

corso di
ASTROBIOLOGIA
lezione 1

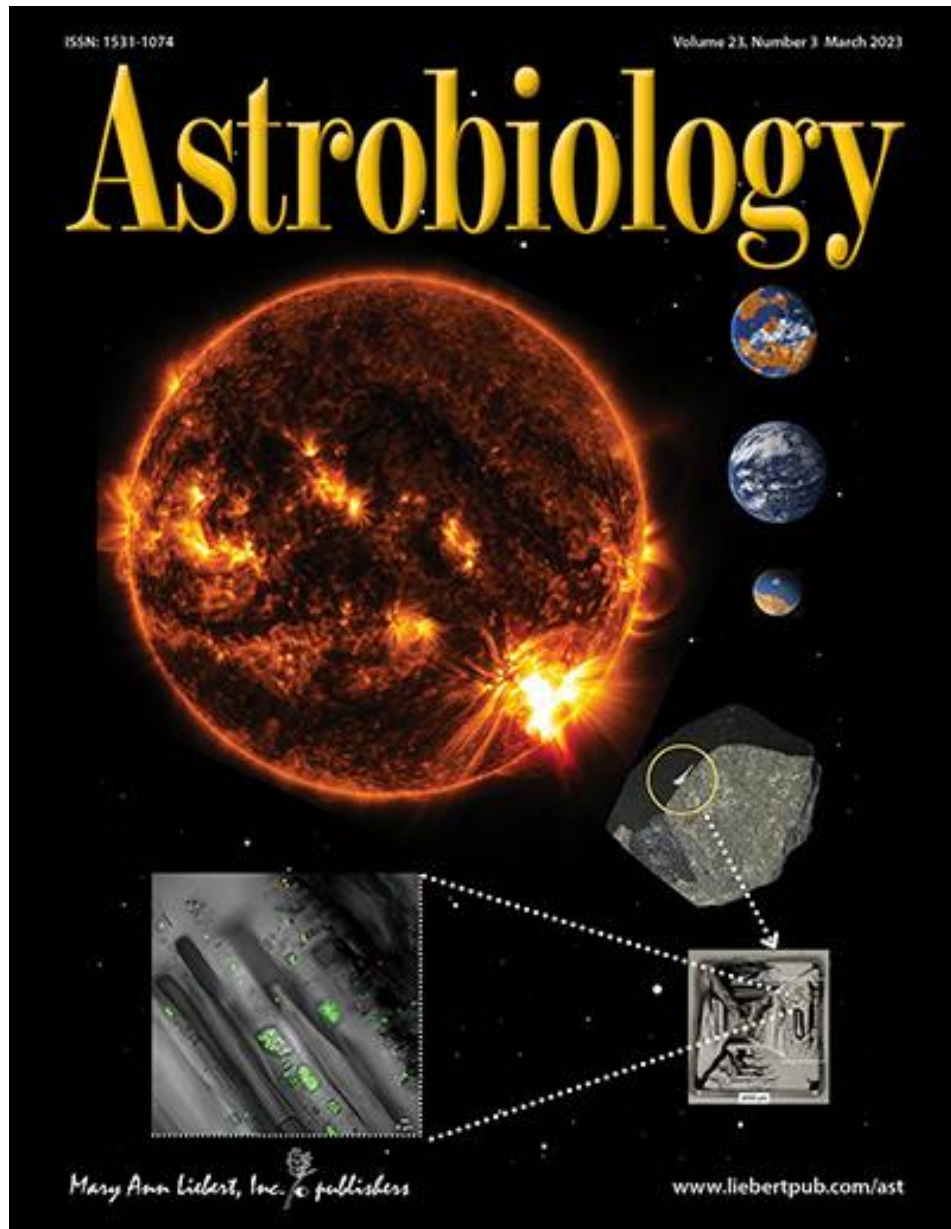
Modulo prof. Paola Di Donato
paola.didonato@uniparthenope.it

INTRODUZIONE

- Definizione di Astrobiologia
- Definizione del concetto di vita

Astrobiologia

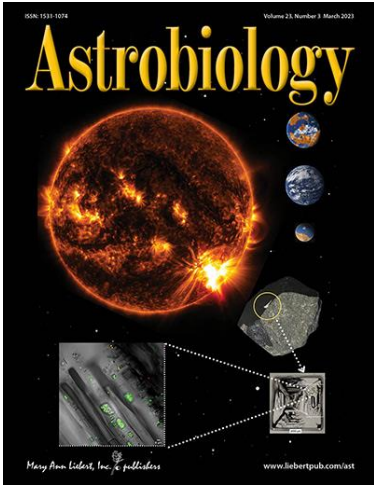
Approccio multidisciplinare allo studio
dell'origine e della evoluzione della vita
sulla Terra e nell'Universo



Astrobiology una delle riviste internazionali di riferimento nell'ambito dell'Astrobiologia, è sede di pubblicazione di articoli che riportano i risultati di ricerche che vanno dal campo dell'Astrofisica a quello della Biologia, delle scienze della Terra et cetera

Astrobiology coverage includes:

- Astrophysics
- Astropaleontology
- Astroplanets
- Bioastronomy
- Cosmochemistry
- Ecogenomics
- Exobiology
- Extremophiles
- Geomicrobiology
- Gravitational biology
- Life detection technology
- Meteoritics
- Planetary geoscience
- Planetary protection
- Prebiotic chemistry
- Space exploration technology
- Terraforming



The Astrobiology Primer v2.0

Table of Contents

Chapter 1. Introduction—What Is Astrobiology?	562
Chapter 2. What Is Life?	563
Chapter 3. How Did Earth and Its Biosphere Originate?	565
Chapter 4. How Have Earth and Its Biosphere Evolved?	582
Chapter 5. What Does Life on Earth Tell Us about Habitability?	589
Chapter 6. What Is Known about Potentially Habitable Worlds beyond Earth?	597
Chapter 7. What Are the Signs of Life (Biosignatures) That We Could Use to Look for Life beyond Earth?	613
Chapter 8. What Relevance Does Astrobiology Have to the Future of Life on This Planet?	623
Chapter 9. Resources	626
Acknowledgments	627
References	627
Abbreviations List	653

Gli Astrobiologi si pongono diverse domande...

