# TEMPO FISICO E TEMPO BIOLOGICO

# **SERGIO CARRA'**





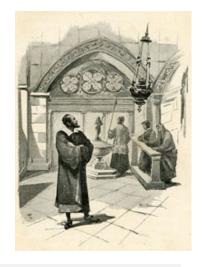


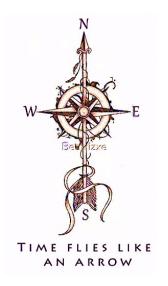


"Il **tempo** è stato inventato per impedire che tutte le cose accadano contemporaneamente".

Definizione, dovuta a Ray Cummings, scrittore di libri di fantascienza, e ripresa da diversi scienziati (Wheler, Einstein e Feynmann).

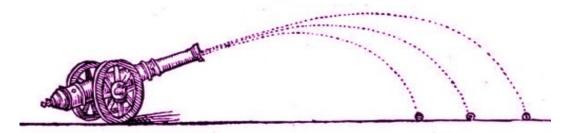
In realtà l'isocronia di particolari fenomeni periodici scandisce una successione di eventi in grado di descrivere una **storia**.

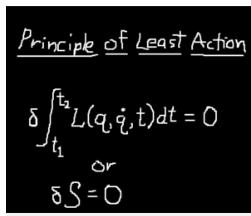




Ponendo che il tempo scorra in una determinata direzione, compatibilmente con l'esistenza di una **freccia** che distingue il **passato** dal **futuro**.

Ad esempio nel lancio di un proiettile da parte di un cannone si presentano molti possibili cammini, o storie.





Il percorso che viene seguito è quello che conferisce un valore estremo (minimo o massimo) all'integrale rispetto al tempo della differenza:

L = energia cinetica - energia potenziale (Maurpetuis, Lagrange ed Eulero, 1700 secolo dei lumi)

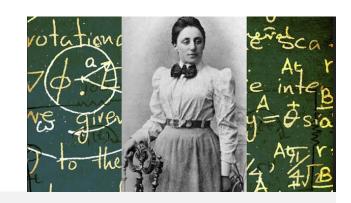
L'approccio contempla il raggiungimento, di uno stato finale, per cui viene definito: teleologico.

La matematica è quindi artefice del destino dell'Universo, per cui viviamo nel migliore dei **mondi**.

Come sosteneva Whilem von Leibnitz, criticato da Voltaire nel romanzo: "Candido o l'Ottimismo"



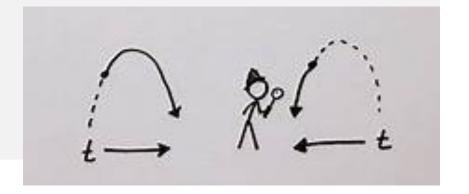
1915, Emmy Noether, grande matematica, dimostra che la conservazione dell'energia implica invarianza fra futuro e passato nelle traslazioni temporali.



Infatti l'equazione della DINAMICA, contenendo la derivata seconda dello spazio rispetto al tempo, risulta indifferente alla sostituzione di t con —t:

$$\frac{d^2x}{dt^2} = \left(\frac{forza}{massa}\right)$$

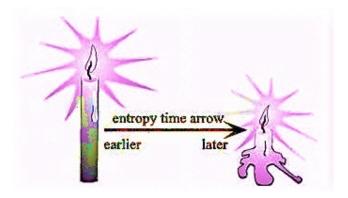
Tale **simmetria temporale** esclude la possibilità di distinguere il passato dal futuro, come contemplato da una **freccia del tempo**.



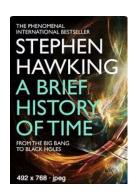


## 1851 Rudolf Clausius, enuncia i Principi della Termodinamica

- L'ENERGIA dell'Universo si conserva
- L'ENTROPIA cresce nel tempo.



1928, Arthur Eddington, ricupera la freccia del tempo attribuendola all'aumento dell'entropia. Ipotesi alla quale aderisce nel 1988, Stephen Hawking. nel suo best-seller. Con disappunto di alcuni fisici.



# CHE COSA E' L'ENTROPIA? BASTA SAPERLA USARE

Si valuta dalla dipendenza della capacità termica dalla temperatura, tenendo conto che allo zero assoluto è nulla.

$$S(T) = \int_{0}^{T} \frac{C_{p}(\xi)}{\xi} d\xi$$

E' l'indice della qualità dell'energia, che nei processi naturali decresce spontaneamente come segue:

S

- Gravitazionale
- Nucleare
- Elettromagnetica
- Termica, associata ai moti caotici delle molecole



Quindi il TEMPO scadisce il degrado della qualità dell'energia verso l'energia termica.

# Nel 1880 **Willard Gibbs, chiarisce ulteriormente le cose** precisando che **l'energia totale** si può esprimere come somma di due termini.



$$totale(H) = utile(G) + termica(TS)$$

H entalpia, energia totale a pressione assegnata

G energia libera,

T temperatura

S entropia

# L'energia libera è in grado di compiere un lavoro

- meccanico,
- termico,
- elettromagnetico,
- chimico,
- nucleare

modificando lo stato di un sistema.

