



ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

Workshop: Il ruolo della fisica per l'educazione al futuro e alla sostenibilità

AIF Pavia, 11.12.2024

Olivia Levrini

Dipartimento di Fisica e Astronomia «A. Righi»

CLIMADEMY

Olivia Levrini & Giulia Tasquier
Dipartimento di Fisica e Astronomia “A. Righi”
Alma Mater Studiorum, Università di Bologna

Liceo «A. Einstein», Rimini, 9 ottobre, 2024
PROGETTO SALOMON



Funded by the European Union. Views and opinions expressed are however those of the author(s) only and do not necessarily reflect those of the European Union or the EACEA. Neither the European Union nor the granting authority can be held responsible for them.

CLIMADEMY'S PROJECT

CLIMATE change teacher's academy (CLIMADEMY)

Call: ERASMUS-EDU-2021-PEX-TEACH-ACA

Programme: ERASMUS2027 (Teacher's Academy)

Project ID: 101056066



EUROPEAN EDUCATION AND
CULTURE EXECUTIVE AGENCY
(EACEA)

Duration: 36 months (1 June 2022-31 May 2025)

Location: Greece, Italy, Germany, Finland

Budget: Maximum grant amount: 1.2 Meuro

Webpage: <https://climademy.eu>

Contact us: info@climademy.eu



Funded by the European Union. Views and opinions expressed are however those of the author(s) only and do not necessarily reflect those of the European Union or the European Health and Digital Executive Agency. Neither the European Union nor the granting authority can be held responsible for them.

<https://climademy.eu>



Coordinator

Prof. Maria Kanakidou

Computational Environmental Chemistry,
Director Environmental Chemical Processes Laboratory,
Department of Chemistry, University of Crete



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
UNIVERSITY OF CRETE

Clima domy

Learn how to educate the next generation of European citizens on climate change issues.

CLIMADEMY aims to create a European network to offer a comprehensive program where teachers will learn by using an efficient methodology how to educate the next generation of European citizens on climate change issues. The consortium (four EU countries) will develop and establish a network and community of practice, to create innovative strategies and programs for preparatory and continuous professional development for serving and student teachers on climate change and its impacts. Once established, it will be open to new members.

SCOPE >

INNOVATION >

METHODOLOGY / WORK PACKAGES >



Four hubs in separate countries with specific foci driven by the regional particularities.

IL CONSORZIO

Coordinatrice: Maria Kanakidou (UoC), Chimica dell'Atmosfera

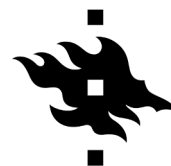
| Number | Acronym | Name | Country |
|--------|---------|--|---------|
| 1 | UOC | University of Crete | Greece |
| 2 | UNIBO | University of Bologna | Italy |
| 3 | UBREMEN | University of Bremen | Germany |
| 4 | RDPSEC | Regional Directorate of Primary and Secondary Education of Crete | Greece |
| 5 | EA | Ellinogermaniki Agogi Scholi Pangea Savva A | Greece |
| 6 | UH | Helsingin Yliopisto (University of Helsinki) | Finland |
| 7 | FG | Fondazione Golinelli | Italy |



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
UNIVERSITY OF CRETE



ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA



HELSINGIN YLIOPISTO
HELSINGFORS UNIVERSITET
UNIVERSITY OF HELSINKI



Universität Bremen



FONDAZIONE
GOLINELLI
l'intelligenza
di esserci

Partner Associati:

1. Liceo Scientifico Statale Albert Einstein (Italy) (LicEin)
2. Oberschule Findorff (school) (OF)



ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ ΚΡΗΤΗΣ
REGIONAL DIRECTORATE
EDUCATION OF CRETE

Obiettivi di CLIMADEMY

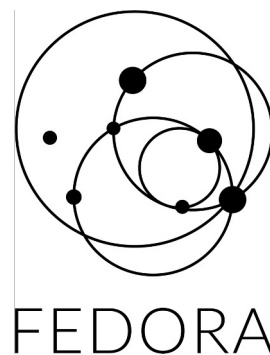
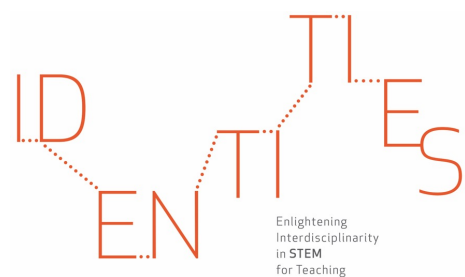
- *“Offer a comprehensive **training framework** for preservice and in-service teachers that will lead to their better **understanding of climate change drivers and impacts and mitigation options** and to promote their **efficiency to teach and learn** about climate change.*
- *Build a teacher education European network and thus lead to an efficient methodology of teaching the next generation of European citizens (including the supporting of teachers’ mobility)”*

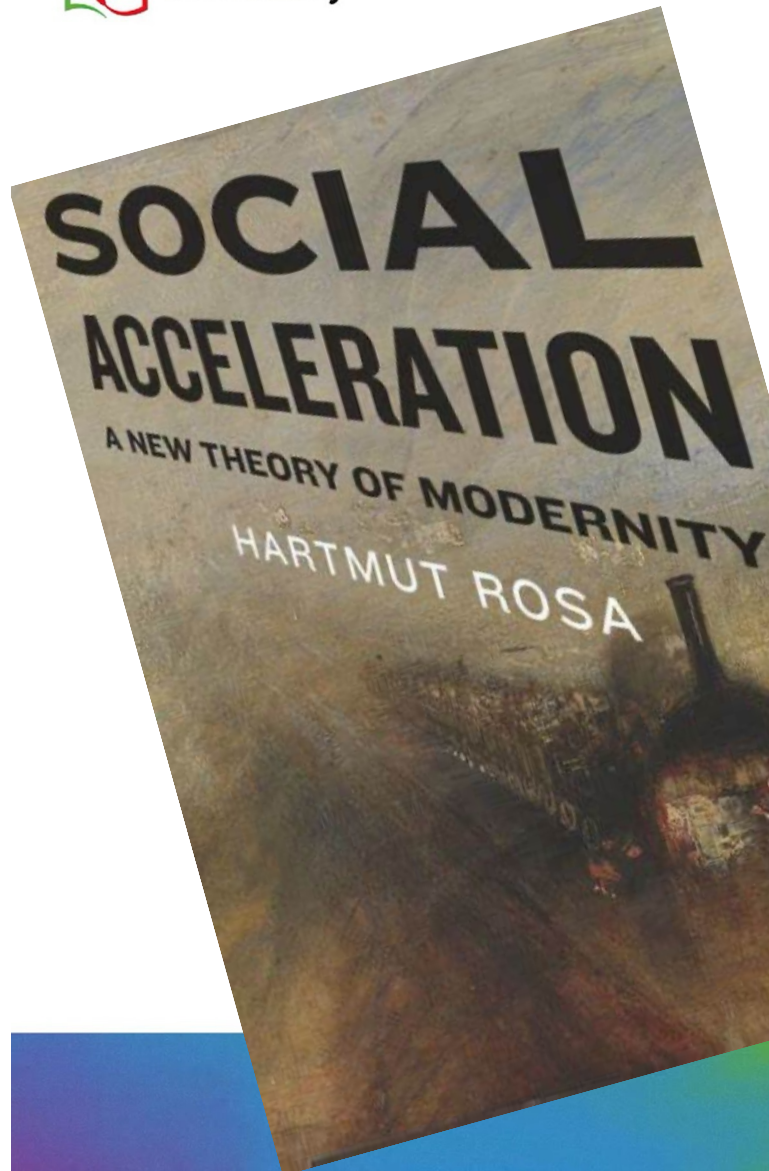


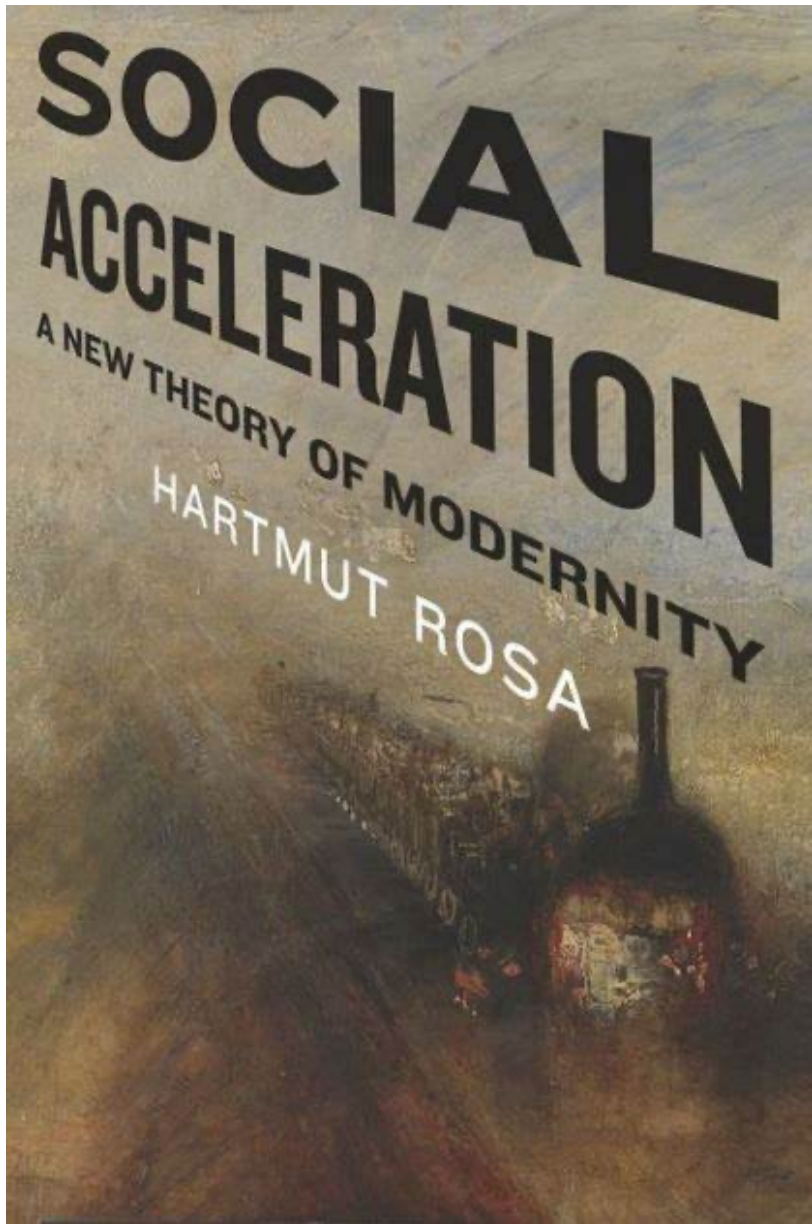
Una lunga collaborazione



It's your time to imagine the futures







Social Acceleration: A New Theory of Modernity (H. Rosa, 2013)



