

Liceo “Regina Elena” - Acireale

Progetto PON C-1-FSE-2013-2006

Studio della complessità del mondo che ci circonda

La Teoria della complessità

Prof. Salvatore Lizzio

Alcune domande per cominciare ...

Cos'hanno in comune...
il clamoroso
insuccesso della **New
Coke** nel 1985
e i 140 operai
mangiati dai **leoni** in
Kenya nel 1898?



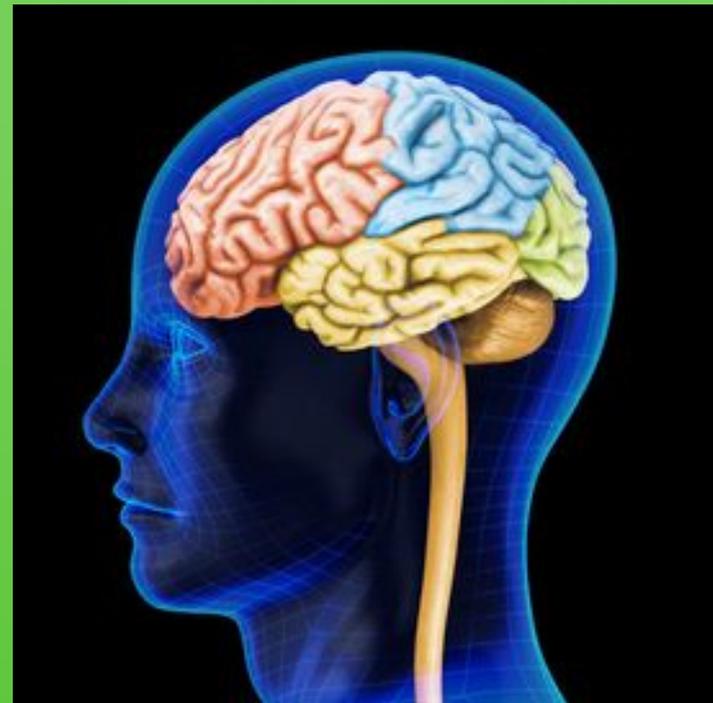
Alcune domande per cominciare ...

Cos'hanno in comune...
il tentativo di sterminare gli insetti col **DDT** e
la crisi dell'**Alitalia**?



Alcune domande per cominciare ...

Perché lo studio delle **formiche** è una delle ricerche più avanzate per... comprendere il funzionamento del **cervello**?



Alcune domande per cominciare ...

Quale relazione
lega una **famiglia**
a una
squadra di calcio?



Alcune domande per cominciare ...

Cosa c'entra
la **politica sociale**
con...
la **pesca dei naselli**?



Alcune domande per cominciare ...

Cosa accomuna
i componenti
di un **branco**?



Alcune domande per cominciare ...

Cosa c'entra
Jurassic Park
con...
l'andamento della
borsa?



Alcune domande per cominciare ...



Cos'è la Teoria della Complessità?

- Parafrasando Sant'Agostino a proposito del tempo

*" io so che cosa é il tempo,
ma quando me lo chiedono
non so spiegarlo " ...*



- Il fisico statunitense Seth Lloyd ha catalogato **32 diverse definizioni** !

Cos'è la Teoria della Complessità?

- Cominciamo con questa definizione ...

“La Teoria della Complessità è lo studio inter-(trans-)disciplinare dei **sistemi complessi adattativi** e dei **fenomeni emergenti** ad essi associati.”

T. Tinti (modificata)

(La definizione dovrebbe divenire gradualmente più chiara ...)

Definizione di “Sistema complesso”

- Definire un sistema complesso è esso stesso un problema complesso, al punto tale che ancora **non esiste una definizione universalmente accettata.**
- Più avanti, dopo aver studiato le caratteristiche e i comportamenti dei sistemi complessi, proveremo a tracciarne un **identikit...**



Una delle definizioni ...

- Nella TdC ...

“Un **sistema complesso adattativo** (SCA) è un sistema aperto, formato da numerosi elementi che interagiscono localmente fra loro in modo non lineare e che costituiscono una realtà unica, organizzata e dinamica, capace di evolvere e adattarsi all’ambiente.”

Alberto Gandolfi

(in "Formicai, imperi, cervelli. Introduzione alla scienza della complessità." Bollati Boringhieri, 1999)

Primi passi

- Non confondiamo ciò che è **COMPLESSO** con ciò che è “**SEMPLICE**mente”
COMPLICATO



Certo, sembra un gioco di parole!

Etimologia

- Complesso, complicato e semplice sono termini che derivano tutti dalla stessa radice indoeuropea:
plek- (parte, piega, intreccio)
- Da *plek-* derivano, in latino
il verbo *plicare* = piegare
il verbo *plectere* = intrecciare
il suffisso *-plex* = parte

Etimologia

COMPLICATO

- Da *cum-* + *plicare* deriva *complicatus*
- In italiano complicato, con pieghe (come un origami)
- Può essere "spiegato" dalla cosiddetta Scienza Classica



Etimologia

COMPLESSO

- Da *cum-* + *plectere* deriva *complexus*
- In italiano complesso con intrecci (come un groviglio)
- NON può essere "spiegato" dalla cosiddetta Scienza Classica



Etimologia

SEMPLICE

- Da *sim-* + *plex*
deriva *simplex*
- In italiano semplice
(senza parti, un'unica parte)
- Né complicato, né complesso



Cos'è complicato o complesso?

- A cosa si riferiscono questi attributi?

SEMPLICE, COMPLICATO, COMPLESSO



Problemi complicati e complessi

- Che differenza c'è tra un **problema complicato** e un **problema complesso**?

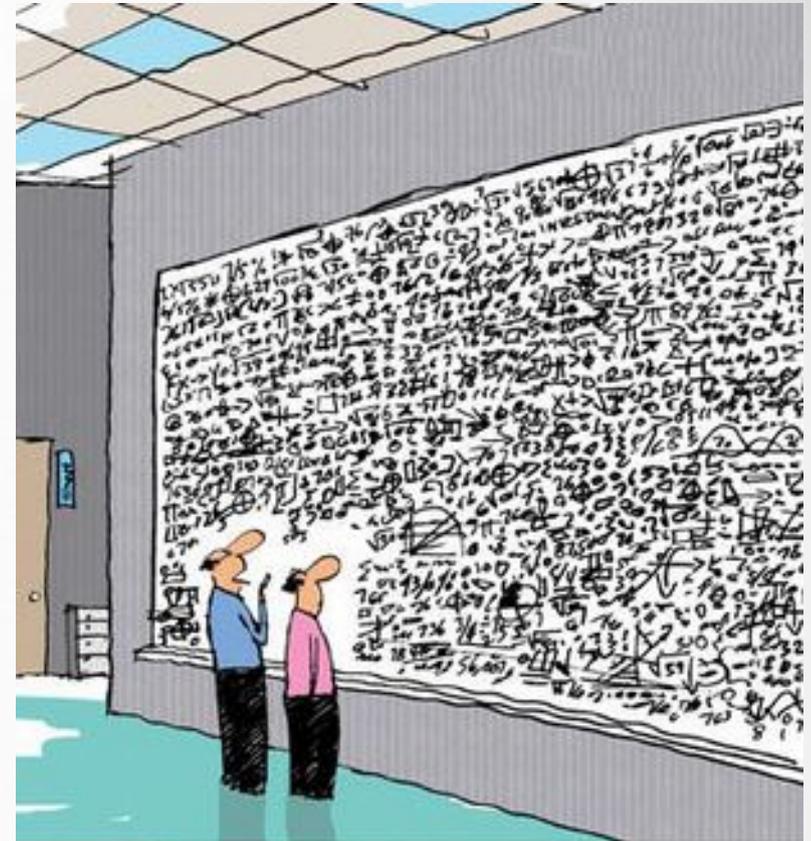


Tipologia di problemi

- Problemi complicati per la cui soluzione **esiste un procedimento lineare noto (algoritmo)** ed applicabile con le **risorse disponibili**

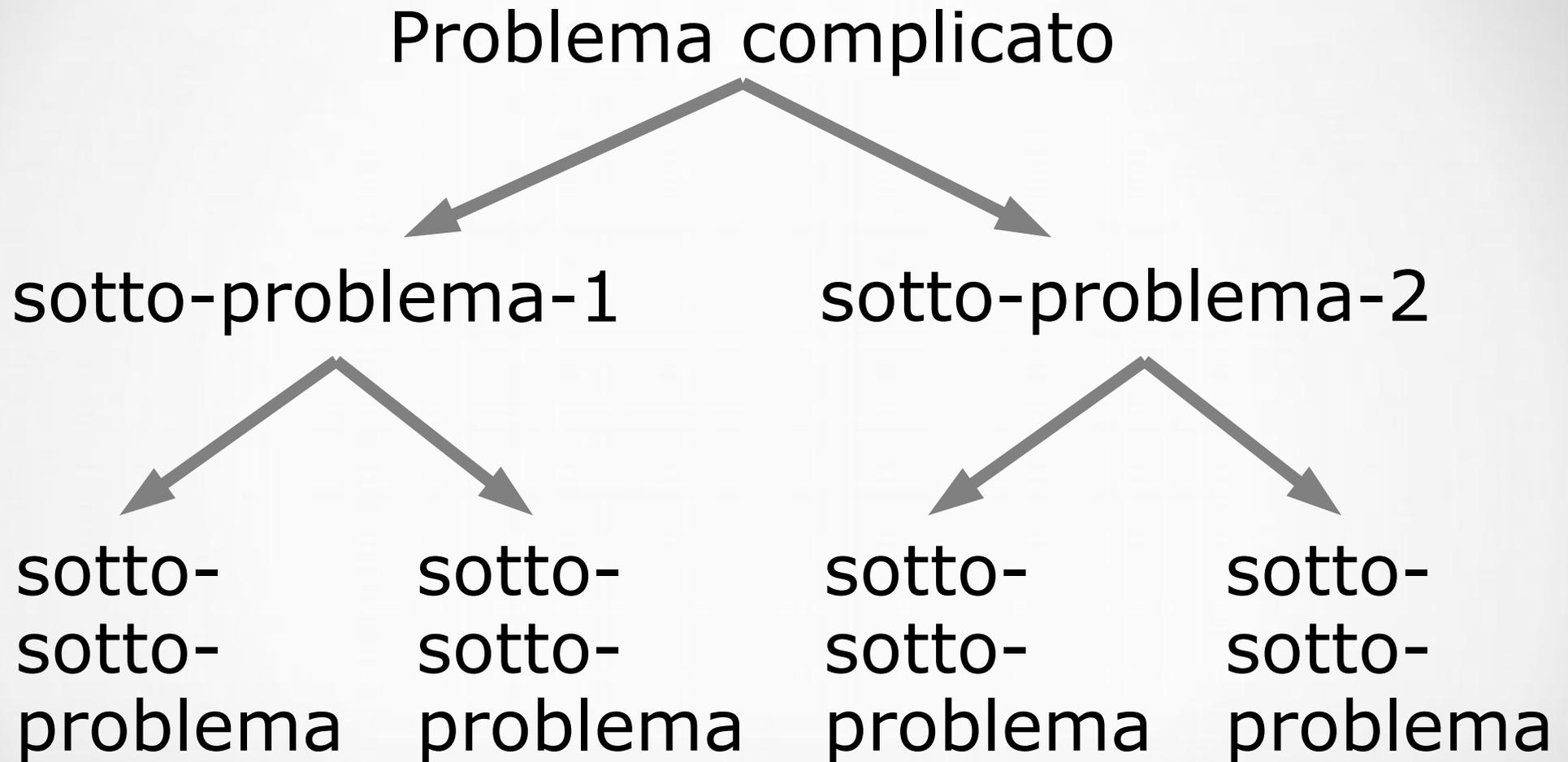
ovvero

sono problemi **scomponibili in problemi semplici** dei quali è nota la soluzione

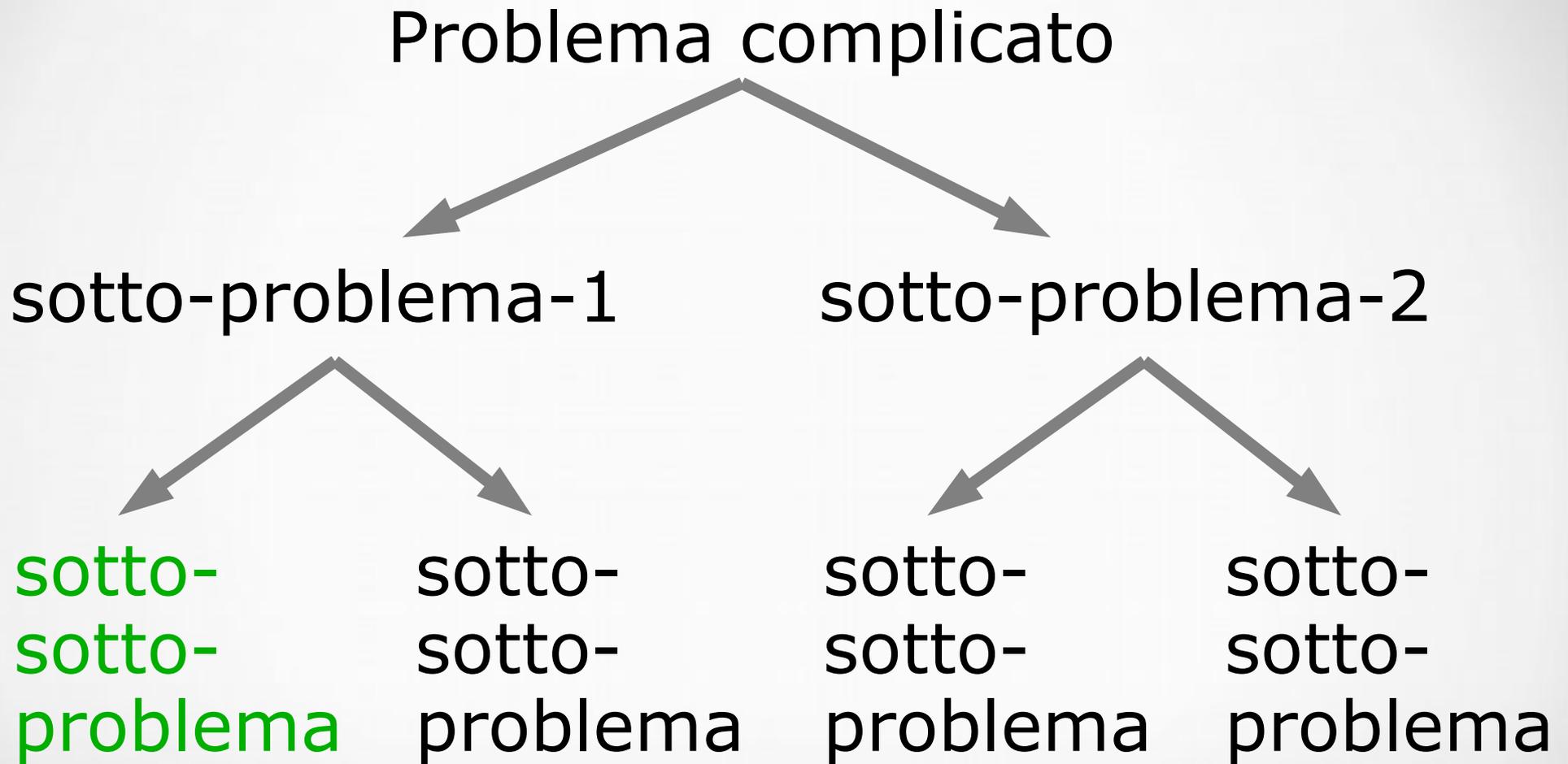


"...Y ESTA ES LA VERSION SIMPLIFICADA DEL ALGORITMO DE GOOGLE"

