

A photograph of a person's hands holding a large green lizard against a background of a dense forest. The lizard is the central focus, with its head and front legs visible. The person's hands are positioned to support the lizard. The background is a lush green forest with sunlight filtering through the trees.

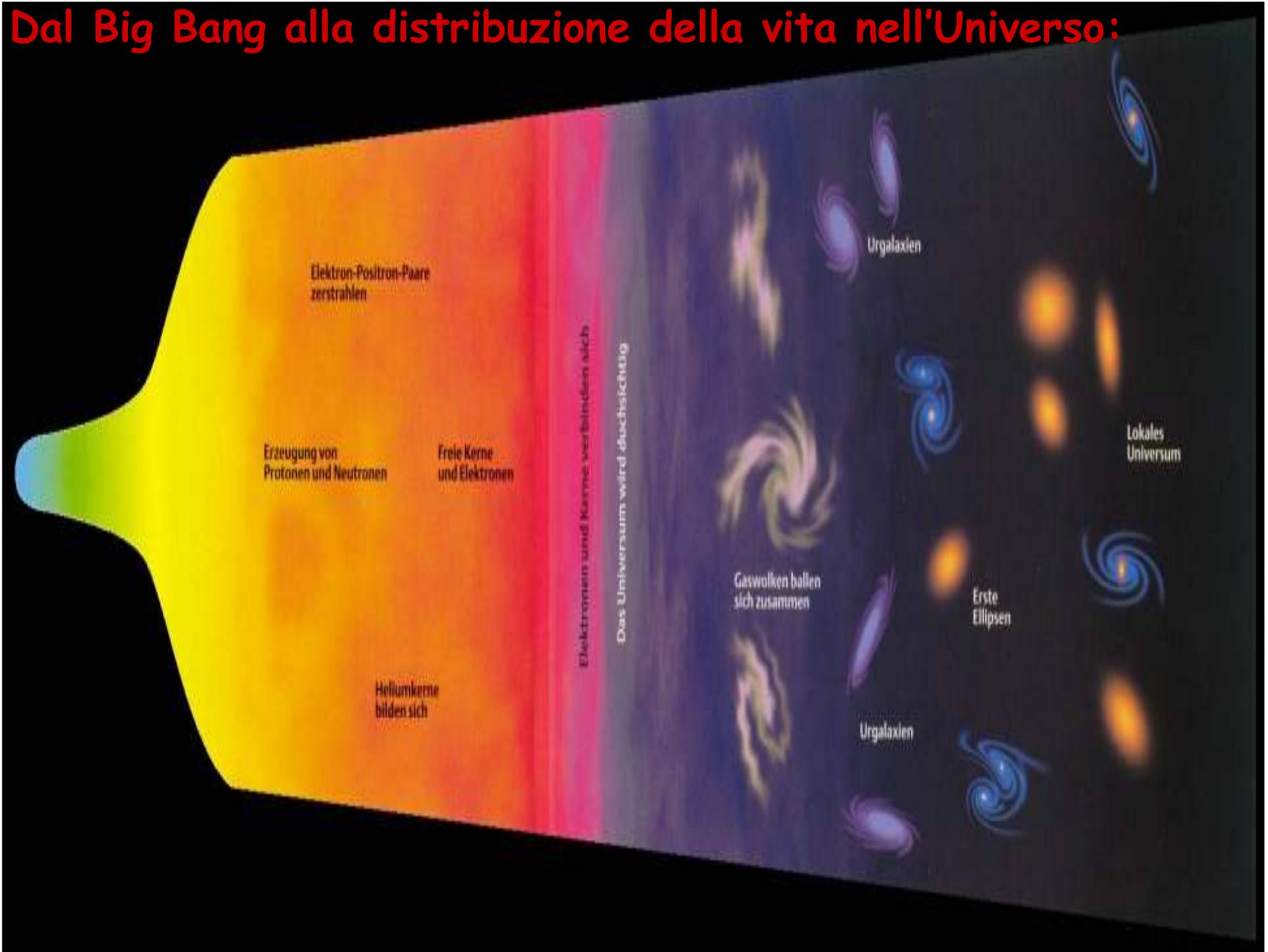
LA VITA TRA LE STELLE

ERICA BISESI

LE DOMANDE DELL'ASTROBIOLOGIA

- **COME** è iniziata e si è evoluta la vita?
 - condizioni astrofisiche e cosmologiche
 - condizioni 'geo'logiche
 - condizioni biochimiche
- **E'** possibile che la vita esista **ALTROVE** nell'Universo?
 - **DOVE** dobbiamo guardare?
 - ambienti terrestri estremi
 - oltre la Terra
 - **COSA** dobbiamo cercare?
 - i tracciatori della vita (carbonio, H₂O, fotosintesi,...)
 - molecole organiche
 - vita intelligente
- Qual'è il **FUTURO** della Terra e del Sistema Solare?

Dal Big Bang alla distribuzione della vita nell'Universo:

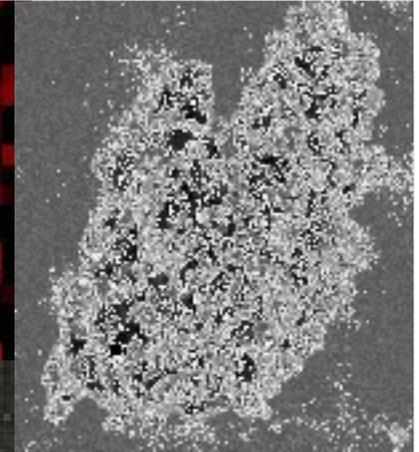
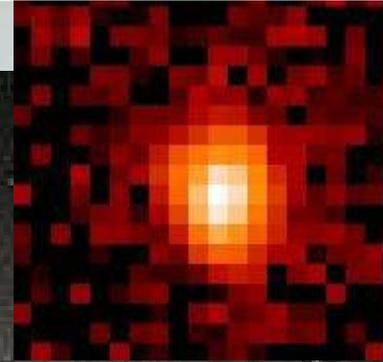


Origine ed evoluzione della vita su e oltre la Terra:



Hubble Space Telescope

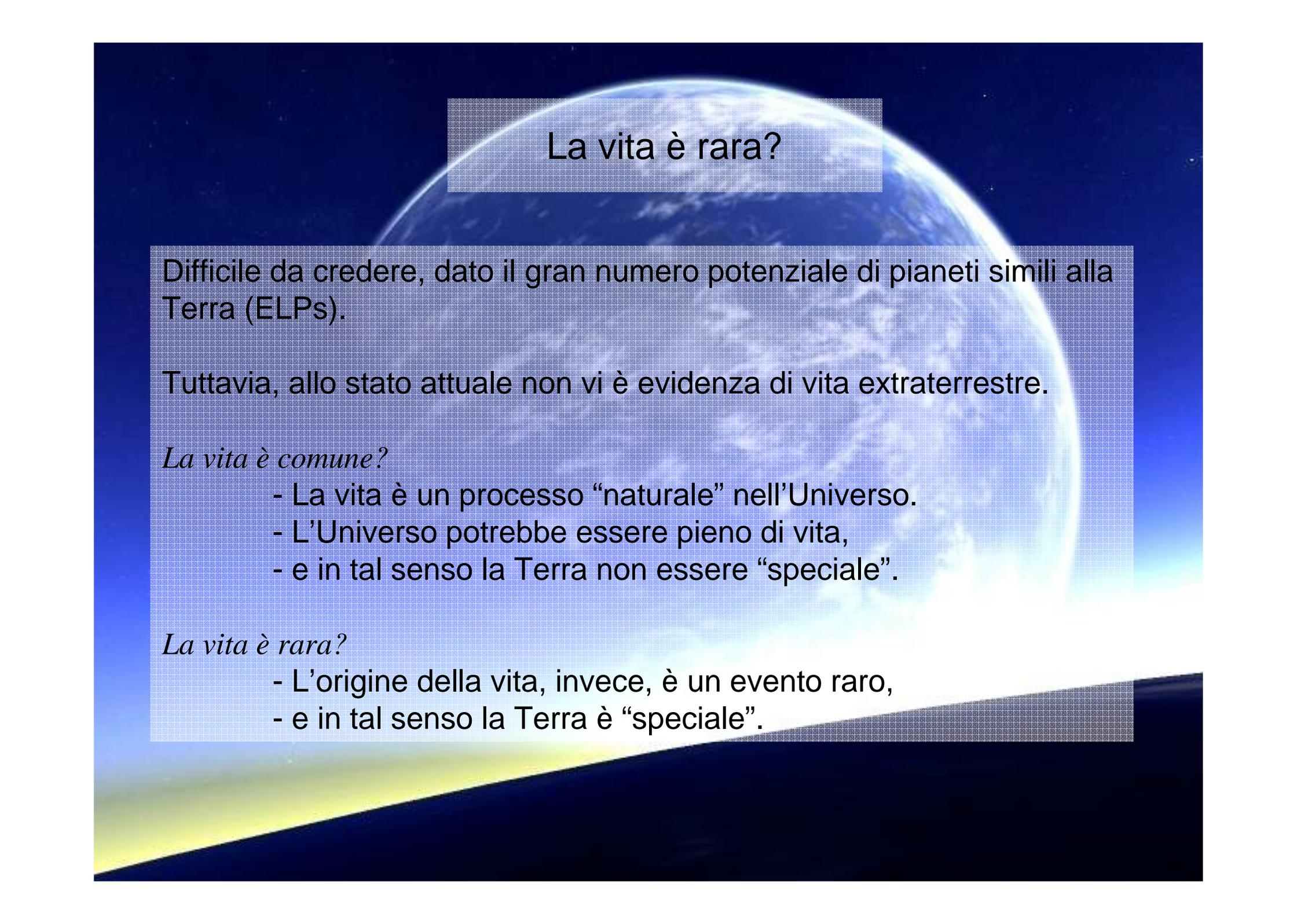
Vita nell'Universo



Il nostro Sistema Solare ha 9 (o 10 – Sedna, scoperto nel 2004) pianeti, lune, asteroidi, comete, e polveri interstellari

*Interplanetary Dust
Particle -10 μ m across
made by dying and exploded stars*

La nostra galassia, la Via Lattea, è formata da 100 bilioni di stelle
L'Universo ha 100 bilioni di galassie.
Molte stelle hanno pianeti,
alcuni potrebbero essere come Giove e Saturno,
altri come la Terra.



La vita è rara?

Difficile da credere, dato il gran numero potenziale di pianeti simili alla Terra (ELPs).

Tuttavia, allo stato attuale non vi è evidenza di vita extraterrestre.

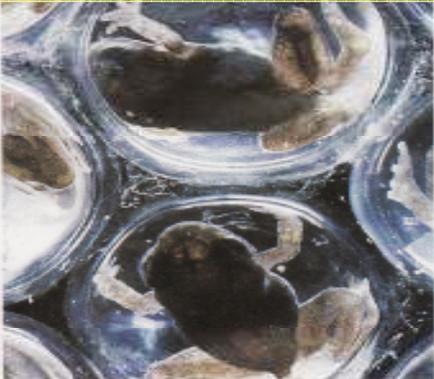
La vita è comune?

