

# **Dis, ord e... organizz: principi e contraddizioni**

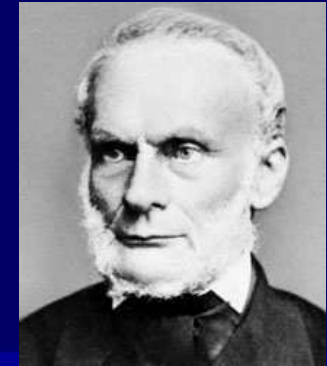


# Il Primo principio



- **Il primo principio**, proposto nel 1847 da Hermann von Helmholtz, recita: "**l'energia dell'universo e di ogni sistema isolato è costante**". Oggi questo principio va interpretato alla luce dei risultati conseguiti da Albert Einstein e dalla meccanica relativistica, secondo cui **energia e materia sono equivalenti** e, quindi, **a essere costante nell'universo è la somma di materia ed energia.**

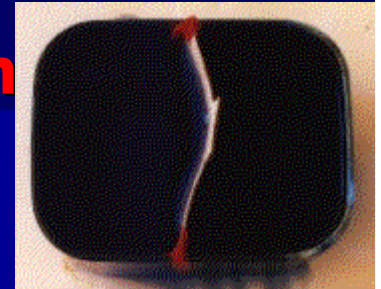
# Il secondo principio



- Il **secondo principio** della termodinamica, proposto nel 1868 da Rudolf Clausius, recita: "**l'entropia dell'universo e di ogni sistema isolato tende ad aumentare**".
- Se consideriamo **l'entropia** una grandezza che misura in qualche modo la degradazione dell'energia (ovvero lo stato di disordine di un sistema), e se consideriamo che il calore è la forma meno nobile (più degradata) di energia, possiamo riscrivere il secondo principio con una formulazione meno ermetica, del tipo: "**la degradazione di energia e, quindi il calore, tendono ad aumentare nell'universo e in ogni sistema isolato**".

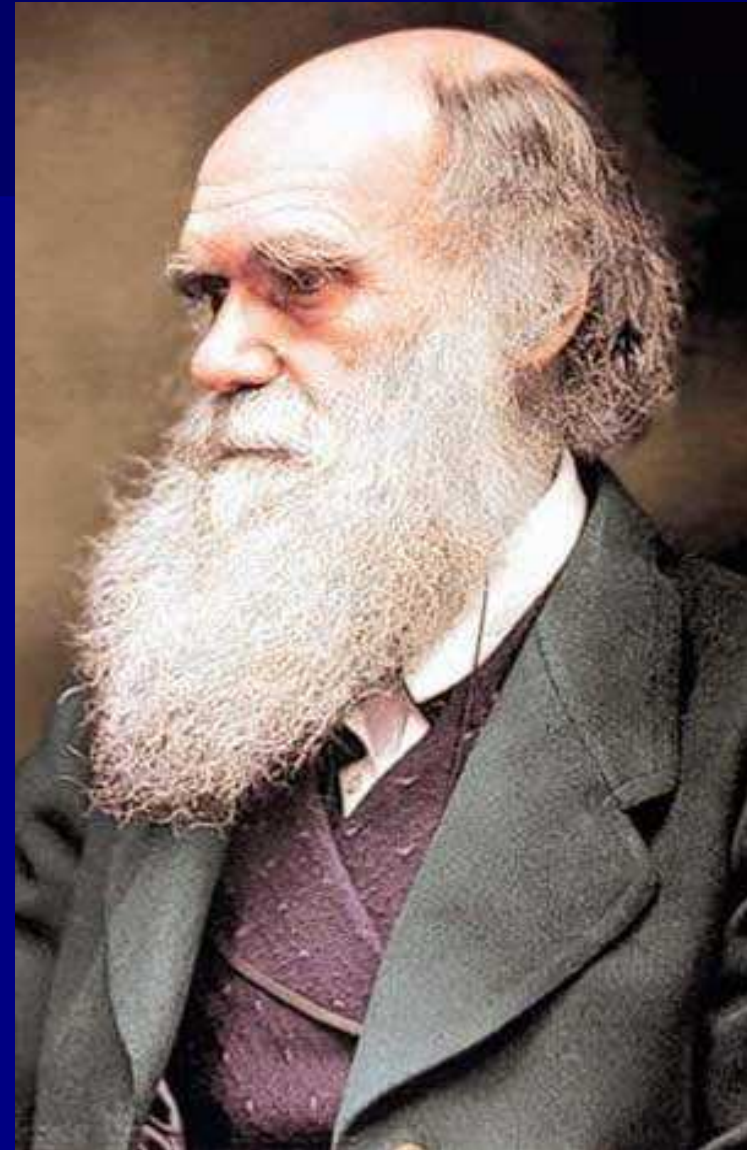
# Le contraddizioni... ???

