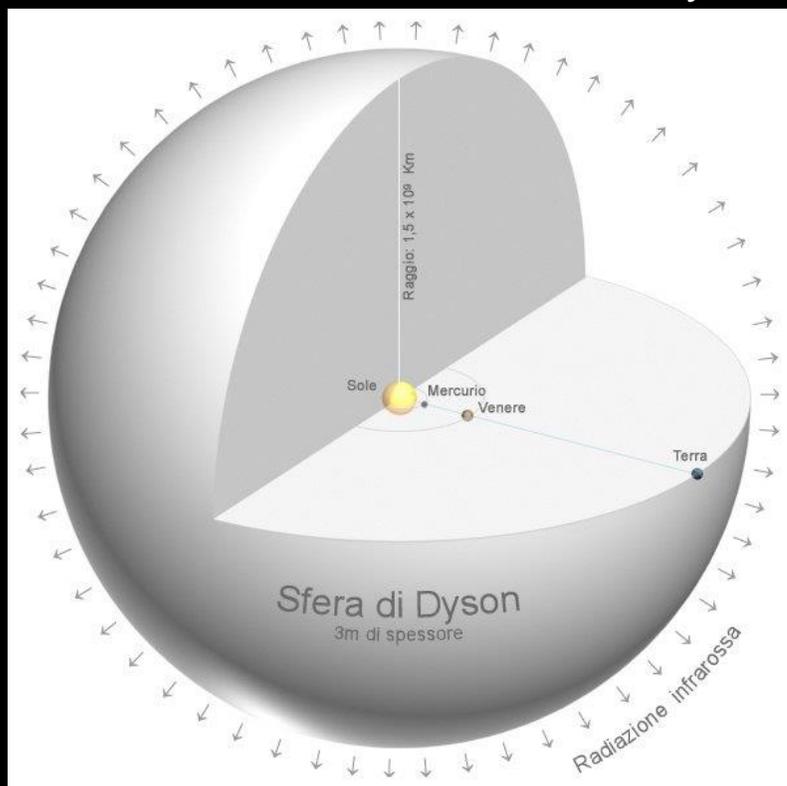
I POTENZIALI PERICOLI DELL'INTELLIGENZA ARTIFICIALE

- Io Robot (basato su racconti di I.Asimov)
- Terminator di Cameron (1984)
- 2001 Odissea nello Spazio di Kubrik (1968)
- Wargames (1983)
- Matrix (1999)



MEGASTRUTTURE: SFERA DI DYSON

La sfera di Dyson è una teorica "gabbia" di pannelli solari orbitanti attorno ad una stella, che viene utilizzata per massimizzare lo sfruttamento della sua energia. Fu proposta nel 1959 dall'astronomo Freeman John Dyson



KIC 8462852 è una stella di sequenza principale di classe F situata nella costellazione del Cigno distante circa 454 parsec (1,480 anni luce) dalla Terra. È anche nota come *stella di Tabby*. Nel settembre 2015 numerosi astronomi hanno analizzato le insolite fluttuazioni nell'emissione luminosa di questa stella misurate dal telescopio spaziale Kepler. Nell'ottobre 2015 Jason Wright ha avanzato l'ipotesi che l'insolita variazione di emissione di luce potesse essere associata a vita extraterrestre intelligente (ipotesi poi scartata in favore di anelli non uniformi di polveri)

MULTICELLULARITA' : IL GRANDE FILTRO BIOLOGICO