- La vita è un processo “naturale” nell’Universo.
- L’Universo potrebbe essere pieno di vita,
- e in tal senso la Terra non essere “speciale”.

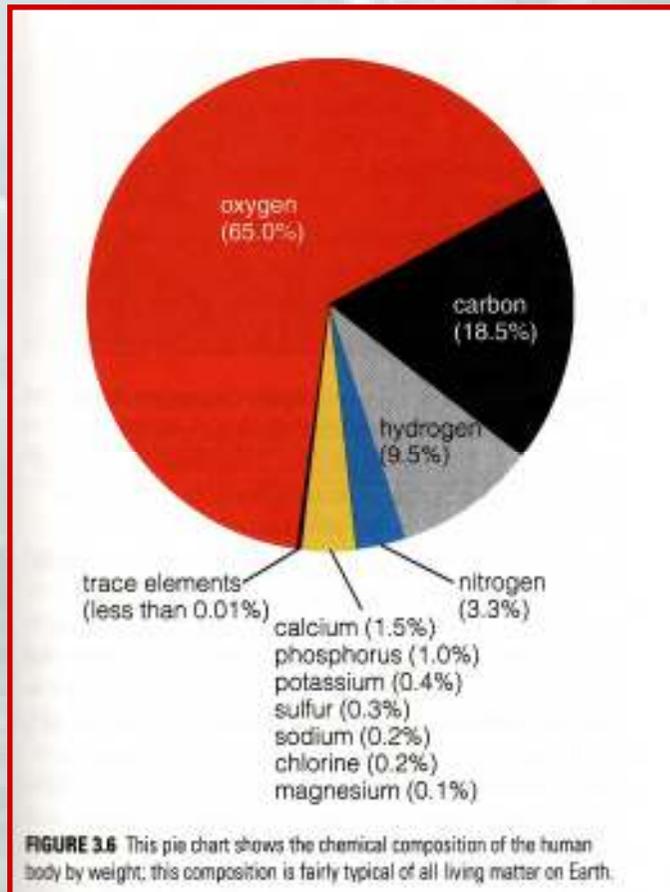
La vita è rara?

- L’origine della vita, invece, è un evento raro,
- e in tal senso la Terra è “speciale”.

CHE COSA CERCHIAMO?

<p>ORDINE</p>  <p>a Order: All living organisms exhibit order in their internal structure, as is apparent in this microscopic view of spiral patterns in two single-celled organisms.</p>	<p>RIPRODUZIONE</p>  <p>b Reproduction: Organisms reproduce their own kind. Here, a single-celled organism (an amoeba) has already copied its genetic material (DNA) and is now dividing into two cells, each of which will be genetically identical to each other and to the original cell.</p>	<p>CRESCITA e SVILUPPO</p>  <p>c Growth and development: Living organisms grow and develop in patterns determined at least in part by heredity. Here, we see growing embryos of a Costa Rican frog.</p>
<p>UTILIZZO di ENERGIA</p>  <p>d Energy utilization: Living organisms use energy for their many activities. Here, we see tube worms living near a deep sea volcanic vent. These organisms obtain much of their energy from chemical reactions made possible in part by the heat released from the volcanic vent.</p>	<p>RISPOSTA AMBIENTALE</p>  <p>e Response to the environment: Life actively responds to changes in its surroundings. Here, we see a blacktail jackrabbit's ears flush with blood; the blood flow adjusts automatically to help the animal maintain a constant internal temperature by adjusting the heat loss from the ears.</p>	<p>ADATTAMENTO EVOLUTIVO</p>  <p>f Evolutionary adaptation: Life evolves in a way that leads to organisms that are adapted to their environments. Here, the white feathers of the white-tail ptarmigan in winter plumage make it nearly invisible against the animal's snowy surroundings.</p>

CHE COSA CERCHIAMO?



I meccanismi:

- Una vita al carbonio?
- Una vita al silicio?
- Un metabolismo sorretto dall'H₂O liquida?
- Alternative?

Table 6.1 Companion of Potential Liquids for Life. Freezing and boiling points (under 1 atmosphere of pressure) for common substances that may be found in liquid form in our solar system. The last column gives the width of the liquid range, found by subtracting the freezing point from the boiling point.

Substance	Freezing Temperature	Boiling Temperature	Width of Liquid Range
Water (H ₂ O)	0°C	100°C	100°C
Ammonia (NH ₃)	-78°C	-33°C	45°C
Methane (CH ₄)	-182°C	-164°C	18°C
Ethane (C ₂ H ₆)	-183°C	-89°C	94°C

DOVE CERCHIAMO?

L'abitabilità planetaria è la misura della capacità di un corpo celeste di sviluppare e accogliere la vita.

*Nella misura in cui l'esistenza di una vita extraterrestre è sconosciuta, l'abitabilità di un pianeta è in effetti in gran parte un'**estrapolazione delle condizioni terrestri** e delle caratteristiche generali che appaiono favorevoli allo sviluppo della vita in seno al Sistema solare.*

L'acqua allo stato liquido è in particolare considerata come un elemento indispensabile ad un ecosistema vivente. La ricerca in questo dominio occupa principalmente la planetologia e l'astrobiologia.

La scoperta dei pianeti extrasolari, che è iniziata nel 1995 ed è accelerata, ha confermato che il Sole non è la sola stella a illuminare i pianeti ed ha allargato il campo di ricerca sull'abitabilità al di là del Sistema solare.

questa pagina e seguenti sono tratte da: http://it.wikipedia.org/wiki/Zona_abitabile

Le stelle

Classificazione

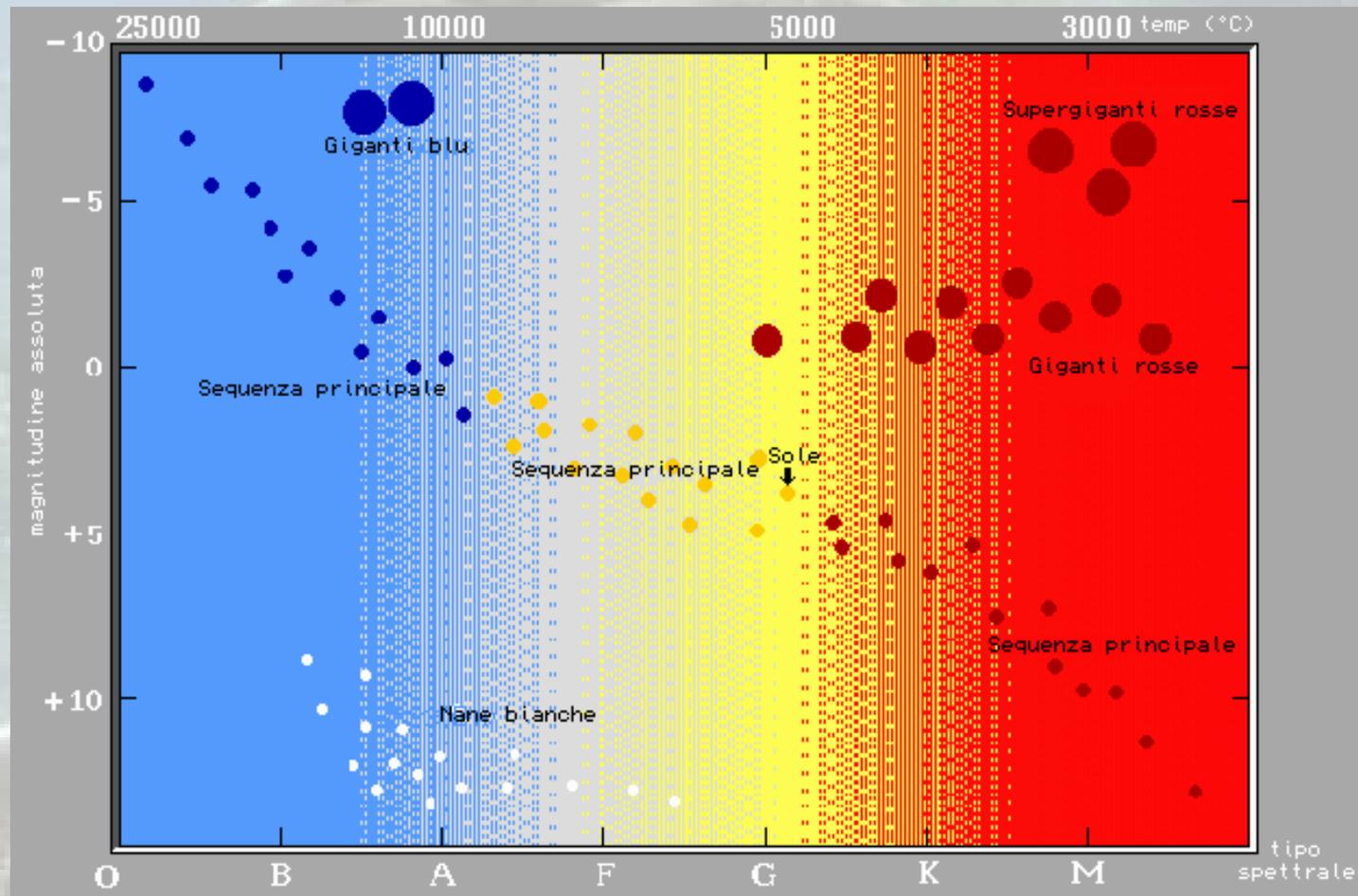
- Spettri stellari

(O, B, A, F, G, K, M, N, C)

- Colore , temperatura, luminosità

Le stelle

Il diagramma HR



CLASSE SPETTRALE

La classe spettrale di una stella indica la temperatura della fotosfera, che per le stelle della sequenza principale è legata alla loro massa.

Il dominio spettrale appropriato per le stelle suscettibili di accogliere sistemi ospitanti la vita va dall'inizio della classe F o G fino a metà della classe spettrale K. Essa corrisponde alle temperature che vanno da poco più di 4000 °K a un po' più di 7000 °K. Il Sole, stella di classe G2, è all'incirca nel mezzo di tale dominio. Questo tipo di stelle costituisce probabilmente dal 5 al 10% delle stelle della nostra galassia.