**La seconda legge della termodinamica non ammette deroghe: l'inchiostro non andrà mai spontaneamente nella parte DX**



- Come è possibile, dunque, che dopo l'origine cosmica siano apparsi nell'universo l'ordine e la complessità?
- Come è possibile che, dieci miliardi di anni dopo il Big Bang, sulla Terra sia nata quella forma altamente organizzata di materia che è la vita?
- E come è possibile che, dopo ancora 4 miliardi di anni, siano nate quegli insiemi altamente complessi di forme altamente organizzata della materia che sono le società umane?
- Non sono queste clamorose deroghe al secondo principio della termodinamica?

# Il dilemma...

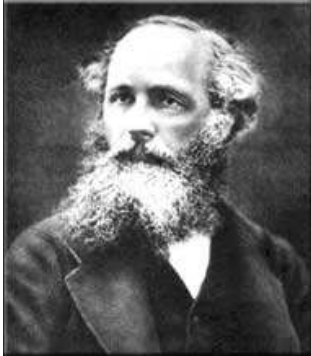




# Disordine, ordine e...

- V. Bertalanffy non fu in grado di risolvere questo dilemma, ma compì il passo cruciale:  
“gli organismi viventi sono sistemi aperti poiché hanno bisogno di alimentarsi con un flusso continuo di materia e di energia dal loro ambiente, per rimanervi vivi”.





# Disordine, ordine e...

James Clerk Maxwell con un articolo pubblicato nel 1860 sul Philosophical Magazine (Illustrazione della teoria dinamica dei gas) propone una "teoria cinetica" per dare un fondamento solido alla termodinamica e ricondurla nell'alveo della meccanica. *"Un gas, sostiene Maxwell, è costituito da minuscole particelle che si muovono e si urtano in continuazione. La temperatura e la pressione di cui parlano i termodinamici altro non sono che una misura macroscopica dell'energia cinetica media posseduta dai costituenti del gas".*

- Insomma, i parametri termodinamici altro non sono che proprietà globali di sistemi costituiti da elementi che rispondono in tutto alle leggi della meccanica e che le leggi probabilistiche dei grandi numeri rendono estremamente precisi.



# Disordine, ordine e...

- Malgrado la proposta, geniale, di Maxwell, resta ancora in piedi il secondo problema posto dalla termodinamica: l'aumento irreversibile dell'entropia.
- La risposta viene dal fisico austriaco Ludwig Boltzmann e da quel suo famoso "teorema H": ***l'irreversibilità della termodinamica è solo apparente.***  
***I processi termodinamici sono sempre processi reversibili.***





# Disordine, ordine e...

**Warren Weaver** sosteneva che in natura esistono tre diverse classi di sistemi dinamici:

**a)** i "sistemi semplici", caratterizzati dalla presenza di poche variabili, tradizionale oggetto di studio della fisica e delle discipline medico-biologiche fino all'800;

**b)** i "sistemi a complessità disorganizzata", caratterizzati da un numero estremamente elevato di variabili, ciascuna tuttavia con un comportamento individuale casuale o sconosciuto. Questi sistemi, scriveva Weaver, possono essere trattati in termini di **proprietà medie** e di **regolarità dell'insieme**;

**c)** i "sistemi a complessità organizzata", caratterizzati da un numero considerevole di variabili connesse in un tutto organico. Sono questi i sistemi che incontriamo in biologia, in medicina, in psicologia, in economia e nelle scienze politiche.