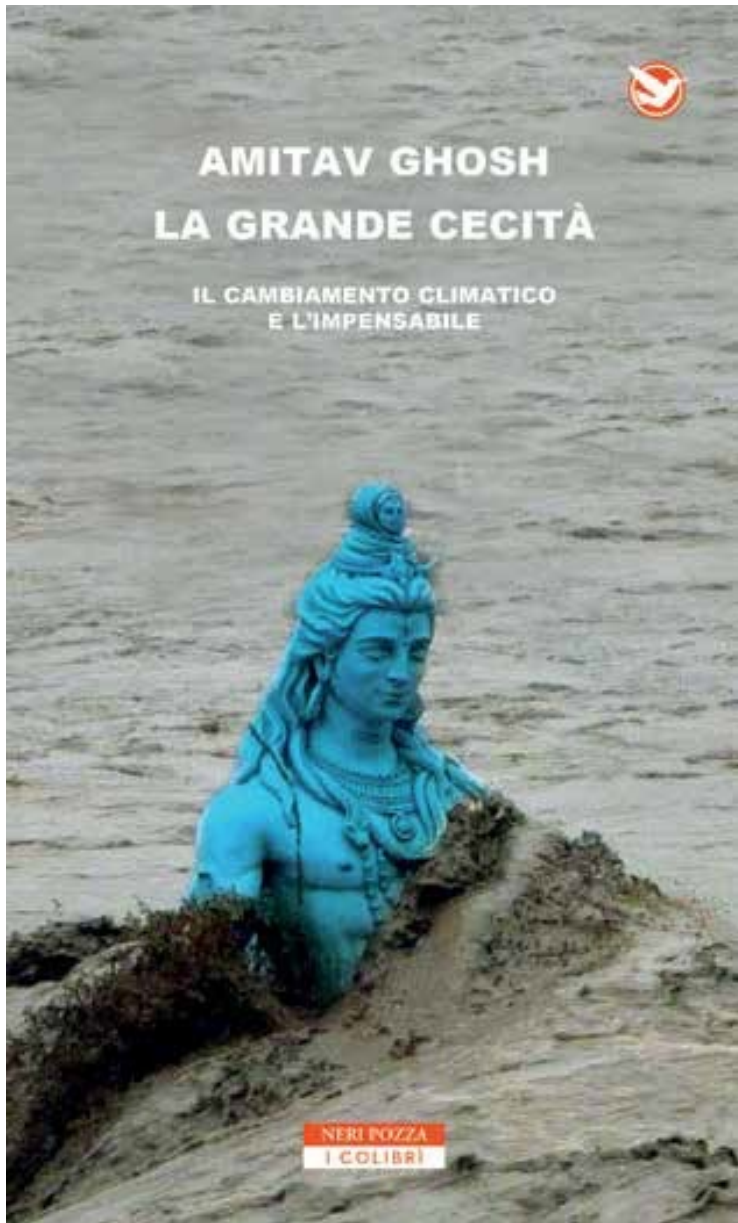
“Future shock” (Toffler & Toffler, 1970)

Future shock:

“too much change in too short a period of time” (Toffler & Toffler, 1970)



«...ormai si verificano in un secolo evoluzioni che prima avvenivano in centinaia di migliaia di anni. E' una velocità che ha la forza del mito: non solo coinvolge ogni forma di vita sulla Terra, ma è il fondamento stesso di ciò che pensiamo, scegliamo, produciamo e crediamo.» (Andri Snær Magnason, *Il tempo e l'acqua*, p.12)



«Il cambiamento climatico distrugge la lingua così come distrugge il mondo”
(A. Ghosh, 2017)

“L'attuale crisi climatica è anche una crisi della cultura e, quindi, dell'immaginazione.”
(A. Ghosh, 2017)

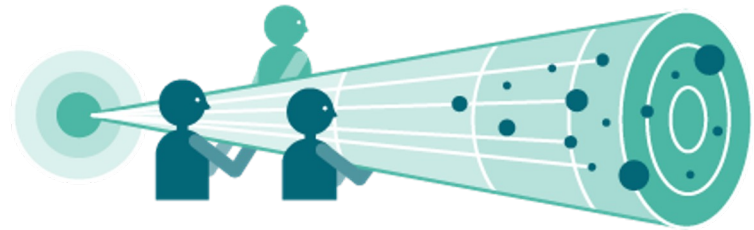
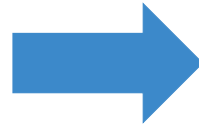


«Quando un sistema crolla, il linguaggio perde ogni presa sul reale. Le parole, invece di catturare cose e concetti come dovrebbero, restano sospese nel vuoto, inapplicabili. Da un giorno all'altro i libri di testi si fanno obsoleti e ogni gerarchia si deforma. *Di colpo non sappiamo trovare termini e concetti che corrispondano alla realtà*» (Andri Snær Magnason, *Il tempo e l'acqua*, p.12)



Le due grandi paure





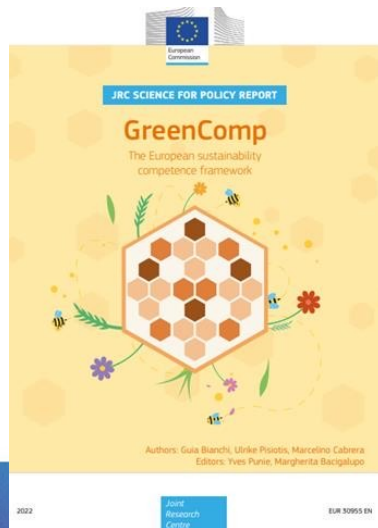
*Dalla percezione di infilarsi
in un «imbuto»...*

*... a un senso di libertà e
«agency»*

La sfide alla scuola i **temi complessi** come i Cambiamenti Climatici o l'Intelligenza Artificiale e le **aree di impatto**

GreenComp

the European sustainability competence framework

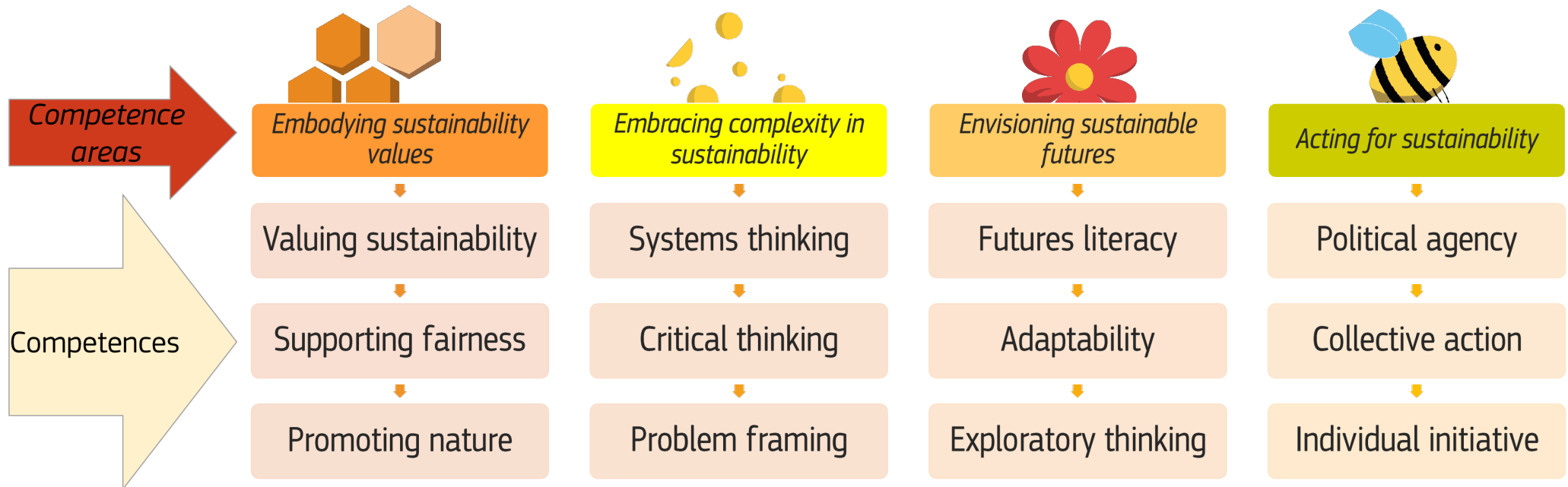


GreenComp describes a set of **sustainability competences** which can help learners think, plan and act with empathy, responsibility, and care for the planet.



Climate change
teacher's academy

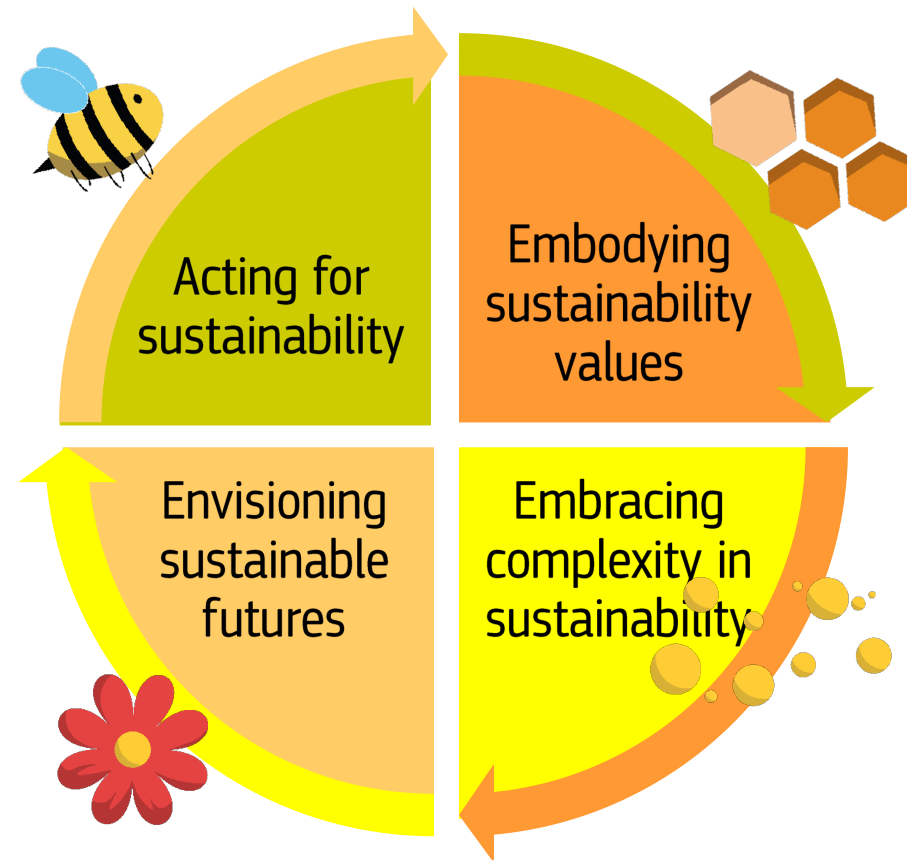
GreenComp at a glance



N.B. competences are interrelated not sequential

| Area | Competenza | Descrizione |
|---|---|---|
| 1. Incorporare i valori di sostenibilità | 1.1 Dare valore alla sostenibilità | Riflettere sui valori personali; identificare e spiegare come i valori variano tra le persone e nel tempo, valutando criticamente come si allineano con i valori di sostenibilità. |
| | 1.2 Sostenere l'equità | Sostenere l'equità e la giustizia per le generazioni attuali e future e imparare dalle generazioni precedenti per la sostenibilità. |
| | 1.3 Promuovere la natura | Riconoscere che gli esseri umani sono parte della natura; rispettare i bisogni e i diritti delle altre specie e della natura stessa al fine di ripristinare e rigenerare ecosistemi sani e resilienti. |
| 2. Abbracciare la complessità nella sostenibilità | 2.1 Pensiero sistemico | Affrontare un problema di sostenibilità da tutti i punti di vista; considerare il tempo, lo spazio e il contesto al fine di capire come gli elementi interagiscono al loro interno e tra diversi sistemi. |
| | 2.2 Pensiero critico | Valutare le informazioni e gli argomenti, identificare presupposti, sfidare lo status quo e riflettere su come il background personale, sociale e culturale influenza il pensiero e le conclusioni. |
| | 2.3 Inquadramento dei problemi | Formulare le sfide attuali o potenziali come un problema di sostenibilità in termini di - difficoltà, persone coinvolte, dimensione temporale e geografica - al fine di identificare gli approcci adeguati per anticipare e prevenire i problemi, per mitigare e adattarsi ai problemi già esistenti. |
| 3. Visione di futuri sostenibili | 3.1 Alfabetizzazione sul futuro | Immaginare futuri alternativi sostenibili sviluppando scenari alternativi, identificando i passi necessari per raggiungere un futuro sostenibile preferito. |
| | 3.2 Adattabilità | Gestire le transizioni e le sfide in situazioni complesse di sostenibilità e prendere decisioni relative al futuro di fronte all'incertezza, all'ambiguità e al rischio. |
| | 3.3 Pensiero esplorativo | Adottare un modo di pensare relazionale esplorando e collegando diverse discipline, usando la creatività e la sperimentazione di idee o metodi nuovi. |
| 4. Agire per la sostenibilità | 4.1 Azione politica | Orientarsi nel sistema politico, identificare la responsabilità politica per i comportamenti non sostenibili, e richiedere politiche efficaci per la sostenibilità. |
| | 4.2 Azione collettiva | Agire per il cambiamento in collaborazione con gli altri. |
| | 4.3 Iniziativa individuale | Identificare il proprio potenziale di sostenibilità e contribuire attivamente a migliorare le prospettive per la comunità e per il pianeta. |

Competence areas



EU - GreenComp conceptual reference model (Bianchi, Pisiotis, Cabrera Giraldez, 2022)



Visual representation of *GreenComp*.