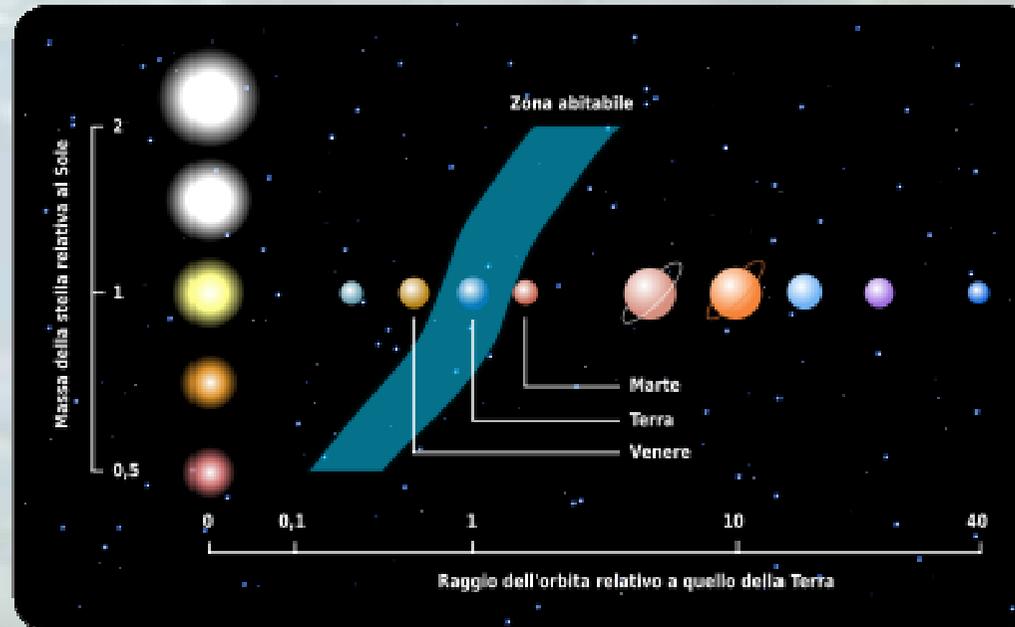
Se le stelle meno luminose, cioè quelle tra la fine della classe K e la classe M (nane rosse), siano ugualmente suscettibili di mantenere pianeti abitabili nella loro orbita resta aperta.

CLASSE SPETTRALE

Tali stelle:

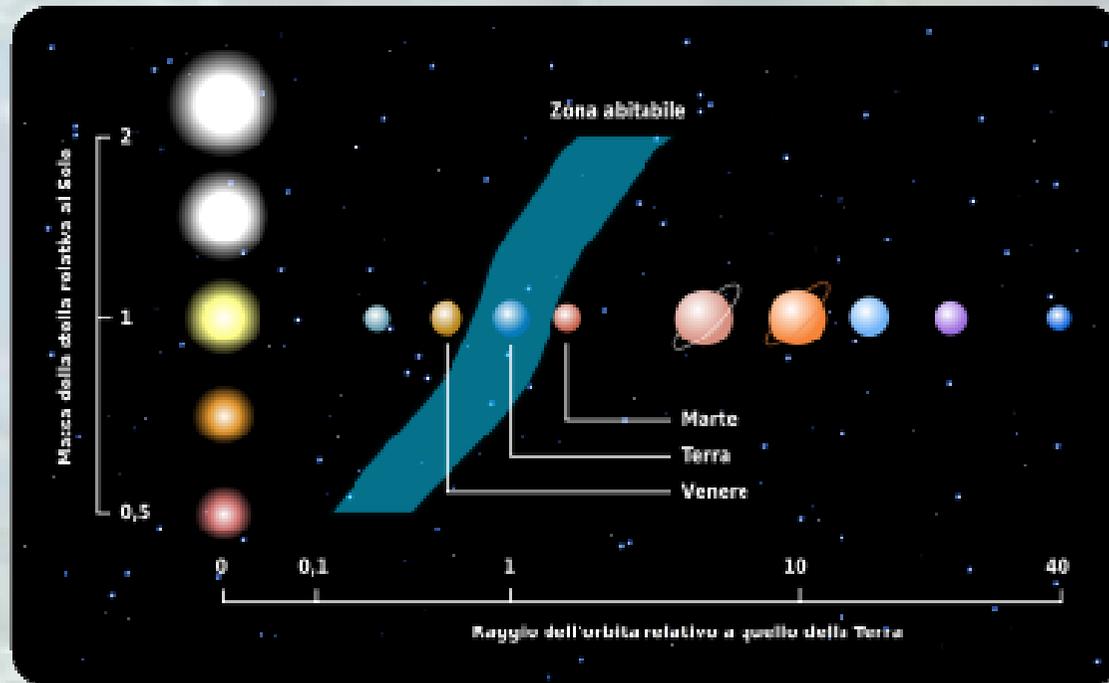
- *bruciano per almeno qualche miliardo di anni, periodo che lascia **sufficiente tempo** alla vita per svilupparsi. Le stelle della sequenza principale, più luminose, come quelle delle classi « O », « B » e « A », bruciano in generale in meno di un miliardo di anni, e in certi casi addirittura in meno di 10 milioni di anni;*
- *emettono **sufficiente radiazione ultravioletta ad alta frequenza** per catalizzare importanti reazioni nell'atmosfera, come la formazione dell'ozono – ma non troppo, perché questo distruggerebbe la vita.*
- ***L'acqua liquida** può esistere sulla superficie dei pianeti orbitanti **a una distanza che non induce rotazione sincrona.***

ZONA ABITABILE STABILE



- **La zona abitabile (HZ) è un dominio teorico in prossimità della stella, in seno al quale i pianeti presenti possono mantenere acqua allo stato liquido sulla superficie.**
- **Se fossero rilevate forme di vita su pianeti in cui l'acqua è assente (per esempio in una soluzione di ammoniaca), la definizione di zona abitabile dovrebbe essere profondamente rivista, o persino interamente scartata in quanto troppo restrittiva. Il fatto che Europa e in una certa misura Titano siano entrambe candidate di prima importanza per la ricerca della vita nel Sistema solare sottolinea la difficoltà nel definire la nozione di zona abitabile.**

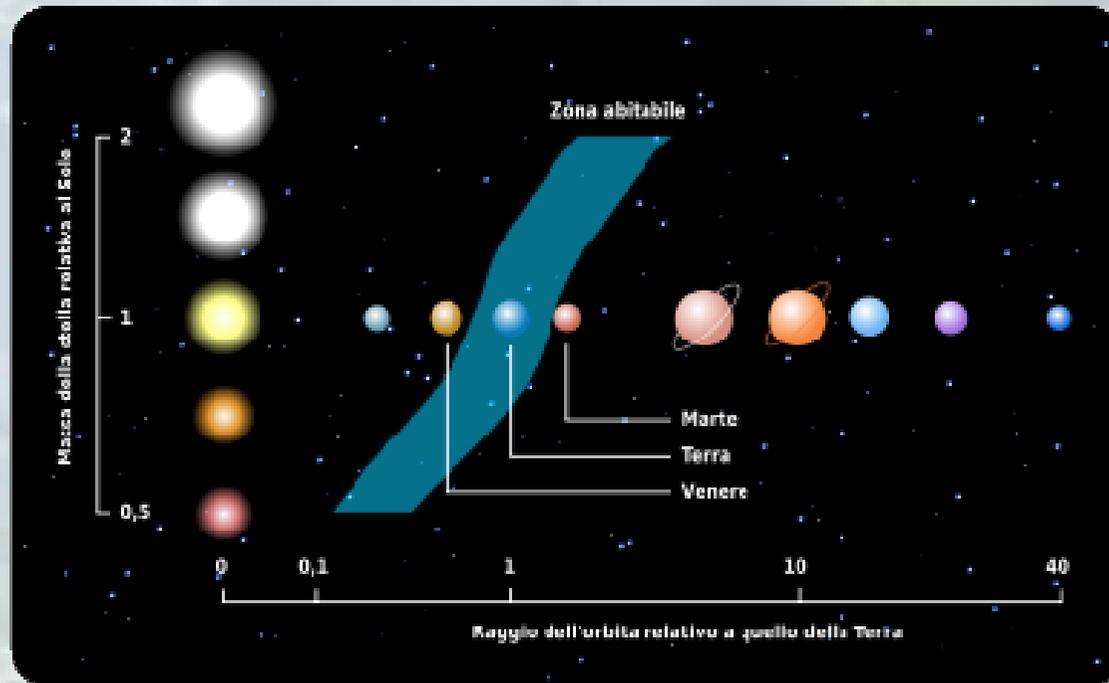
ZONA ABITABILE STABILE



Una zona abitabile «stabile» presenta due particolarità:

- 1. la sua localizzazione deve rimanere pressoché invariata.** Poiché la luminosità delle stelle aumenta col passare del tempo, una data zona abitabile si allontana dalla stella. Se tale migrazione è troppo rapida (per esempio, per una stella supermassiccia), i pianeti non sono nella zona abitabile che per una durata brevissima, il che riduce considerevolmente la probabilità che la vita si sviluppi. Insieme all'evoluzione della stella, le ipotesi fatte sulle condizioni atmosferiche e la geologia del pianeta hanno una grandissima influenza sul calcolo di una zona abitabile.

ZONA ABITABILE STABILE



- Nessun corpo di massa importante come un gigante gassoso deve essere presente nella zona abitabile o in prossimità di questa: la sua presenza potrebbe impedire la formazione di pianeti terrestri. Se un tempo gli scienziati supponevano che la combinazione pianeta terrestre sulle orbite interiori - giganti gassosi sulle orbite esteriori fosse la norma, le scoperte recenti dei pianeti extrasolari hanno contraddetto questa ipotesi. Numerosi giganti gassosi sono stati trovati sulle orbite più vicine alla stella, annullando l'intera zona abitabile potenziale.***

ZONA ABITABILE STABILE

Riassunto:

Table 10.1 Typical Properties for Hydrogen-Burning Stars of the Seven Major Spectral Types