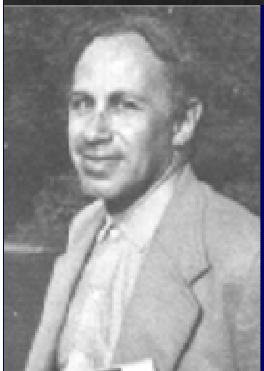
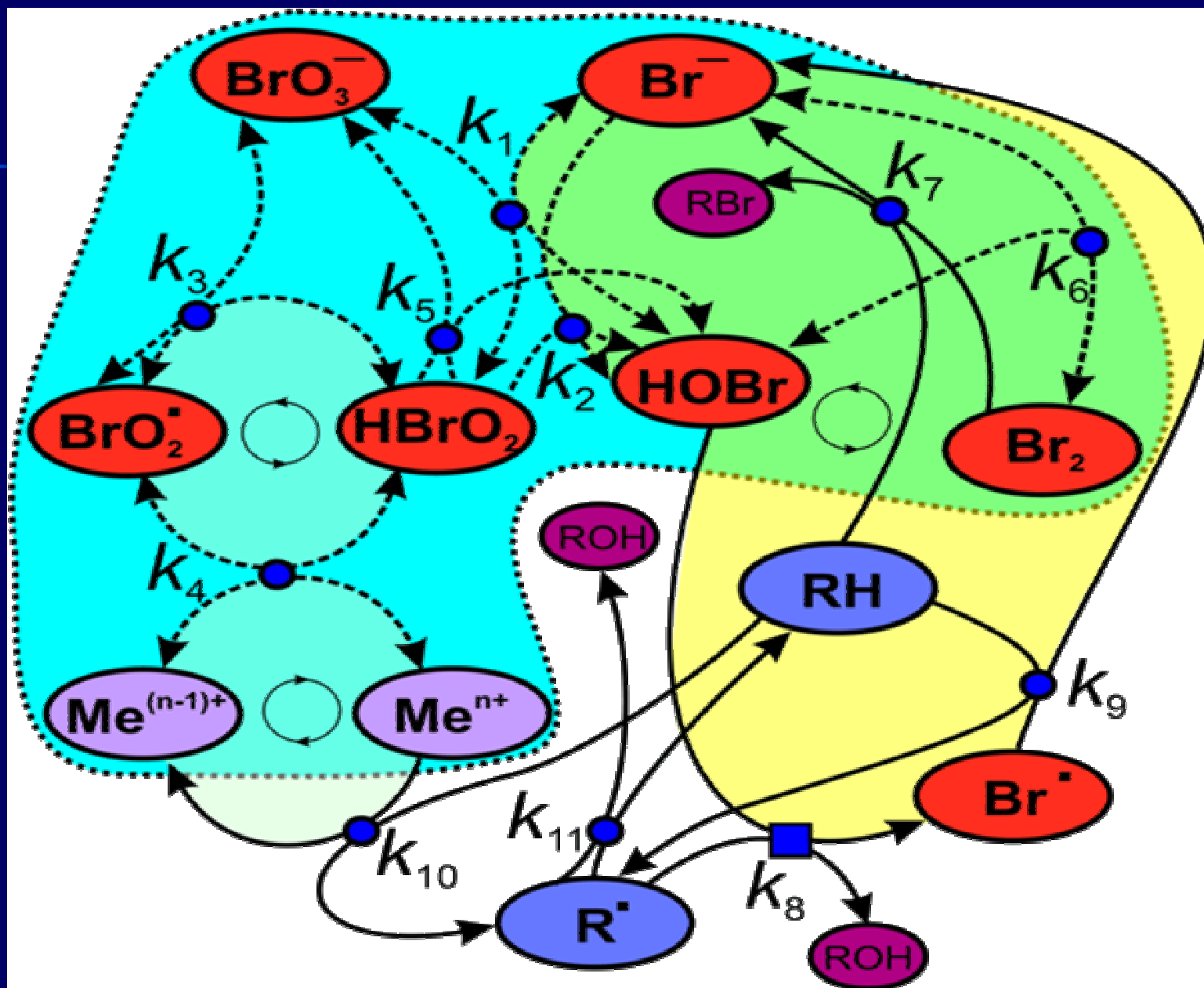