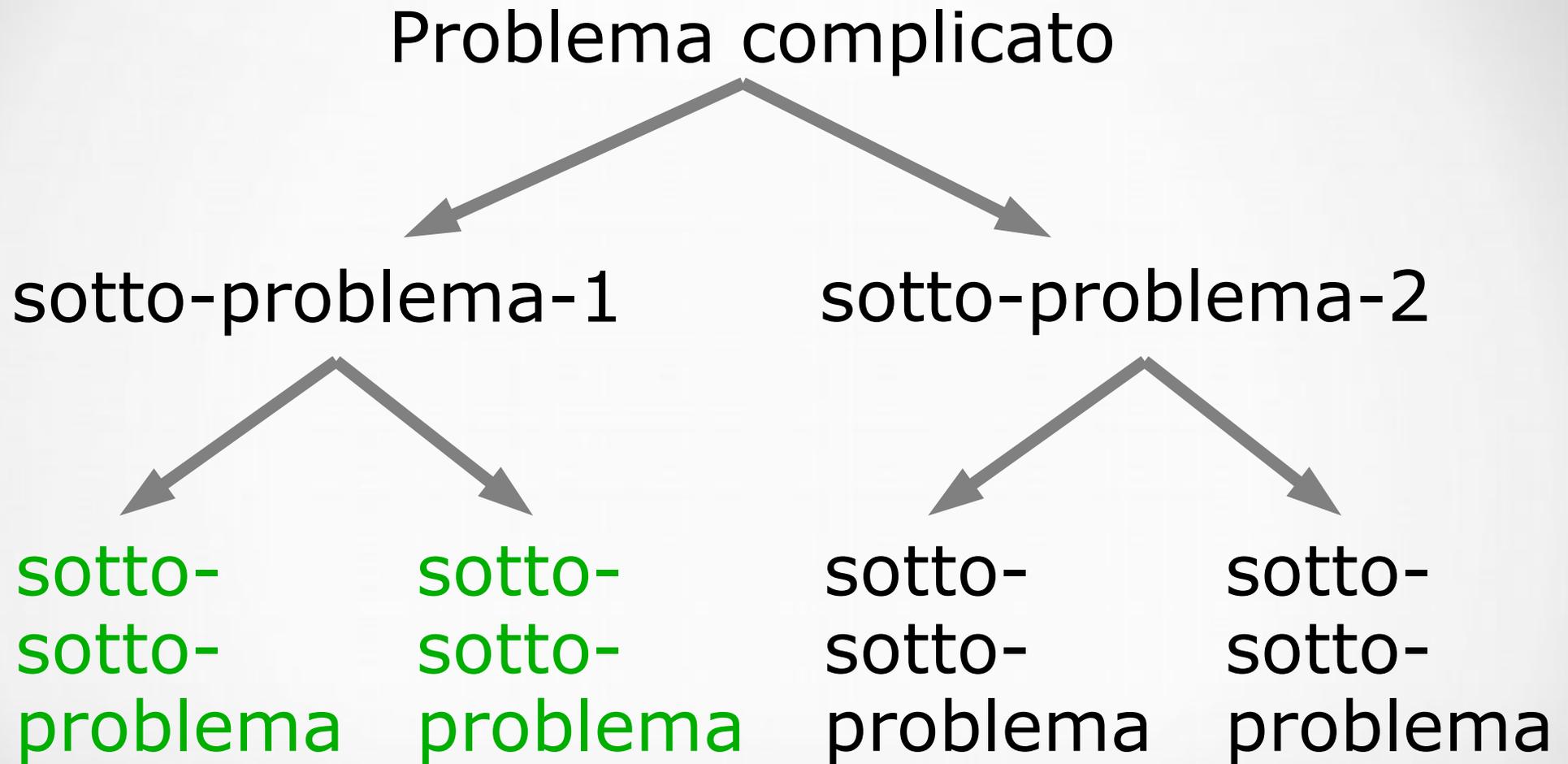
Tipologia di problemi



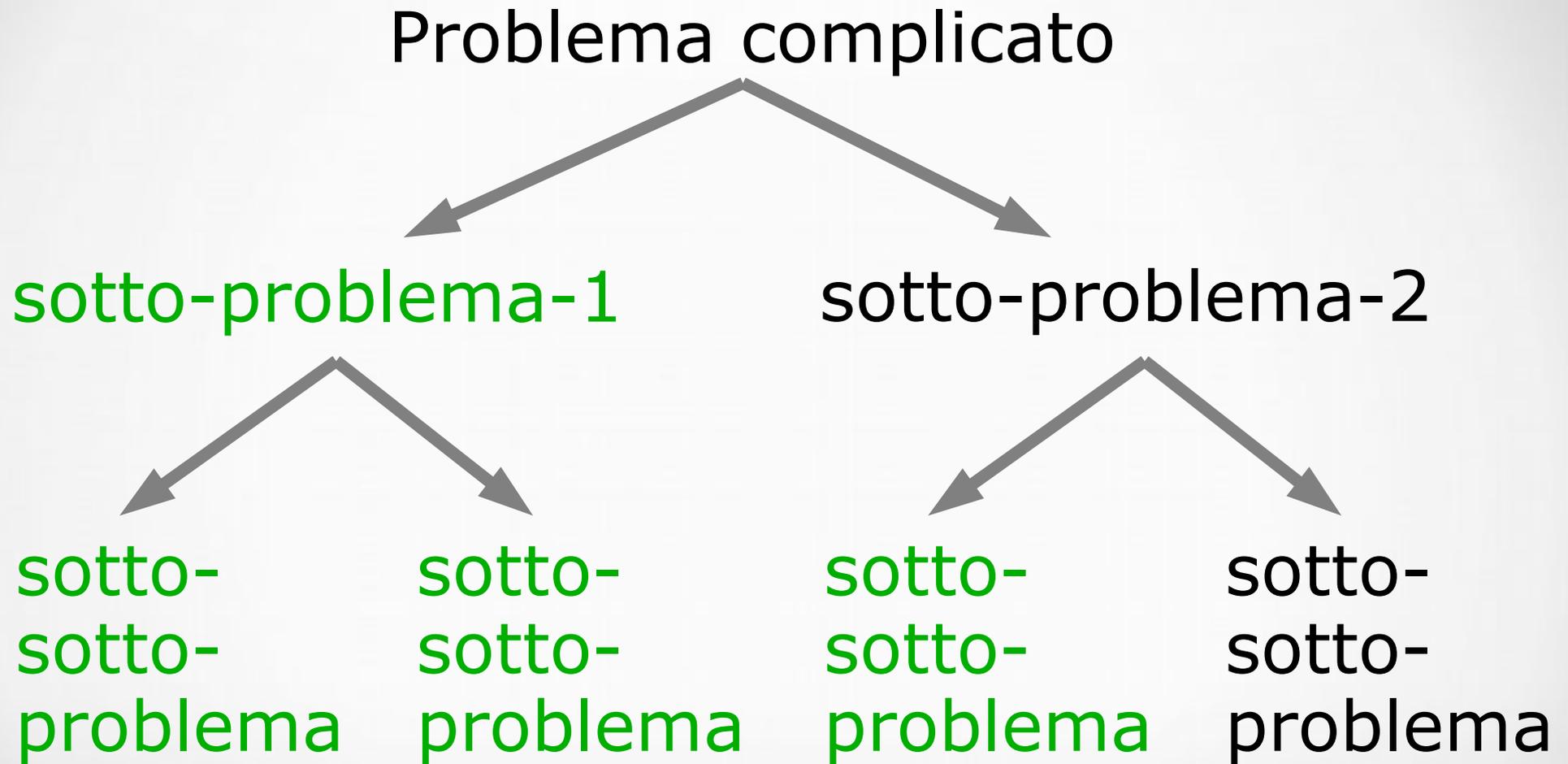
Tipologia di problemi



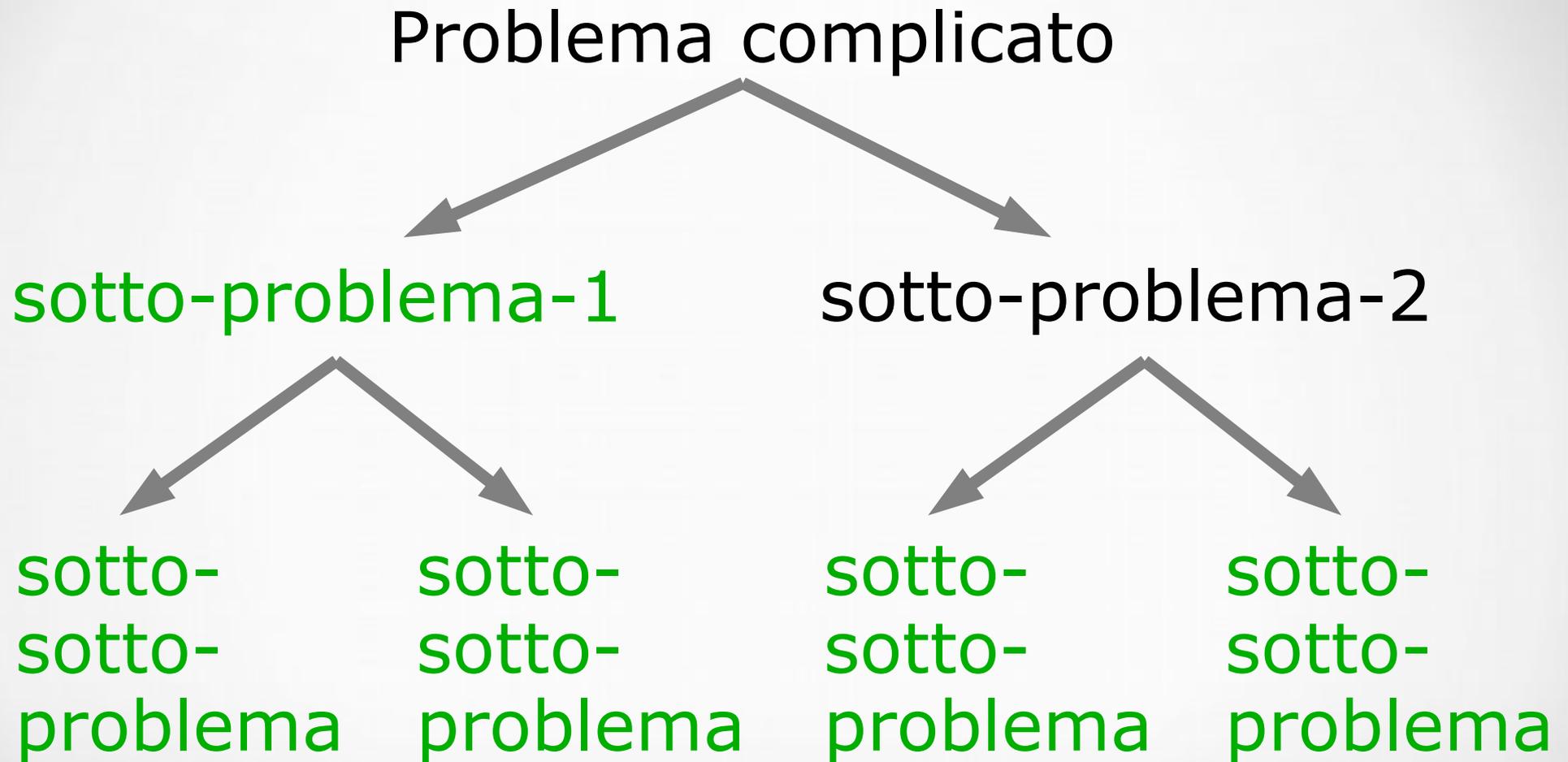
Tipologia di problemi



Tipologia di problemi



Tipologia di problemi



Tipologia di problemi

Problema complicato

sotto-problema-1

sotto-problema-2

sotto-
sotto-
problema

sotto-
sotto-
problema

sotto-
sotto-
problema

sotto-
sotto-
problema



Tipologia di problemi

- **Problema complessi**

tutti gli altri

ovvero

problemi per i quali
**non esiste un
procedimento noto** per
arrivare alla soluzione,
o se esiste,
**richiede più risorse
di quelle disponibili**



Tipologia di problemi

- **Problema complessi**

a volte risolvibili con soluzioni prossime a quella ottimale
(**procedimento euristico**)



Si definisce procedimento euristico un metodo di approccio alla soluzione dei problemi che non segue un chiaro percorso, ma che si affida all'intuito e allo stato temporaneo delle circostanze, al fine di generare nuova conoscenza. È opposto al procedimento algoritmico... *(da wikipedia)*

Tipologie di problemi

- Risolvere la seguente espressione algebrica:

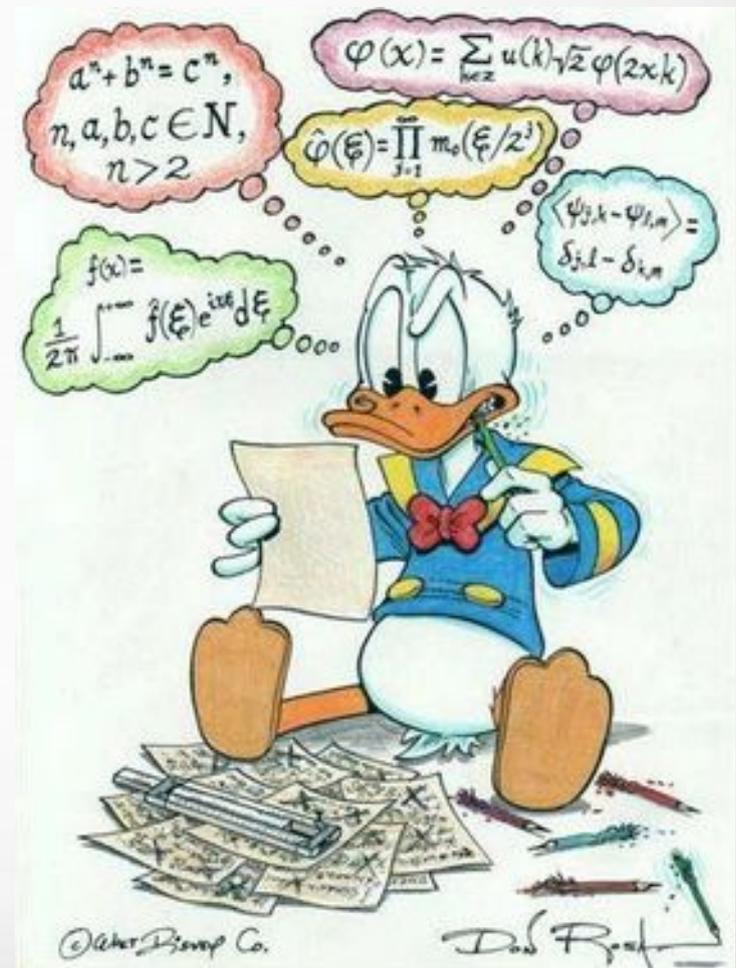
$$[522 \times (927 - 251)] :$$

$$[(44 - 21) \times (76 - 4) :$$

$$(62 - 13)] + [(51 \times 416)$$

$$- (138 \times 14)] = ?$$

- Questo è un **problema complicato**.