# MESSAGGI DAL CIELO

1923, **Edwin Hubble**, astronomo di Mount Wilson, annuncia che le galassie sono soggette ad un allontanamento reciproco attribuibile ad una espansione dell'intero Universo.

1965. Arno Penzias e Robert Wilson, ricercatori della Bell, evidenziano una radiazione fossile riflettente le caratteristiche dell'Universo primordiale, prevista da George Gamow. Confermando l'esistenza di un inizio dell'espansione.

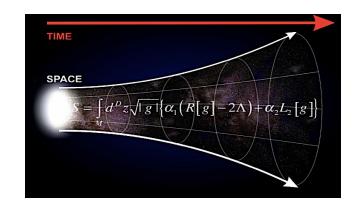


**Conclusione: L'Universo** è nato 13,72 miliardi anni fa da una grande esplosione (battezzata BIG-BANG da un riluttante Fred Hoyle) con immissione di energia, seguita da una espansione tuttora in corso, associata ad una diminuzione di temperatura.

Nei primi tre minuti è stato prodotto il 98% di tutta la materia esistente, che attraverso reazioni nucleari ha dato origine agli elementi presenti nel sistema periodico.

L'immissione di energia ha infranto la simmetria dello spazio-tempo, facendo riemergere la freccia del tempo.

L'evoluzione dell'Universo in espansione viene descritta mediante le equazioni della teoria della relatività generale che prevedono l'espansione dell'Universo.



L'espansione si è sviluppata in passaggi coinvolgenti: particelle elementari ed atomi del sistema periodico, che hanno dato origine a diversi composti chimici.

Evidenziando che la matematica è artefice del destino dell'Universo per cui viviamo nel migliore dei **mondi**.



Democrito, (2500 anni fa circa) osservava che dividendo materialmente un solido più volte si dovrebbe arrivare a piccoli oggetti indivisibili, che ha chiamato **atomi**.

Facendo così la più grande scoperta scientifica ma fatta, senza bisogno di pantagruelici acceleratori.

Feynman
Lectures on Physics
1964

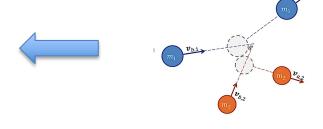


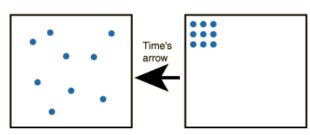
"If, in some cataclysm, all of scientific knowledge were to be destroyed, and only one sentence passed on to the next generations of creatures, what statement would contain the most information in the fewest words? I believe that all things are made of atoms, little particles that move around in perpetual motion, attracting each other when they are a little distance apart, but repelling upon being squeezed into one another.

**Ludwig Boltzmann**, nel 1872 ha affrontato il problema della dinamica dei gas su basi molecolari con conseguenze personali nefaste che lo hanno indotto al suicidio. Utilizzando la funzione di distribuzione f(q,v,t)=f(t) esprimente la probabilità che una molecola al tempo t si trovi nel punto q(x,y,z) con velocità v ed. ipotizzando che la sua variazione nel tempo dipenda dalla frequenza delle collisioni fra le molecole, posta proporzionale al prodotto delle loro concentrazioni. Scelte quindi a caso (Ipotesi del caos molecolare)

$$\frac{\partial f_t}{\partial t} + \mathbf{v} \cdot \nabla_{\mathbf{q}} f_t = Q(f_t)$$

Offre una dimostrazione del **secondo principio della termodinamica ma è stata,**criticata per l'ipotesi del caos molecolare.



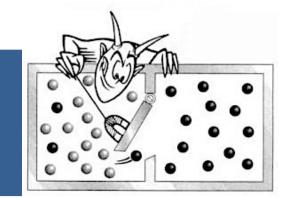




Malgrado tale ipotesi, l'equazione di Boltzmann fornisce ottimi risultati nella descrizione dell'evoluzione delle miscele gassose verso lo stato di equilibrio. L'aumento del disordine molecolare, è in contrasto con il fatto che nel mondo sono presenti strutture differenziate.

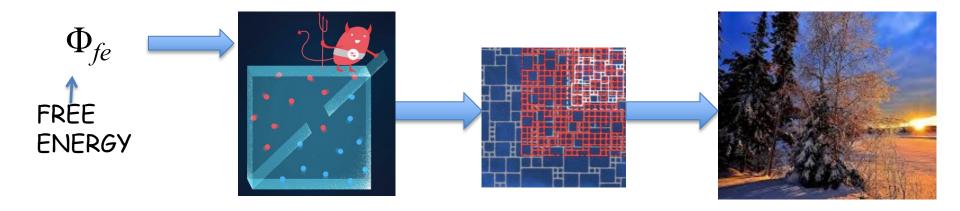
#### DIAVOLETTO DI MAXWELL

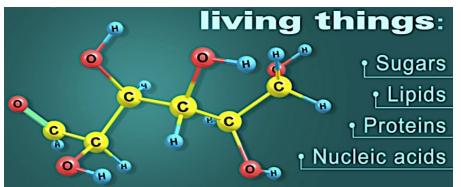
In grado di separare molecole con caratteristiche diverse (ad esempio nere e bianche) e quindi diversificare il sistema.