# Disordine, ordine e... organizzazione

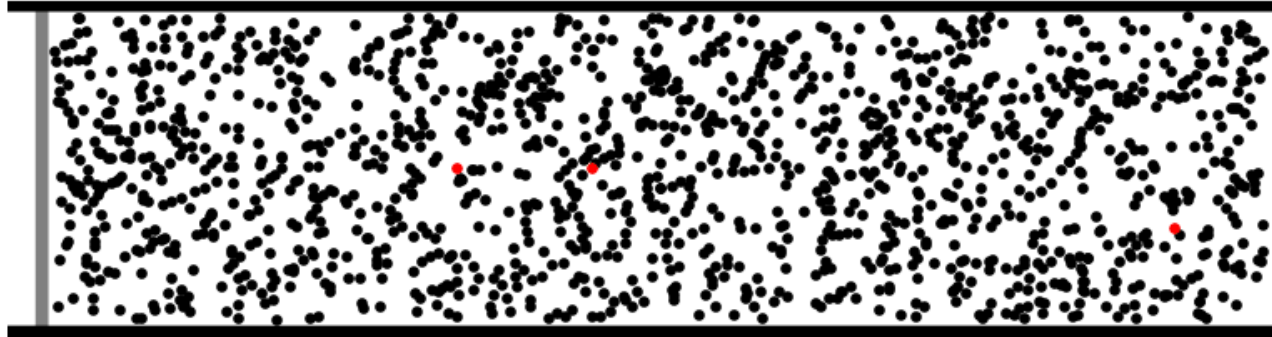


- Lars Onsager e Ilya Prigogine dimostrano, matematica alla mano, che solo le fluttuazioni termodinamiche che non si discostano molto dall'equilibrio tendono a essere rapidamente riassorbite. Mentre **sono strutturalmente più stabili quei sistemi che si collocano molto lontano dall'equilibrio termodinamico.**
- Sono questi "**sistemi dissipativi**" i migliori candidati a partecipare al gioco dell'**evoluzione** della materia verso strutture sempre più organizzate.

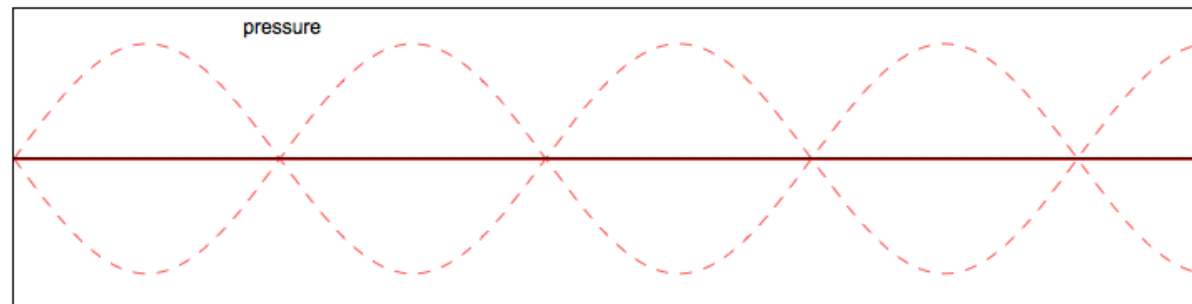
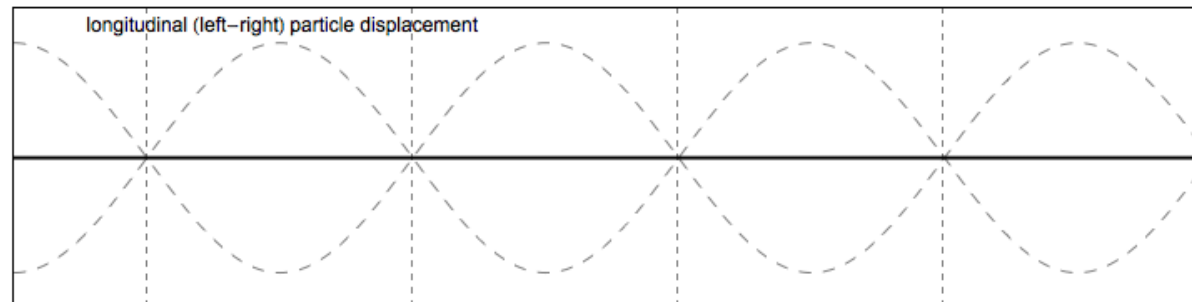
# ...fluttuazioni ed evoluzione