Tipologie di problemi

- Un cattolico sposa molte donne nel suo paese, tutte in chiesa, senza essere poligamo. Com'è possibile?
- Questo è un **problema complesso**.



Tipologie di problemi

- Trovare per quale x è vera la seguente frase autoreferenziale:

QUESTA FRASE HA x CARATTERI

x in cifre (es. 3, 614, 90, 1.256, 1.258.245)

- Questo è un **problema complicato.**

Tipologie di problemi

- Trovare per quale x è vera la seguente frase autoreferenziale:

QUESTA FRASE HA x CARATTERI

x in lettere (es. tre, sessantasei, millequattrocentocinquanta,...)

- Questo è un **problema complesso**.

Tipologie di problemi

- Riconoscere un carattere tra quelli disponibili in memoria.
- Per esempio: di quale lettera si tratta?

t

Questo è un
problema complicato.

Tipologie di problemi

- Riconoscere un carattere in uno stile mai visto prima.

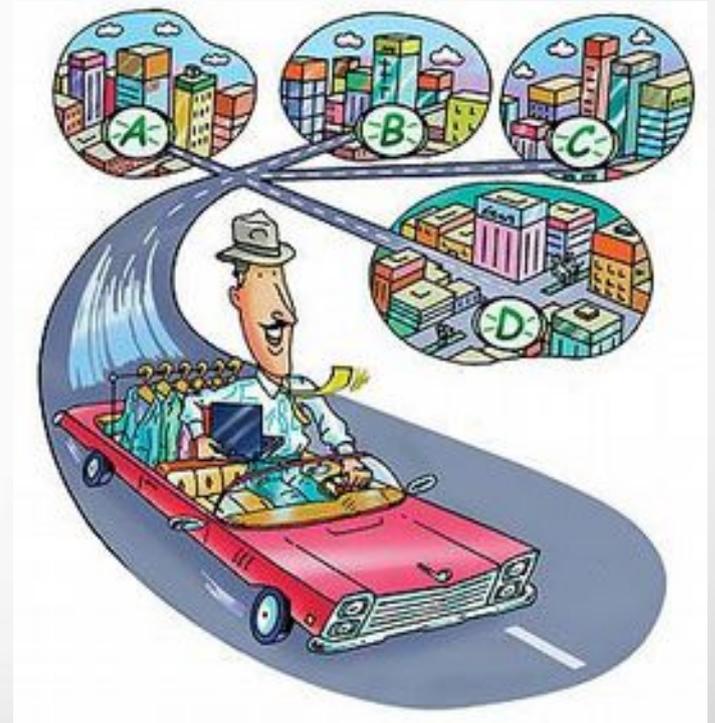
Per esempio: quale parola leggi?



- Questo è un **problema complesso**.

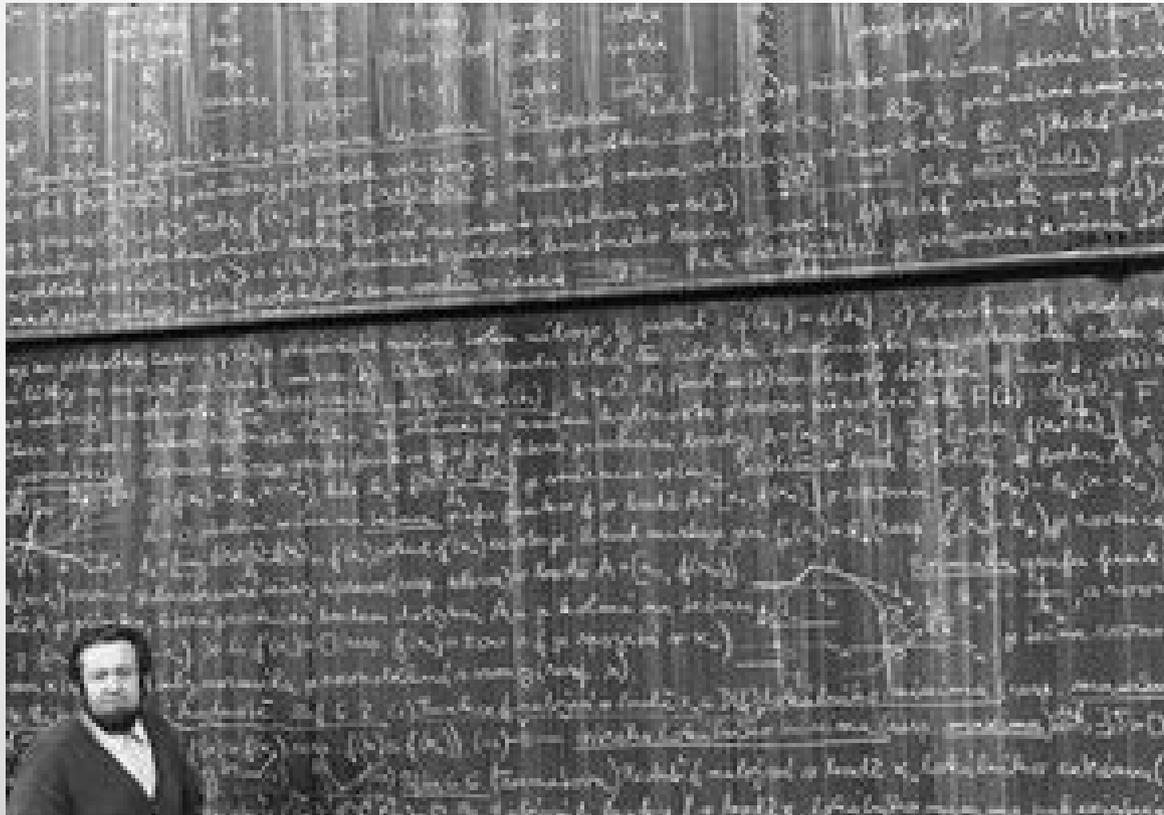
Tipologie di problemi

- Come trovare la strada più breve che unisce un certo numero di città senza ripassare due volte dallo stesso punto (problema del commesso viaggiatore).
- Questo è un **problema complesso**.



Tipologie di problemi

Problema
complicato



Problema
complesso

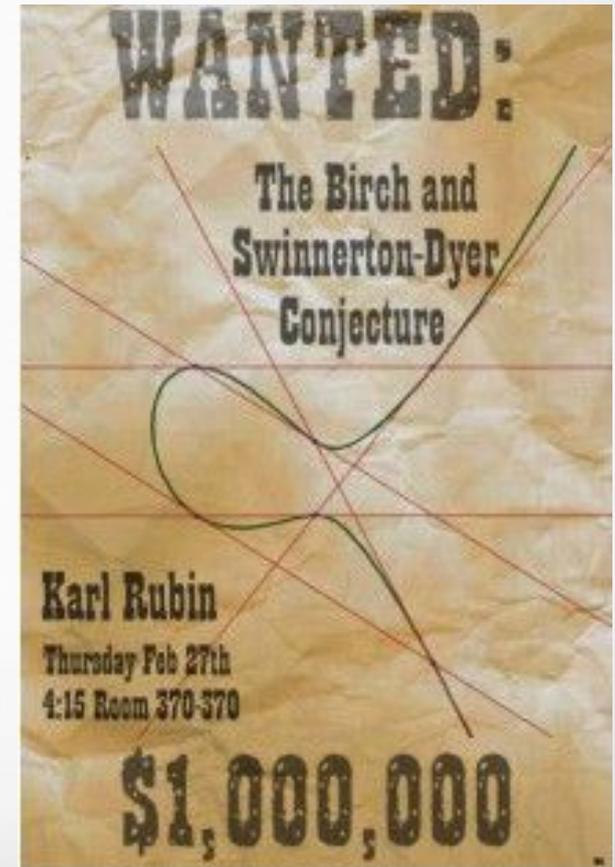


Millenium problems

- Non è dimostrato che sia impossibile ridurre tutti i problemi complessi a problemi "solo" complicati

N.B.

E' considerato uno dei "Problemi del Millennio", chi lo dimostra vince il Premio Clay (1 milione di dollari)



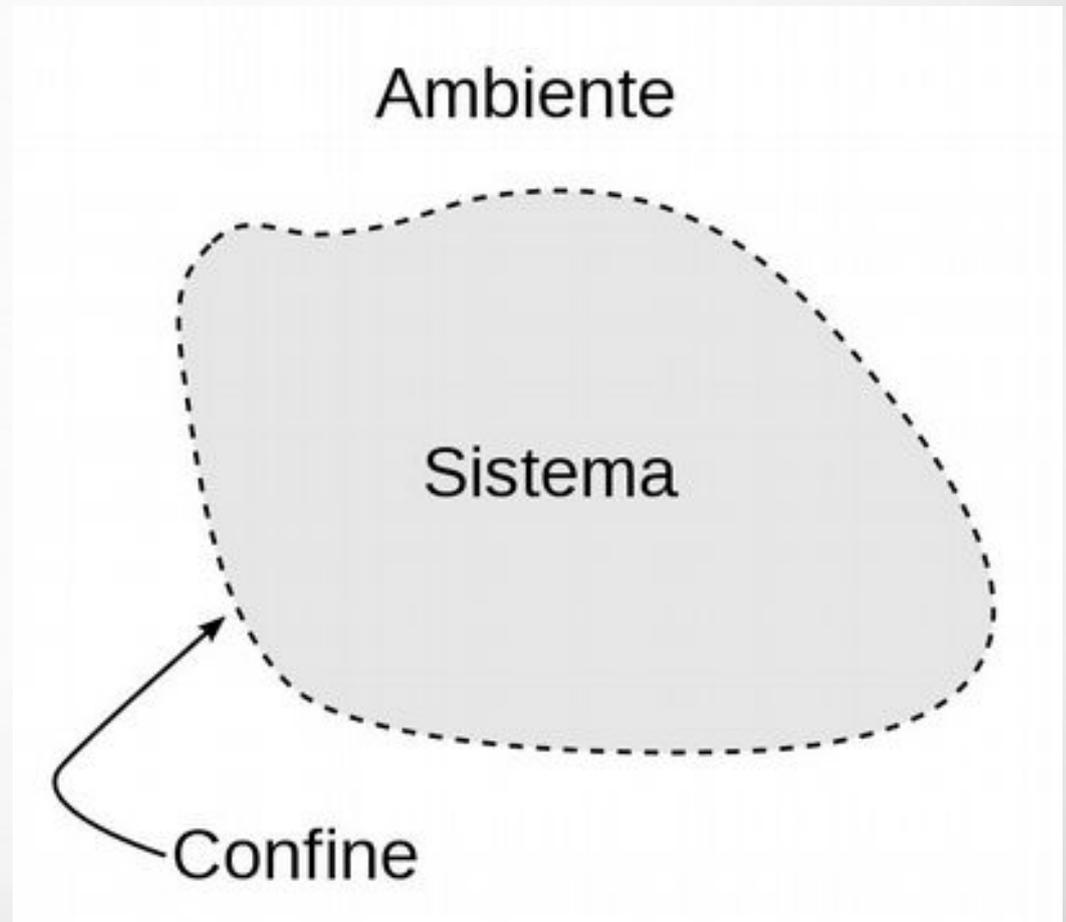
Sistemi complicati e complessi

- Che differenza c'è tra un **sistema complicato** e un **sistema complesso**?



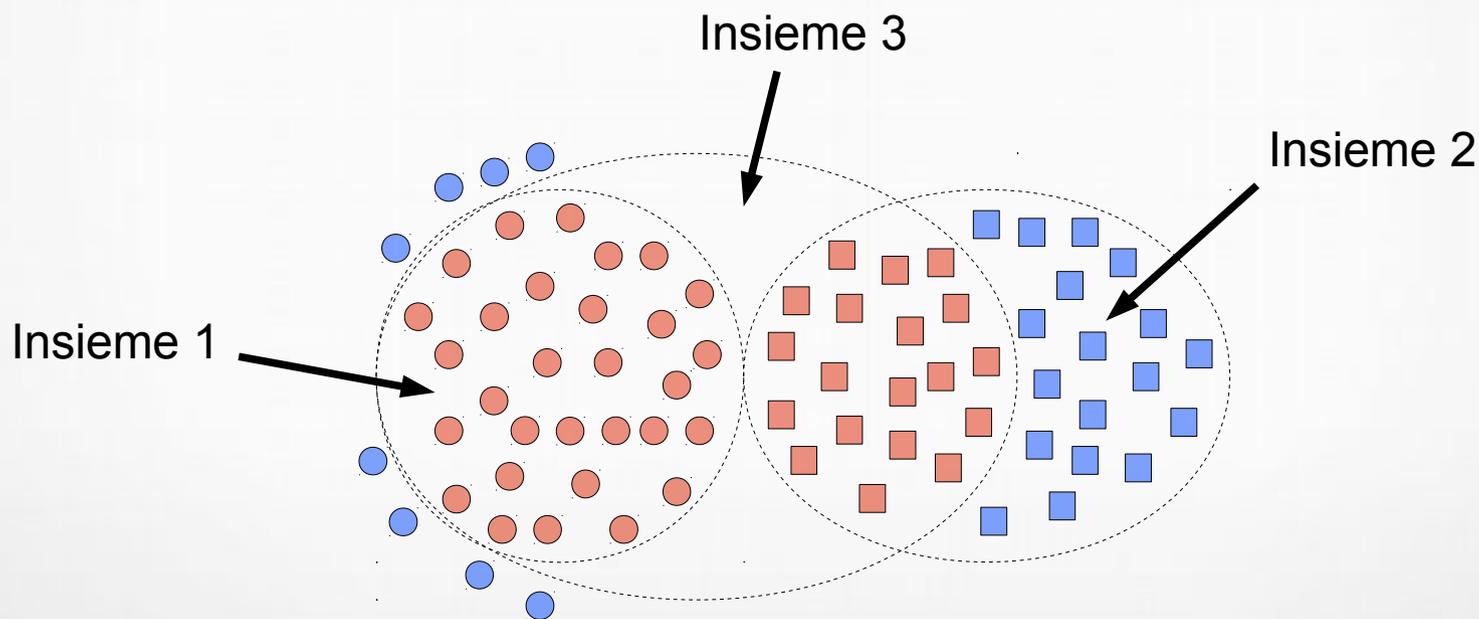
Il concetto di sistema

- Dal greco *synestanaí* (porre insieme)
- In fisica e in chimica per sistema si intende una porzione di realtà indagata, facente parte di un sistema più grande (ambiente)