Astrobiologia

Gli Astrobiologi studiano la vita nel Cosmo, la vita terrestre che conosciamo e quella extra-terrestre che non conosciamo ma che speriamo di incontrare.

Ma cosa esattamente cerchiamo?
Cosa è la vita?

Il concetto di "vita"

La domanda " cosa è la vita? " rappresenta:

- Punto di partenza per lo studio dell'origine della vita sulla Terra
- Punto di partenza per la ricerca di vita su altri pianeti

Il concetto di "vita"

- Punto di partenza per lo studio dell'origine della vita sulla Terra

Non è possibile ipotizzare quale possa essere stato lo scenario della vita ai suoi primordi se non siamo in grado di distinguere le forme di vita primordiali e le entità non viventi da cui esse si sono originate

Il concetto di "vita"

- Punto di partenza per la ricerca di vita su altri pianeti

Immaginate la difficoltà di identificare la vita su altri pianeti senza avere una chiara comprensione di cosa sia la vita sulla Terra.

In assenza di un preciso termine di paragone, senza sapere quali caratteristiche la vita sulla Terra possa condividere con la probabile vita in altri corpi celesti, come possiamo cercarla e trovarla in questi ultimi?

Il concetto di "vita"

Una definizione operativa di tale concetto deve essere tale da:

- Consentire di distinguere ciò che è vita da ciò che non lo è
- Riconoscere gli stadi intermedi tra vita e non-vita

Il concetto di "vita"

La domanda " cosa è la vita? " rappresenta:

- Punto di partenza per lo studio dell'origine della vita sulla Terra
- Punto di partenza per la ricerca di vita su altri pianeti
- Definizione non univoca

Il concetto di "vita"

- Definizione non univoca

Non esiste una singola definizione di “vita” che sia universalmente accettata

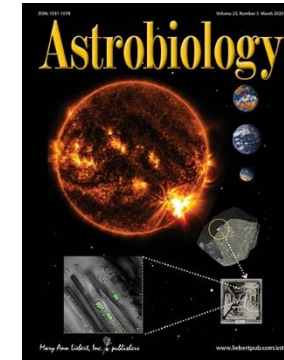
*“At a workshop in 2003, every member of the International Society for the Study of the Origin of Life was asked to give his or her definition for life, resulting in **78 different answers**”*



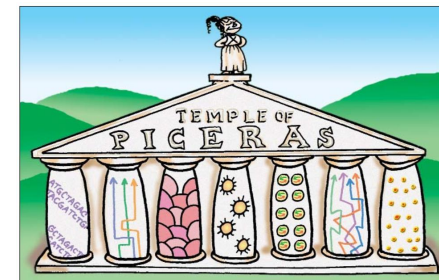
Il concetto di "vita"

- Definizione non univoca: vediamo due esempi

- *The Astrobiology Primer 2.0*



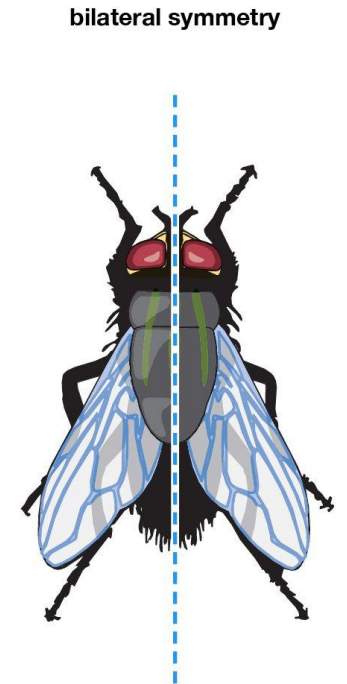
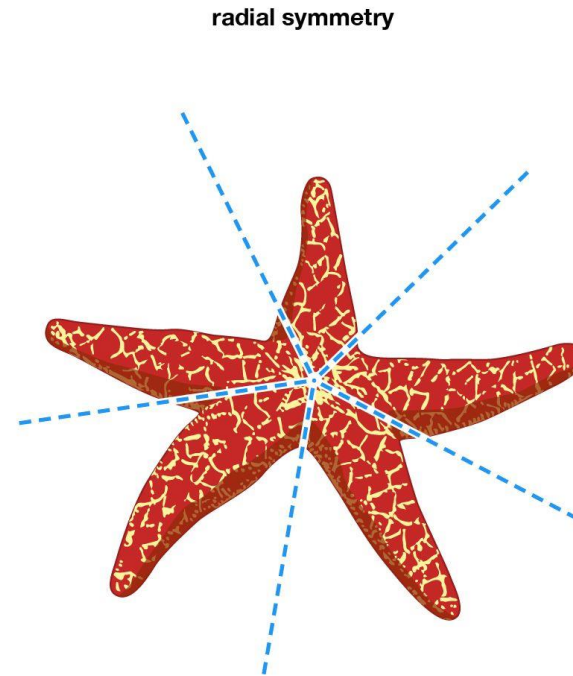
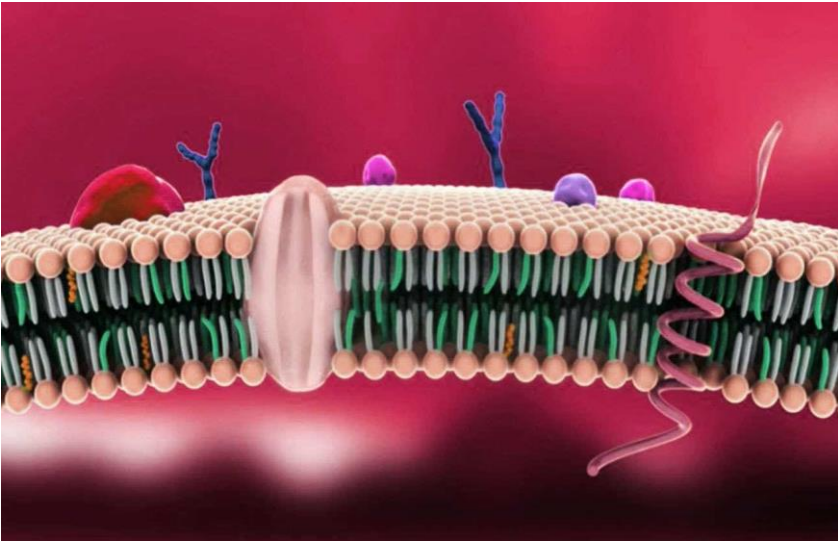
- *Daniel Koshland e la divinità "PICERAS"*