# Fluttuazioni e oscillazioni



©2012, Dan Russell

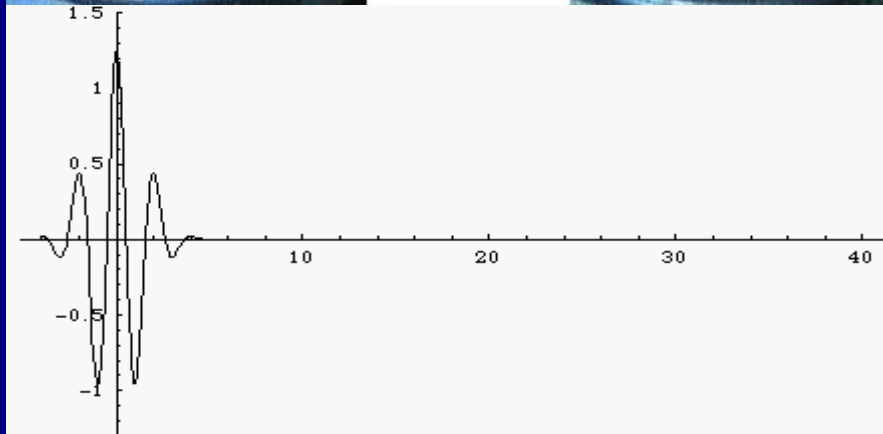
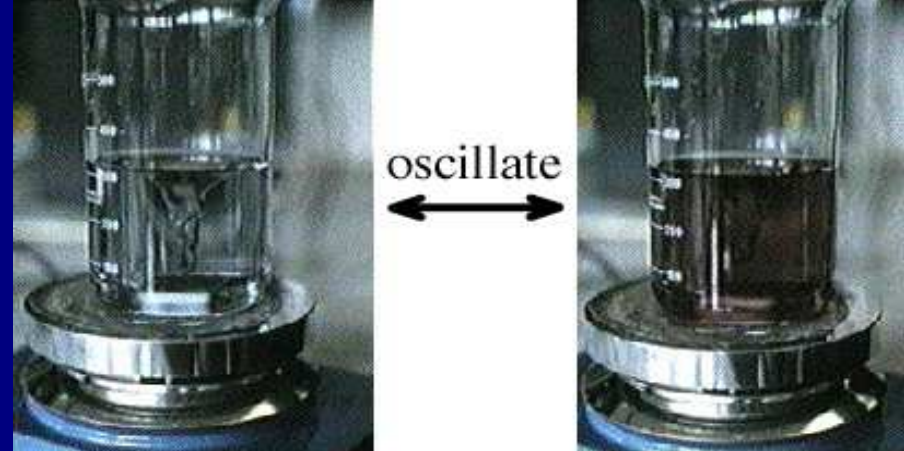


# L'evoluzione è una biforcazione



# Oltre la linearità...

- Il processo di biforcazione, **non viene descritto da equazioni lineari**, ma da **equazioni stocastiche** che danno adito a una serie di eventi possibili: uno solo dei quali, di volta in volta, si realizza. Un esempio tipico dell'aumento spontaneo di complessità in regimi termodinamici lontani dall'equilibrio sono **le celle di Bénard**: l'emergere, oltre una soglia critica, di un moto collettivo e organizzato di molecole in un semplice liquido sottoposto a riscaldamento.
- O **le reazioni di Belusov-Zhabotinskij**



# Verso un'altra... organizzazione