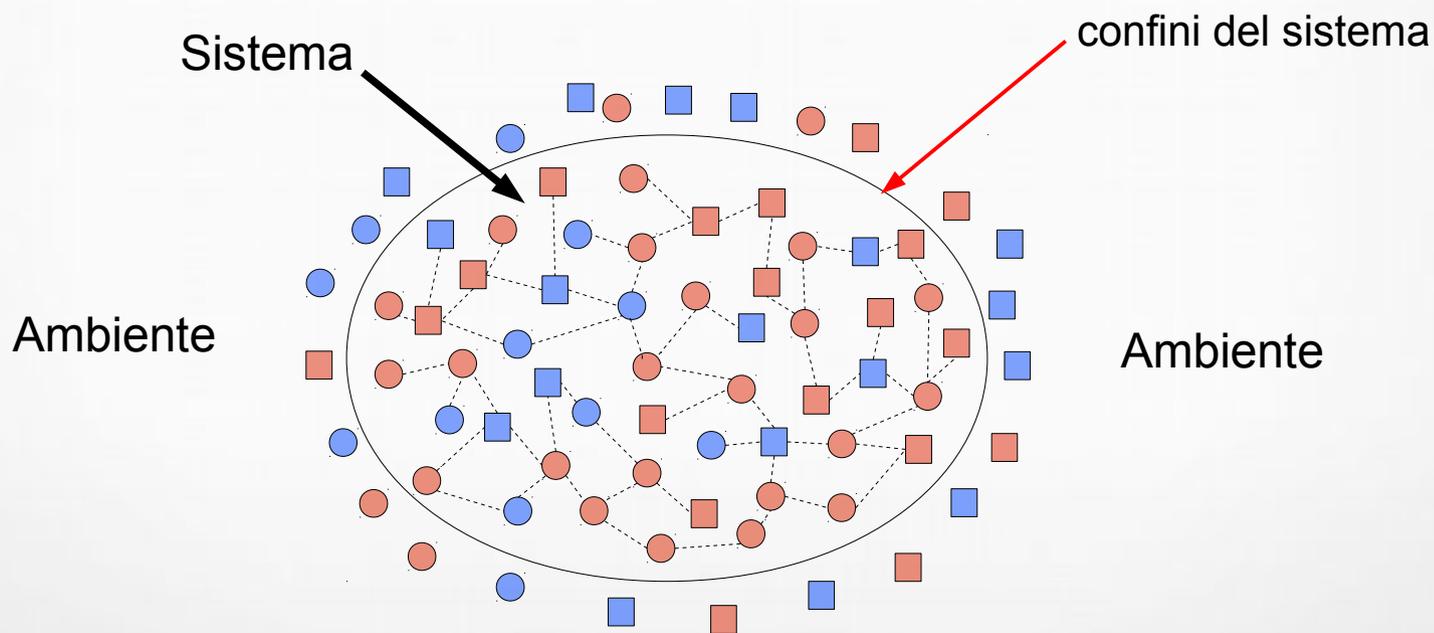
Insieme o sistema...

- **insieme** più o meno numeroso di elementi, uguali o diversi tra loro, **riuniti** in base ad un determinato criterio



Insieme o sistema...

- un sistema non è solo un insieme di elementi (**elementi interconnessi** tra loro da **reciproche relazioni**)



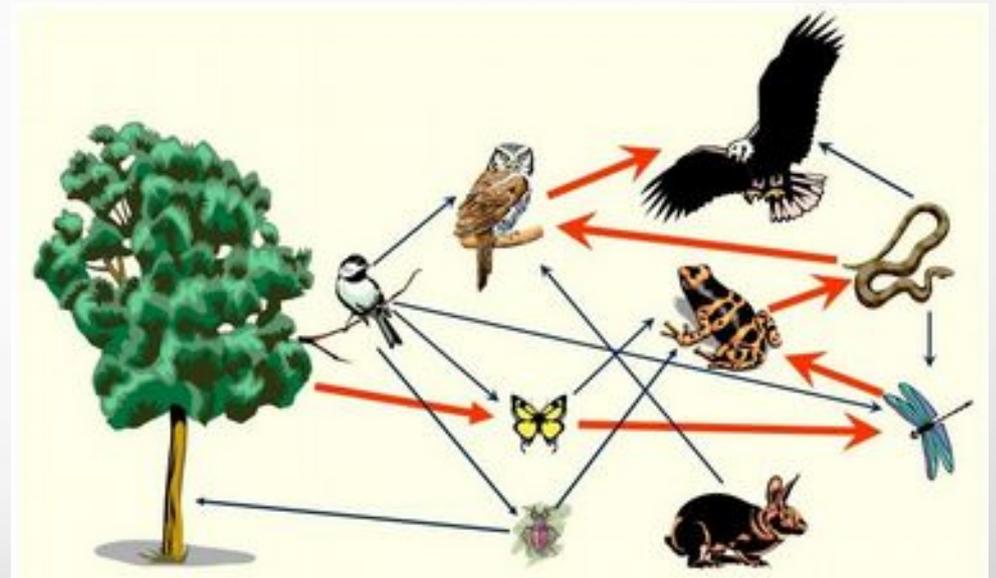
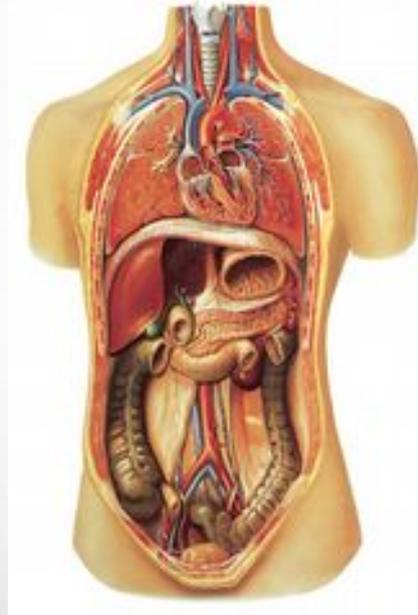
I sistemi non complessi

- governati da leggi note
- soluzioni basate su procedimenti analitico-deduttivi (più meno complicati!)
- le perturbazioni e gli effetti sono proporzionali e lineari
- comportamento prevedibile e previsioni affidabili



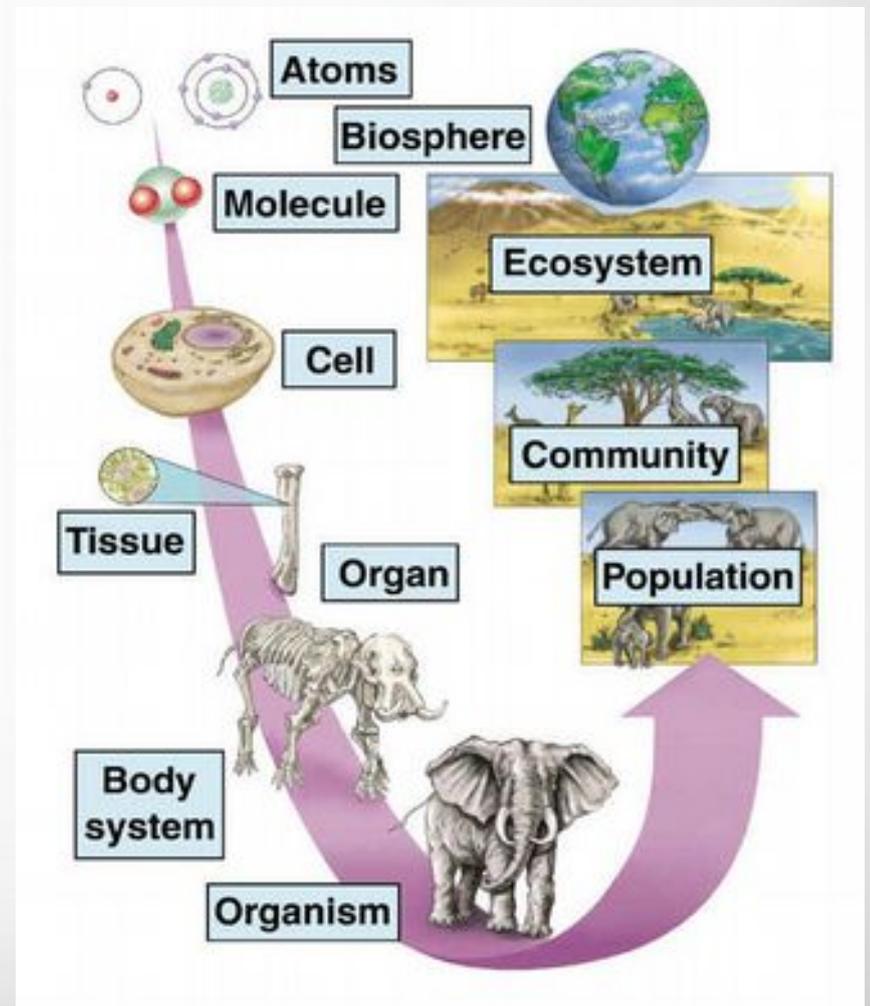
I sistemi complessi

- insieme numeroso di elementi (**parti**) diversi e in **relazione** (cooperazione, competizione) fra loro
- ogni parte ha una **struttura** e svolge funzioni specifiche



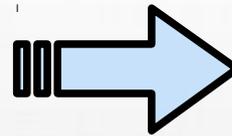
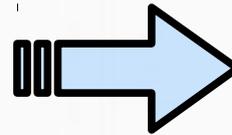
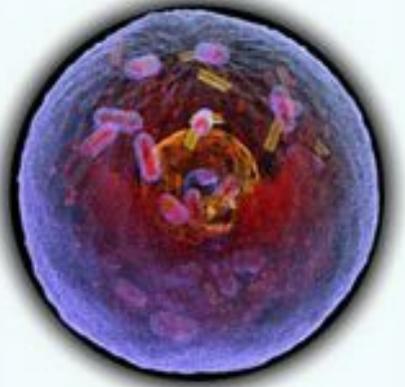
I sistemi complessi

- le parti formano **un tutto** (òlon=tutto, olone) a sua volta con proprietà complessive (**emergenti**) non possedute dalle singole parti e non coincidenti con la semplice somma o combinazione di esse
- a sua volta **una parte è un tutto** rispetto alle parti che la costituiscono



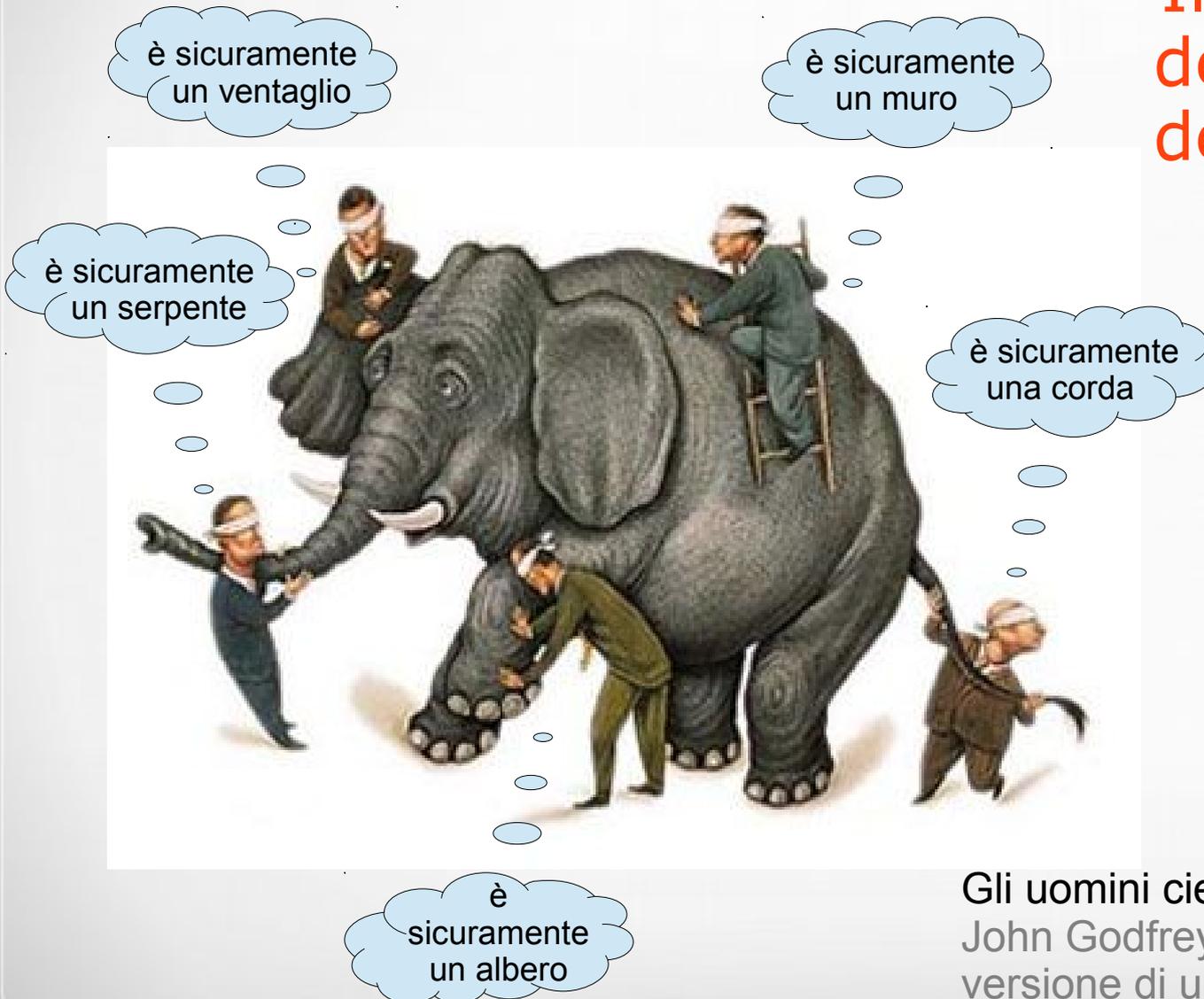
Approccio riduzionista

- I sistemi complessi vengono indagati dalla scienza classica dividendoli in **sottosistemi più semplici.**