Il concetto di "vita"

Quali sono le caratteristiche comuni alle forme di vita che noi conosciamo e consideriamo tali?

Organizzazione strutturale: membrane cellulari, simmetria bilaterale o radiale

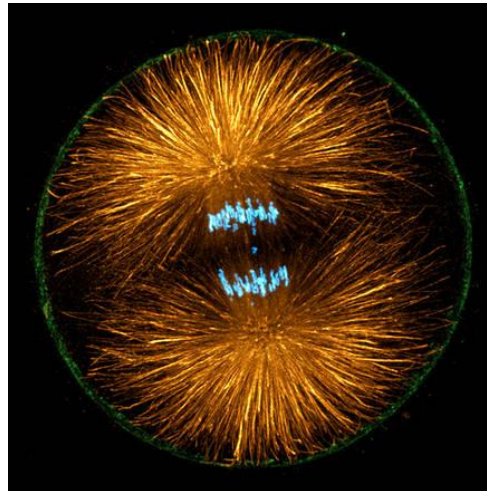


<https://www.britannica.com/science/symmetry-biology>

Il concetto di "vita"

Quali sono le caratteristiche comuni alle forme di vita che noi conosciamo e consideriamo tali?

Riproduzione: capacità di duplicazione di un organismo, generazione di un nuovo organismo a partire dalla riproduzione sessuale di due organismi genitori.



Il concetto di "vita"

Quali sono le caratteristiche comuni alle forme di vita che noi conosciamo e consideriamo tali?

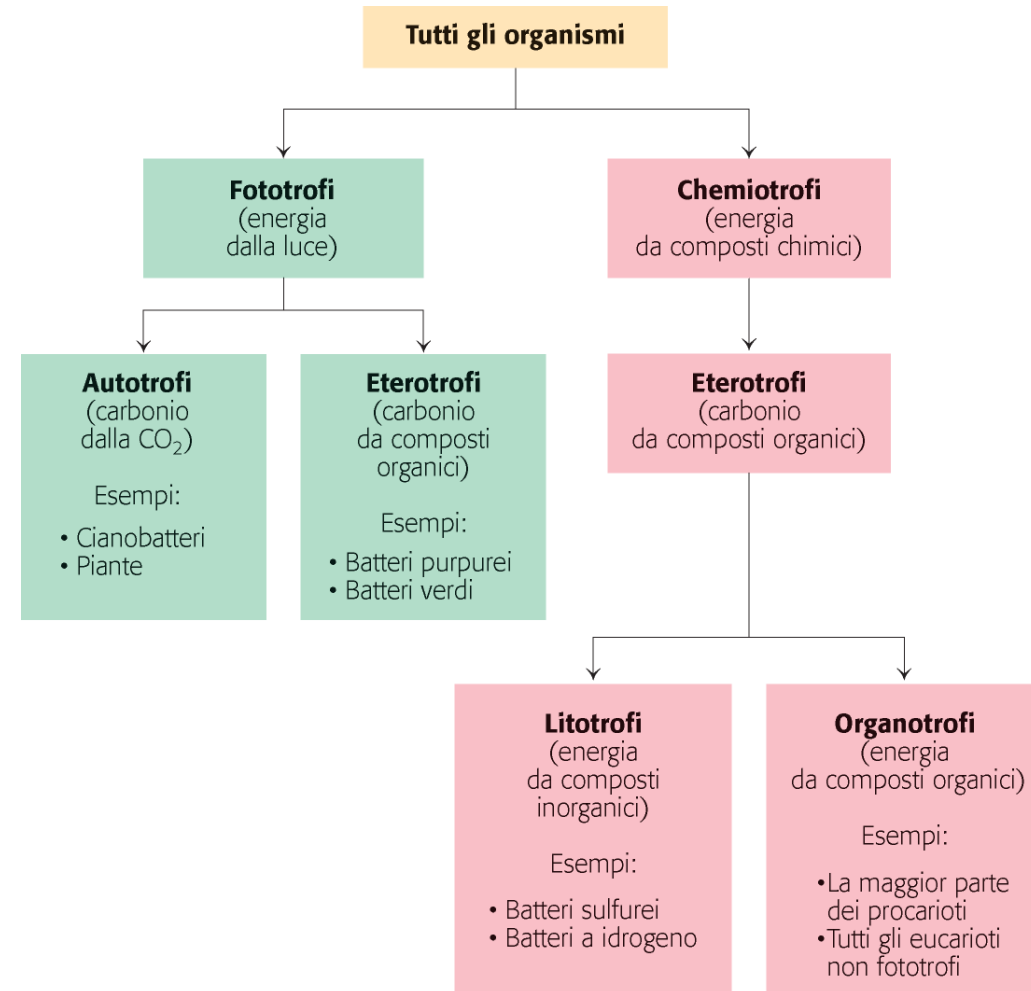
Crescita e sviluppo: il processo mediante il quale gli organismi raggiungono la maturità e che può assumere forme molto diverse a seconda del tipo di organismo considerato.



Il concetto di "vita"

Quali sono le caratteristiche comuni alle forme di vita che noi conosciamo e consideriamo tali?