# Il diavoletto viola il secondo principio?

NO, se venisse alimentato con un flusso di energia libera utilizzata per separare particolari molecole da miscele, creando configurazioni differenziate.

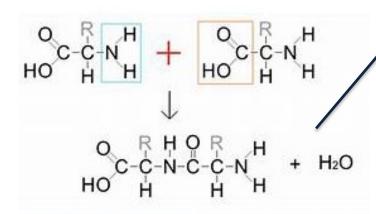




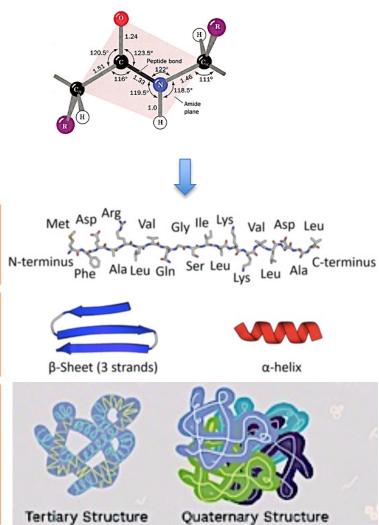
Sono molecole della chimica organica.

In particolare soffermiamo

l'attenzione sulle proteine.



Negli organismi viventi sono formate da 200 unità di aminoacidi, di 20 tipi diversi.

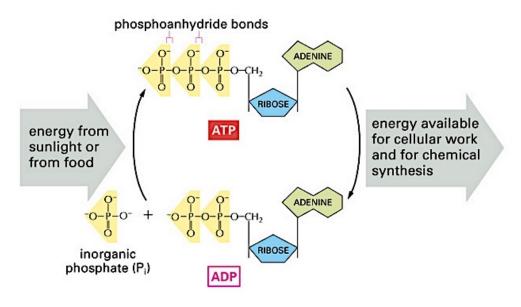


Primary

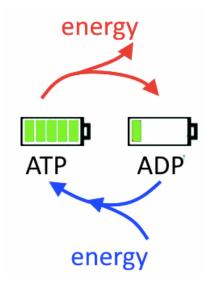
Secondary

Tertiary

### SCAMBI DI ENERGIA IN SISTEMI BIOLOGICI



ATP: The battery of life



ATP (Adenosine Tri-phosphate): E' un veicolo di **energia libera**, che negli organismi viventi fornisce il lavoro richiesto per diverse attività:

- meccaniche (muscoli)
- elettriche (nervi)
- chimiche, bio-sintesi
- trasporto di ioni

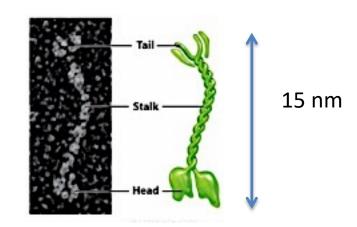


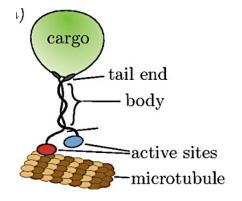
- Crescita,
- Movimenti,
- Attività Mentali



La vita è un moto perenne che orchestra il flusso di energia e materia in particolari composti chimici.

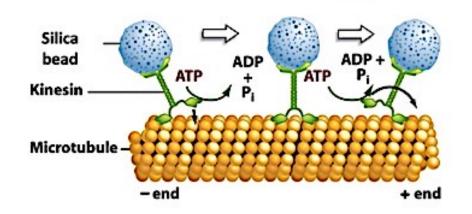
Alcune macromolecole proteiche, in particolare la kinesina, si spostano lungo microtubuli, proteici, presenti nelle cellule, trasportando organelli necessari per il funzionamento delle cellule stesse.





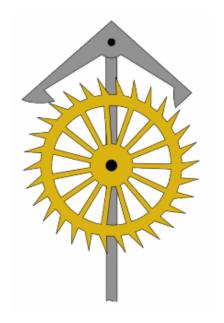
Tale **motilità** è alla base dei fenomeni vitali.
Per comprenderne il meccanismo è necessario richiamare la struttura e le caratteristiche delle bio-molecole.

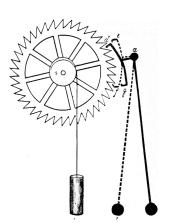
# VIRTU' DELLA KINESINA



La kinesina si comporta come una macchina termica che esegue lavoro a spese dell' energia libera, rilasciata dall'ATP che si trasforma in ADP.

Richiamando un meccanismo, chiamato **ratchet**, presente nei dispositivi a scatto impiegati negli orologi a pendolo.