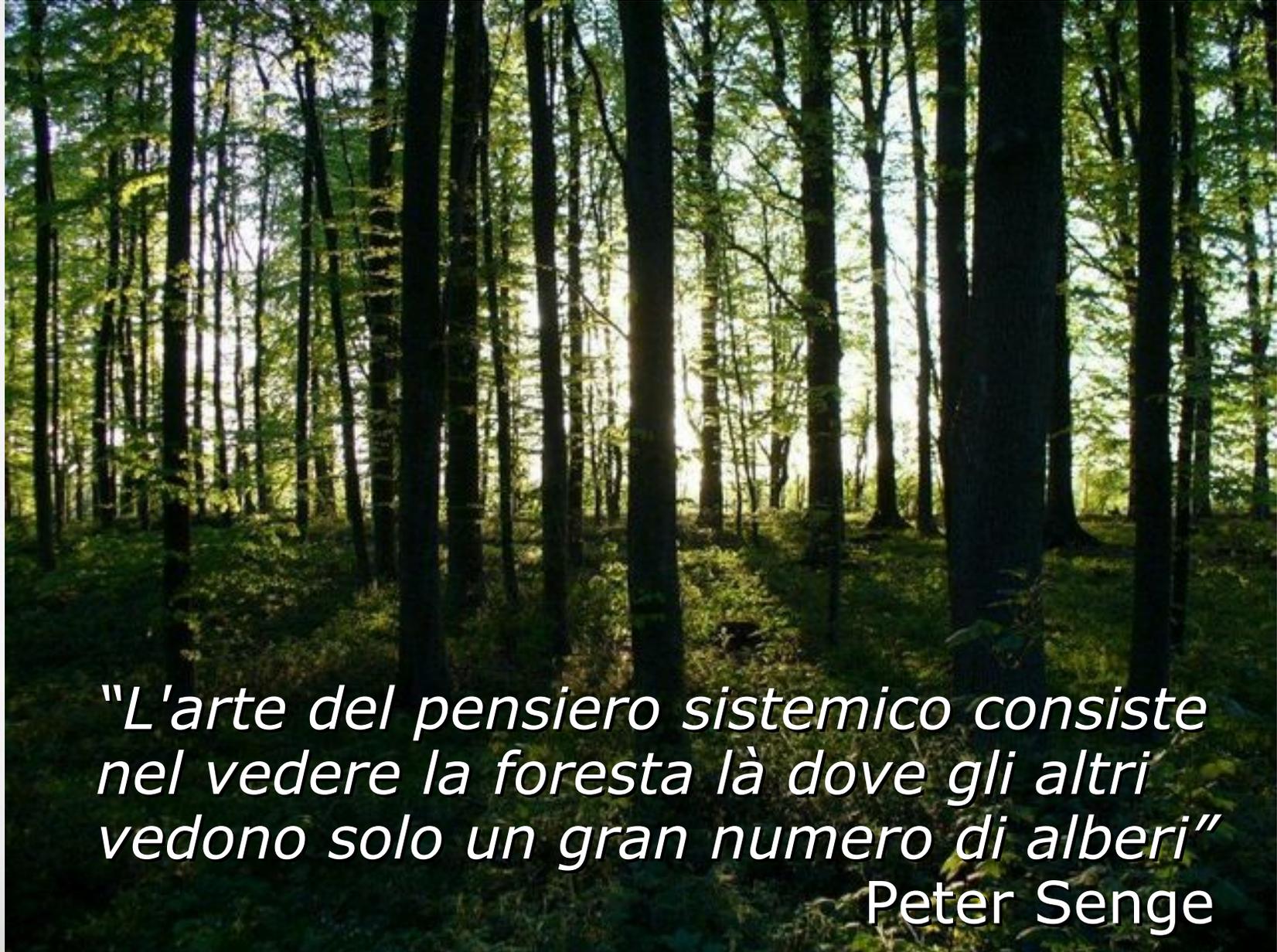
Approccio olistico

“Il tutto è più della somma delle singole parti”
Aristotele



Gli uomini ciechi e l'elefante
John Godfrey Saxe (1816-1887)
versione di una celebre leggenda indiana

Pensiero sistemico



"L'arte del pensiero sistemico consiste nel vedere la foresta là dove gli altri vedono solo un gran numero di alberi"
Peter Senge

La teoria della Complessità

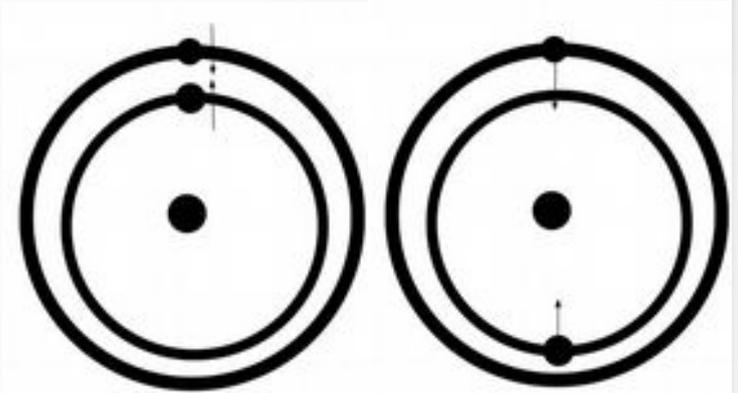
- Prima che una teoria scientifica, la TdC rappresenta un **tentativo di risposta al senso di inadeguatezza** che si percepisce man mano che procediamo nell'avventura della conoscenza.



*"Nel mezzo del cammin
di nostra vita mi ritrovai
in una selva oscura,
ché la diritta via era smarrita."*

La teoria della Complessità

- E' già un pò “vecchia” ...
- Il concetto di complessità affonda le sue radici nei lavori di fine '800 di Henry Poincaré (Problema dei tre corpi)
- Il termine complessità compare per la prima volta nell'articolo Science and Complexity pubblicato su *American Scientist* nel 1948.



La teoria della Complessità

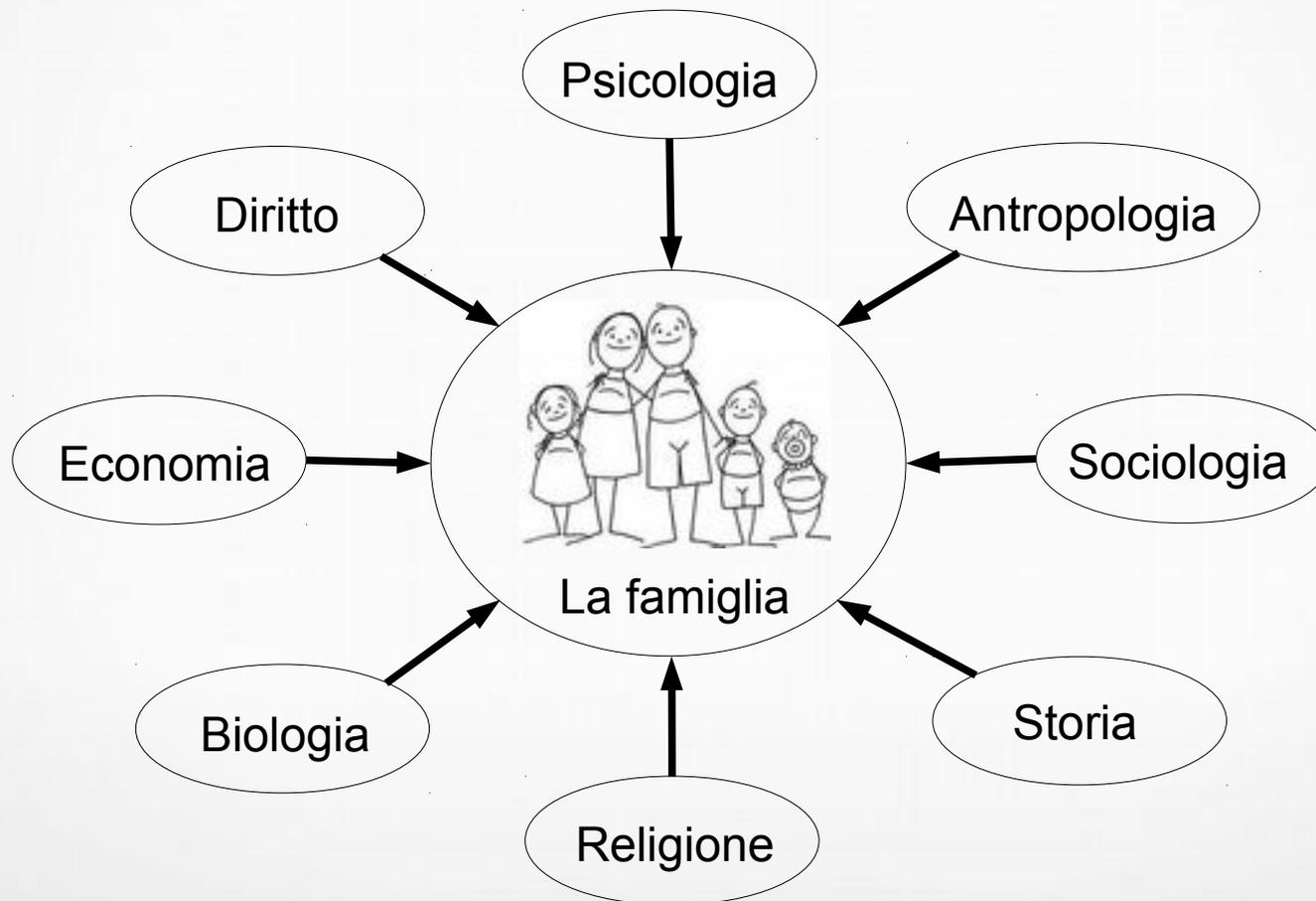
- Non è molto “originale” ...
- Caratteristica della TdC è la **interdisciplinarietà**



(coordinazione, convergenza, sinergia interscambio, unione di diverse conoscenze finalizzate allo studio di un problema conoscitivo o pratico)

La teoria della Complessità

- Es. di studio interdisciplinare: la famiglia.



La teoria della Complessità

- **Interdisciplinarietà**

- ✓ Diversa dalla

- ✓ **multidisciplinarietà**

- ✓ dove le discipline

- ✓ mantengono la loro identità

- ✓ Disciplinarietà conseguenza della vastità delle conoscenze

- ✓ Integrazione delle conoscenze

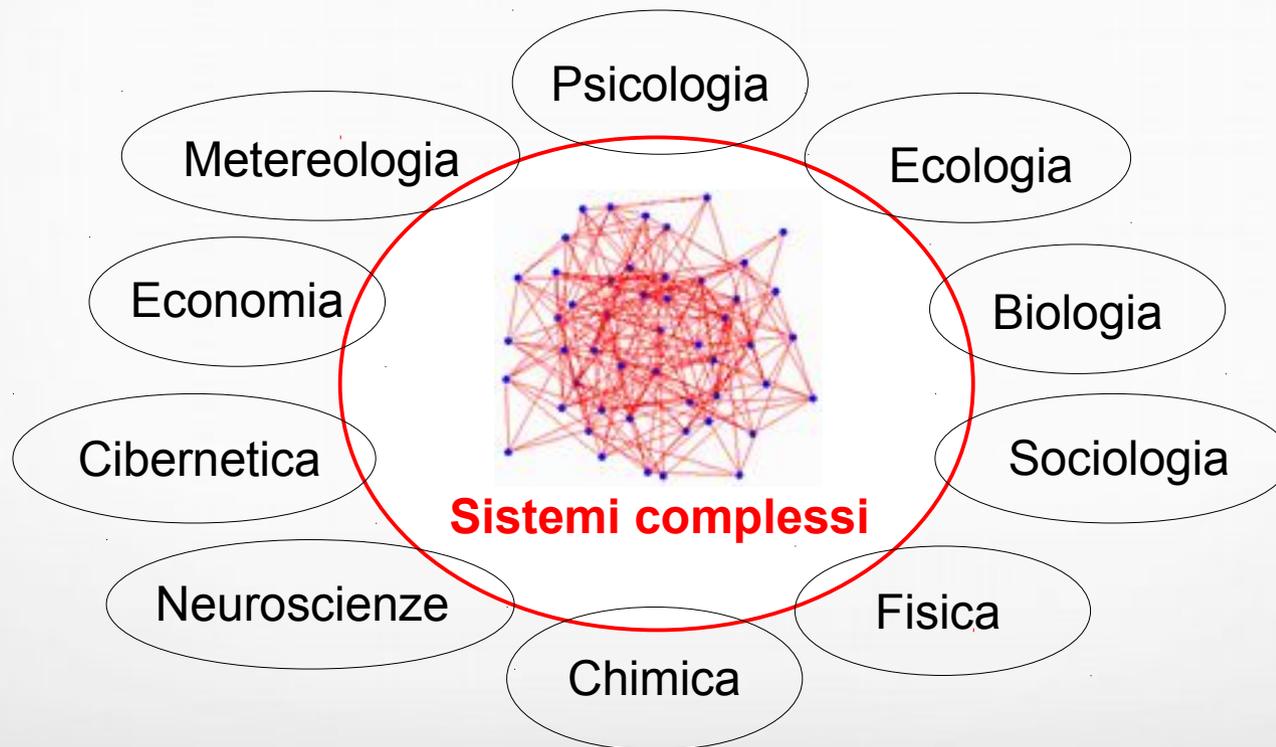
- ✓ Confronto di punti di vista diversi

- ✓ Porta a una visione globale complessa



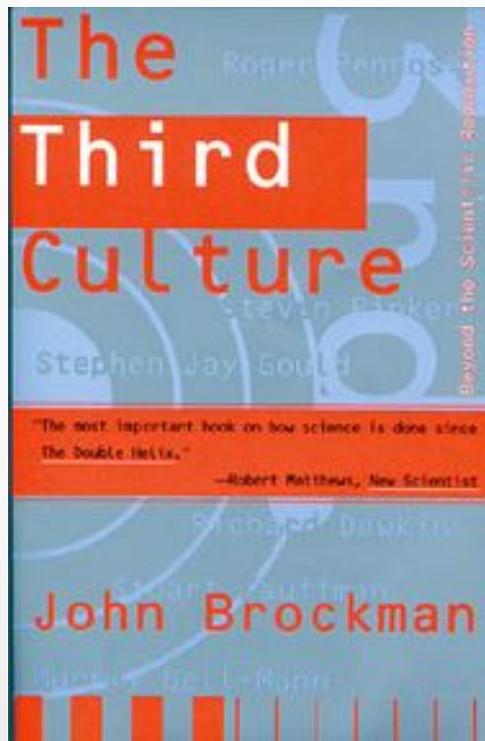
La teoria della Complessità

- Ha soprattutto carattere **transdisciplinare** (le diverse discipline sono attraversate dai medesimi concetti, principi, modelli)



La teoria della Complessità

- **Non** fa parte della **scienza ortodossa**
- **Non** è pura **speculazione filosofica**



- La Teoria della complessità appartiene alla "terza cultura"

Cos'è la Terza Cultura?