JPhys Complexity™

From the publisher of the *Journal of Physics* series

Focus on Celebrating Complex
Systems in honour of the 2021
Nobel Prize in Physics

IOP Publishing

The Nobel Prize In Physics 2021



Syukuro
Manabe

Klaus
Hasselmann

Giorgio
Parisi

[funny.co](https://www.funny.co)

«How much Newton should we still teach?»
(CLIMADEMY teacher)

Attività didattiche sperimentate sui sistemi complessi

Barelli E., (2022). Complex systems simulations to develop agency and citizenship skills through science education. Tesi di Dottorato in Data Science and Computation, Università di Bologna

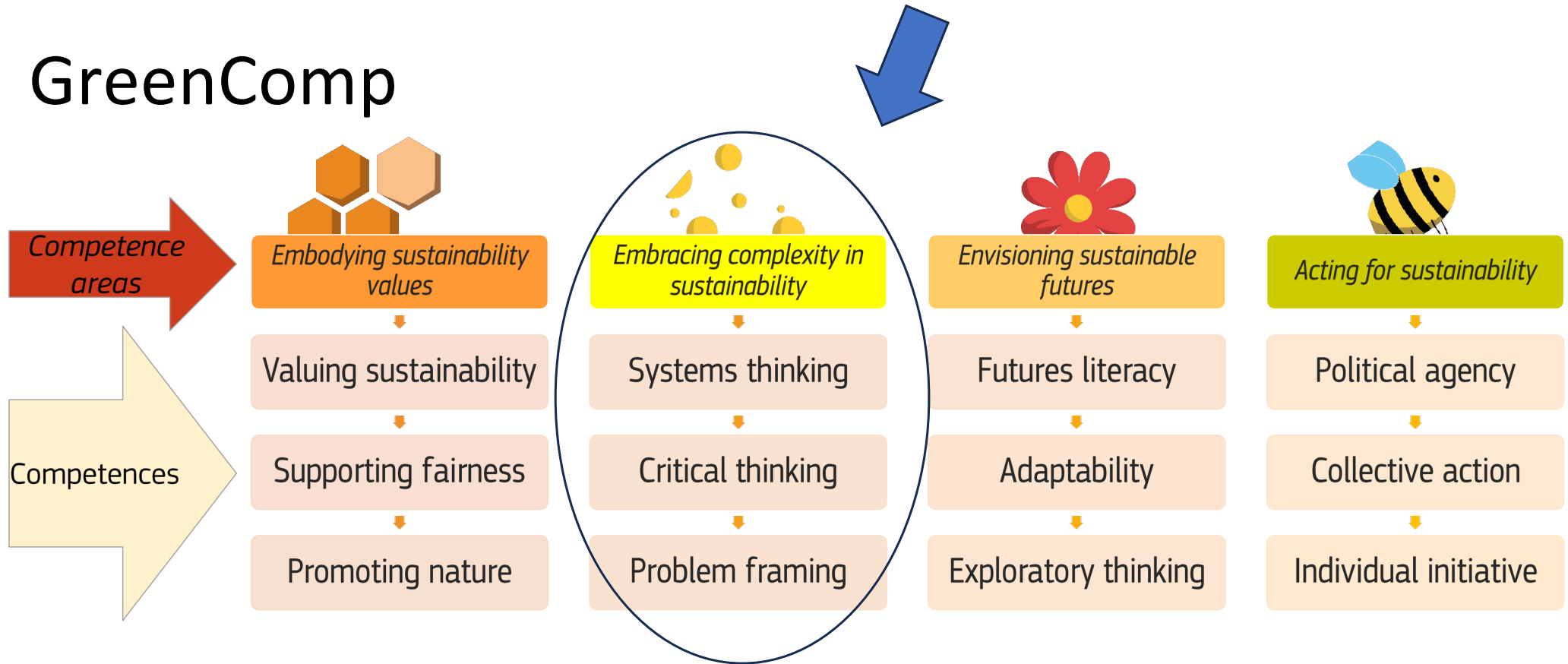
Cannata M. (2024). La didattica dei sistemi complessi: esplorazione delle simulazioni in prospettiva ontologica. Tesi di Laurea Triennale in Fisica, Università di Bologna

Fantini P. (2024). Verso la fisica dei sistemi complessi, Dispense e materiali per studenti e docenti di scuola secondaria (dai progetti FEDORA e CLIMADEMY)

Ilari V. (2024), La scienza dei sistemi complessi e le sue strutture temporali per un'educazione STEAM orientata al futuro, Tesi di Laurea Magistrale in Physics, Università di Bologna

Parte 1: la complessità

GreenComp



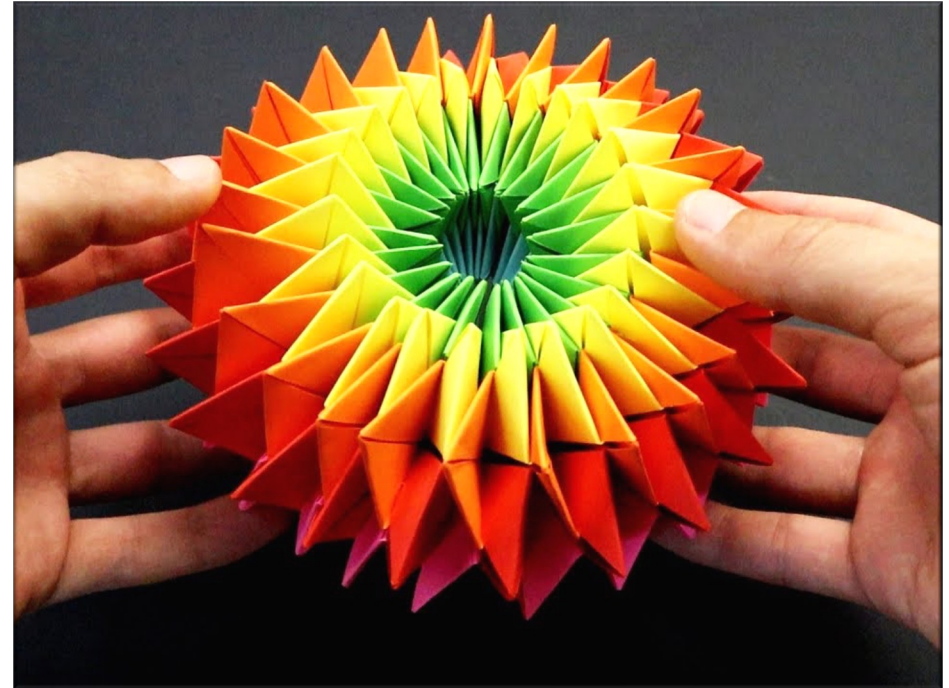
N.B. competences are interrelated not sequential

| | | |
|--|-------------------------------------|---|
| <i>2. Accettare la complessità nella sostenibilità</i> | 2.1 Pensiero sistemico | Affrontare un problema in materia di sostenibilità sotto tutti gli aspetti; considerare il tempo, lo spazio e il contesto per comprendere come gli elementi interagiscono tra i sistemi e all'interno degli stessi. |
| | 2.2 Pensiero critico | Valutare informazioni e argomentazioni, individuare ipotesi, mettere in discussione lo status quo e riflettere sul modo in cui il contesto personale, sociale e culturale di provenienza influenza il pensiero e le conclusioni. |
| | 2.3 Definizione del problema | Formulare le sfide attuali o potenziali come problemi legati alla sostenibilità in termini di difficoltà, persone coinvolte, tempo e ambito geografico, al fine di individuare approcci adeguati per anticipare e prevenire i problemi e per attenuare quelli già esistenti e adattarvisi |

Area 2 - abbracciare la complessità nella sostenibilità

Quest'area, comprendendo le competenze di *pensiero sistemico, pensiero critico e capacità d'inquadramento dei problemi*, ha la finalità strumentale di saper valutare le opzioni e di prendere decisioni. È basata sul presupposto che le parti di un sistema agiscono diversamente se prese separatamente dal sistema. Il Jrc precisa infatti che al contrario, *il pensiero frammentario, cioè l'analisi delle parti isolate, invece che l'intero sistema interconnesso, aumenta la tendenza a guardare al breve termine e potrebbe portare a una eccessiva semplificazione dei problemi di sostenibilità che non corrispondente alla realtà.*

Da: <https://asvis.it/approfondimenti/22-11208/greencomp-il-quadro-europeo-delle-competenze-per-la-sostenibilita>



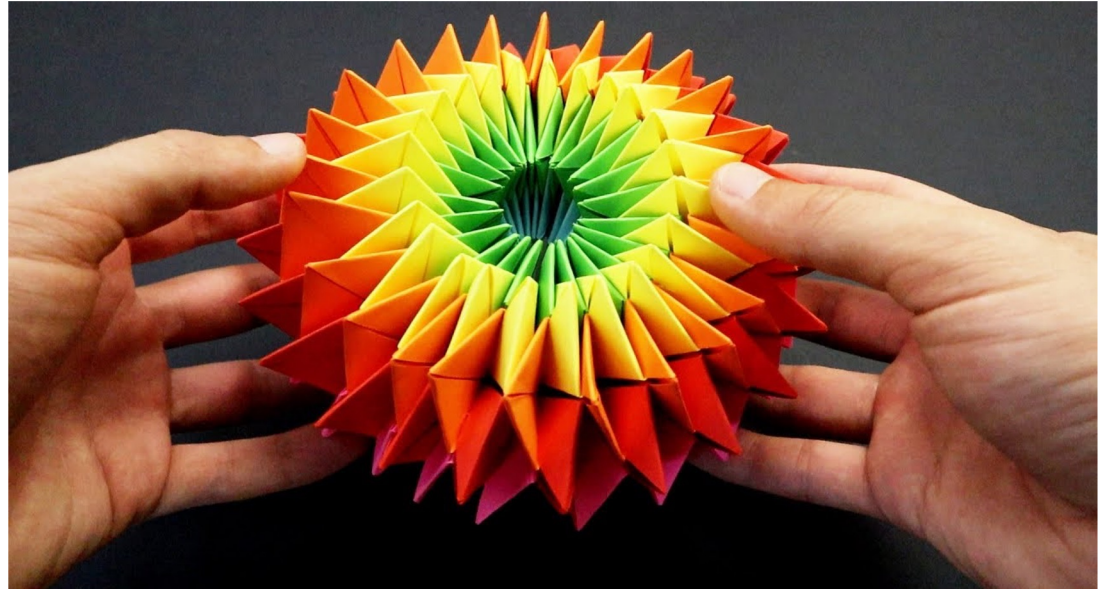
complesso o complicato ?

Complicato

com-plicare: piegare, arrotolare

complicabilis: **che si piega**

Ciò che è complicato può essere
"spiegato " e reso semplice





Complesso

plector: intrecciare

com-plector: abbracciare, **stringere in un nesso inestricabile**

ciò che è complesso non può venire ricondotto alla somma degli elementi che lo costituiscono senza perdere qualcosa di essenziale, senza perdere l'intreccio...



un nido, un tessuto:
metafore di strutture
irriducibili

... il tessuto, pur essendo costituito di parti (i fili, la trama, l'ordito), possiede caratteristiche che le singole parti non hanno, e che solo limitatamente possono venire «spiegate» disfacendo la stoffa, riconducendosi a elementi semplici. In seguito a questa operazione, infatti, viene a mancare l'«essere insieme»: restando all'interno dell'immagine del tessuto, possiamo più specificamente affermare che viene a mancare l'interazione meccanica reciproca dei fili che dà origine alla «mano», l'interazione combinata con la luce che crea la «texture» (Munari, 1968). Sempre con riferimento al tessuto, aggiungiamo che le caratteristiche citate sono tipicamente intermedie tra quelle rilevabili per mezzo di un'osservazione macroscopica (che tendenzialmente riduce il tessuto a una superficie continua e omogenea) e quelle proprie di un'osservazione microscopica (che del tessuto mette a fuoco i singoli fili o addirittura si spinge fino a esaminare la struttura dei fili stessi).