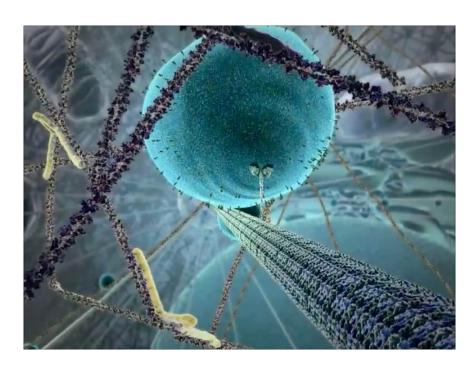




energía ATP

Nel suo moto la kinesina è soggetta ad un potenziale periodico, dovuto alle interazioni con le molecole del microtubulo, diverso nei due stati di legame al microtubulo stesso.

Se parzialmente rilasciata, in seguito alla rottura di uno dei legami per azione dell'ATP, è soggetta a moti casuali dovuti all'ambiente, per cui nel tornare allo stato fondamentale segue il percorso più agevole spostandosi da sinistra verso destra.



Da tale meccanismo emerge **ordine dal caos**, compatibilmente alla presenza di una **freccia del tempo**.

# DEMONOLOGIA MOLECOLARE



Nel 1899 l'astronomo Norman Lockyer invitò gli scienziati a cercare le tracce dei demoni di Maxwell negli organismi viventi.

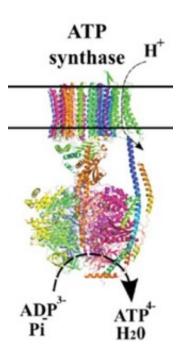
Nelle cellule sono presenti diverse macchine molecolari (mitocondrio, ribosoma, etc), essenziali per i processi vitali. Sono innestate su membrane, e i loro movimenti sono dovuti ai movimenti casuali delle molecole circostanti.

La più stupefacente è l' ATP-sintasi, nella quale ha luogo la rotazione interna di una struttura proteinica, cui è associata la reazione di formazione di ATP da ADP più acido fosforico. Comportandosi quindi come un **enzima**.

Rendiconti Lincei. Scienze Fisiche e Naturali (2021) 32:215-232. https://doi.org/10.1007/s12210-020-00971-1

STATISTICAL THERMODYNAMICS AND CHEMICAL KINETICS

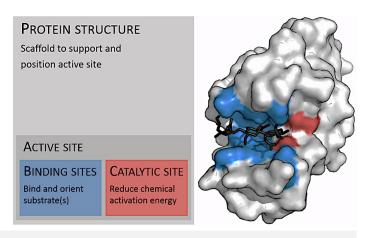
At the onset of bio-complexity: microscopic devils, molecular bio-motors, and computing cells



Sergio Carrà

La velocità dei processi enzimatici (biologici), catalizzati dai centri attivi presenti nelle proteine, dipendono dalle loro caratteristiche strutturali.





Jacques Monod scrive nel 1970 un libro di grande impatto, in cui sostiene che gli enzimi sono diabolici, perché risalgono la china dell'entropia, andando a ritroso nel tempo. Sono in grado di scegliere rari e preziosi incidenti nell'immensa riserva di eventi casuali (demoni darwiniani).

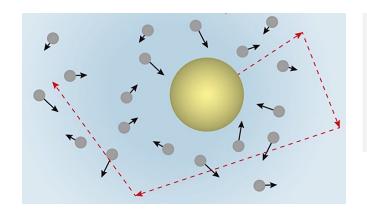
# Suggerendo l'esistenza di due tempi

**FISICO:** descritto da una freccia compatibile con l'espansione dell'Universo, con velocità espressa dalla derivata dello spazio rispetto al tempo.

**BIOLOGICO**: descritto dall' avanzamento di un processo enzimatico con velocità espressa dalla derivata rispetto al tempo. della concentrazione di un composto di riferimento.

## SCHIZOFRENIA NANOMETRICA

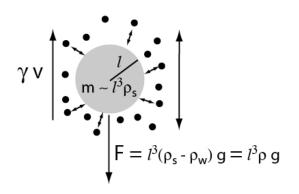
1820, **Robert Brown** osservò che particelle di polline disperse in acqua sono soggette a **movimenti caotici**. L' interpretazione del fenomeno, che ha dovuto attendere 80 anni, si riconduce alle spinte casuali sulle particelle, dovute alle molecole d'acqua. Soggette a loro volta a moti caotici su scala minore (**Einstein**, 1905).

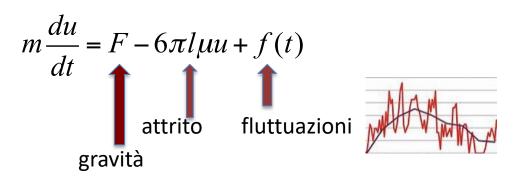


1908, **Paul Langevin** affrontò il problema, focalizzando l'attenzione sul moto di una singola particella, dovuto alle interazioni con le molecole del liquido circostante.

L'approccio, chiamato **stocastico**, dal greco "stokhastikos" (casuale) ha trovato riscontro in molteplici situazioni.