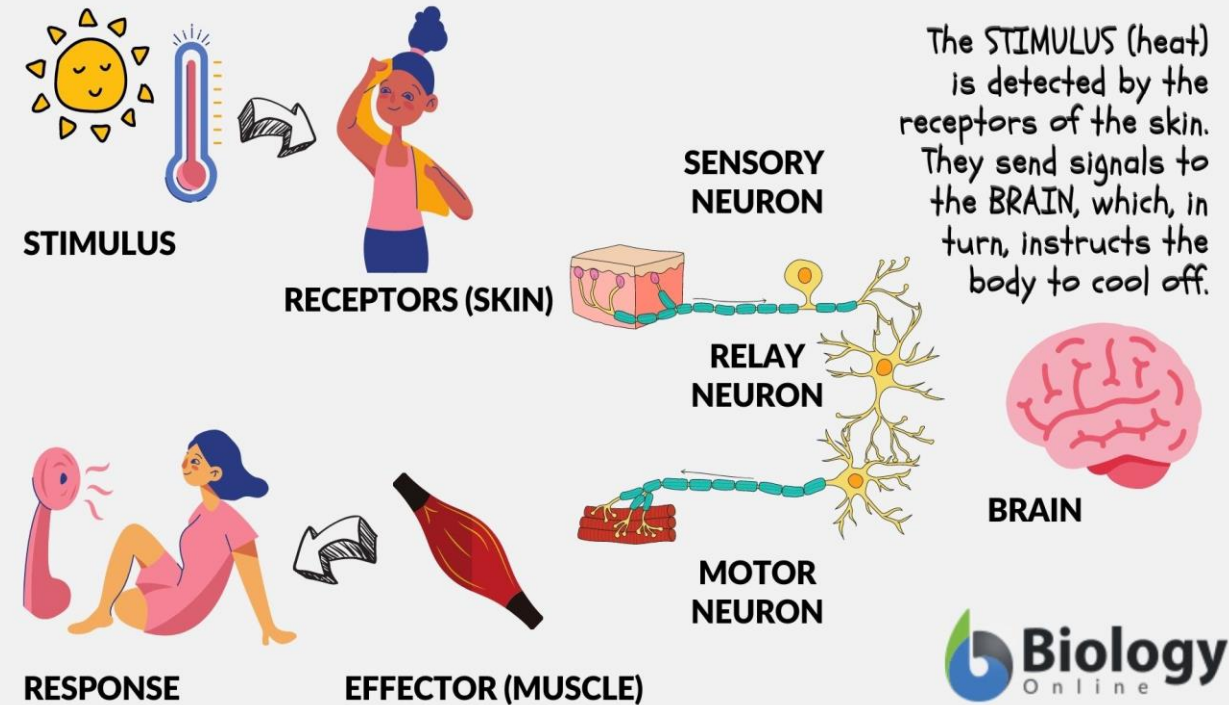
Uso dell'energia: la capacità di catturare energia dall'ambiente esterno (sotto forma di luce o composti chimici, sia organici che inorganici) ed utilizzarla per i processi cellulari o la costruzione delle strutture cellulari (membrane, acidi nucleici, proteine, et cetera)



Il concetto di "vita"

Quali sono le caratteristiche comuni alle forme di vita che noi conosciamo e consideriamo tali?

Risposta ed adattamento agli stimoli esterni: capacità degli organismi viventi di rispondere agli stimoli provenienti dall'ambiente modificando il proprio "ambiente interno" (metabolismo, differenziamento, movimento *et cetera*)

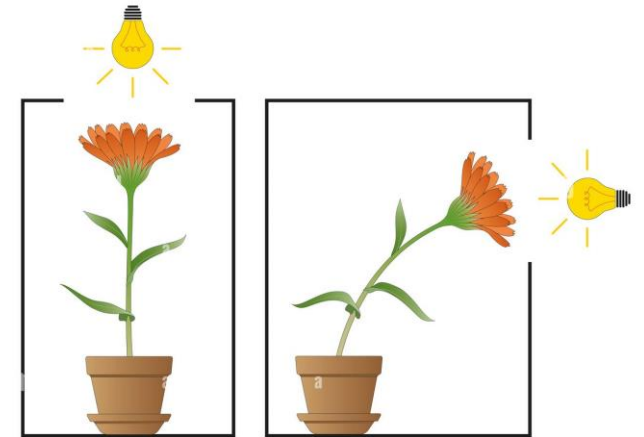


Source: Maria Victoria Gonzaga of [BiologyOnline.com](https://www.biologyonline.com).

Il concetto di "vita"

Quali sono le caratteristiche comuni alle forme di vita che noi conosciamo e consideriamo tali?

Risposta ed adattamento agli stimoli esterni: capacità degli organismi viventi di rispondere agli stimoli provenienti dall'ambiente modificando il proprio "ambiente interno" (metabolismo, differenziamento, movimento *et cetera*)

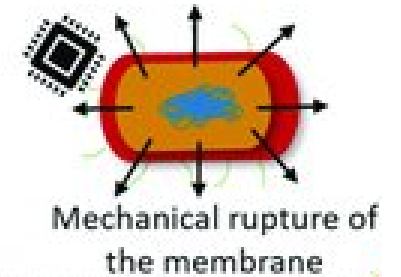


Il concetto di "vita"

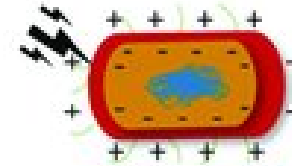
Quali sono le caratteristiche comuni alle forme di vita che noi conosciamo e consideriamo tali?