G. Zanarini, Diario di viaggio

[...] le scale spaziali (e, in altri casi, anche le scale temporali) adottate per l'analisi e per la descrizione dei fenomeni determinano criticamente ciò che si vede e ciò che non si vede. Ancora più profondamente, però, essa ci mette in guardia relativamente al fatto che la ricerca sistematica di una spiegazione attraverso la riduzione a elementi semplici può risultare, appunto, riduttiva. Infatti, vincolando la scelta dell'ottica di analisi, si predetermina non tanto quello che si vedrà, ma piuttosto quello che sfuggirà all'osservazione.

G. Zanarini, Diario di viaggio

*lo stormo di uccelli come
metafora di un comportamento complesso*



Premio Nobel per la Fisica 2021

GIORGIO PARISI

IN UN VOLO DI STORNI

Le meraviglie
dei sistemi complessi

Rizzoli

«È affascinante osservare il comportamento collettivo degli animali, siano essi stormi di uccelli, banchi di pesci o mandrie di mammiferi. Al tramonto vediamo gli stormi formare immagini fantasmagoriche, migliaia di macchioline nere danzanti che si stagliano su un cielo dai colori cangianti. Li vediamo muoversi tutti insieme senza urtarsi, né disperdersi, superando ostacoli, distanziandosi e poi ricompattandosi, riconfigurando continuamente la loro disposizione spaziale, come se ci fosse un direttore d'orchestra a impartire ordini che tutti eseguono. Possiamo passare un tempo indefinito a guardarli, tanto lo spettacolo si rinnova sempre in forme diverse e imprevedute. A volte anche di fronte a questa pura bellezza fa capolino la deformazione professionale di uno scienziato e tante domande gli frullano nella testa. Esiste un direttore d'orchestra o il comportamento collettivo è auto-organizzato? Come fa l'informazione a propagarsi velocemente attraverso tutto lo stormo? Com'è possibile che le configurazioni cambino così rapidamente? Come sono distribuite le velocità e le accelerazioni degli uccelli? Come possono virare insieme senza urtarsi? Bastano semplici regole d'interazione tra gli storni per generare movimenti collettivi articolati e variabili come quelli che osserviamo nei cieli di Roma?»

Premio Nobel per la Fisica 2021

GIORGIO PARISI IN UN VOLO DI STORNI

Le meraviglie
dei sistemi complessi

Rizzoli

«In tutti questi problemi fisici, riusciamo a capire in maniera quantitativa come il comportamento collettivo emerga partendo da semplici regole d'interazione tra i singoli attori. La sfida era estendere l'applicabilità delle tecniche di meccanica statistica dalle entità inanimate agli animali, quali ad esempio gli storni. I risultati non sarebbero stati interessanti solo per l'etologia e la biologia evolutiva, ma su una scala di tempo molto lunga potevano portare a una maggiore comprensione nelle scienze umane di fenomeni economici e sociali. Anche in questo caso abbiamo un gran numero di individui che si influenzano a vicenda. Bisogna capire il legame che esiste tra i comportamenti dei singoli individui e i comportamenti collettivi.»

<https://www.nature.com/articles/d43978-022-00068-3>

Premio Nobel per la Fisica 2021

GIORGIO PARISI

IN UN VOLO DI STORNI

Le meraviglie
dei sistemi complessi

Rizzoli

«In tutti questi problemi fisici, riusciamo a capire in maniera quantitativa come il comportamento collettivo emerga partendo da semplici regole d'interazione tra i singoli attori. La sfida era estendere l'applicabilità delle tecniche di meccanica statistica dalle entità inanimate agli animali, quali ad esempio gli storni. I risultati non sarebbero stati interessanti solo per l'etologia e la biologia evolutiva, ma su una scala di tempo molto lunga potevano portare a una maggiore comprensione nelle scienze umane di fenomeni economici e sociali. Anche in questo caso abbiamo un gran numero di individui che si influenzano a vicenda. Bisogna capire il legame che esiste tra i comportamenti dei singoli individui e i comportamenti collettivi.

[...]

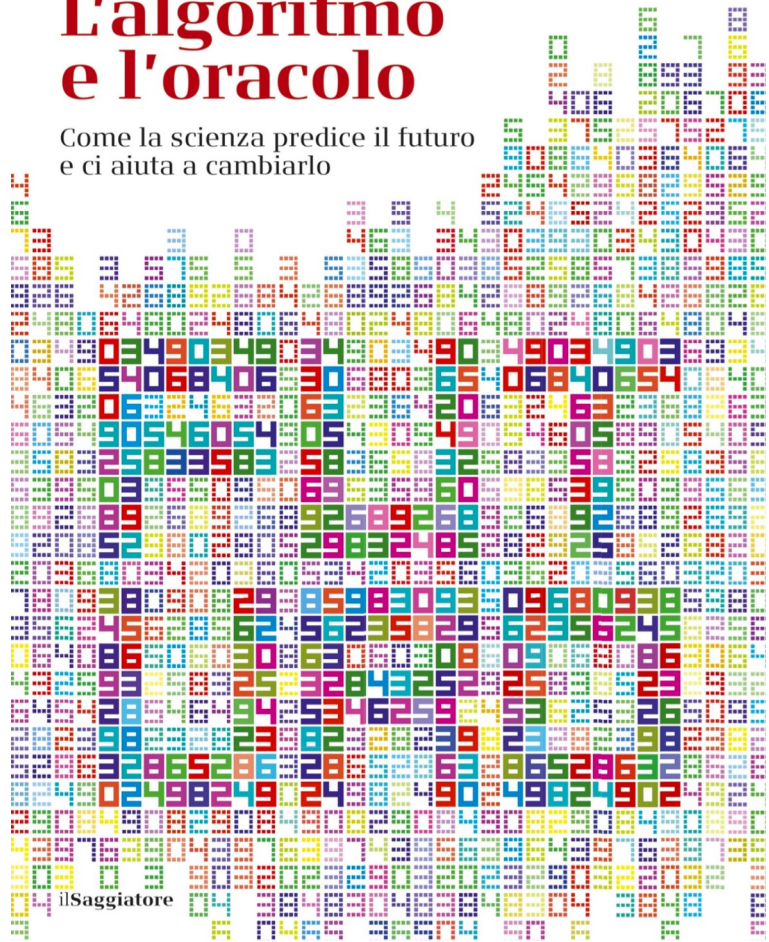
Siamo stati estremamente sorpresi nello scoprire che la densità al bordo rispetto alla densità al centro è maggiore di quasi il 30%. Sempre guardando le prime foto abbiamo scoperto che ciascun uccello tende ad avere una maggiore distanza dal compagno davanti o dietro rispetto a quelli laterali.»

<https://www.nature.com/articles/d43978-022-00068-3>

Alessandro Vespignani
con Rosita Rijtano

L'algoritmo e l'oracolo

Come la scienza predice il futuro
e ci aiuta a cambiarlo



Eppure, se alzi gli occhi al cielo durante un tramonto autunnale puoi essere ripagato dalla vista di uno spettacolo meraviglioso: gli stormi che si stagliano al tramonto creando delle coreografie caleidoscopiche dal potere ipnotico. Migliaia di uccelli si separano e si fondono ritmicamente, come se fossero guidati da una mano invisibile. Un fenomeno talmente sconcertante che l'ornitologo **Edmund Selous**, il pioniere del birdwatching, dovette invocare la **telepatia** per spiegarlo. [...] Ma uno studio del 1987, pubblicato negli atti della ACM SIGGRAPH, una conferenza sulla grafica computerizzata che si tiene ogni anno negli Stati Uniti, suggerisce tutt'altra spiegazione. L'autore, **il grafico Craig Reynolds**, spiega il modo in cui è riuscito a simulare al computer il comportamento degli stormi, grazie a un modello poi utilizzato per il cinema nel film Il ritorno di Batman, dove un'orda di pipistrelli invade i tunnel inondati di Gotham City. Si chiama Boids, «uccelli» nel dialetto di New York, e identifica ogni volatile con un simbolo grafico che si muove nello spazio seguendo tre semplici regole. La prima, detta «di separazione», lo vede impegnato a cercare di non sbattere contro i compagni di viaggio. La seconda, «di allineamento», lo spinge a mantenere l'andatura media dei vicini. Infine, la terza, che riguarda la «coesione», fa sì che non si allontanino troppo dagli altri. La combinazione di queste tre semplici regole riproduce le caratteristiche del movimento di gruppo spesso osservato negli sciami animali.

Tre semplici regole

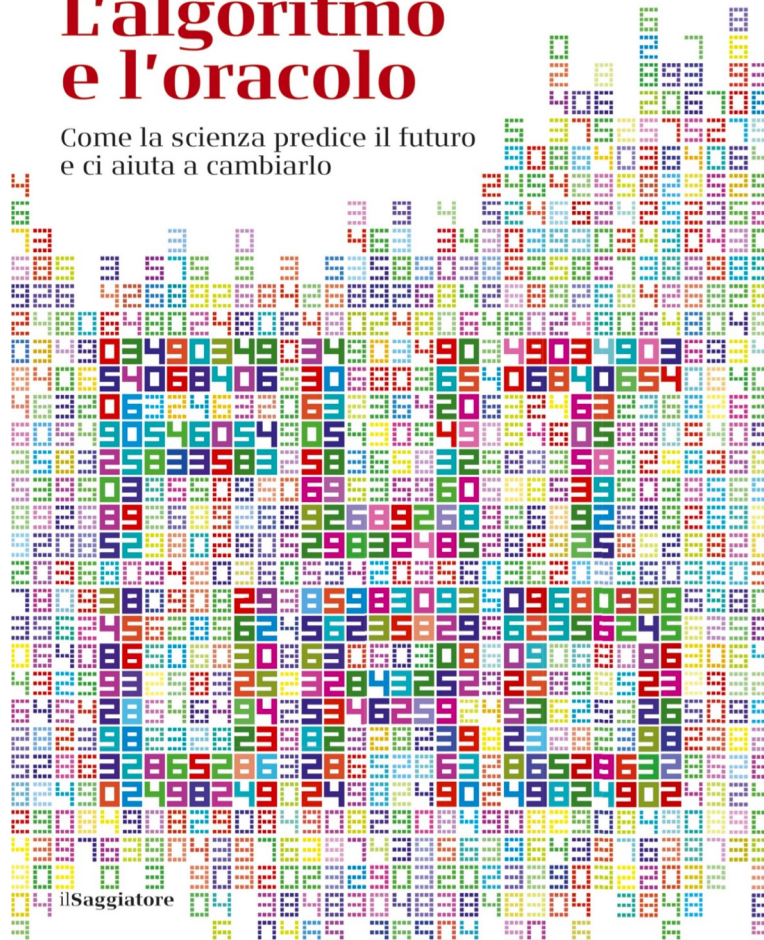
- Regola di separazione: non urtare i compagni vicini
- Regola di allineamento: mantenere l'andatura media dei compagni vicini
- Regola di coesione: non allontanarsi troppo dagli altri

Alessandro Vespignani
con Rosita Rijtano



L'algoritmo e l'oracolo

Come la scienza predice il futuro
e ci aiuta a cambiarlo



ilSaggiatore

Così, a seconda dei parametri che combinano le tre regole del modello, il movimento degli uccelli assume un carattere disordinato o ordinato, ed emergono spontaneamente comportamenti imprevisti, come la divisione in sciami più piccoli e il loro ricongiungimento dopo aver evitato gli ostacoli. Per dare vita alle complesse dinamiche degli sciami – non solo di uccelli, ma anche di pesci e batteri – non c'è bisogno che gli individui che lo compongono comunichino globalmente per coordinare le loro azioni. Quello di Reynolds è un classico esempio di simulazione con comportamento emergente, dove l'analogia con la fisica è in realtà ancora più stringente.

sistema complesso

un **insieme di elementi** in **relazione dinamica** tra loro

aperto nei riguardi dell'ambiente, che scambia **energia, materia, informazione**

che presenta **comportamenti collettivi imprevedibili** al livello aggregato degli elementi costitutivi: **auto-organizzazioni** che **emergono** dalla dinamica microscopica e che su di essa **retroagiscono**

I sistemi complessi

“the concept of complexity [...] consists of the radical opposition to a central idea of classical science, namely that the structure of the world is fundamentally simple and that the essence of scientific analysis lies in resolving (dissolving) the apparent complexity of phenomena into its simple constituent elements.” (Israel, 2005, pp. 1–2)

Israel G. (2005). The Science of Complexity: Epistemological Problems and Perspectives. *Science in Context*, 18(3), 479–509. <https://doi.org/10.1017/S0269889705000621>

Un sistema complesso ha proprietà che i sistemi classici non hanno

sistemi fisici

auto-organizzazione spaziale e temporale

Il concetto di struttura dissipativa

un ordine emergente che si forma in un sistema aperto
(cioè in grado di scambiare energia e materia con l'ambiente)
quando il sistema è sufficientemente lontano dall'equilibrio termodinamico.