- Una **comunità** di biologi evolvuzionisti, genetisti, fisici, chimici, sociologi, scienziati cognitivi e neuroscienziati, epistemologi, ... **alternativa**
 - ✓ sia **alla cultura umanistica**
 - ✓ sia **alla cultura scientifico-tecnologica**
- Sta producendo una nuova "**filosofia naturale**", a carattere **divulgativo** e fortemente **interdisciplinare**

La teoria della Complessità



- Ma, più che altro, la Teoria della Complessità è un... “modo di vedere il Mondo” (Weltanschauung)

La teoria della Complessità

- Non essendo una vera e propria teoria, è spesso indicata come:
 - ✓ sfida della complessità
 - ✓ pensiero complesso
 - ✓ epistemologia della complessità



- Epistemologia = filosofia della conoscenza "vera" (ovvero "scientifica")

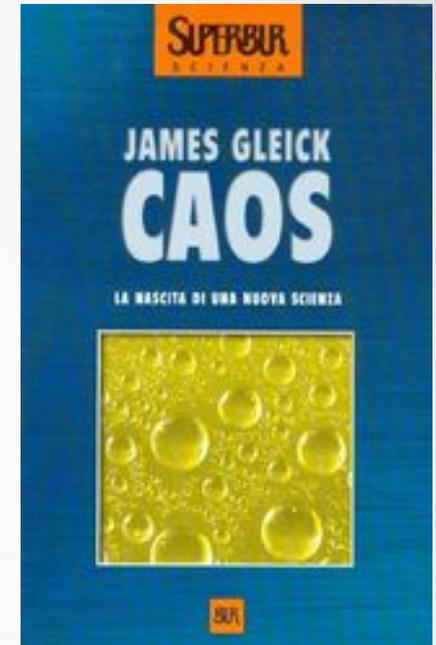
Nascita della Teoria della complessità

- La **Teoria della Complessità** si sviluppa a partire dagli **anni '70** e si diffonde nel decennio successivo
- Nello stesso periodo si diffonde anche la cosiddetta **Teoria del Caos**



Caos e complessità

- La Teoria del Caos è lo studio delle “**leggi del caos (deterministico)**”, rese celebri dal best-seller *Chaos* di James Gleick



- Nonostante alcune sovrapposizioni, Teoria della Complessità e Teoria del Caos non coincidono (anzi, in un certo senso, la prima include la seconda)

Nascita della Teoria della complessità

- Come mai la teoria della complessità ci ha messo tren'anni prima di affermarsi?
- Forse perché ... *“semplificare è bello”*



Semplificare?

- Il punto non è se semplificare oppure no... ma «quanto» semplificare



"Ogni cosa deve essere resa quanto più semplice possibile, ma non ancora più semplice"
(Einstein)

- Ipersemplificare può avere conseguenze disastrose ...

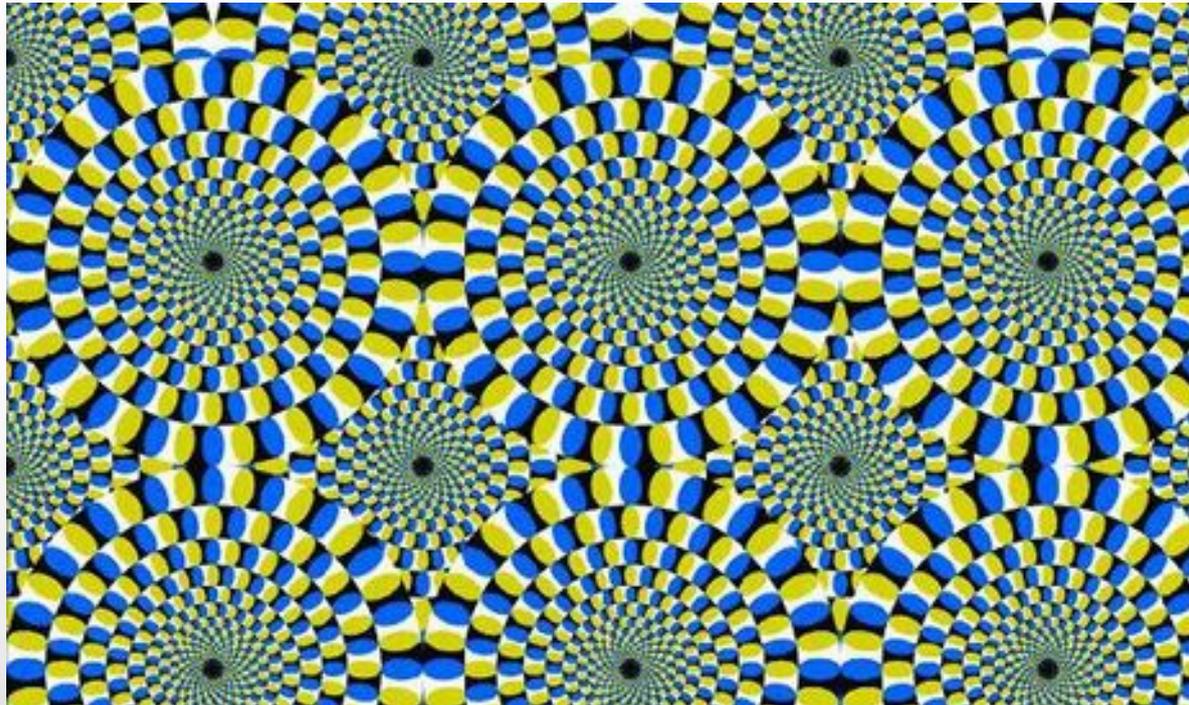
Realismo critico

- ✓ esiste una realtà oggettiva
- ✓ ci sono dei limiti a ciò che possiamo conoscere (realtà percettiva)

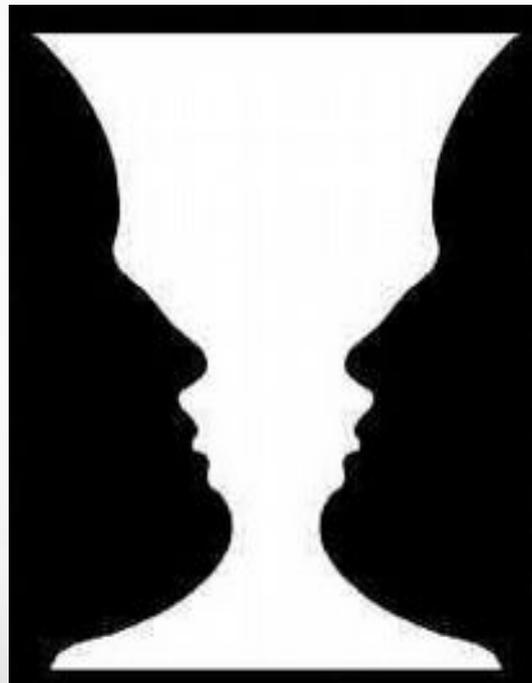
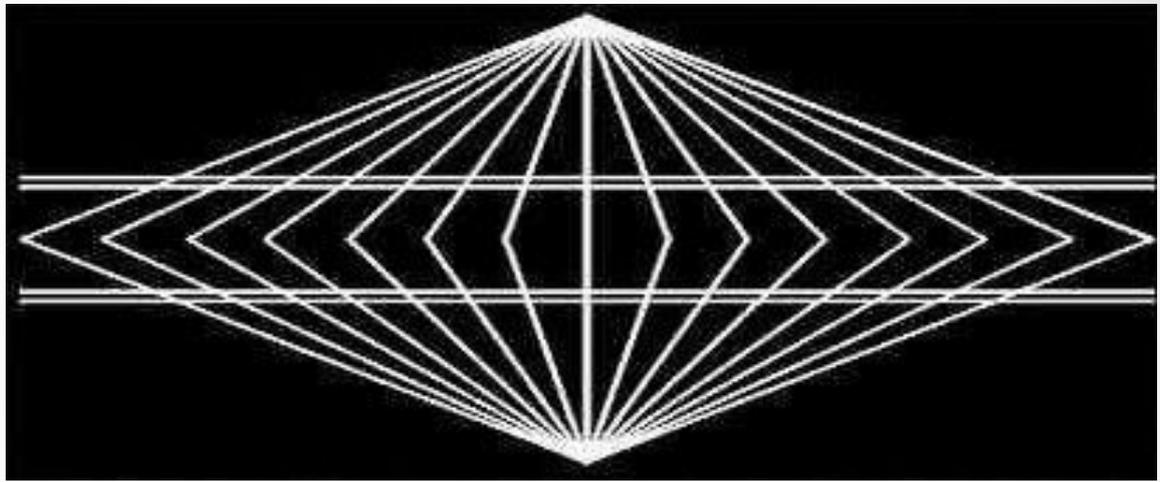
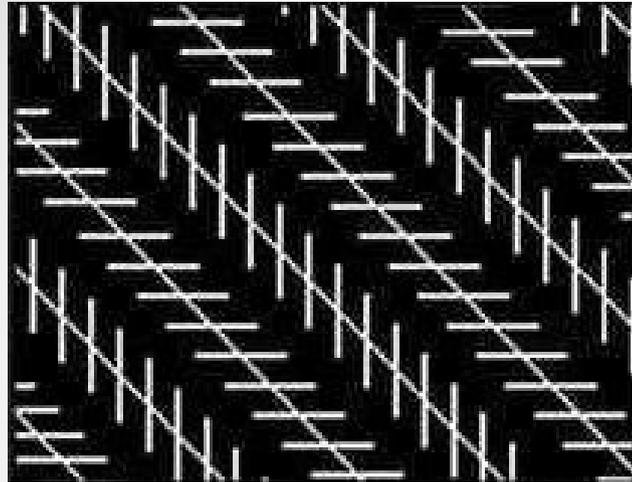


Percezione

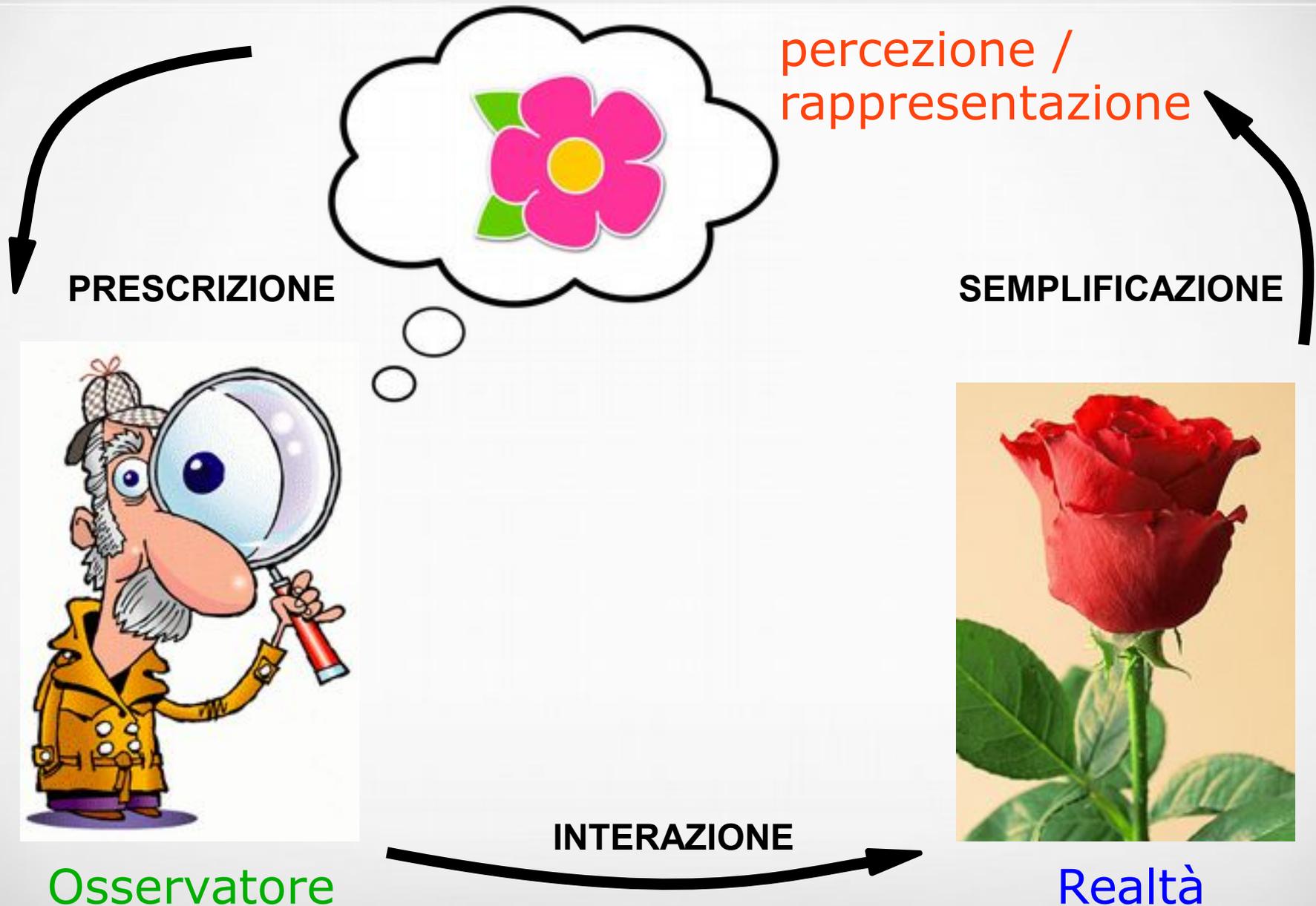
- Secondo il realismo critico la percezione è una **costruzione attiva** alla quale contribuiscono sia l'**ambiente fisico** che il **sistema percettivo**.



Percezione



Realismo critico



Teoria descrittiva

- La Teoria della Complessità è una teoria descrittiva, non prescrittiva
- Ci dice com'è fatto il mondo
- Non ci dice come dobbiamo comportarci nel mondo
- Le prescrizioni dipendono da: obiettivi, valori, schemi culturali, ecc.