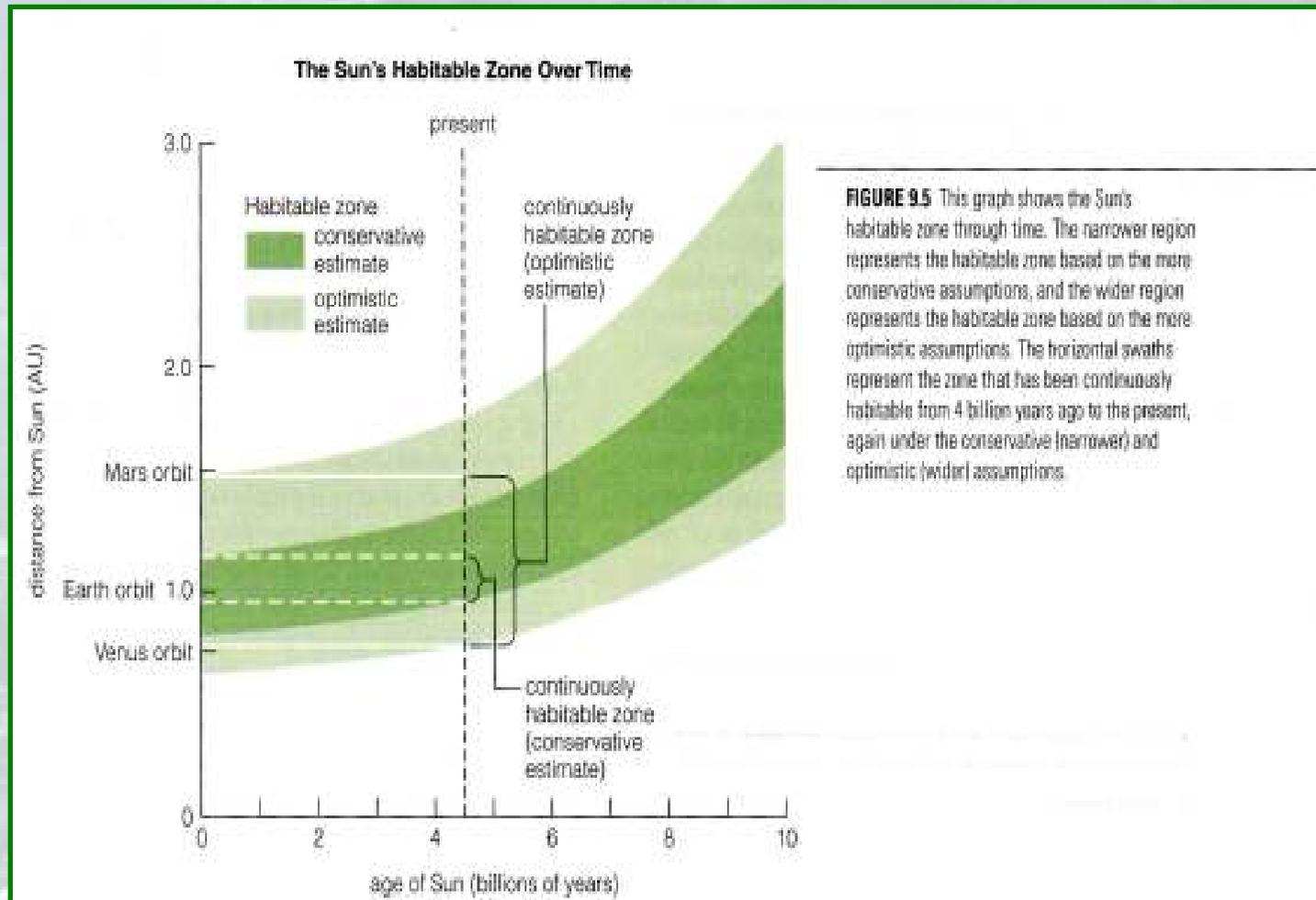
Numbers given in "solar units" are values in comparison to the Sun; for example, a mass of 60 solar units means 60 times the mass of the Sun. Note that the Sun is a G star. (More specifically, the Sun's spectral type is G2.)

Spectral Type	Approximate Percentage of Stars in This Class	Surface Temperature (°C)	Luminosity (solar units)	Mass (solar units)	Lifetime (years)
O	0.001%	50,000	1,000,000	60	500 thousand
B	0.1%	15,000	1,000	6	50 million
A	1%	8,000	20	2	1 billion
F	2%	6,500	7	1.5	2 billion
G	7%	5,500	1	1	10 billion
K	15%	4,000	0.3	0.7	20 billion
M	75%	3,000	0.003	0.2	600 billion

Bennet, J., Shostak, S. & Jakosky, B. (2003). *Life in the Universe*. Addison Wesley

ZONA ABITABILE STABILE

Evoluzione temporale:



Bennet, J., Shostak, S. & Jakosky, B. (2003). *Life in the Universe*. Addison Wesley

ERICA BISESI
ASTROBIOLOGIA, UniTre Gorizia

ZONA ABITABILE STABILE

Requisiti:

a) DEBOLE VARIAZIONE DI LUMINOSITA'

Esseri viventi adattati ad un dominio di temperatura particolare avrebbero probabilmente problemi a sopravvivere ad importanti variazioni di temperatura. Inoltre, le variazioni di luminosità sono generalmente accompagnate dall'emissione di dosi massicce di raggi gamma e di raggi X, radiazioni che potrebbero essere letali. L'atmosfera dei pianeti è in grado di attenuare tali effetti (un aumento del 100 % della luminosità solare non implica necessariamente un aumento del 100 % della temperatura della Terra), ma è ugualmente possibile che tali pianeti non siano in grado di trattenere la loro atmosfera perché le forti radiazioni incidenti a ripetizione potrebbero disperderla.

Il Sole non conosce questo tipo di variazioni: nel corso del ciclo solare, lo scarto tra la luminosità minima e massima si aggira attorno allo 0,1 %. Esistono prove importanti che i cambiamenti di luminosità del Sole, benché minimi, abbiano avuto effetti significativi sul clima terrestre durante la storia. Tra gli analoghi solari conosciuti, quello che somiglia maggiormente al Sole è 18 Scorpii. La grande differenza tra le due stelle è l'ampiezza del ciclo solare – che è ben più grande su 18 Scorpii, il che diminuisce considerevolmente la probabilità che la vita possa svilupparsi sulla sua orbita.

ZONA ABITABILE STABILE

Requisiti:

b) METALLICITA' ELEVATA

Se gli elementi più abbondanti in una stella sono sempre l'idrogeno e l'elio, esiste una grande varietà nella qualità di elementi metallici che contengono. Una percentuale elevata di metalli nella stella corrisponde alla quantità di elementi pesanti presenti nel disco protoplanetario iniziale. Secondo la teoria di formazione dei sistemi planetari in seno alle nebulose solari, una piccola quantità di metalli nella stella diminuisce drasticamente la probabilità di formazione di pianeti nell'orbita. *Tutti i pianeti che si formano attorno a una stella povera di metalli hanno probabilmente una massa piccola, e per ciò stesso non saranno favorevoli allo sviluppo della vita.*

Gli studi spettroscopici dei sistemi nei quali gli esopianeti sono stati trovati confermano la relazione tra un tasso elevato di metalli e formazione dei pianeti: le stelle con dei pianeti, o per lo meno con pianeti simili a quelli che noi troviamo attualmente, sono chiaramente più ricche di metalli rispetto alle stelle prive di pianeti orbitanti.

Formazione degli elementi chimici

- Elementi primordiali:
 - Big Bang
- Elementi pesanti, fino al ferro:
 - reazioni termonucleari nelle stelle
- Elementi più pesanti del ferro:
 - cattura neutronica
- Molecole:
 - collisioni atomiche nel mezzo interstellare

METALLICITA' E POPOLAZIONI STELLARI

La metallicità è determinata particolarmente dall'età potenziale delle stelle abitabili: le stelle formatesi all'inizio della storia dell'Universo hanno dei bassi tassi di metalli ed una corrispondente probabilità di accogliere dei pianeti che ospitino la vita.

Popolazioni stellari

1. popolazione I:

le stelle più giovani e quelle che si stanno formando

2. popolazione II:

quelle nate anche circa un miliardo di anni dopo il Big Bang e che ora hanno quindi circa 14 miliardi di anni

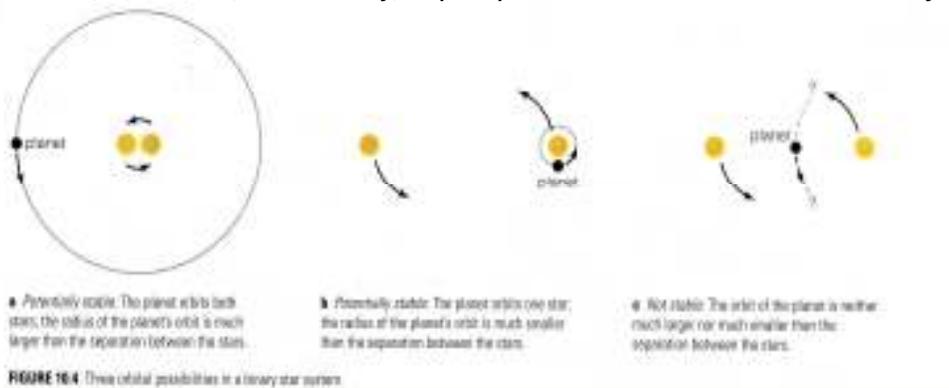
3. Popolazione III:

stelle primordiali

SISTEMI BINARI

La distanza tra due stelle di un sistema binario è compresa tra una unità astronomica ed alcune centinaia. Se la separazione tra due stelle è grande, l'influenza gravitazionale della seconda stella su un pianeta orbitante attorno alla prima stella sarà trascurabile: la sua abitabilità non è modificata, a meno che l'orbita sia fortemente eccentrica. Nonostante questo, quando le due stelle sono più vicine, il pianeta non potrà avere un'orbita stabile. Se la distanza tra il pianeta e la sua stella principale supera un quinto della distanza minima tra le due stelle, la stabilità orbitale del pianeta non è più garantita. Non è sicuro che i pianeti possano formarsi in un sistema binario, perché le forze gravitazionali potrebbero ostruire la formazione di pianeti.

Bennet, J., Shostak, S. & Jakosky, B. (2003). Life in the Universe. Addison Wesley



Alpha Centauri, la stella più vicina al Sole, sottolinea il fatto che le stelle binarie non devono essere sistematicamente scartate nella ricerca dei pianeti abitabili. Centauri A e B hanno una distanza minima di 11 UA (23 UA in media) e tutte e due dovrebbero avere delle zone abitabili stabili. Una simulazione della stabilità orbitale a lungo termine dei pianeti in questo sistema mostra che pianeti a circa 3 UA da una delle due stelle possono rimanere stabili. La zona abitabile di A Centauri sarebbe almeno da 1,2 a 1,3 UA e quella di B Centauri da 0,73 a 0,74 UA.

CARATTERISTICHE PLANETARIE

- distanza dal Sole
- dimensioni
- processi di perdita nell'atmosfera

L'ipotesi principale fatta sui pianeti abitabili è che essi siano terrestri. Tali pianeti, la cui massa sarà dello stesso ordine di grandezza di quella della Terra, sono principalmente composti da silicati e non hanno conservato strati gassosi esterni di idrogeno ed elio come i pianeti gassosi.

Non si esclude che una qualche forma di vita risieda negli strati superiori delle nubi dei giganti gassosi, benché ciò sia considerato improbabile – essendo dati l'assenza di superficie e la gravità gigantesca.

Per contro, i satelliti naturali di tali pianeti potrebbero benissimo ospitare la vita.