Struttura: Si riferisce alla comparsa di un ordine spaziale o temporale (come celle, onde, o schemi di flusso).

Dissipativa: L'ordine viene mantenuto grazie alla continua dissipazione di energia, cioè alla presenza di flussi costanti di energia o materia che attraversano il sistema.

Esempi noti includono:

- Celle di Bénard: Strutture convettive che emergono in un fluido riscaldato dal basso.
- Reazione di Belousov-Zhabotinsky: Schemi oscillanti chimici.
- Cicloni atmosferici: Sistemi auto-organizzati che dissipano energia atmosferica.

Le celle di Benard: un sistema aperto lontano dall'equilibrio



Questo sistema scambia (**assorbe**) **energia** in modalità **calore** con l'ambiente

A livello microscopico le molecole iniziano a muoversi in modo **disordinato**.

A livello macroscopico sulla superficie si manifestano, in prossimità dell'ebollizione e in presenza di opportune condizioni sperimentali, strutture regolari, **strutture ordinate**.

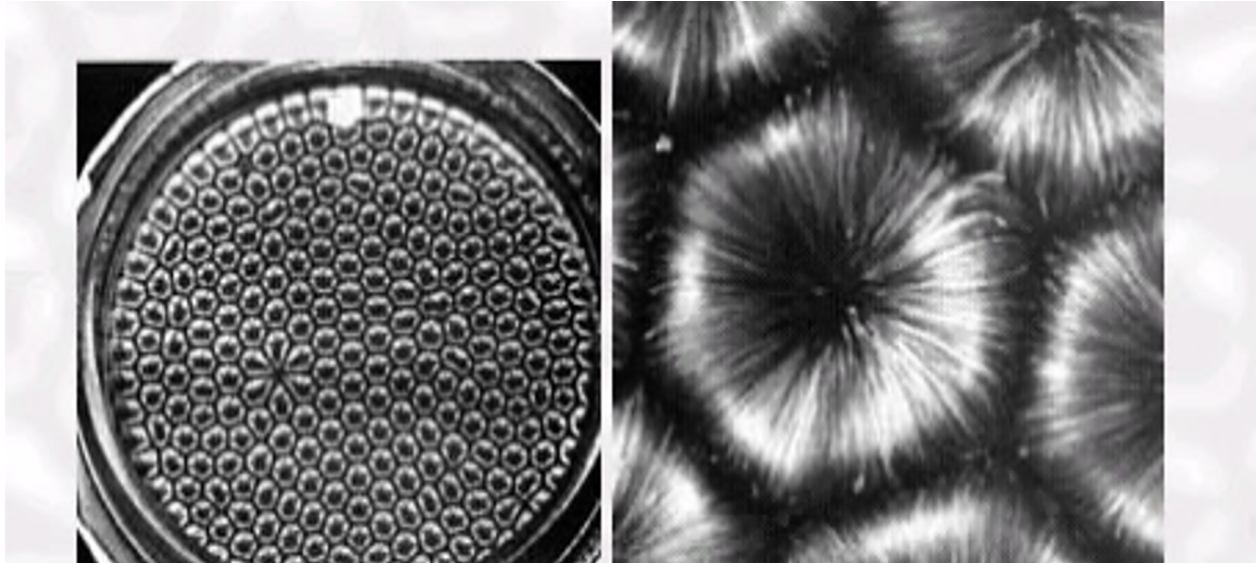
Le celle di Benard: un sistema aperto lontano dall'equilibrio



I **sistemi aperti**, in interazione con l'ambiente, **lontani dall'equilibrio** danno luogo a **strutture dissipative** e fenomeni di **auto-organizzazione**

I **sistemi aperti** possono stabilizzarsi temporaneamente in **stati di equilibrio stabili** e, in condizioni mutevoli, trasformarsi spontaneamente in nuovi stati originando **strutture ordinate macroscopiche diverse dalle precedenti**.

Le celle di Benard



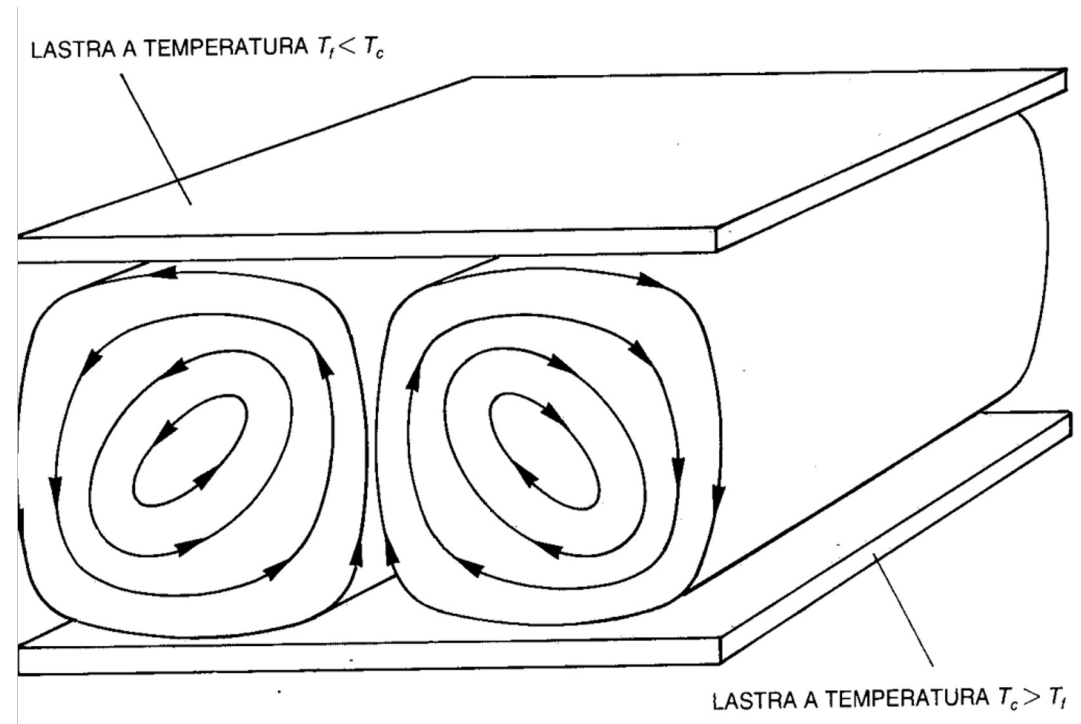
L'auto-organizzazione **spaziale** di un fluido contenuto in un recipiente e riscaldato dal basso.

Le celle di Benard



Le celle di Benard

In presenza di opportune condizioni sperimentali - caratteristiche del fluido, forma e dimensioni del recipiente, differenza di temperatura tra la superficie inferiore e quella superiore - i moti convettivi delle molecole si dispongono secondo strutture regolari di forma caratteristica.



Quando si arriva alla soglia critica ΔT_c compaiono le celle: c'è una **correlazione deterministica** tra soglia critica e apparizione delle celle.

La rotazione delle celle dipende invece da fattori e **perturbazioni locali non controllabili** ma...
una volta stabilite le prime rotazioni quelle adiacenti conseguono “naturalmente”.

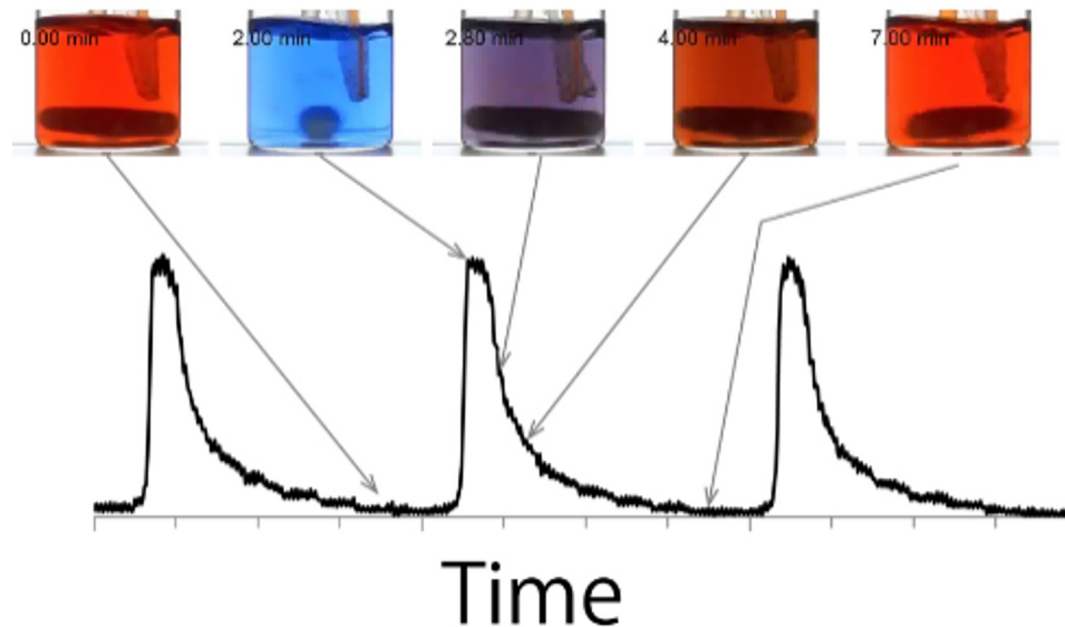
Le condizioni che rendono possibile la nascita dell'auto-organizzazione:

- la presenza di un grandissimo numero di molecole del fluido;
- l'interazione tra le molecole;
- il "giusto" rifornimento di energia dall'esterno (il riscaldamento);
- la "giusta" struttura del sistema (la forma e le dimensioni del recipiente, la scelta dell'olio più opportuno, ecc.) che funziona da "suggerimento" per l'auto-organizzazione;
- la presenza di un'incessante attività di esplorazione delle configurazioni possibili attraverso l'agitazione termica.