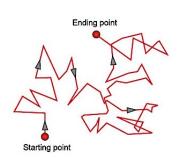
# MOVIMENTI DI UNA SINGOLA PARTICELLA





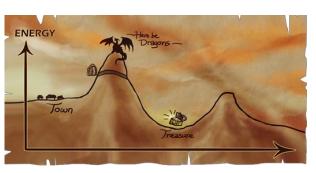
Con particelle di dimensioni nanometriche in acqua predominano le forze viscose, ed il moto è simile a quello di un **nuotatore nella melassa**, per cui può trascurare la forza di gravità.

$$\begin{cases} \frac{du}{dt} = -\gamma u + \xi(t) \\ \gamma = \frac{6\pi l \mu}{m} \\ \xi(t) = \frac{f(t)}{m} \\ O = \frac{k_B T}{6\pi \mu r} \end{cases} < \xi(t) >= 0$$





#### CINETICA CHIMICA IN SISTEMI CONDENSATI



Gli spostamenti, che avvengono su una superficie di energia libera sono dovuti alle fluttuazioni casuali dell'energia, e si possono descrivere con l'equazione di Langevin:

$$\frac{du}{dt} = -\gamma u + \xi(t) - \frac{1}{m} \frac{dU(x)}{dx}$$

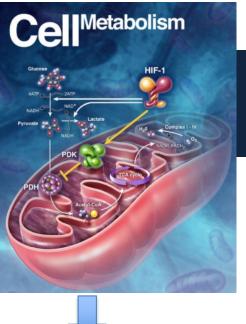
$$attrito \quad fluttuazioni$$

Se il massimo dell' energia potenziale U(x) viene superato ha luogo una trasformazione chimica la cui dipendenza dal tempo si identifica con il flusso delle molecole, con concentrazioni  $C_i$ , lungo una particolare direzione (1940 **Kramer**):

$$J(x,t) = k(t)C_i = \chi(t)k_{TST}C_i$$

$$k_{TST} = \frac{k_BT}{h}$$

**Velocità di decomposizione dello STATO DI TRANSIZIONE**, **situato al** massimo della curva dell' energia potenziale (dimensioni decina di Angstrom, vita media  $10^3$ - $10^4$  femto s).



## MICROBIOLOGIA

"La vita non è che una vastissima gamma di reazioni chimiche coordinate." (Jim Watson).

Catalizzate da centri attivi presenti nelle proteine.

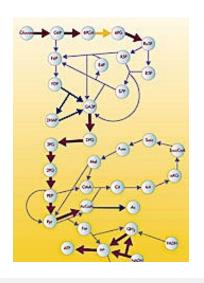
Una **cellula** costituisce un micro-reattore chimico, con flussi  $\Phi_{est}$  entranti ed uscenti.

Bilancio di ciascun componente:

$$\frac{dC_i}{dt} = \sum_{est} \Phi_{est} C_i^{(est)} + \sum_k v_{ik} r_k$$

k indice della reazione  $r_k$  velocità della reazione

 $v_{ik}$  coefficiente stechiometrico



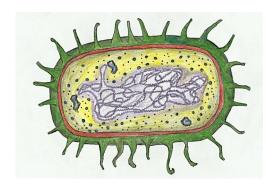
Le variazioni delle concentrazioni delle specie, sono espresse da derivate prime rispetto al tempo, per cui non sono indifferenti alla sostituzione di t con —t.

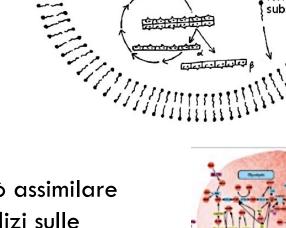
Confermando che la freccia del tempo non va cercata negli eventi cosmici ma in quelli biologici.

# QUINDI PERCORRIAMO IL NOSTRO CAMMINO: COME SI SIMULA UNA CELLULA?

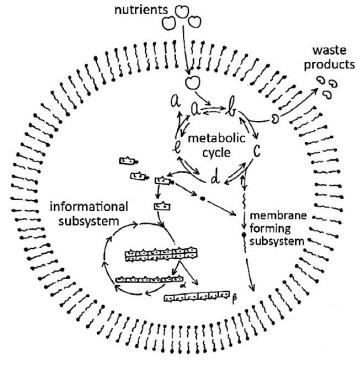
Cellula (procariota), assunta come unità di vita (Tibor Ghanthi, 1974)

- 1 Metabolismo (proteine)
- 2- Copia del modello (geni)
- 3- Crescita della membrana





Il modello matematico di una cellula si può assimilare ad un laboratorio virtuale che fornisce indizi sulle funzioni cellulari.



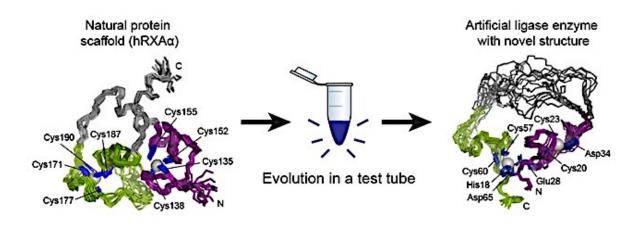
L'evoluzione dei componenti può essere descritto con il modello di Manfred Eigen, ispirato ad una dinamica darwiniana:

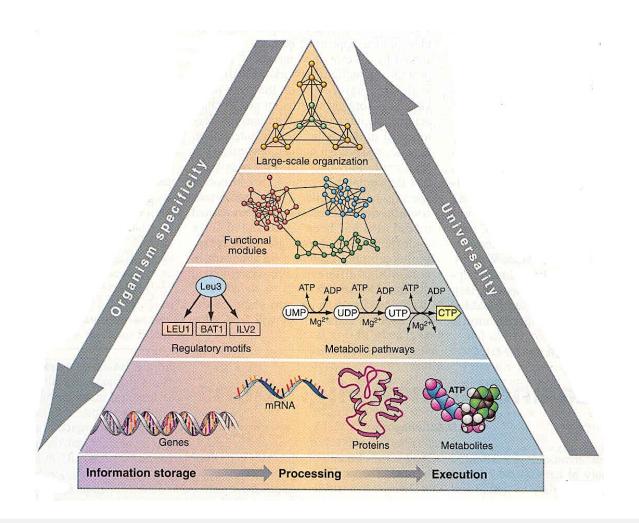
$$\frac{dC_i}{dt} = \sum_{j} C_i f_j Q_{ji} - D_i - \Phi C_i$$
Formazione di i

Degradazione di i

$$C_i$$
= concentrazione del componente i  $f_i$ =(fitness) costante di velocità di formazione di j da i.  $Q_i$  = probabilità di mutazione da i a j  $D_i$  = degradazione spontanea di i

La sua applicazione permette di simulare l'evoluzione in provetta e le trasformazioni dei virus.





I processi microbiologici, coinvolgenti geni (DNA) centri enzimatici (proteine).

sono schematizzabili con una piramide, che riflette il passaggio verso una sempre più complessa organizzazione funzionale.

# **FOTOSINTESI**

Mediante una macchina molecolare produce carboidrati e ossigeno, utilizzando:

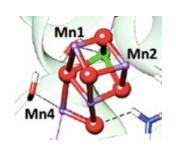
l'energia libera contenuta nelle radiazioni solari, grazie al contributo di un particolare catalizzatore metallico, basato sul manganese.

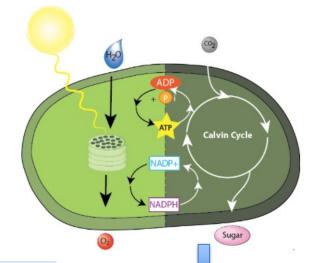
In circa 4 miliardi di anni ha trasformato la terra:

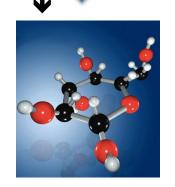
- sviluppo degli organismi viventi,
- accumulo di ossigeno nell'atmosfera sino al 20%.

Flusso totale di energia libera dal sole =140.000 TW Energia libera utilizzata nella fotosintesi =90 TW Energia impiegata nelle attività umane =17 TW TW=10<sup>12</sup> watt

In natura II **fotosintesi**, esercita le funzioni del **diavoletto di Maxwell**, producendo ATP, quindi trasferendo l'energia libera delle radiazioni ai processi vitali.

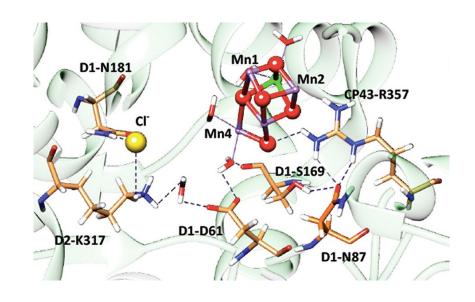


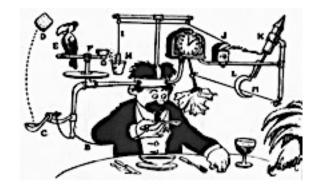




In realtà la **fotosintesi** è un processo che coinvolge migliaia di atomi. con trasformazioni molto complicate dal punto di vista chimico e fotochimico.

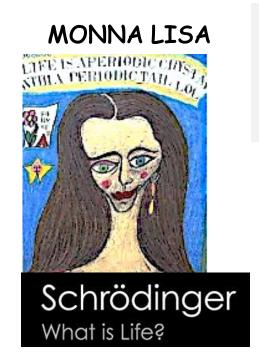
E' il frutto del "bricolage" evolutivo (500 milioni di anni) da cui è emerso un sistema catalitico la cui complessità ricorda le macchine di Rube Goldberg.





Tale complessità rende ardua la possibilità di migliorare artificialmente il processo di cattura dell'energia solare.

# RUOLO DELL'INFORMAZIONE



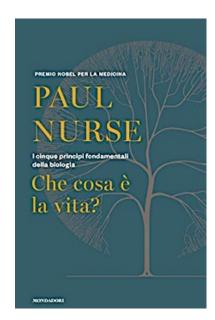
1948, Claude Shannon, esprime il contenuto di informazione I di un messaggio mediante il minimo numero di decisioni binarie, o BIT (binary unit) richiesto per fare una scelta fra opzioni egualmente probabili.

Si dimostra inoltre che il trasferimento di energia libera ad un sistema chimico fisico aumenta il suo contenuto di informazione I.

$$I = \frac{\Delta G}{T (k_B \ln 2)}$$

In particolare ciascuna cellula comprende un grande numero di reazioni chimiche interconnesse, che operano come un insieme.