MASSA:

*I pianeti con una massa scarsa sarebbero dei cattivi candidati ad ospitare la vita per due ragioni. Innanzitutto, la loro gravità risulterebbe più bassa e la loro atmosfera meno densa. Le molecole che costituiscono la vita hanno una probabilità molto più elevata di raggiungere la velocità di fuga e di essere espulsi nello spazio per la propulsione del vento solare o per una collisione. **I pianeti la cui atmosfera non è spessa non disporranno di sufficiente materia per la biochimica iniziale, non saranno abbastanza isolati termicamente ed avranno una cattiva conducibilità termica attraverso la loro superficie e meno protezione contro le radiazioni ad alta frequenza e le meteoriti.** Inoltre, i pianeti più piccoli hanno un diametro più piccolo e dunque maggiore rapporto superficie-volume dei pianeti di maggiori dimensioni. Tali corpi tendono a perdere energia molto più rapidamente dopo la loro formazione ed hanno dunque scarsa attività geologica. **Non presentano vulcani, terremoti, né attività tettonica che forniscano alla superficie elementi favorevoli alla vita e all'atmosfera molecole in grado di regolare la temperatura (come la CO₂).***

CAMPO MAGNETICO:

*Infine, un grosso pianeta avrà probabilmente un consistente nucleo composto di ferro. Quest'ultimo crea un campo magnetico che protegge il pianeta dal vento solare, e **in sua assenza tenderebbe a disperdere l'atmosfera planetaria e a bombardare di particelle ionizzanti gli esseri viventi.** La massa non è il solo elemento da considerare per determinare l'esistenza di un campo magnetico. Il pianeta deve anche avere un movimento di rotazione sufficientemente rapido, per produrre un effetto dinamo all'interno del nucleo.*

ORBITA E ROTAZIONE:

Come per altri criteri, la stabilità orbitale e di rotazione è essenziale affinché il corpo celeste sia abitabile. Maggiore è l'eccentricità orbitale, più grande è la fluttuazione della temperatura sulla superficie del pianeta. Nonostante si adattino, gli organismi viventi non sono in grado di sopportare eccessive variazioni, specialmente se esse raggiungono talvolta il punto di ebollizione e il punto di fusione del principale solvente biotico del pianeta.

L'orbita della Terra è pressoché circolare, essendo l'eccentricità inferiore a 0,02. Gli altri pianeti del Sistema Solare (con la sola eccezione di Plutone e in una certa misura di Mercurio) hanno delle eccentricità simili.

I dati raccolti sull' eccentricità dei pianeti extrasolari hanno sorpreso la maggior parte dei ricercatori: il 90% delle eccentricità sono maggiori di quelle dei pianeti nel Sistema Solare, con una media di 0,25.

Il movimento di un pianeta attorno al suo asse di rotazione deve senza dubbio rispettare alcune caratteristiche, perché la vita abbia possibilità di evolvere.

Il ciclo di-notte non deve essere troppo lungo.

Il pianeta deve avere stagioni moderate.

I cambi di direzione dell'asse di rotazione devono essere poco pronunciati.

La precessione della Terra dura 23000 anni. Se fosse molto più corta o se l'oscillazione fosse maggiore, vi sarebbero importanti cambiamenti climatici che potrebbero inficiare fortemente l'abitabilità. La Luna sembra giocare un ruolo fondamentale nella regolazione del clima terrestre, stabilizzando l'inclinazione dell'asse di rotazione.

GEOCHIMICA:

Si ritiene in generale che tutta la vita extraterrestre dovrebbe essere basata sulla stessa chimica di quella della Terra, in quanto i quattro elementi più importanti per la vita terrestre (carbonio, idrogeno, ossigeno ed azoto) sono anche i quattro elementi chimici reattivi più abbondanti nell'universo.

In effetti, molecole prebiotiche semplici, come gli amminoacidi, sono state trovate in alcuni meteoriti e nello spazio interstellare.

Per massa, questi quattro elementi costituiscono circa il 96 % della biomassa terrestre. Gli atomi di carbonio hanno una capacità straordinaria di stabilire legami chimici tra loro e di formare grandi strutture complesse, che li rendono ideali per essere alla base dei meccanismi complessi che costituiscono gli esseri viventi.

Questi quattro elementi si associano per formare gli amminoacidi, che costituiscono a loro volta le proteine – componenti essenziali degli organismi viventi.

GEOCHIMICA:

L'acqua, composta da ossigeno e idrogeno, costituisce il solvente nel quale avvennero i processi biologici e le prime reazioni che portarono all'apparizione della vita. L'energia proveniente dal legame covalente tra gli atomi di carbonio e quelli di idrogeno, liberati dalla dissociazione dei carboidrati e di altre molecole organiche, è il carburante di tutte le forme di vita complesse.

La maggior parte dell'acqua necessaria alla vita, e forse anche la maggior parte del carbonio, è senza dubbio proveniente dal Sistema Solare esterno ove, allontanata dal calore del Sole, ha potuto rimanere solida. Le comete collisero con la Terra all'inizio della storia del Sistema Solare, liberando grandi quantità di acqua – come pure altre molecole volatili necessarie alla vita (tra cui gli amminoacidi). Questo avrebbe permesso la rapida apparizione della vita sulla Terra.

Così, nonostante sia probabile che i quattro elementi principali siano presenti in altri luoghi, un sistema abitabile avrà bisogno di un apporto continuo di corpi in orbita al fine di fornire elementi ai pianeti interni. È ipotizzabile che la vita sulla Terra come la conosciamo non esisterebbe senza le comete.

È tuttavia possibile che altri elementi possano servire da base per forme di vita basate su una chimica differente.

I PIANETI DEL SISTEMA SOLARE

Table 9.1 Comparisons of Actual Temperatures and "No Greenhouse" Temperatures for Venus, Earth, and Mars

Planet	Actual Average Surface Temperature	"No Greenhouse" Average Surface Temperature*	Greenhouse Warming (actual temperature minus "no greenhouse" temperature)
Venus	470°C	-43°	513°C
Earth	15°C	-17°C	32°C
Mars	-50°C	-55°C	5°C

* The "no greenhouse" temperature is calculated by assuming no change in the atmosphere other than lack of greenhouse warming. The "no greenhouse" temperature for Venus is colder than that for Earth, even though Venus is closer to the Sun, because Venus is completely wrapped in bright clouds that reflect much more sunlight than is reflected by the Earth. Because the light at Venus's surface is thus very dim, the surface would be chilly if there were no greenhouse effect.

Table 9.2 Distance from the Sun and Radius for Venus, Earth, and Mars

Planet	Actual Values		Values Relative to Earth	
	Average Distance from Sun	Radius (at equator)	Distance from Sun (AU [*])	Radius (Earth = 1)
Venus	108.2 million km	6,051 km	0.72	0.95
Earth	149.6 million km	6,378 km	1	1
Mars	227.9 million km	3,397 km	1.52	0.53

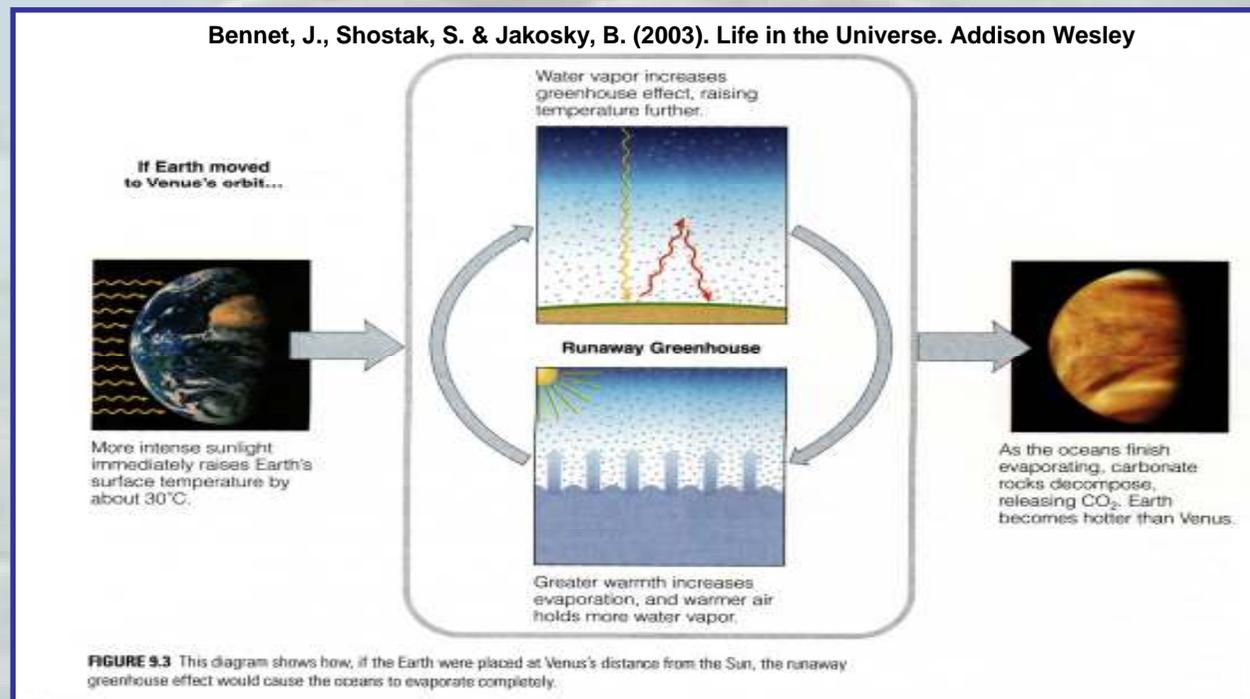
*1 AU is the Earth's average distance from the Sun, 149.6 million kilometers.

Bennet, J., Shostak, S. & Jakosky, B. (2003). Life in the Universe. Addison Wesley

TERRA: è sufficientemente grande perché la sua forza gravitazionale trattenga la sua atmosfera e perché il suo nucleo liquido continui a restare attivo e caldo, generando così un'attività geologica sulla superficie (la disintegrazione di elementi radioattivi nel cuore del pianeta è un'altra risorsa di calore dei pianeti).

I PIANETI DEL SISTEMA SOLARE

VENERE: atmosfera composta per il 96% di anidride carbonica, un autentico inferno: effetto serra estremo, con temperature di 500°C, tempeste e piogge di acido solforico e continue eruzioni vulcaniche.



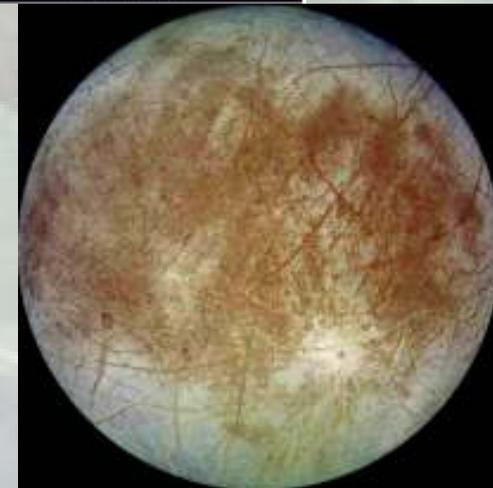
MARTE: finchè i gas vulcanici continuavano a rifornire l'atmosfera delle sostanze disperse, l'atmosfera si poteva mantenere stabile. Ma una volta che le eruzioni furono terminate, Marte perse la sua coltre protettiva, l'anidride carbonica atmosferica se ne volò via e si perdettero calore e acqua.

I PIANETI DEL SISTEMA SOLARE

E' ipotizzabile che la massa minima di un pianeta che possa risultare abitabile si situi tra quella di Marte e quella della Terra (o Venere). Tuttavia, tale regola può ammettere delle eccezioni:

IO, un satellite di Giove più piccolo dei pianeti terrestri: ha un'intensa attività vulcanica, in ragione delle costrizioni generate dall'influenza gravitazionale di Giove.

La sua vicina, **EUROPA**: potrebbe ospitare un oceano liquido sulla sua superficie ghiacciata, in ragione dell'energia creata dal campo gravitazionale gioviano. Europa è coperto da uno strato di ghiaccio, che a sua volta è attraversato da una fitta rete di canali.