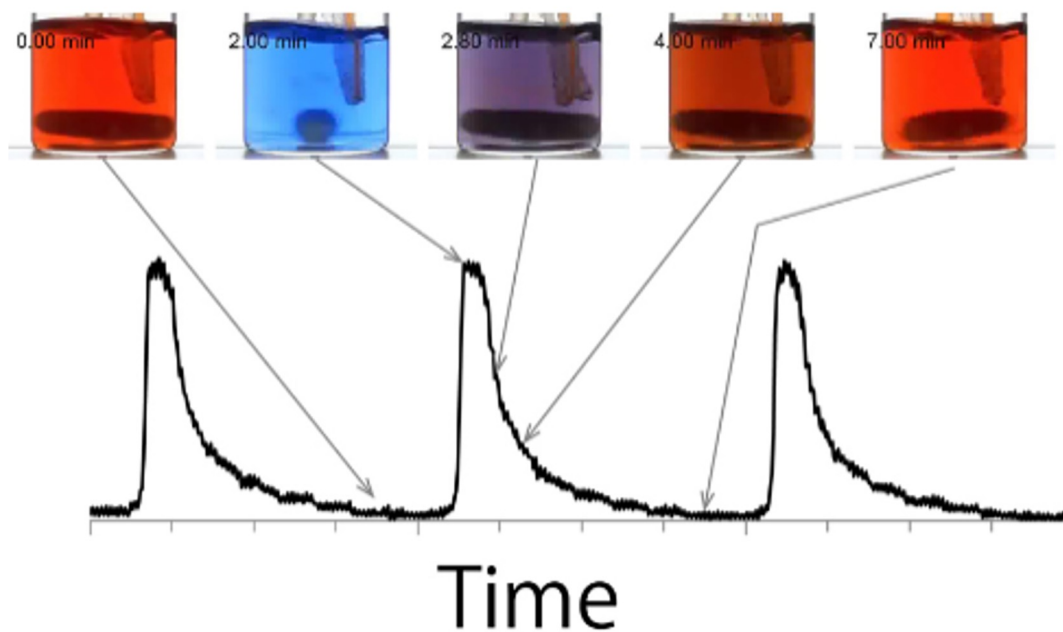
Liberamente tratto da G. Zanarini, Diario di viaggio

Ruolo «costruttivo» del **non-equilibrio**:

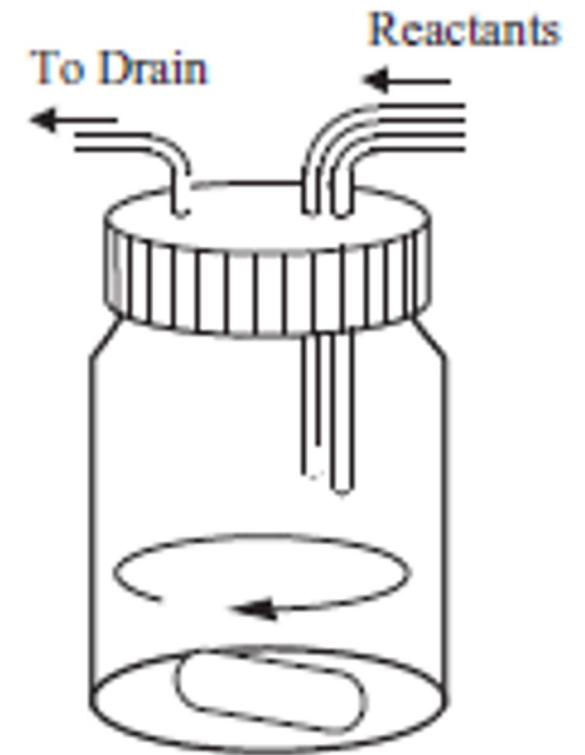
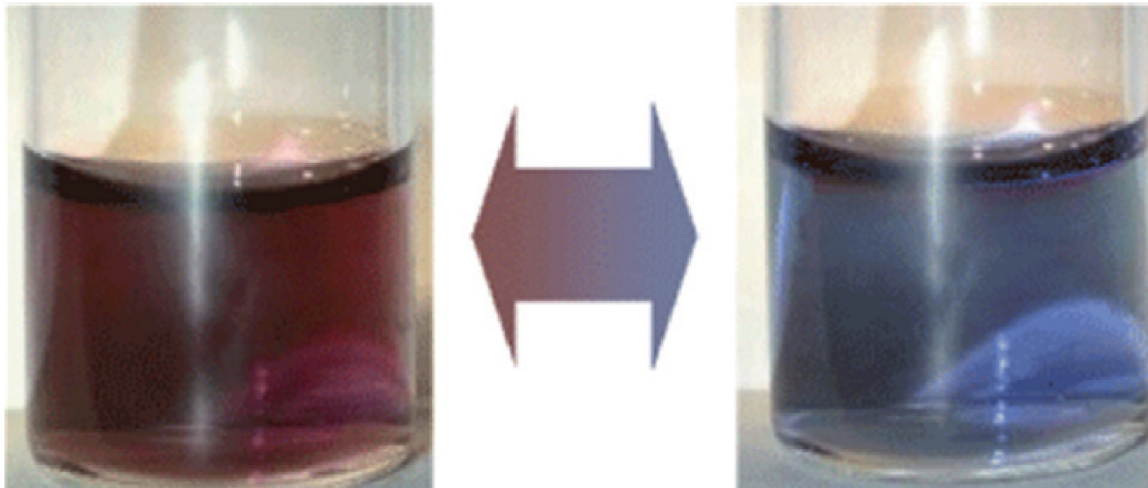
il sistema **scambia materia** con l'ambiente e dalle **interazioni** fra le molecole **emerge** una **struttura temporale** (periodo di tempo **T** intrinseco al sistema)



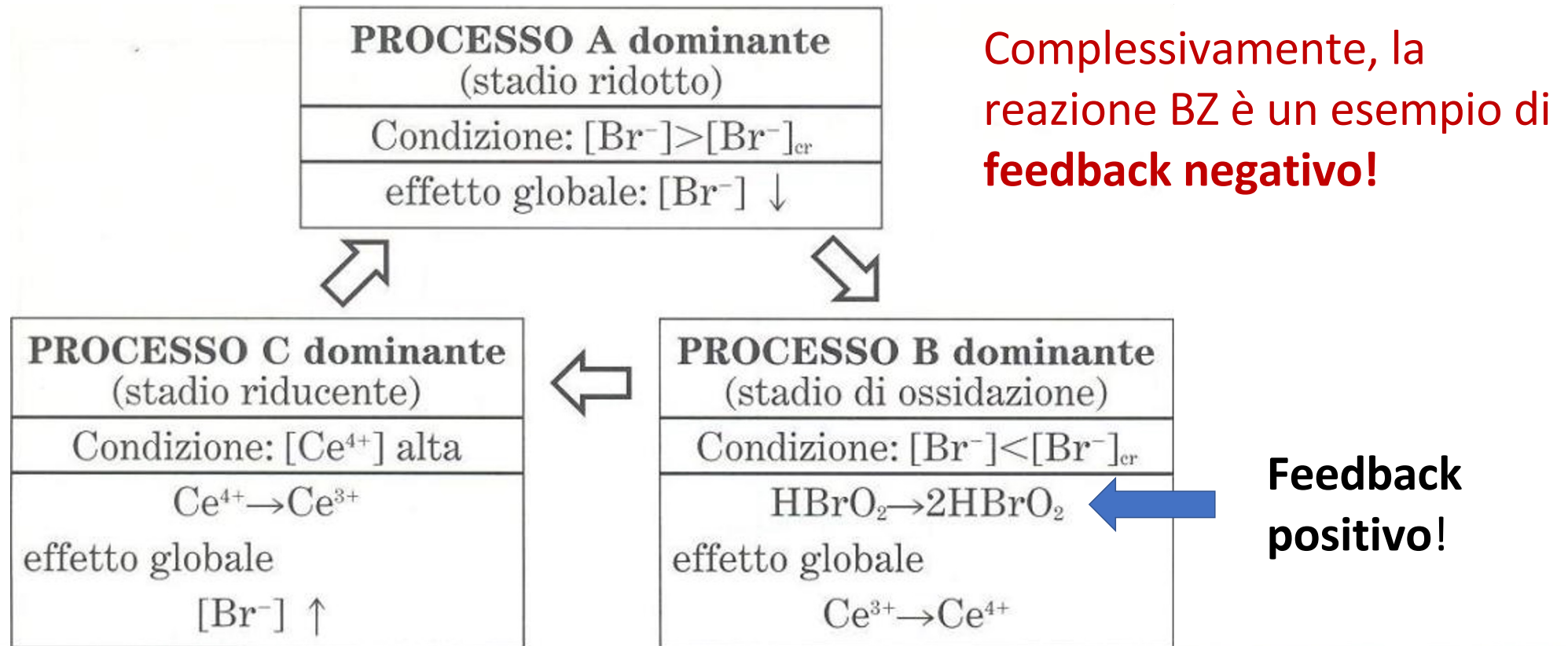
Auto-organizzazione temporale in chimica: *le reazioni oscillanti*



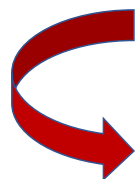
La reazione chimica oscillante più famosa:
reazione di Belousov-Zhabotinsky (o reazione BZ)



Schema del meccanismo della reazione oscillante BZ:



Reazione B-Z



Il periodo T caratteristico del sistema chimico oscillante mostrato nel video è di circa 7 secondi!



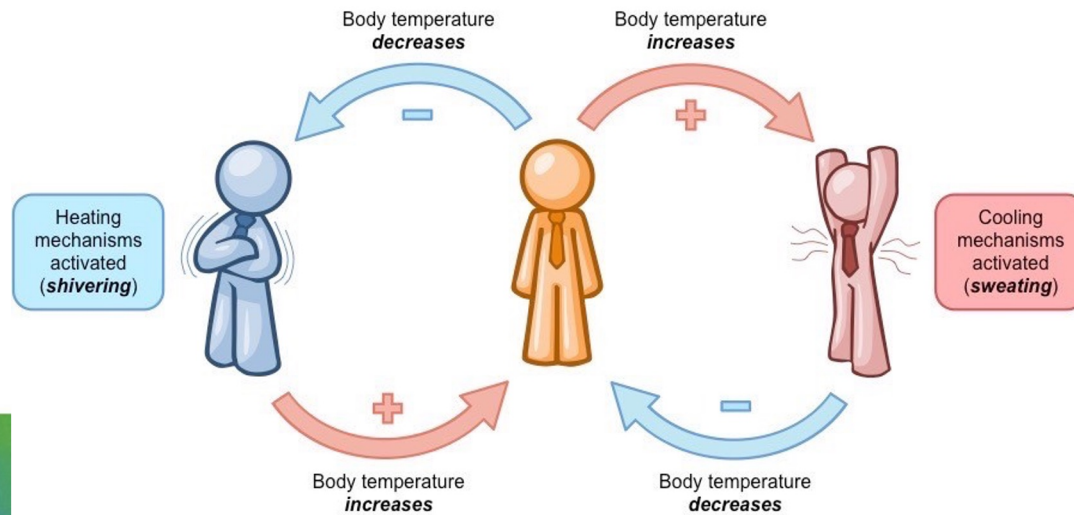
causalità circolare e feedback

Due tipi di causalità circolare

Feedback positivo



Feedback negativo



Complex Physical Systems (CPS)

Sistemi complessi caratterizzati da un grande numero di componenti che interagiscono tra loro secondo leggi fisiche.

- **Caratteristiche principali:**

- **Interazioni:** Le interazioni tra le componenti sono regolate da leggi fisiche (ad esempio, gravitazione, termodinamica, fluidodinamica, elettromagnetismo).
- **Auto-organizzazione:** Spesso mostrano proprietà emergenti senza che ci sia bisogno di una guida centrale (ad esempio, cristallizzazione o turbolenza nei fluidi).
- **Prevedibilità:** Sebbene caotici, alcuni CPS possono essere modellati in modo deterministico se si conoscono le condizioni iniziali.

- **Esempi:**

- Atmosfera terrestre (modelli meteorologici).
- Turbolenza nei fluidi.
- Sistemi planetari o galassie.
- Celle di Bénard

Altri esempi di sistemi complessi e le loro simulazioni

- Formicaio
- Stormo di uccelli
- Segregazione
- ...