L' ordine viene mantenuto grazie alla gestione dei flussi di materia ed energia basati sulle **informazioni** intese a conservare i sistemi viventi attraverso la riproduzione.

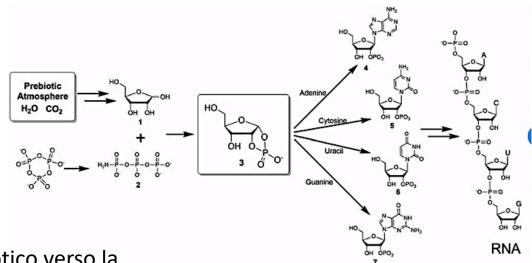


I sistemi che ricevono energia, materia e informazione dall'ambiente ed i cui elementi sono soggetti ad interazioni non lineari, forniscono il frame work per l'emergenza di fenomeni autorganizzati. Intesi a catturare la maggior quantità di energia libera necessaria per:

- -mantenimento,
- -crescita
- -sviluppo.

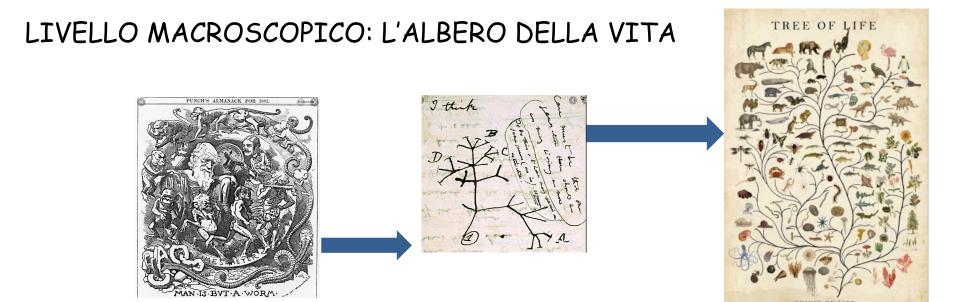
Specificamente i bio organismi si comportano come entità capaci di organizzarsi funzionalmente. Attraverso una migliorata coordinazione delle reazioni biochimiche richieste per la loro esistenza.

La complessità delle strutture chimiche emerge dalle interazioni gerarchiche tra sottosistemi coordinati nei quali i processi auto catalitici ricevono l'energia libera.



Esempio probabile di cammino prebiotico verso la formazione di RNA.

John Sutherland: Catalytic prebiotic process informationally plausible.



1863, **Charles Darwin**, con uno schizzo sul suo taccuino, ha spiegato come l'evoluzione e la selezione naturale hanno arricchito la terra di una panoplia di organismi viventi. In una storia che si è protratta per 3,5 miliardi di anni. Intuendo che tutti gli esseri viventi sono collegati da radici comuni.

L'albero della vita permette di giustificare tutto, ma non prevede nulla.

Ad esempio l'esistenza dell'ornitorinco, un mammifero che depone le uova, e di tanti animali strani.

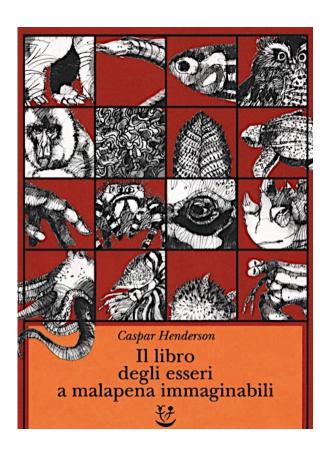




Tuttavia non è stata riscontrato l'esistenza di un animale miscela di un coccodrillo e un' anatra.

# l modelli evolutivi si riferiscono a processi "non teleologici",

poiché non volti al raggiungimento di uno stato finale predeterminato. A differenza di quanto affermava Leibnitz, come contemplato dal **principio di minima azione**.