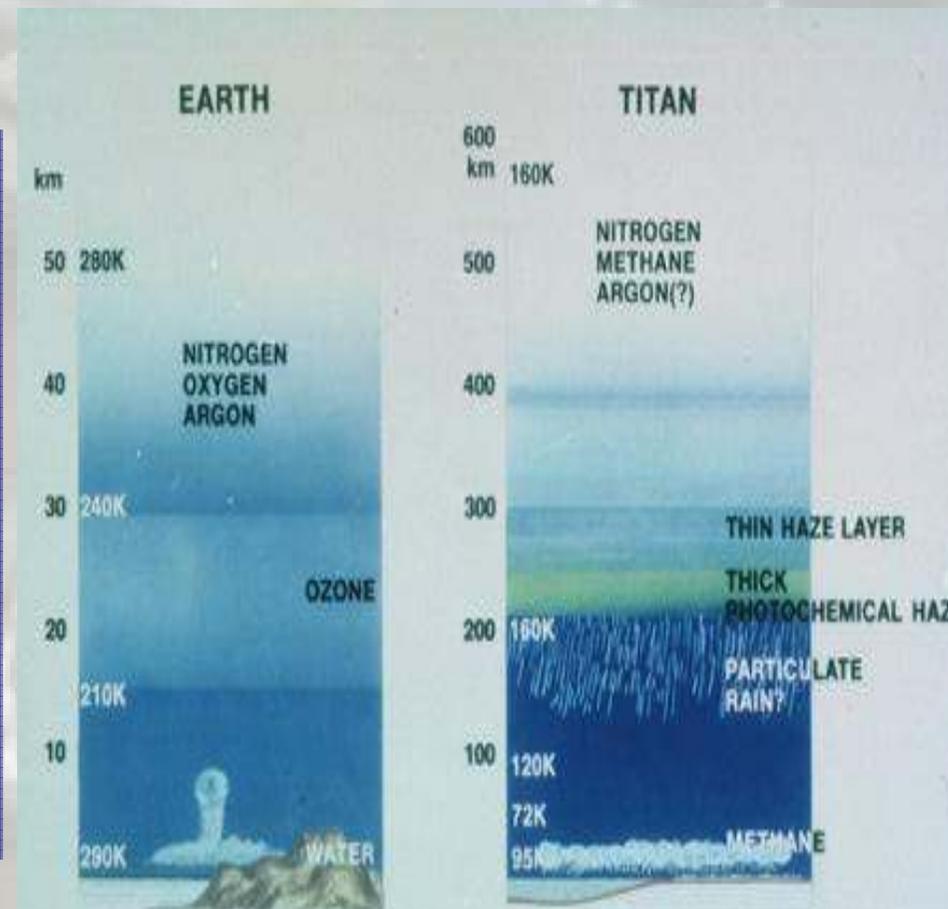


I PIANETI DEL SISTEMA SOLARE

E' ipotizzabile che la massa minima di un pianeta che possa risultare abitabile si situi tra quella di Marte e quella della Terra (o Venere). Tuttavia, tale regola può ammettere delle eccezioni:

*Una delle lune di Saturno, **TITANO**, è di interesse certo: ha conservato un'atmosfera spessa e le reazioni biochimiche sono possibili nel metano liquido sulla superficie.*

Forse questo satellite, quando il Sole si sarà trasformato in una gigante rossa e la Terra sarà stata ridotta a cenere, potrebbe rappresentare una scialuppa di salvataggio per l'umanità.



I PIANETI DEL SISTEMA SOLARE

E' ipotizzabile che la massa minima di un pianeta che possa risultare abitabile si situi tra quella di Marte e quella della Terra (o Venere). Tuttavia, tale regola può ammettere delle eccezioni:

*Una delle lune di Saturno, **TITANO**, è di interesse certo: ha conservato un'atmosfera spessa e le reazioni biochimiche sono possibili nel metano liquido sulla superficie.*

Forse questo satellite, quando il Sole si sarà trasformato in una gigante rossa e la terra sarà stata ridotta a cenere, potrebbe rappresentare una scialuppa di salvataggio per l'umanità.

Immagine artistica di Titano:



LA VITA SULLA TERRA

- **Com'è nata la vita sulla Terra?**

Nel **1995**, si pensò di affrontare il problema della ricerca dei primi microrganismi apparsi sulla Terra studiando l'evoluzione geologica delle rocce biotiche della Groenlandia. Si tratta di rocce sedimentarie rimaste intatte dall'epoca della formazione del nostro pianeta – 4.5 miliardi di anni fa. Se si fossero trovate tracce di microrganismi in queste rocce, essi sarebbero stati le più antiche forme di vita mai apparse sulla Terra.

L'esperimento – una sonda ionica in grado di decifrare la composizione chimica dei minerali, rivelò la presenza di piccoli granuli di minerali, che furono interpretati come resti carbonizzati di microbi primitivi: si trattava dell'impronta lasciata dalle prime forme di vita mai apparse sul nostro pianeta. Quello che risultò sorprendente fu la loro età: 4 miliardi di anni. Questo ci direbbe che **la vita sulla Terra deve essere apparsa piuttosto facilmente, come se non fosse un qualcosa di speciale, ma la conseguenza chimica dell'evoluzione del pianeta.**

Se la vita sulla Terra fosse la conseguenza chimica dell'evoluzione di un pianeta, **allora l'Universo potrebbe essere pieno di vita.**

LA VITA SULLA TERRA

- **Altre vie:**

- Già nel **1976**, alcuni biologi avevano pensato di rivolgere le proprie ricerche all'interno di **rocce arenarie**, *l'ambiente più estremo presente sulla Terra dal punto di vista dell'ospitalità di microrganismi fotosintetici* - condizioni di acqua, temperatura e luce minimali per la presenza della vita. Quello che trovarono, a un millimetro sotto la superficie, furono **le forme di vita più resistenti in assoluto sulla Terra**.
- Nel **1978**, alcuni esperimenti sul **fondo dell'Oceano Pacifico** scoprirono che un ambiente così estremo era, in realtà, pieno di vita.
- Successivamente, alcuni scienziati americani iniziarono una serie di ricerche volte a cercare la vita in ambienti terrestri estremi. Il loro obiettivo era quello di *trovare l'acqua nel* **deserto dell'Dead Valley**.
- Così, *la ricerca della vita nel Sistema Solare divenne* **ricerca dell'acqua**.

- **Ambienti terrestri estremi:**

- **black smokers**
- **sottosuolo ghiacciato**
- **regioni idrotermali subacquee**
- **clatrati oceanici**
- **grotte sulfuree**

STELLE NANE

Le nane brune sono probabilmente più numerose delle nane rosse, ma non vengono considerate stelle ed è improbabile che possano ospitare la vita – almeno per come la conosciamo, dal momento che emettono una quantità troppo esigua di calore.

Le nane rosse costituiscono tra il 70 e il 90% delle stelle della nostra galassia.

Le loro piccole dimensioni (tra 0,1 e 0,6 volte la massa solare) corrispondono a reazioni nucleari estremamente lente: esse emettono una quantità di luce molto scarsa (tra lo 0,01 e il 3% di quella del Sole). I pianeti in orbita attorno ad una nana rossa dovranno essere molto vicini alla stella per avere una temperatura di superficie comparabile a quella della Terra: da 0,3 UA (leggermente meno di Mercurio) per una stella come **Lacaille 8760**, a 0,032 UA, per una stella come **Proxima Centauri** (l'anno di un tale pianeta durerebbe sei giorni terrestri).



NANE ROSSE

A queste distanze, la gravità della stella genera una rotazione sincrona. Metà del pianeta sarà sempre illuminata, mentre l'altra metà non lo sarà mai. La sola possibilità perché una vita potenziale non sia condizionata a un calore o a un freddo estremi è il caso in cui il pianeta abbia un'atmosfera sufficientemente spessa per trasferire il calore dal lato chiaro verso la parte in ombra. Per lungo tempo, si è creduto che una tale atmosfera avrebbe impedito alla luce di raggiungere la superficie, rendendo impossibile la fotosintesi. Alcune recenti scoperte tendono tuttavia a contestare quest'ipotesi. Studi condotti da **Robert Haberle e Manoj Joshi dell'Ames Research Center della NASA hanno dimostrato che **l'atmosfera di un pianeta attorno a una nana rossa avrebbe bisogno di essere solamente il 15 % più spessa di quella terrestre, per permettere al calore della stella di diffondersi sulla parte in ombra. In molti dei loro modelli, l'acqua su tale faccia resterebbe gelata. Questo margine è abbastanza compatibile con la fotosintesi.****

Martin Heath del Greenwich Community College ha mostrato che l'acqua del mare può ugualmente circolare senza gelare interamente nella parte all'ombra, se gli oceani fossero sufficientemente profondi da permettere un libero movimento dell'acqua sotto lo strato di ghiaccio superficiale. Pertanto, un pianeta con oceani e un'atmosfera appropriati in orbita attorno ad una nana rossa potrebbe, almeno in teoria, accogliere la vita.

NANE ROSSE

SVANTAGGI:

Un pianeta attorno a una nana rossa non sarà illuminato che per una sola faccia e quindi *la fotosintesi sarà impossibile su più della metà della superficie.* Inoltre, *le radiazioni di una nana rossa sono principalmente nell'infrarosso,* mentre sulla Terra la fotosintesi si avvale della fascia visibile.

Le nane rosse sono molto più *variabili e violente* delle loro cugine più grandi e stabili. Tali variazioni mettono seriamente a rischio la vita, benché sia possibile che esse stimolino l'evoluzione delle specie aumentando il tasso di mutazione e modificando rapidamente il clima.

VANTAGGI:

Le nane rosse *brillano per molto tempo.* La vita avrebbe quindi a disposizione più tempo per svilupparsi ed evolversi.