Un formicaio





Segregazione e Modello di Schelling

Una griglia è costituita da due tipi di individui (X e O)

All'inizio gli individui sono posizionati in maniera casuale su una griglia

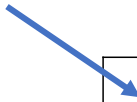
Ad ogni step, un individuo si sposta dalla sua posizione se tra i suoi vicini c'è una certa percentuale di individui diversi da lui

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| X | X | O | X | X |
| | O | O | O | X |
| | X | X | O | X |
| X | X | | O | |
| O | O | O | | O |

All'inizio gli individui sono posizionati in maniera casuale su una griglia


Ad ogni step, un individuo si sposta dalla sua posizione se tra i suoi vicini c'è una percentuale $\geq 70\%$ di individui diversi da lui

Soddisfatto?



| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| X | X | O | X | X |
| | O | O | O | X |
| | X | X | O | X |
| X | X | | O | |
| O | O | O | | O |

Soddisfatto?



| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| X | X | O | X | X |
| | O | O | O | X |
| | X | X | O | X |
| X | X | | O | |
| O | O | O | | O |

Segregation - NetLogo

File Edit Tools Zoom Tabs Help

Interface Info Code

Edit

Delete

Add

Button

normal speed

view updates

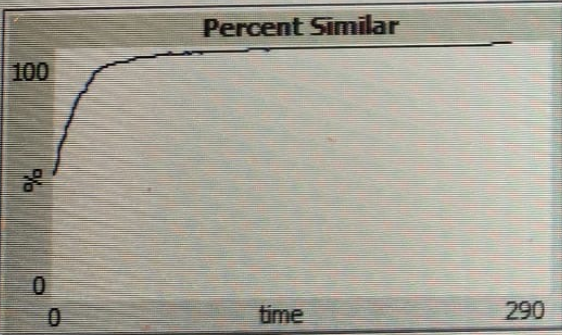
Settings...

ticks: 267

on ticks

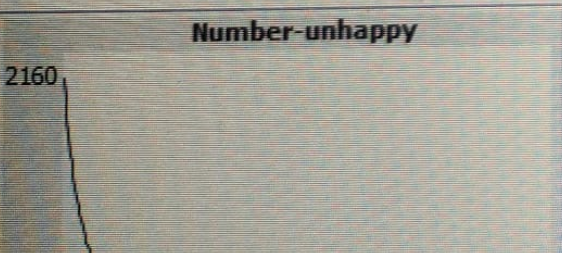


setup go once go



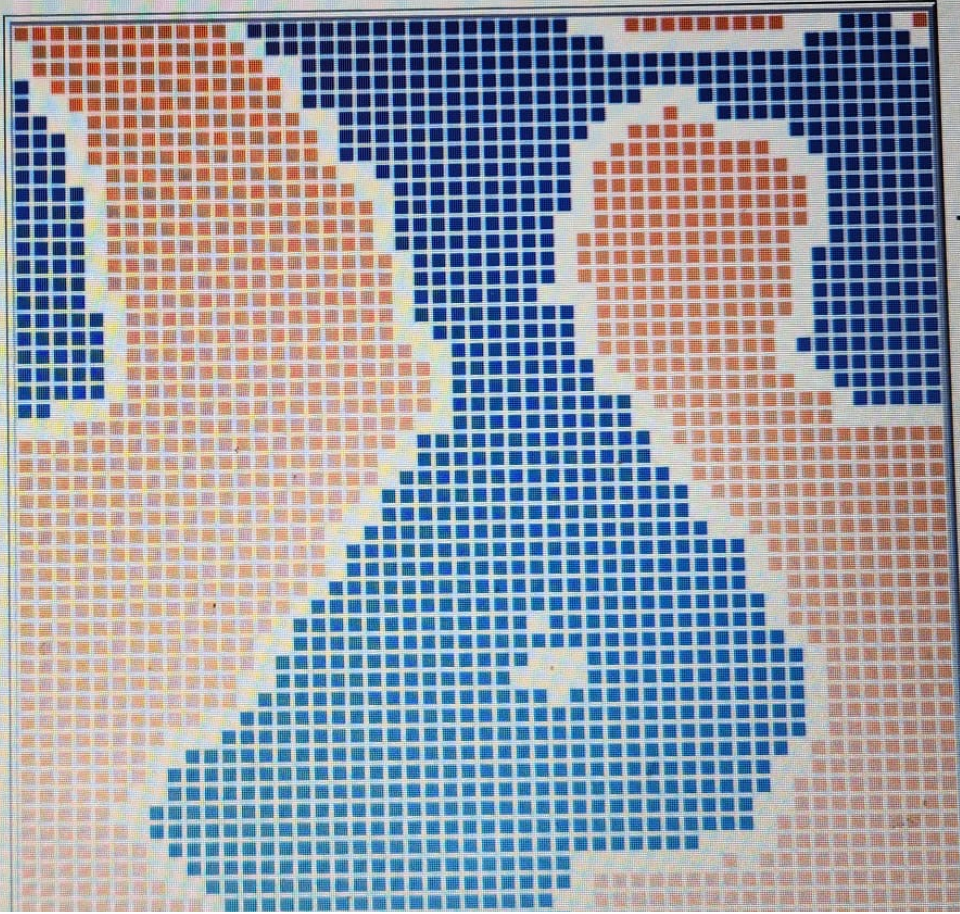
agents 2359

% similar 99.7



num-unhappy 0

% unhappy 0



visualization

SIMULAZIONE SEGREGAZIONE

COSA E' e COME FUNZIONA

Viene "modellato" il comportamento di due tipi di agenti in un quartiere. Gli agenti arancioni e quelli blu vanno d'accordo tra loro. Ma ogni agente vuole assicurarsi di vivere vicino ad alcuni dei "suoi". La simulazione mostra come queste preferenze individuali si propaghino nel quartiere, dando origine a modelli su larga scala.

COME USARLO

PULSANTE SETUP: imposta gli agenti. Il numero di agenti arancioni e blu è approssimativamente uguale. Gli agenti sono impostati in modo che nessuna zona abbia più di un agente.

PULSANTE GO: avvia la simulazione. Se gli agenti non hanno abbastanza vicini dello stesso colore, si spostano in una zona vicina.

CURSORE DENSITÀ: controlla la densità di occupazione del quartiere (e quindi il numero totale di agenti).

CURSORE %-SIMILAR-WANTED: controlla la percentuale di agenti dello stesso colore che ogni agente desidera tra i suoi vicini. Ad esempio, se il cursore è impostato su 30, ogni agente blu desidera che almeno il 30% dei suoi vicini siano agenti blu.

MONITOR % SIMILAR: mostra la percentuale media di vicini dello stesso colore per ogni agente.

MONITOR NUM-UNHAPPY mostra il numero di agenti infelici e il **MONITOR % UNHAPPY** mostra la percentuale di agenti che hanno meno vicini dello stesso colore di quanti ne vogliono (e quindi vogliono spostarsi).

Complex Adaptive Systems (CAS)

Sistemi complessi in cui le componenti (agenti) sono capaci di adattarsi e modificare il proprio comportamento in risposta all'ambiente o alle interazioni con altri agenti.

• **Caratteristiche principali:**

- **Adattamento:** Gli agenti possono apprendere, evolversi o modificare strategie.
- **Decentralizzazione:** Non c'è un controllo centralizzato; il comportamento globale emerge dalle interazioni locali.
- **Non-linearità:** Piccoli cambiamenti nelle interazioni locali possono avere effetti significativi a livello globale.
- **Evoluzione:** Si sviluppano dinamicamente nel tempo, spesso seguendo processi di selezione naturale o ottimizzazione.

• **Esempi:**

- Ecosistemi biologici.
- Mercati economici.
- Colonie di insetti (come formiche o api).
- Reti sociali o sistemi politici.

Un sistema complesso è un sistema composto da diversi elementi individuali (agenti) i quali, interagendo tra loro secondo relazioni non lineari, danno al sistema complesso risultante alcune proprietà che i sistemi classici non hanno (Cilliers, 2007)

Sistemi semplici

- Se un sistema semplice evolve nel tempo, il modo in cui evolve è prevedibile date le condizioni iniziali (determinismo)
- Se due sistemi semplici partono da condizioni iniziali diverse, il loro sviluppo nel tempo sarà tanto più diverso quanto più sono diverse le condizioni iniziali

Sistemi complessi

- Gli stati futuri di un sistema complesso non sono in genere prevedibili sulla base delle condizioni iniziali
- I sistemi complessi sono molto sensibili alle loro condizioni iniziali: due sistemi complessi che partono da condizioni iniziali vicine possono svilupparsi nel tempo in modi molto diversi (**caos deterministico**)

Sistemi semplici

- Un sistema semplice tende a non essere coinvolto in rapporti di causazione reciproca (causalità lineare)
- Un elemento del sistema ne influenza un altro, ma non viceversa

Sistemi complessi

- I sistemi complessi sono coinvolti in rapporti di causazione reciproca che includono effetti di retroazione positiva o negativa (causalità circolare e feedback)
- Un elemento del sistema influenza un altro elemento e ne è influenzato

Sistemi semplici

- Un sistema semplice è costituito di elementi il cui ruolo nel determinare il comportamento complessivo del sistema è ben individuabile
- Le proprietà sistemiche di un sistema semplice possono essere ricostruite e spiegate a partire dalle proprietà dei singoli **elementi**

Sistemi complessi

- Il ruolo che ciascun elemento di un sistema complesso ha nel determinare il comportamento globale del sistema non è ben identificabile
- Le proprietà sistemiche di un sistema complesso non possono essere ricostruite né spiegate a partire dalle proprietà dei singoli elementi (**fenomeni emergenti e di auto-organizzazione**)

Alcuni concetti e parole della complessità

- **IRRIDUCIBILITA'**: Intreccio inestricabile". Il sistema non può venire ridotto semplicemente alla somma degli elementi che lo costituiscono senza perdere qualcosa di essenziale
- **MOLTEPLICITA'**: sistema, cioè un tanti elementi in relazione dinamica tra loro
- **RELAZIONE CIRCOLARE TRA IL TUTTO E LE PARTI**
- **PROPRIETA' EMERGENTE**: comportamenti collettivi imprevedibili al livello degli elementi costitutivi: auto-organizzazioni che emergono dalla dinamica microscopica (o a livello degli agenti), e sono abbastanza robuste da resistere alle perturbazioni

La scienza della complessità afferma che le regolarità riscontrate a un certo livello di aggregazione emergono da una **relazione circolare tra livelli diversi**. Si fa dunque la scelta di una **spiegazione «dinamica»** al posto di una **spiegazione «statica»**, di una **circularità processuale** al posto di una piramide esplicativa, non importa se ascendente o discendente.

G. Zanarini

Che cos'è un «pensiero complesso»?

È un pensiero che coglie **l'articolazione tra i livelli di descrizione del mondo**, in relazione **dialogica e costruttiva** tra loro. Che **non cerca sempre e comunque un livello esplicativo**, ma che è aperto a cogliere ciò che emerge dall'articolazione tra livelli.

G. Zanarini, Diario di Viaggio complessità e immagini del mondo

Quale impatto sull'educazione?



2011

1999-2000

2001  Climate change
her's academy

Abbiamo acquisito molte **certezze** attraverso la scienza, ma la scienza del ventesimo secolo ha anche rivelato molte aree di **incertezza**.

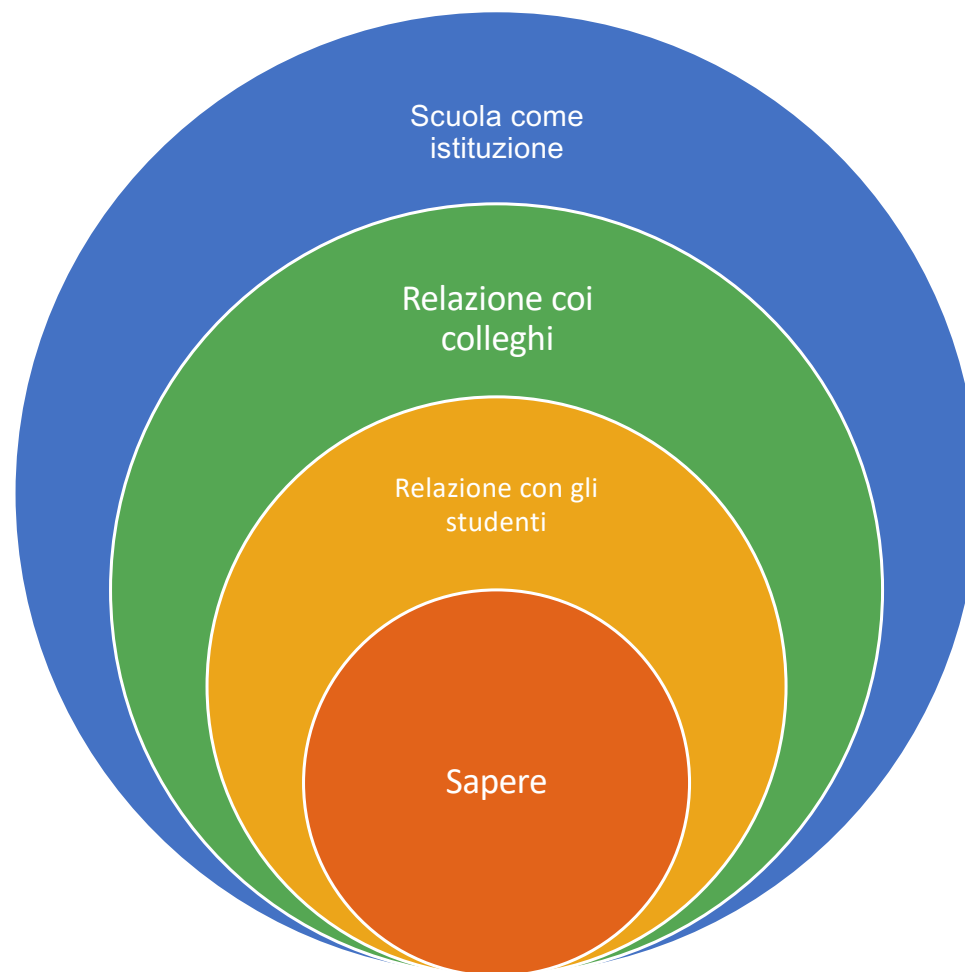
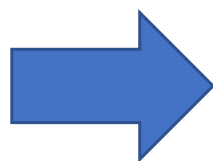
L'educazione dovrebbe includere lo studio di incertezze emerse nelle scienze fisiche (microfisica, termodinamica, cosmologia), nelle scienze dell'evoluzione biologica, nelle scienze storiche.