Risposta ed adattamento agli stimoli esterni: capacità degli organismi viventi di rispondere agli stimoli provenienti dall'ambiente modificando il proprio "ambiente interno" (metabolismo, differenziamento, movimento *et cetera*)

Mechanical



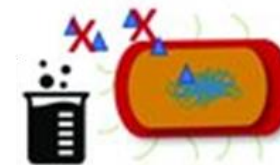
Electrical field



Magnetic field



Biochemical
(Quorum Sensing)



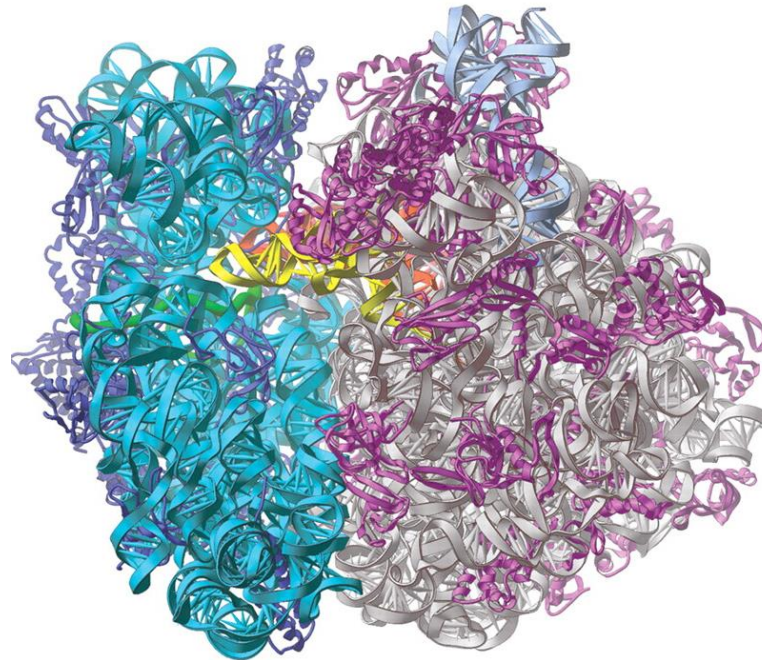
Il concetto di "vita"

Quali sono le caratteristiche comuni alle forme di vita che noi conosciamo e consideriamo tali?

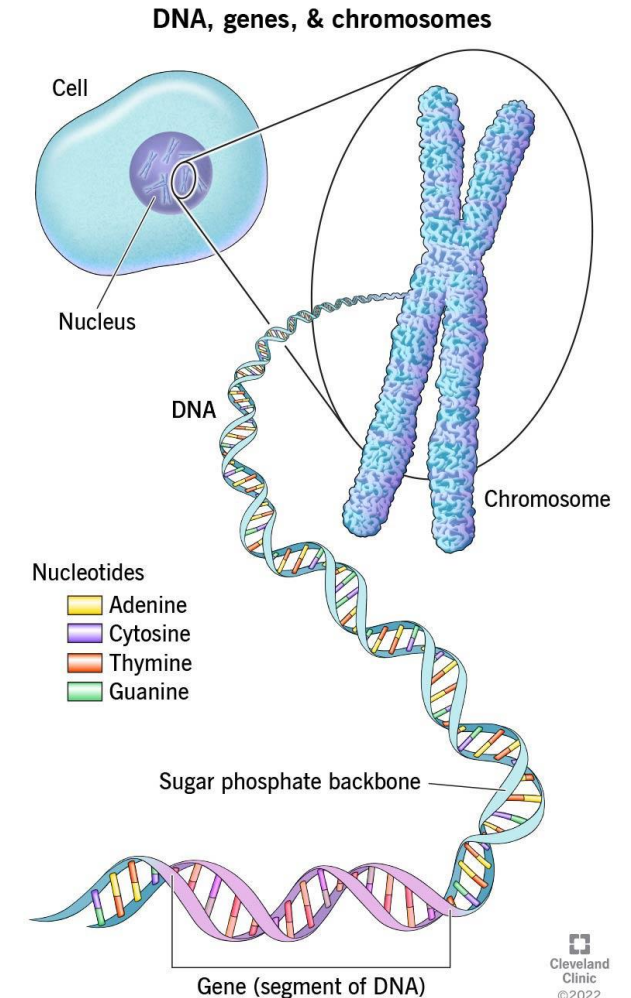
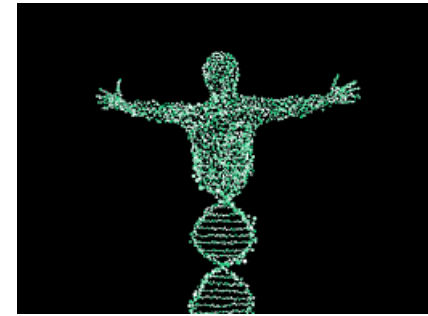
- Sistema di conservazione della informazione (DNA; RNA)



tRNA



70S ribosome



Il concetto di "vita"

Alcune delle caratteristiche comuni alle forme di vita che noi conosciamo e consideriamo tali, sono però mostrate anche da entità che noi non consideriamo vitali...



Complessità ed organizzazione

Il concetto di "vita"

Alcune delle caratteristiche comuni alle forme di vita che noi conosciamo e consideriamo tali, sono però mostrate anche da entità che noi non consideriamo vitali...



Crescita

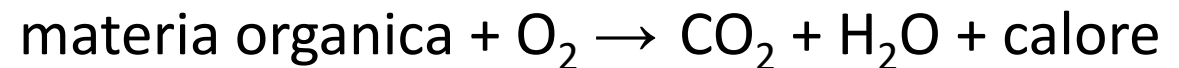


Il concetto di "vita"

Alcune delle caratteristiche comuni alle forme di vita che noi conosciamo e consideriamo tali, sono però mostrate anche da entità che noi non consideriamo vitali...