Benché la probabilità di trovare un pianeta nella zona abitabile attorno ad una nana rossa sia molto bassa, *il numero totale di zone abitabili attorno alle nane rosse è uguale a quello delle stelle simili al Sole, dato il loro grande numero.*

I VICINI DI CASA

Il Sistema Solare nel quale viviamo, nel braccio di Orione, su un lato della Via Lattea, è considerato come una zona favorevole. Molto lontano dal centro galattico, evita alcuni pericoli in quanto:

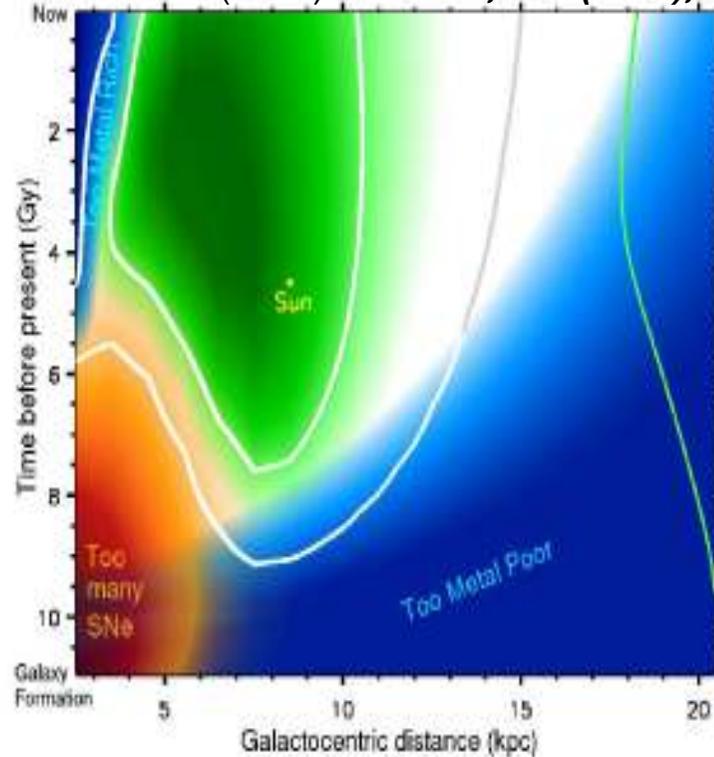
- ***non si trova in un ammasso globulare (popolazione II);***
- ***non si trova in prossimità di una sorgente attiva di raggi gamma;***
- ***è lontano dal buco nero supermassivo Sagittarius A*;***
- ***l'orbita circolare del Sole attorno al centro galattico non gli permette di incontrare uno dei bracci a spirale della galassia, ove le radiazioni intense e la gravitazione perturberebbero considerevolmente qualunque forma di vita.***

Un isolamento relativo è in definitiva ciò di cui un sistema ove la vita è presente ha bisogno. Dei vicini prossimi aumenterebbero anche la possibilità di essere nella zona fatale di una pulsar o dell'esplosione di una supernova.

Un candidato potrebbe essere il pianeta terrestre attorno a **Gliese 581**, una nana rossa a 20,5 anni-luce dalla Terra, che è situato all'interno di tale zona abitabile.

I VICINI DI CASA

Lineweaver & al. (2004). *Science*, 303 (5654), 59–62



Kasting & al. (1993). *Icarus*, 101, 108–128

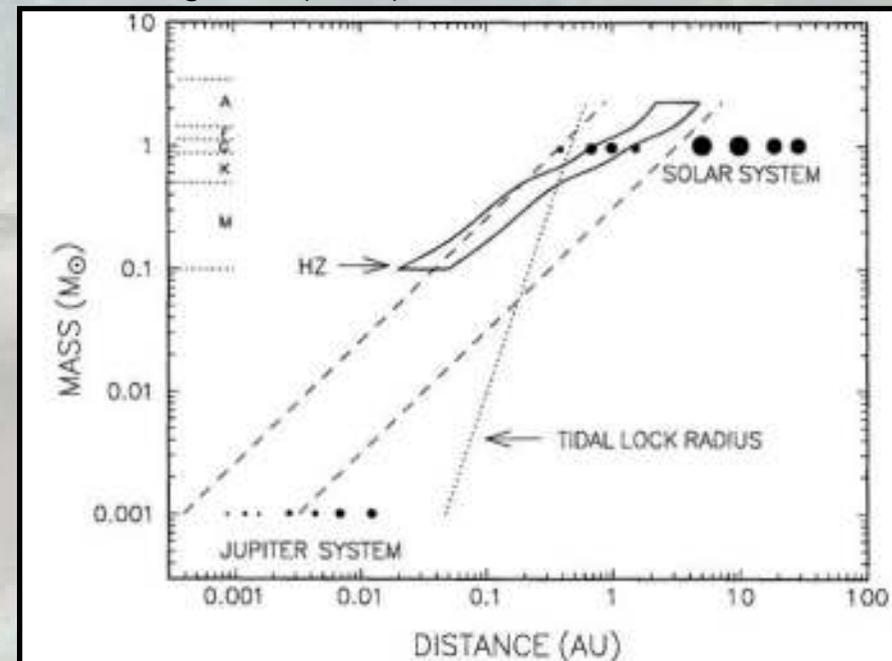


FIG. 16. Diagram showing the ZAMS habitable zone (solid curves) as a function of stellar mass (intermediate habitability estimates used). The long-dashed lines delineate the probable terrestrial planet accretion zone. The dotted line represents the distance at which an Earth-like planet in a circular orbit would be locked into synchronous rotation within 4.5 Gyr as a result of tidal damping. Note that all Earth-like planets within the HZ of an M star would be within this radius.

GHZ (Galactic Habitable Zone): compatibile con l'evoluzione della vita complessa. Le linee di livello (in bianco) circoscrivono le origini di stelle con il più alto potenziale per ogni forma di vita, non necessariamente complessa.

I VICINI DI CASA

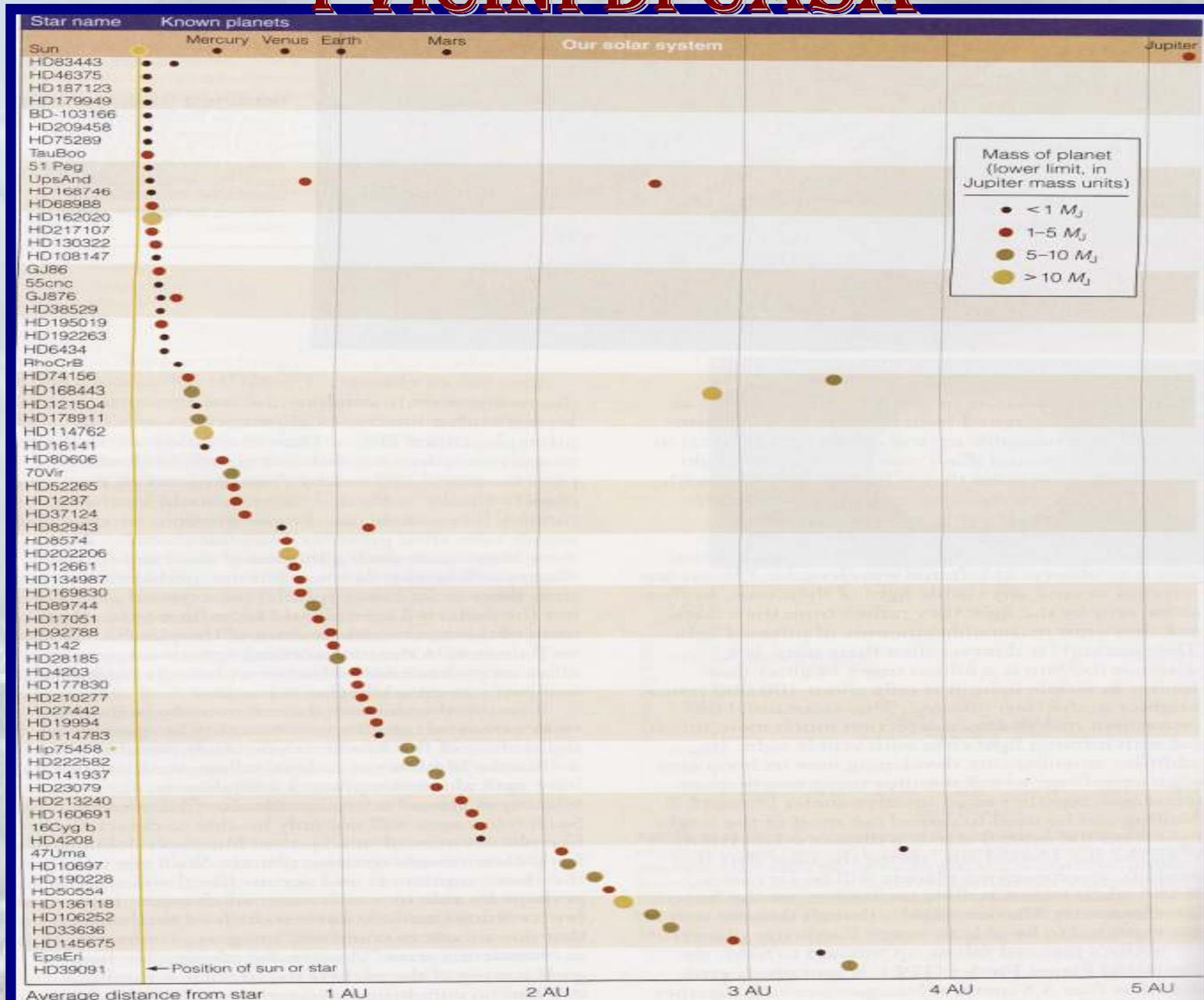
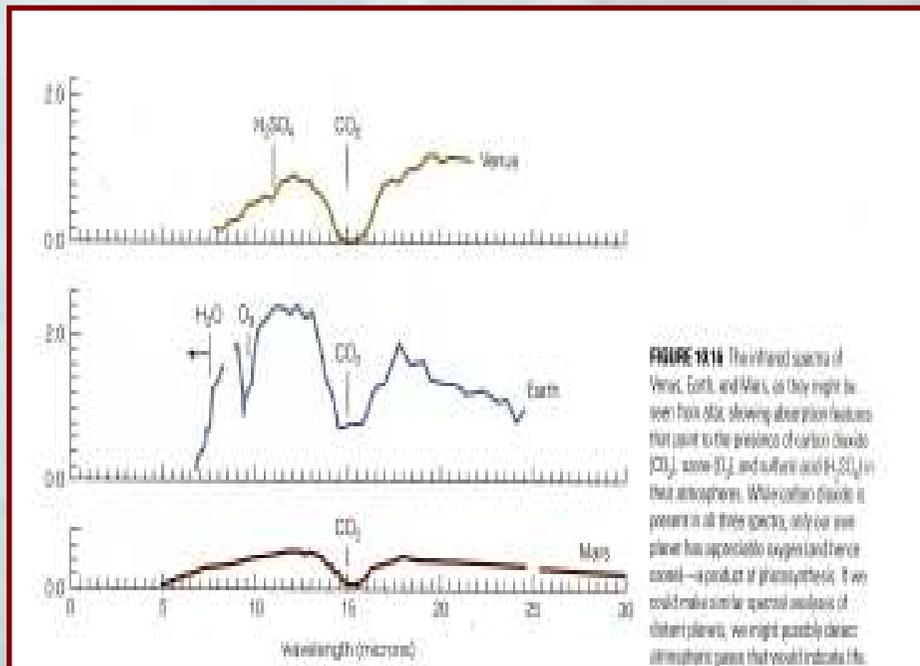