Teoria descrittiva

Esempio

Sponda
descrittiva

La psiche è
complessa



Sponda
prescrittiva

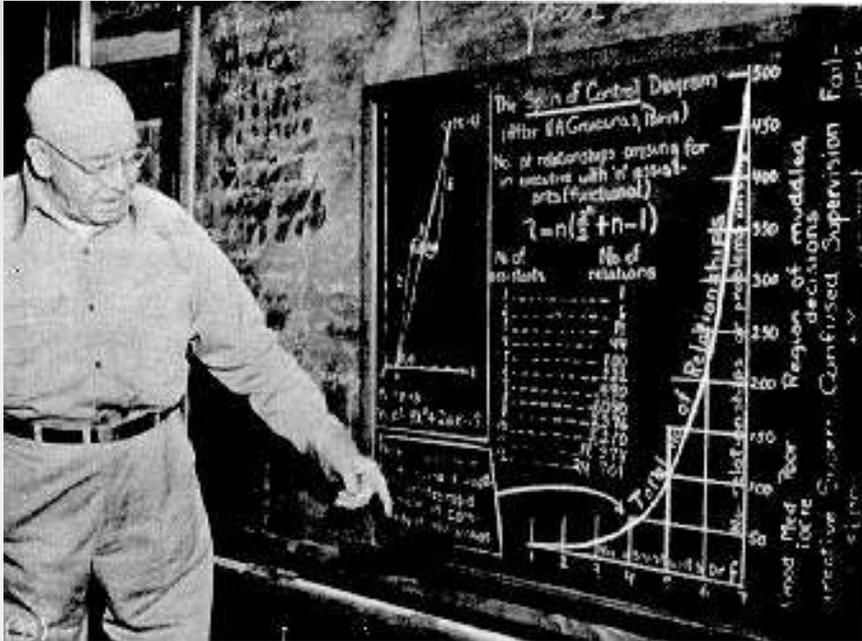
Che fare
con i
pazienti?

Realtà percettiva



Per "complessità di un sistema" non si intendono le sue proprietà intrinseche oggettive, ma piuttosto le proprietà dell'**insieme costituito dal soggetto osservatore** (e creatore del modello) **ed il modello stesso, rappresentazione del sistema**

Realtà percettiva



"La mappa non è il territorio"

(Korzybski)

- I nostri sensi percepiscono la realtà in modo parziale perché la nostra mente è soggetta a distorsioni, generalizzazioni e cancellazioni.

Complessità, modello, simulazione



- Studio dei sistemi complessi:
 - ✓ costruire un **modello matematico**
 - ✓ implementare la **simulazione al computer**
 - ✓ **trarre inferenze** applicabili alla realtà

Systems analysis

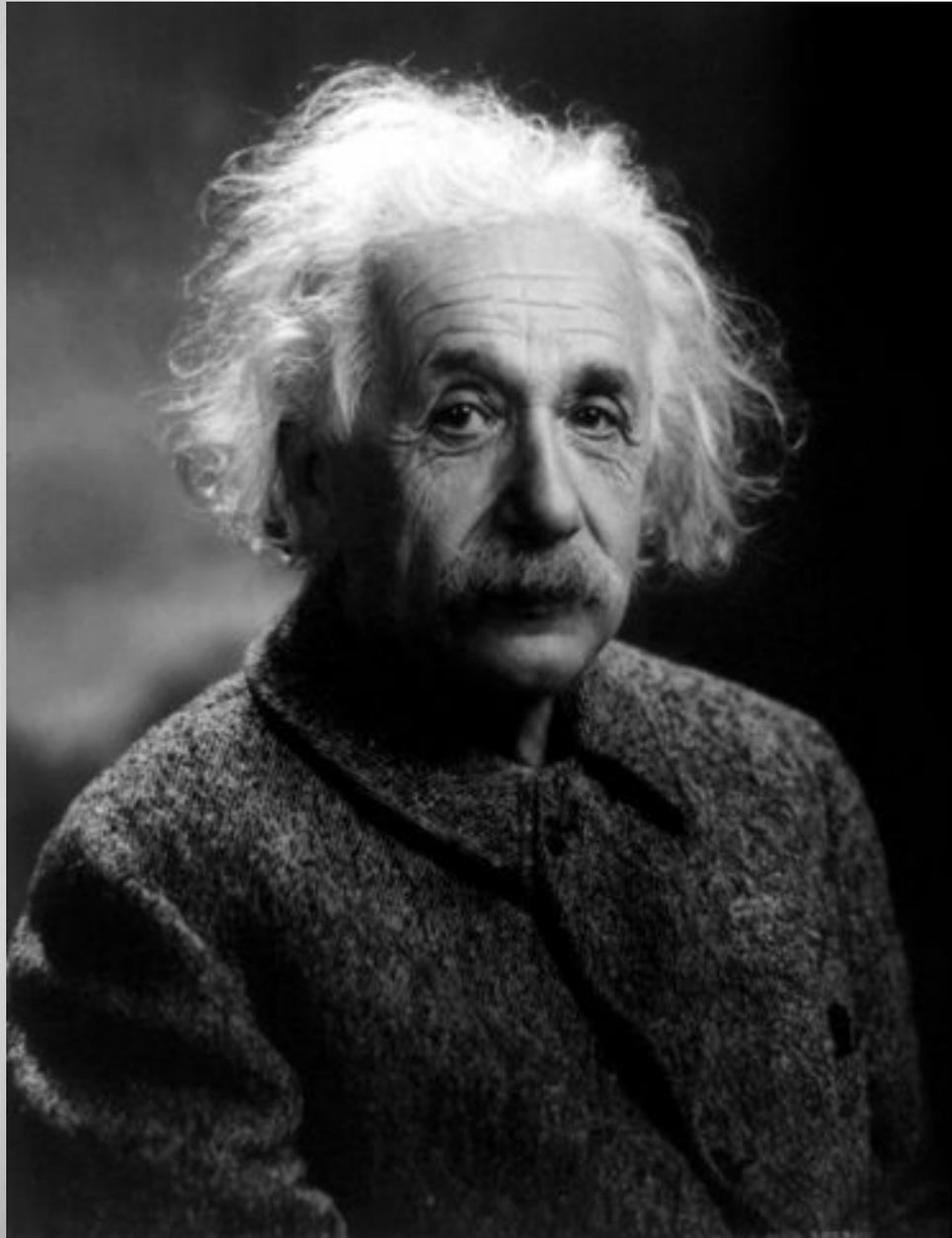


- Impiego del computer nella Scienza classica



- Computer = laboratorio virtuale.

Perché interessarsi alla Complessità?



“Abbiamo bisogno di un nuovo modo di pensare per risolvere i problemi causati dal vecchio modo di pensare”

Perché interessarsi alla Complessità?

“Quando la vita scorreva
lenta come un pigro
fiume, la complessità
esisteva, ma non
veniva percepita.
Oggi tutti se la
sentono addosso,
perché il ritmo
si è fatto serrato
come un torrente
vorticoso”
(Ernesto Illy, 2005)



Perché interessarsi alla Complessità?

“Quando il mare era calmo tutte le navi mostravano uguale maestria nel navigare.”
(W. Shakespeare)



Perché interessarsi alla Complessità?

Ieri e oggi ...

non abbiamo saputo affrontare sistemi da sempre complessi o li abbiamo affrontato in modo parziale e semplicistico

- dalla distruzione delle risorse naturali
- alla gestione irrazionale degli ecosistemi



Perché interessarsi alla Complessità?

Ieri e oggi ...

non abbiamo saputo affrontare sistemi da sempre complessi o li abbiamo affrontato in modo parziale e semplicistico

- dall'utilizzo di fonti energetiche non rinnovabili e a "basso" prezzo



- ai cambiamenti climatici globali



Perché interessarsi alla Complessità?

Ieri e oggi ...

non abbiamo saputo affrontare sistemi da sempre complessi o li abbiamo affrontato in modo parziale e semplicistico

- dallo sviluppo urbanistico ai problemi del traffico delle nostre città
- alle interazioni e agli scambi reciproci tra le civiltà nel corso della storia



Perché interessarsi alla Complessità?

Oggi e domani ...
perché sempre più complessi sono e saranno

- gli ambienti naturali e le reti artificiali in cui siamo immersi
- la società, l'economia e la finanza del nostro sistema globale

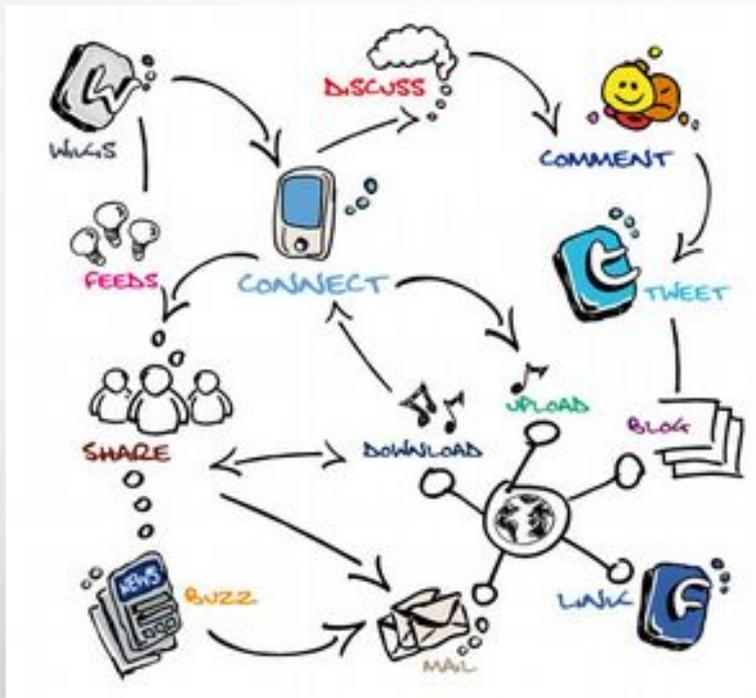


Perché interessarsi alla Complessità?

Oggi e domani ...

perché sempre più complessi sono e saranno

- il mondo del lavoro e i mercati con cui veniamo continuamente in contatto



- la comunicazione, la sfera di informazioni, i media, ...

Perché interessarsi alla Complessità?

Oggi e domani ...

perché sempre più complessi sono e saranno

- i problemi planetari che come genere umano dobbiamo risolvere, è indispensabile **costruire una mentalità nuova, una nuova cultura...**

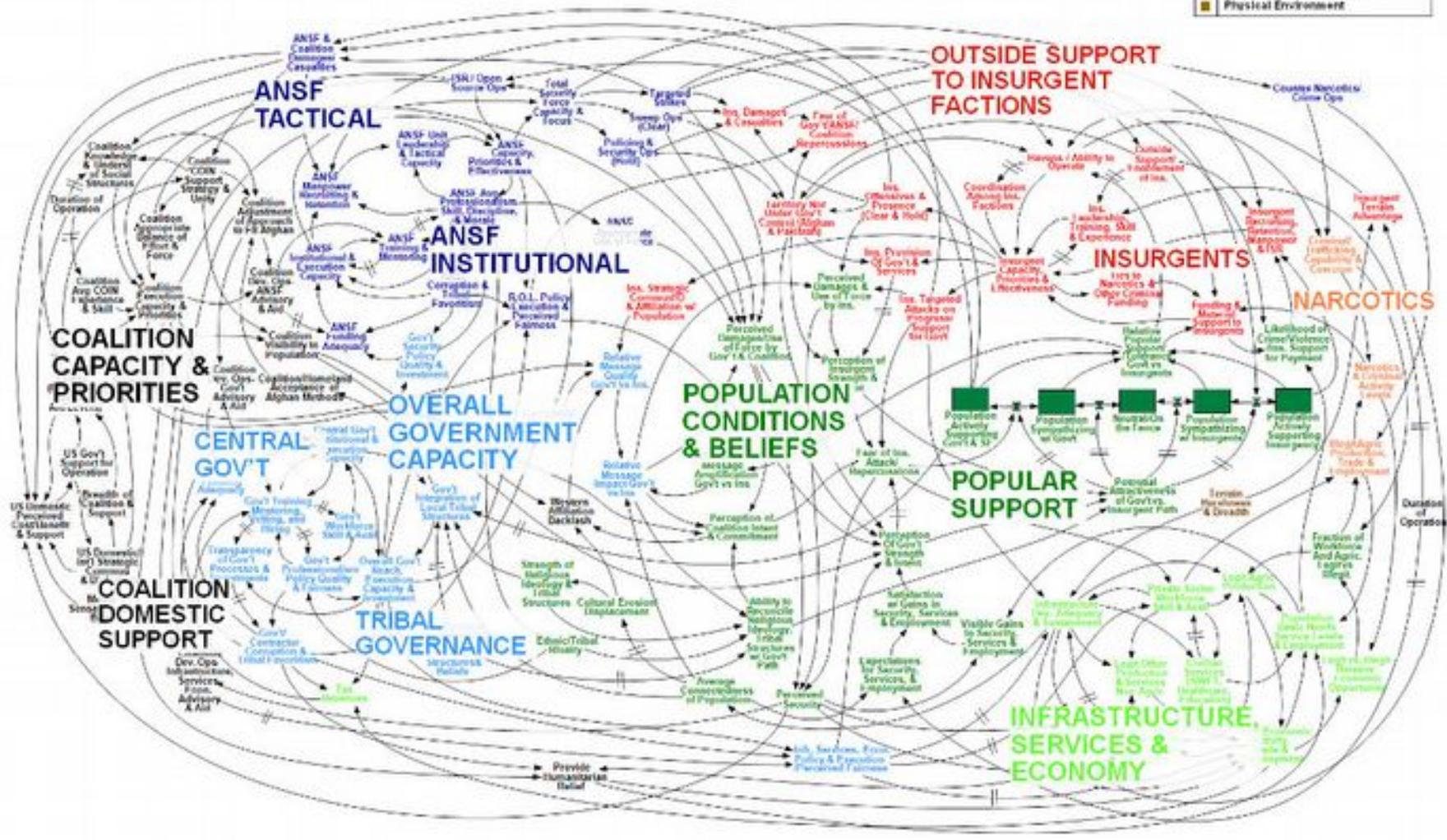


Perché interessarsi alla Complessità?

Afghanistan Stability / COIN Dynamics

// = Significant Delay

- Population/Popular Support
- Infrastructure, Economy, & Services
- Government
- Afghanistan Security Forces
- Insurgents
- Crime and Narcotics
- Coalition Forces & Actions
- Physical Environment



'When we understand that slide, we'll have won the war', General Stanley McChrystal

Pionieri della complessità ...

- La TdC è costellata da premi **Nobel**
- Tra i “pionieri” della TdC troviamo sia **filosofi**, sia eminenti **scienziati**
- Facciamo la loro conoscenza (in rapida successione) ...