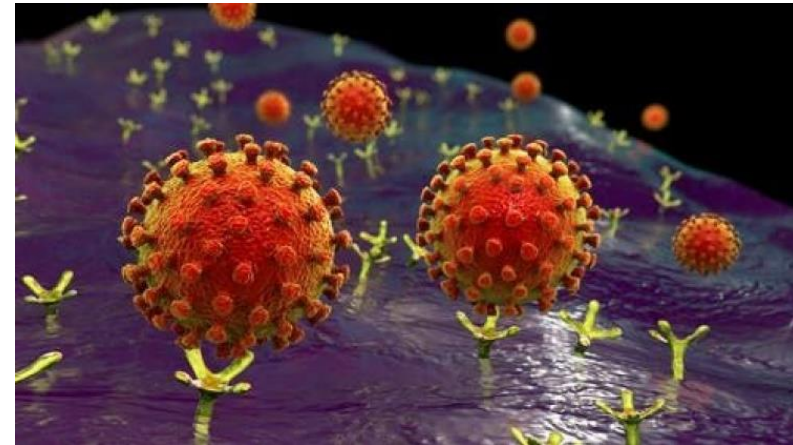


Metabolismo e produzione di energia



Il concetto di "vita"

Alcune delle caratteristiche comuni alle forme di vita che noi conosciamo e consideriamo tali, NON sono mostrate anche da entità che noi invece consideriamo vitali...



VIRUS: molti biologi non li considerano al pari delle altre forme di vita in quanto sono strutture che hanno bisogno di altri organismi viventi per riprodursi, inoltre non sono in grado di produrre autonomamente ATP e proteine.



Il concetto di "vita"

- Definizione non univoca

Currently, the most popular definition of life was conceived by a NASA effort to create a “working definition” for their Exobiology and Astrobiology research programs. The result, most often cited as Joyce, defines life as

“a selfsustaining chemical system capable of Darwinian evolution”

FONTE: Joyce, G.F. (1994) Foreword. In *Origins of Life: The Central Concepts*, edited by D.W. Deamer and G.R. Fleischaker, Jones & Bartlett, Boston, pp xi–xii



Il concetto di "vita"

- Definizione non univoca

Attualmente, la definizione di vita più diffusa è stata concepita dagli sforzi della NASA volti a trovare una "definizione operativa" per i suoi programmi di ricerca in esobiologia e astrobiologia. Il risultato, più spesso citato come definizione di Joyce, definisce la vita come

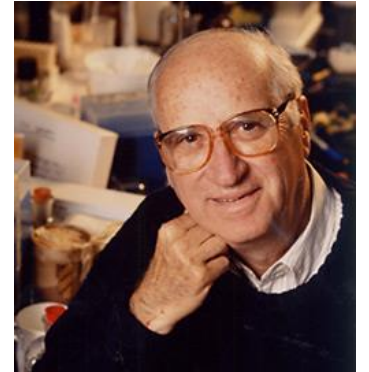
"un sistema chimico autosufficiente in grado di evolversi in modo darwiniano".

FONTE: Joyce, G.F. (1994) Foreword. In *Origins of Life: The Central Concepts*, edited by D.W. Deamer and G.R. Fleischaker, Jones & Bartlett, Boston, pp xi–xii



Il concetto di "vita"

Daniel Koshland, presidente della “American Association for the Advancement of Science” (la società scientifica che pubblica la prestigiosa rivista Science), nel 2002 racconta un aneddoto circa i problemi che, insieme ad un comitato appositamente incaricato, ha incontrato nel tentativo di dare una definizione del concetto di vita:



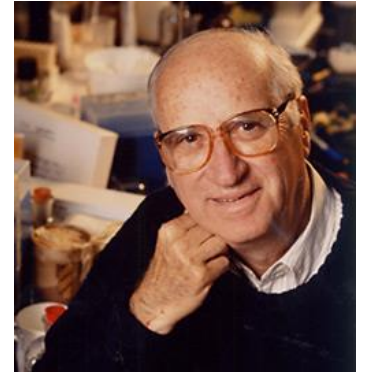
Daniel Koshland
30/3/1920 – 23/7/2007

What is the definition of life? I remember a conference of the scientific elite that sought to answer that question. Is an enzyme alive? Is a virus alive? Is a cell alive? After many hours of launching promising balloons that defined life in a sentence, followed by equally conclusive punctures of these balloons, a solution seemed at hand: “The ability to reproduce—that is the essential characteristic of life” said one statesman of science. Everyone nodded in agreement that the essentials of a life was the ability to reproduce, until one small voice was heard. “Then one rabbit is dead. Two rabbits—a male and female—are alive but either one alone is dead.”

At that point, we all became convinced that although everyone knows what life is, there is no simple definition of life

Il concetto di "vita"

Daniel Koshland, presidente della “American Association for the Advancement of Science” (la società scientifica che pubblica la prestigiosa rivista Science), nel 2002 racconta un aneddoto circa i problemi che, insieme ad un comitato appositamente incaricato, ha incontrato nel tentativo di dare una definizione del concetto di vita:



Daniel Koshland
30/3/1920 – 23/7/2007

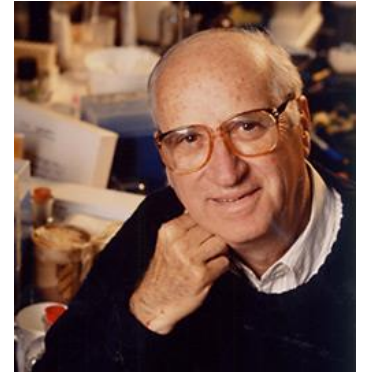
Qual è la definizione di vita? Ricordo una conferenza scientifica nella quale si è provato a dare una risposta a questa domanda. Un enzima è vivo? Un virus è vivo? Una cellula è viva? Dopo molte ore in cui abbiamo lanciato "promettenti palloncini" che definivano la vita in una frase, seguiti da altrettanto conclusive perforazioni di questi "palloncini", una soluzione sembrò a portata di mano: "La capacità di riprodursi - questa è la caratteristica essenziale della vita" disse uno statista della scienza. Tutti annuirono, concordando sul fatto che la caratteristica essenziale della vita fosse la capacità di riprodursi, finché non si sollevò una timida voce. "Allora un coniglio è morto. Due conigli, un maschio e una femmina, sono vivi, ma uno dei due da solo è morto".