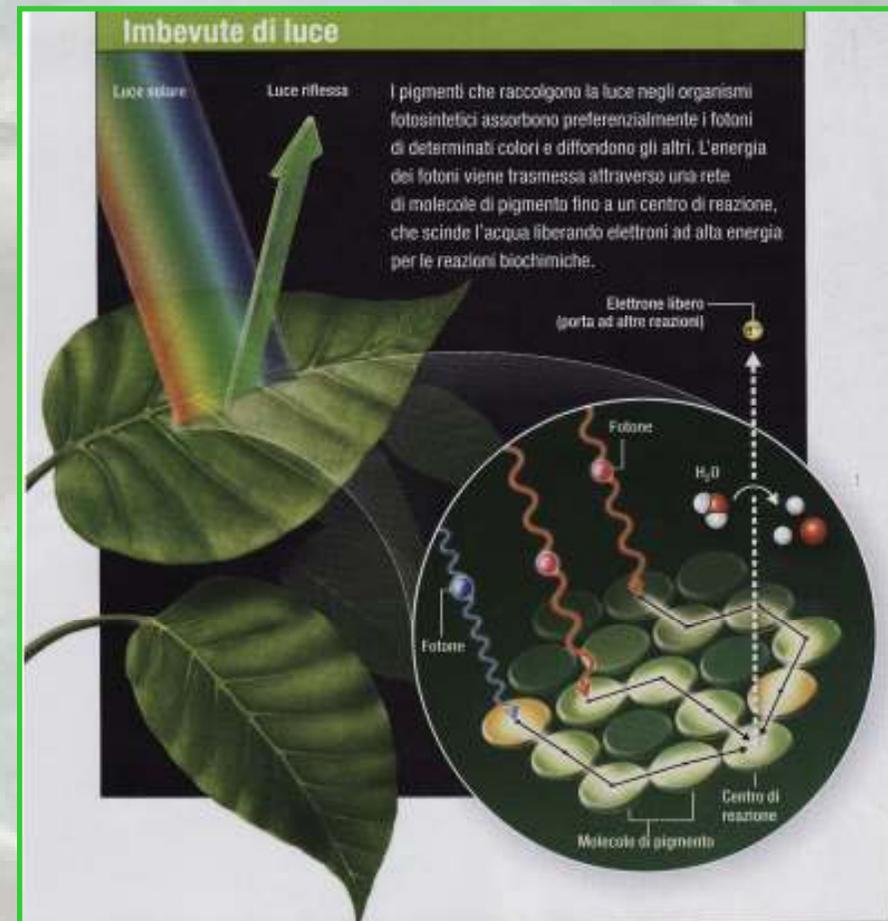
FIGURE 10.13 This diagram shows the orbital distances and approximate masses of the first 77 planets discovered around other stars. Most of the planets found so far are closer to their stars and more massive than the planets in our solar system. (Planet sizes are not to scale.)

I SEGNALI



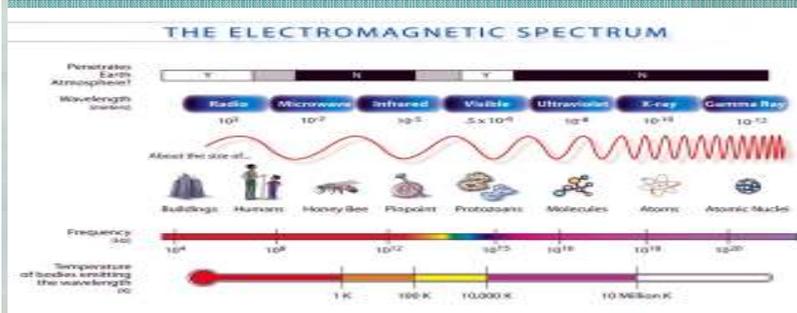
Bennet, J., Shostak, S. & Jakosky, B. (2003).
Life in the Universe. Addison Wesley

Fotosintesi



IL COLORE DELLE PIANTE SU ALTRI MONDI

- ☉ **Quale colore avranno le piante aliene?** La domanda ha importanza scientifica, perché **il colore della superficie di un pianeta può rivelare se c'è vita**, in particolare se ci sono organismi che raccolgono, grazie alla **fotosintesi**, la luce proveniente dalla stella attorno a cui orbita.
- ☉ La fotosintesi è adattata allo spettro della luce che raggiunge gli organismi, che a sua volta dipende dalla radiazione emessa dalla stella e dagli effetti di filtraggio dell'atmosfera e, per gli organismi acquatici, dell'acqua allo stato liquido.
- ☉ La fotosintesi si potrebbe alimentare con luce di colori compresi tra il viola profondo e l'infrarosso vicino. Intorno a **stelle più calde e più blu del Sole**, le piante assorbiranno luce blu e avranno un colore **verde, giallo o rosso**. Intorno a **stelle più fredde**, i pianeti ricevono meno luce visibile, e le piante cercherebbero forse di assorbirne il più possibile – il che le farebbe apparire **nere**.



tratto da: Kiang, N. – *Le Scienze*, giugno 2008

IL COLORE DELLE PIANTE SU ALTRI MONDI

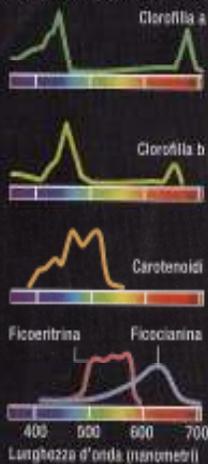
Kiang, N. – *Le Scienze*, giugno 2008

La luce delle stelle, filtrata

Il colore dei pianeti dipende dallo spettro della luce della stella, che gli astronomi possono osservare con facilità, e dal modo in cui questa viene filtrata da aria e acqua, che i ricercatori simulano in base alla probabile composizione dell'atmosfera e agli effetti della vita stessa.

I pigmenti della fotosintesi assorbono diverse gamme di lunghezze d'onda. Tutte le piante di terraforma si basano sulle clorofille a e b e su un insieme di pigmenti carotenoidi. Alghe e cianobatteri usano pigmenti chiamati ficobiline.

ASSORBIMENTO RELATIVO



LA LUCE DELLA STELLA

Prima di entrare nell'atmosfera, la luce proveniente dalla stella ha un suo spettro. La sua forma complessiva è determinata dalla temperatura superficiale della stella, con alcuni avvallamenti dovuti a fenomeni di assorbimento nell'atmosfera della stella stessa.

SUPERFICIE

I gas dell'atmosfera assorbono la luce in maniera non uniforme, modificando il colore del picco e introducendo bande di assorbimento, ovvero lunghezze d'onda che risultano bloccate. La conoscenza di queste bande è migliore nel caso della Terra (stella di tipo G).

SOTT'ACQUA

L'acqua tende a trasmettere la luce blu e ad assorbire quella rossa e infrarossa. I grafici qui accanto sono relativi a profondità di 5 e 60 centimetri, rispettivamente. Per la stella M matura è illustrato il caso di un'atmosfera a basso contenuto di ossigeno.

TIPO STELLARE: M (matura)

MASSA: 0,2
LUMINOSITÀ: 0,0044
DURATA: 1000 miliardi di anni
DISTANZA ORBITALE DEL PIANETA (NEL MODELLO): 0,07 unità astronomiche
* rispetto al Sole

TIPO STELLARE: M (giovane)

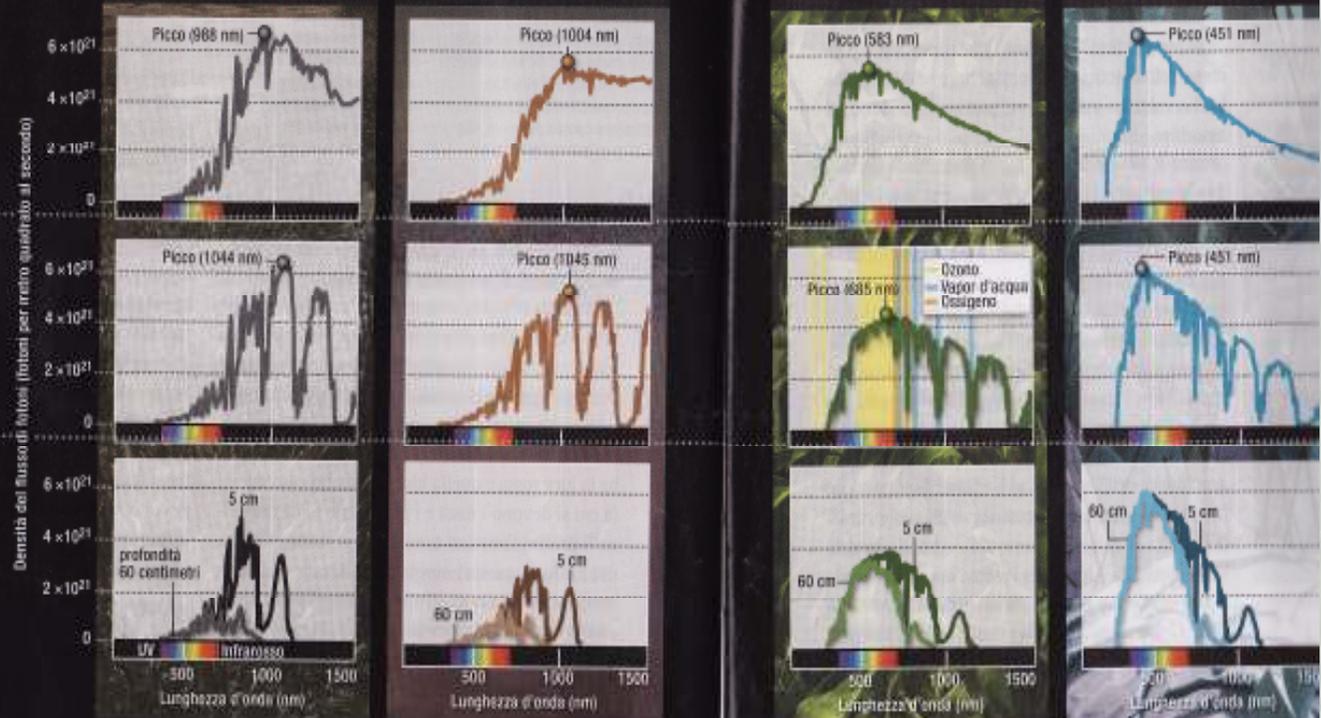
MASSA: 0,5
LUMINOSITÀ: 0,023
DURATA: la fase dei brillamenti dura 1 miliardo di anni
DISTANZA ORBITALE DEL PIANETA (NEL MODELLO): 0,16 unità astronomiche

TIPO STELLARE: G

Le curve qui sotto mostrano lo spettro della luce solare sulla Terra.
DURATA: 10 miliardi di anni
DISTANZA ORBITALE DEL PIANETA (NEL MODELLO): 1 unità astronomiche

TIPO STELLARE: F

MASSA: 1,4
LUMINOSITÀ: 3,6
DURATA: 3 miliardi di anni
DISTANZA ORBITALE DEL PIANETA (NEL MODELLO): 1,69 unità astronomiche



ERICA BISESI
ASTROBIOLOGIA, UniTre Gorizia

A young boy with dark hair, wearing a grey hoodie, stands in a sun-dappled forest, looking upwards with a thoughtful expression. To his right, a brown dinosaur with a long neck and large, expressive eyes looks up at him. The dinosaur's mouth is slightly open, and its hand is raised near its face. The background is filled with green foliage and sunlight filtering through the trees.

GRAZIE