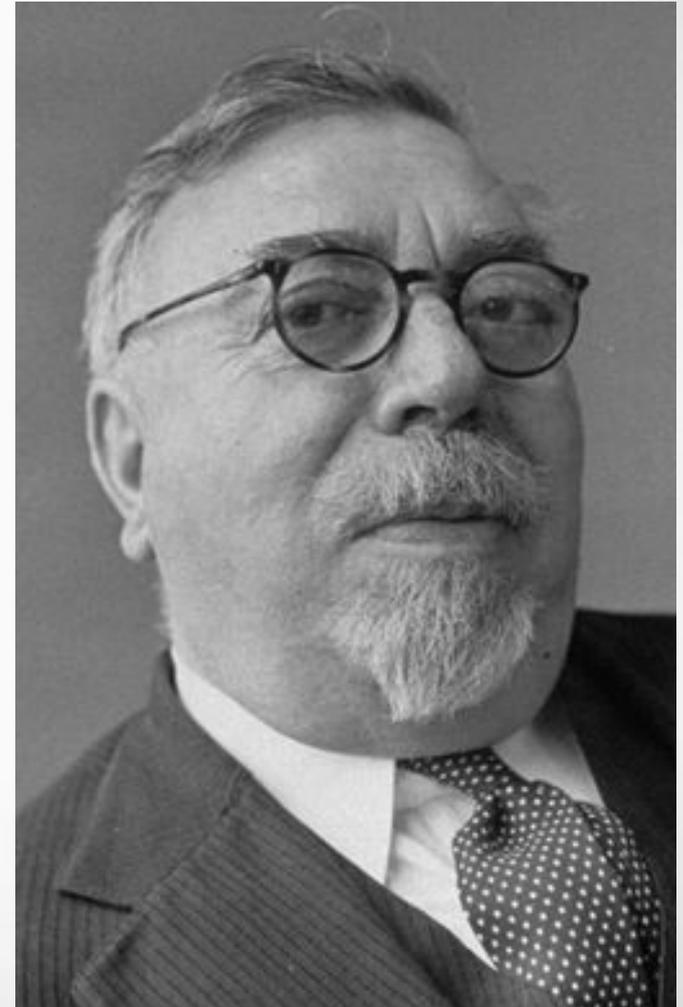
Pionieri della complessità ...

- Ludwig von Bertalanffy
 - Biologo austriaco
 - Fondatore della Teoria generale dei Sistemi



Pionieri della complessità ...

- Norbert Wiener
 - Matematico americano
 - Padre della cibernetica



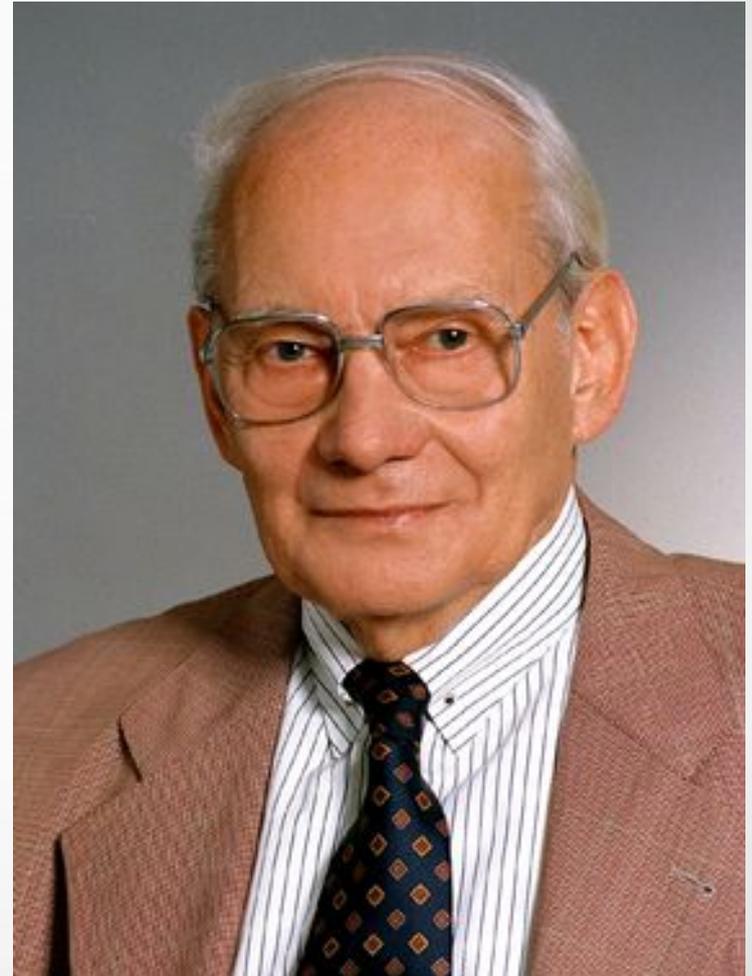
Pionieri della complessità ...

- John von Neumann
 - Matematico ungherese
 - Teoria dei giochi
 - Teoria dell'informazione



Pionieri della complessità ...

- Manfred Eigen
 - Biochimico tedesco
 - Premio Nobel per la Chimica nel 1967



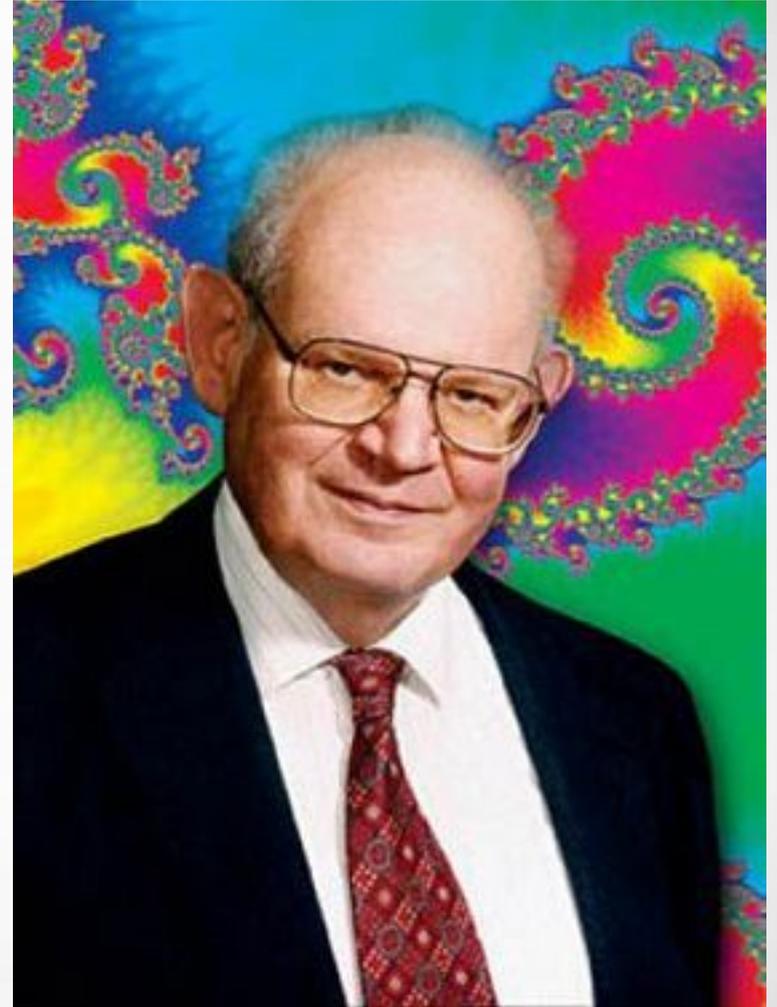
Pionieri della complessità ...

- Ilya Prigogine
 - Premio Nobel per la Chimica nel 1977
 - Strutture dissipative



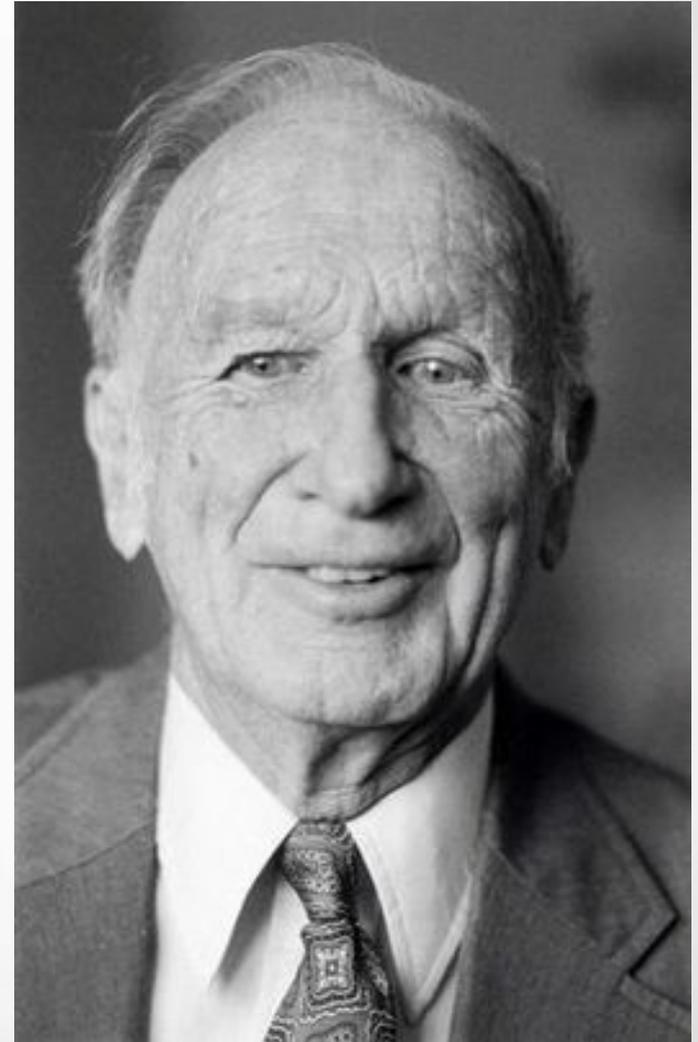
Pionieri della complessità ...

- Benoît Mandelbrot
 - Matematico polacco
 - Geometria frattale



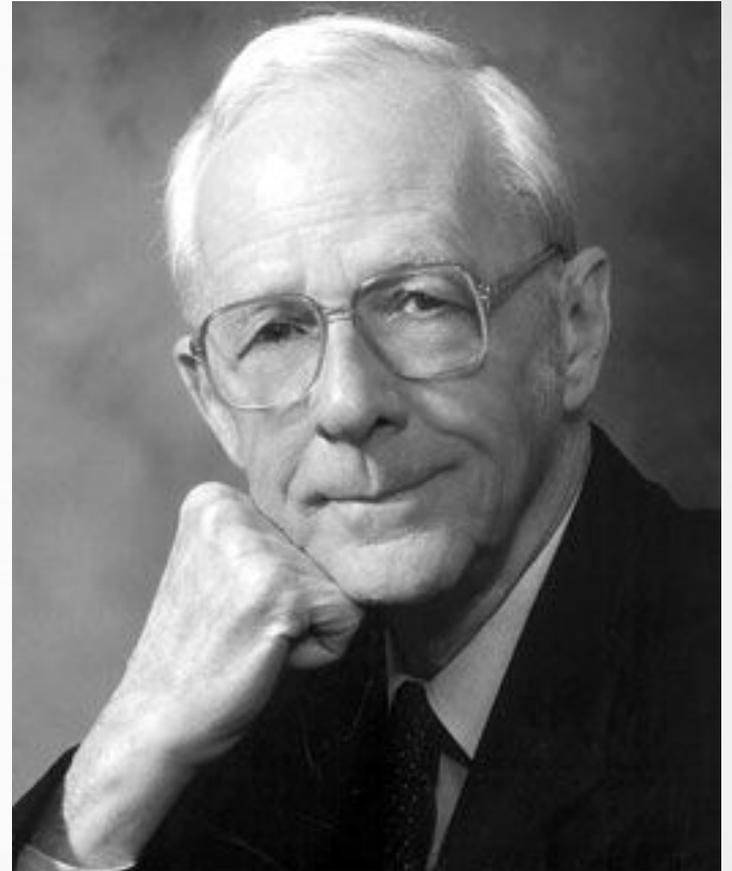
Pionieri della complessità ...

- Edward Lorenz
 - Matematico,
meteorologo, americano
 - Teoria del caos
 - Effetto farfalla



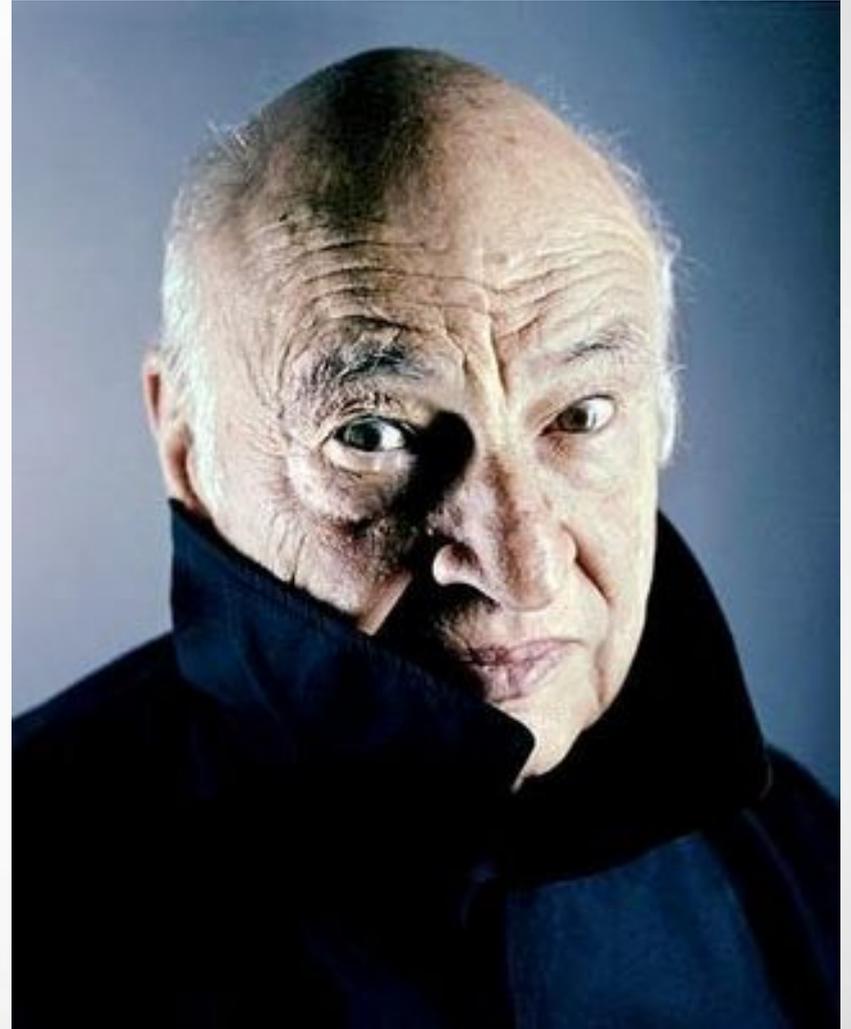
Pionieri della complessità ...

- Jay Forrester
 - Professore alla MIT School of Management
 - World3
 - Fondatore della Dinamica dei sistemi



Pionieri della complessità ...

- Edgar Morin
 - Filosofo, sociologo francese
 - Filosofia della complessità



Pionieri della complessità ...

- **Murray Gell-Mann**
 - Fisico, statunitense
 - Scopritore dei quark
 - Premio Nobel per la Fisica 1969
 - Fondatore del Santa Fe Institute



Mappa della Complessità