A quel punto, ci convincemmo che, sebbene tutti sappiano cos'è la vita, non esiste una definizione semplice di vita.

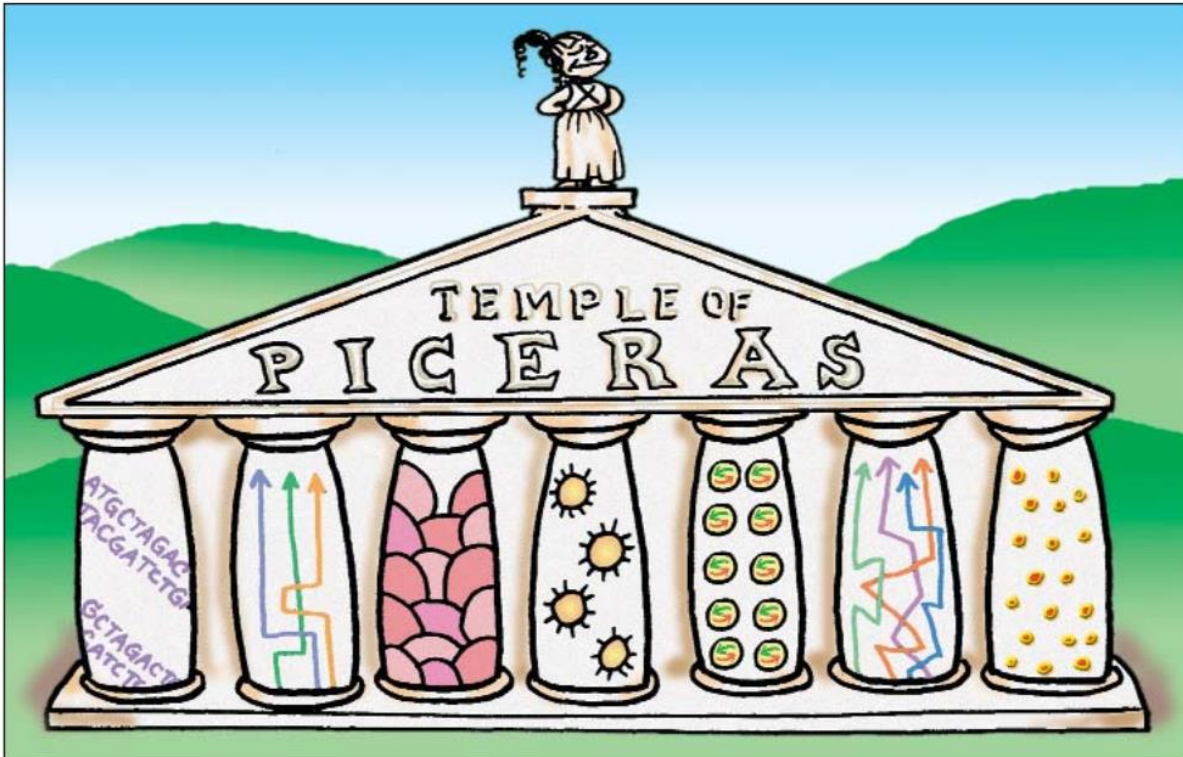
Tradotto da D Koshland, Science, vol. 295, 2002

Il concetto di "vita"

Koshland cerca di proporre una definizione di vita immaginando di essere un abitante dell'antica Grecia, si rivolge alla divinità che rappresenti la vita e la chiama **PICERAS**



Daniel Koshland
30/3/1920 – 23/7/2007



PILASTRI DELLA VITA

PROGRAMMA

IMPROVVISAZIONE

COMPARTIMENTAZIONE

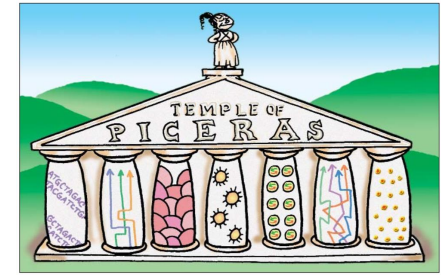
ENERGIA

RIGENERAZIONE

ADATTABILITÀ

SEPARAZIONE

Il concetto di "vita"



PILASTRI DELLA VITA

PROGRAMMA

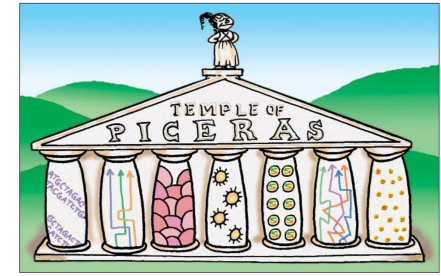
Il primo pilastro della vita, ovvero sia gli ingredienti della vita che il modo in cui essi sono coordinati seguono un preciso programma.

La vita sulla Terra, per come la conosciamo, segue un programma che è scritto nel DNA il quale a sua volta regola la sintesi dei cosiddetti ingredienti della vita.

L'informazione conservata nei geni viene tradotta in sequenze proteiche che a loro volta presiedono alla biosintesi delle diverse componenti cellulari ovvero lipidi, carboidrati, acidi nucleici, metaboliti.

Tale modello di organizzazione, grazie appunto al DNA, si tramanda di generazione in generazione.

Il concetto di "vita"



PILASTRI DELLA VITA

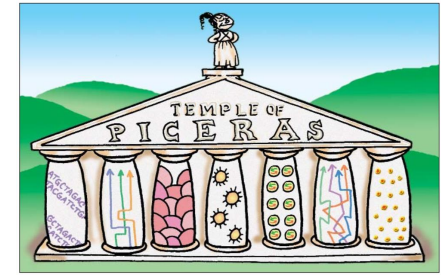
IMPROVVISAZIONE

La capacità di adattarsi ai cambiamenti che il programma della vita può subire.