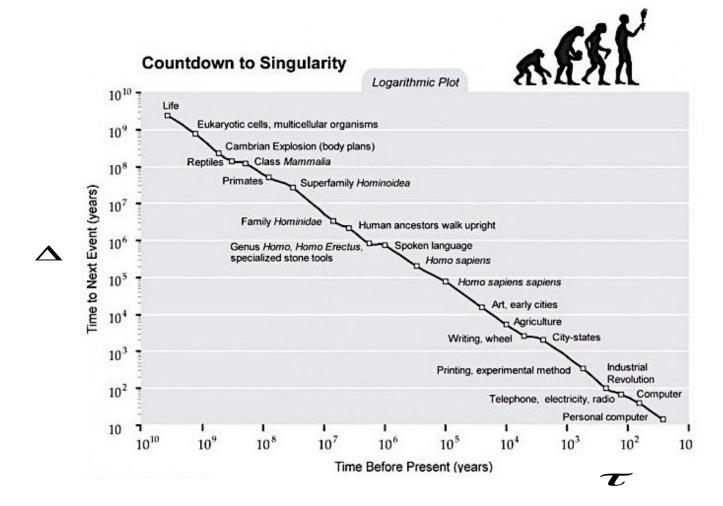


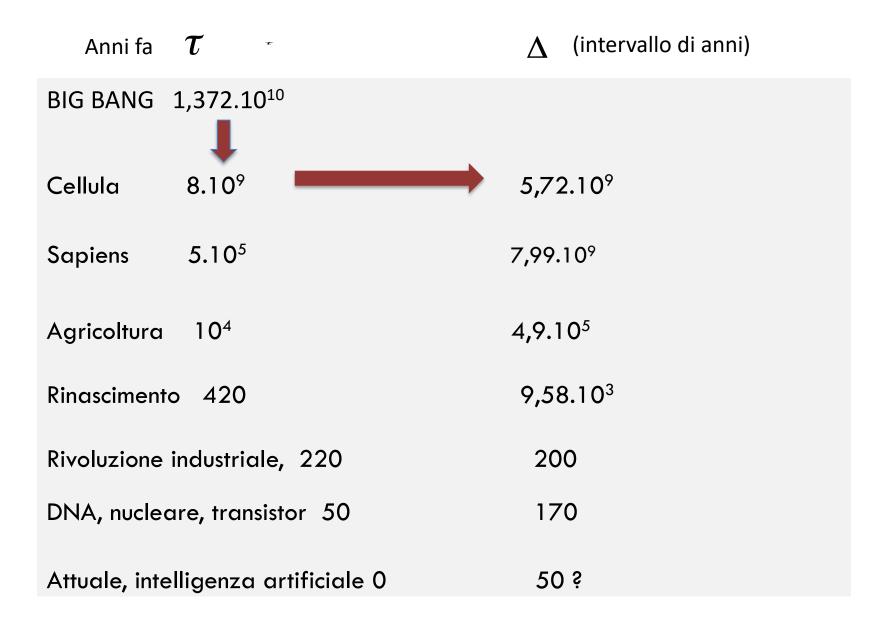
Pertanto la complessità del mondo biologico su scala microscopica e macroscopica, si sviluppa grazie all'interazione dei processi di mutazione e selezione, che possono portare a risultati inimmaginabili.

# ALLA RICERCA DEL TEMPO PERDUTO

Ray Kurzweil, inventore, tecnologo dei suoni, cultore dell'Intelligenza Artificiale e futurologo.

"La lettura dei suoi libri genera sospetto, ma quando esaminiamo i suoi diagrammi facciamo appello alla nostra attenzione". (da una recensione su Science)





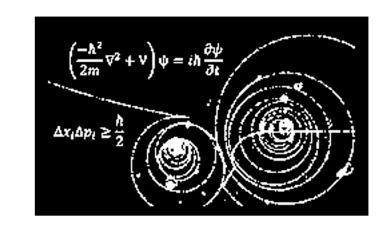
E' in atto un processo di accelerazione dovuto alla diffusione dell'informazione

#### RITORNO AL MICROMONDO

I fenomeni che avvengono su scala atomica e subatomica, si affronTano con la

#### meccanica quantistica

La quale presenta enigmi e paradossi (Bohr, Feynman).

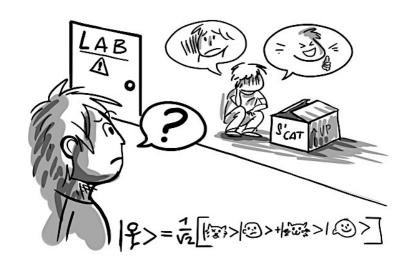


**Enigma:** non località (entanglement) in virtù della quale due particelle restano intimamente connesse anche se lontanissime (Einstein: Spooky Action at distance).

**Paradosso:** coesistenza di una molteplicità di stati di cui solo uno si manifesta nel momento della misura.

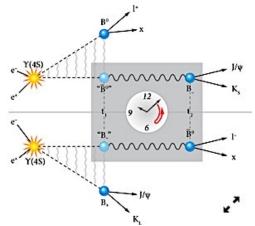
Esempio: **gatto di Schroedinger** sospeso fra la vita e la morte.

TUTTAVIA, descrive con accuratezza il comportamento dei sistemi atomici.



## SONO POSSIBILI INVERSIONI DEL TEMPO?

Si manifestano in alcune trasformazioni subite dalle particelle elementari.



Sono quindi possibili viaggi retrocedendo nel tempo?.

Rivolgersi a Roy Batty, il replicante di BLADE RUNNER, che afferma:

"Ho visto cose che voi umani non potreste immaginarvi: navi da combattimento in fiamme al largo dei bastioni di Orione, raggi beta balenare nel buio vicino alle porte di Tannhäuser. Tutti quei momenti andranno perduti nel tempo, come lacrime nella pioggia".



Confermando che Il tempo è quella cosa "che nessuno ci può restituire!", come affermava SENECA.

# CONCLUSIONI



SENZA DIMENTICARE CHE OGNI SPECULAZIONE VA FATTA CON CAUTELA PER NON PRECIPITARE NELL'INFERNO COME SUCCEDE A CHI INDAGA SUI MISTERI DELLA NATURA.