Ogni forma di vita è parte di un ambiente complesso di cui subisce i cambiamenti: ad esempio il passaggio da una glaciazione all'altra.

La vita è in grado di adattarsi mediante processi di mutazione genetica e di selezione che consentono la ottimizzazione del programma in base alle nuove condizioni ambientali con cui confrontarsi.

Il concetto di "vita"



PILASTRI DELLA VITA

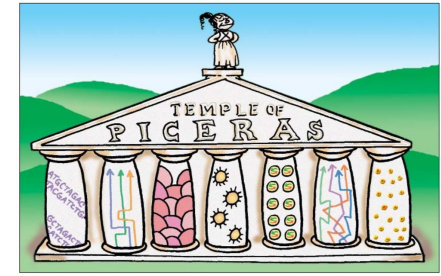
COMPARTIMENTAZIONE

Tutti gli organismi viventi che conosciamo sono costituiti da cellule e dunque sono confinati in un volume limitato, circondato da una superficie, ovvero una membrana nel caso di organismi unicellulari, o dalla pelle, nel caso ad esempio degli esseri umani.

La funzione di tali barriere è quella di mantenere gli ingredienti della vita (ovvero le biomolecole che noi conosciamo come costituenti di ogni forma di vita) in un volume ben definito, ed al contempo di tenere fuori eventuali sostanze chimiche dannose o inutili.

La compartimentazione è essenziale anche per garantire il corretto funzionamento del metabolismo, in quanto i substrati e gli enzimi devono essere opportunamente segregati per garantire i processi vitali per la cellula.

Il concetto di "vita"



PILASTRI DELLA VITA

ENERGIA

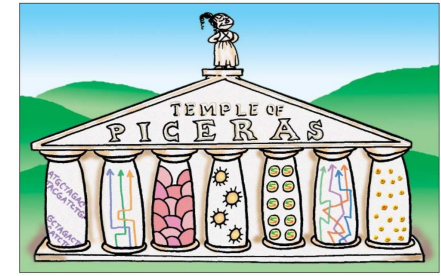
La capacità di recuperare energia dall'ambiente e di utilizzarla è un altro fondamentale pilastro della vita per come la conosciamo.

La vita come richiede energia: per il movimento, per il metabolismo, per la riproduzione, et cetera.

In particolare l'attività metabolica comporta un aumento della entropia che può essere bilanciato solo con una spesa energetica.

La principale fonte di energia per le diverse forme di vita terrestri è rappresentata dal Sole che consente la fotosintesi che a sua volta fornisce nutrimento per organismi superiori, tra cui l'uomo.

Il concetto di "vita"



PILASTRI DELLA VITA

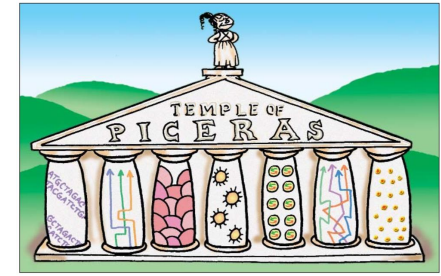
RIGENERAZIONE

L'attività metabolica comporta consumo sia di energia che di molecole, tuttavia le cellule, gli organi, i tessuti sono in grado di rigenerarsi nel corso della vita.

Ad esempio, il muscolo cardiaco di un essere umano normale batte 60 volte al minuto, 3600 volte all'ora, 1.314.000 volte all'anno, 91.980.000 volte nell'arco della vita. Non è stato trovato alcun materiale artificiale che non si affatichi e non collassi sotto un tale uso, ed è per questo che i cuori artificiali hanno una durata di utilizzo così breve.

Un cuore umano è invece in grado di ri-sintetizzare e sostituire continuamente le proteine del muscolo cardiaco quando si degradano; il corpo fa lo stesso per altri componenti: le sacche polmonari, le proteine dei reni, le sinapsi del cervello, ecc.

Il concetto di "vita"



PILASTRI DELLA VITA

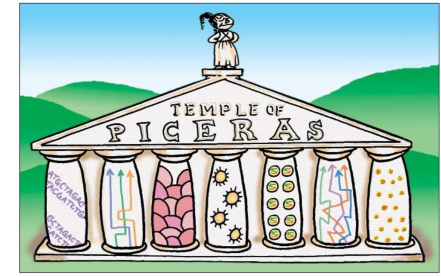
ADATTABILITÀ

La capacità di rispondere in modo istantaneo agli stimoli esterni.

Il nostro corpo risponde alla mancanza di nutrienti con lo stimolo della fame; viceversa lo stimolo della fame si spegne dopo un abbondante pasto quando la richiesta energetica è stata soddisfatta.

L'adattabilità è una variazione del comportamento che avviene secondo quanto stabilito dal programma della vita (pilastro n. 1 della vita), pertanto si distingue dalla improvvisazione in quanto quest'ultima invece determina un cambiamento nel programma della vita come risposta allo stimolo esterno.

Il concetto di "vita"



PILASTRI DELLA VITA

SEPARAZIONE

La capacità di far avvenire in contemporanea, ad esempio in una cellula, diversi processi chimici.

Le vie metaboliche sono indipendenti le une dalle altre o perché catalizzate da enzimi diversi (altamente specifici per un dato substrato) o perché segregate in compartimenti sub-cellulari diversi.

zione dei processi cellulari.

Il concetto di "vita"

Abbiamo dato una risposta alla domanda su cosa sia la vita?

Abbiamo enunciato dei principi (i principi di PICERAS) che sembrano essere necessari per il funzionamento di un sistema vivente.

Abbiamo elencato le principali caratteristiche comuni alle forme di vita terrestri.

Abbiamo proposto alcune definizioni del concetto di vita che possono esserci di guida nella ricerca di forme di vita su altri pianeti.

La vita sulla Terra segue tali principi ed ha tali caratteristiche: sarà interessante vedere se un diverso insieme di meccanismi autoconsistenti possa produrre su altri pianeti un diverso modello che abbia la vita come risultato.