Dovremmo insegnare principi di strategia per affrontare i **rischi**, **l'inaspettato** e **l'incerto**, e i modi per modificare queste strategie grazie alla continua **acquisizione di nuove informazioni** acquisite nel **corso dell'azione**.

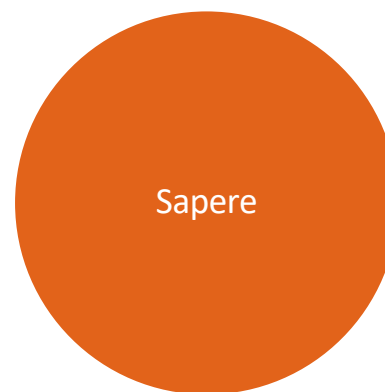
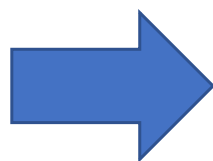
Dovremmo imparare a navigare su un mare di incertezze, navigando in e intorno a arcipelaghi di certezze.

(E. Morin, 2001)

Ambiti di impatto



Ambiti di impatto



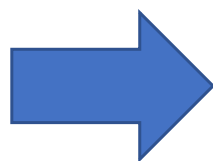
Il determinismo:

“Noi dunque dobbiamo ravvisare lo stato presente dell'universo come l'effetto del suo stato anteriore e come la cagione di quello avvenire. Un'intelligenza che, per un dato istante, conoscesse tutte le forze di cui la natura è animata, e la rispettiva situazione degli esseri che la compongono, se fosse d'altronde assai vasta da sottomettere questi dati all'analisi, abbraccerebbe nella medesima formula i movimenti dei più grandi corpi dell'universo e quei dell'atomo il più leggero; niente sarebbe incerto per essa, e l'avvenire come il passato sarebbe presente ai suoi occhi”. (Laplace, 1814)

- Dove trovo nel sapere e nella/e disciplina/e che insegno il posto per introdurre i concetti di **caso**, **incertezza**, forme di **ordine e disordine**? Quali **forme di incertezza** possono riconoscere nella mia disciplina?
- Quali strategie la mia disciplina ha elaborato per gestire l'incertezza, il caos?
- Dove trovo modelli di strutture e di concettualizzazioni della **relazione tra il tutto e le parti**, tra **ordine e disordine**?
- Dove trovo concettualizzazioni delle **forme di interazione**?
- Dove trovo le basi concettuali per sviluppare il **pensiero sistemico**?

Il dilemma certezza-incertezza, semplicità-complessità

Ambiti di impatto



Relazione con gli
studenti

Studio durante la pandemia (Levrini et al. 2021)

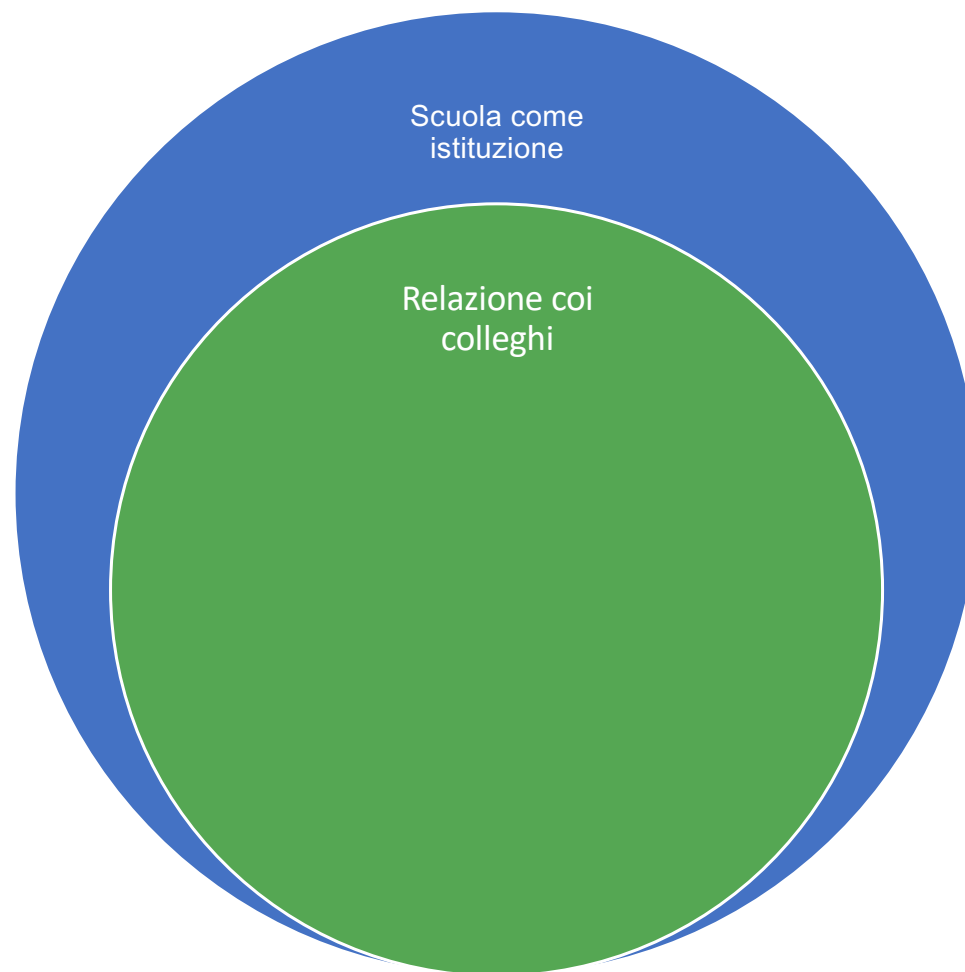
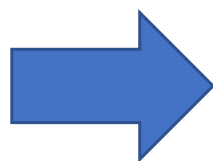


Distacco profondo nella dimensione personale e sociale

Matematica e Fisica come fonti di certezza

- Il sapere e la/le disciplina/e che insegno possono aiutare a sviluppare competenze per trattare il tema **certezza-incertezza** anche **da un punto di vista emotivo?**
- Quali visioni di incertezza e di sistema promuovo e quali **valori** attribuisco a certezza/incertezza? (ad esempio, l'incertezza è trattata come un problema da risolvere o come l'occasione che permette di aprire nuovi spazi di possibilità? Do priorità alle necessità degli studenti di cercare certezze o alla necessità di formarsi ad accettare forme di incertezza?)

Ambiti di impatto



- Quali **pratiche didattiche** possono, con l'azione, promuovere una prospettiva della complessità?
- Quali esercizi, **problemi** considero? Quali **sfide conoscitive**?
- Quali difficoltà vedo nell'educare alla complessità?
- ...

Caratteristiche delle soluzioni / Tipo di cambiamento necessario

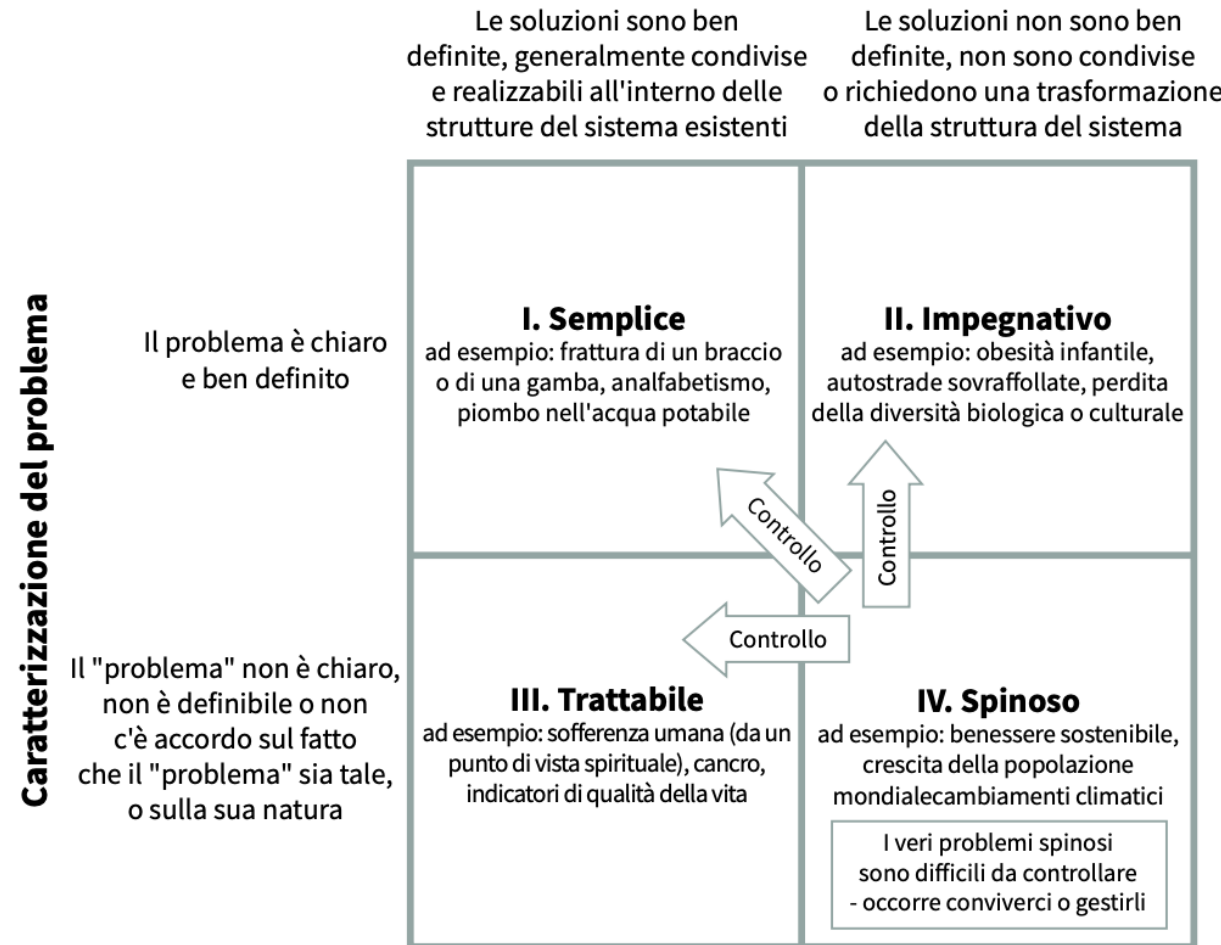


Figura 5. Caratterizzazione del problema e cambiamento necessario [Fonte: Glasser, 2018]

Definition: A wicked problem is a problem or policy issue that is difficult to solve because it is complex and ill structured. It entails several incomplete, intractable, controversial, contested and evolving requirements that are difficult to recognise or link. It often has no single solution.

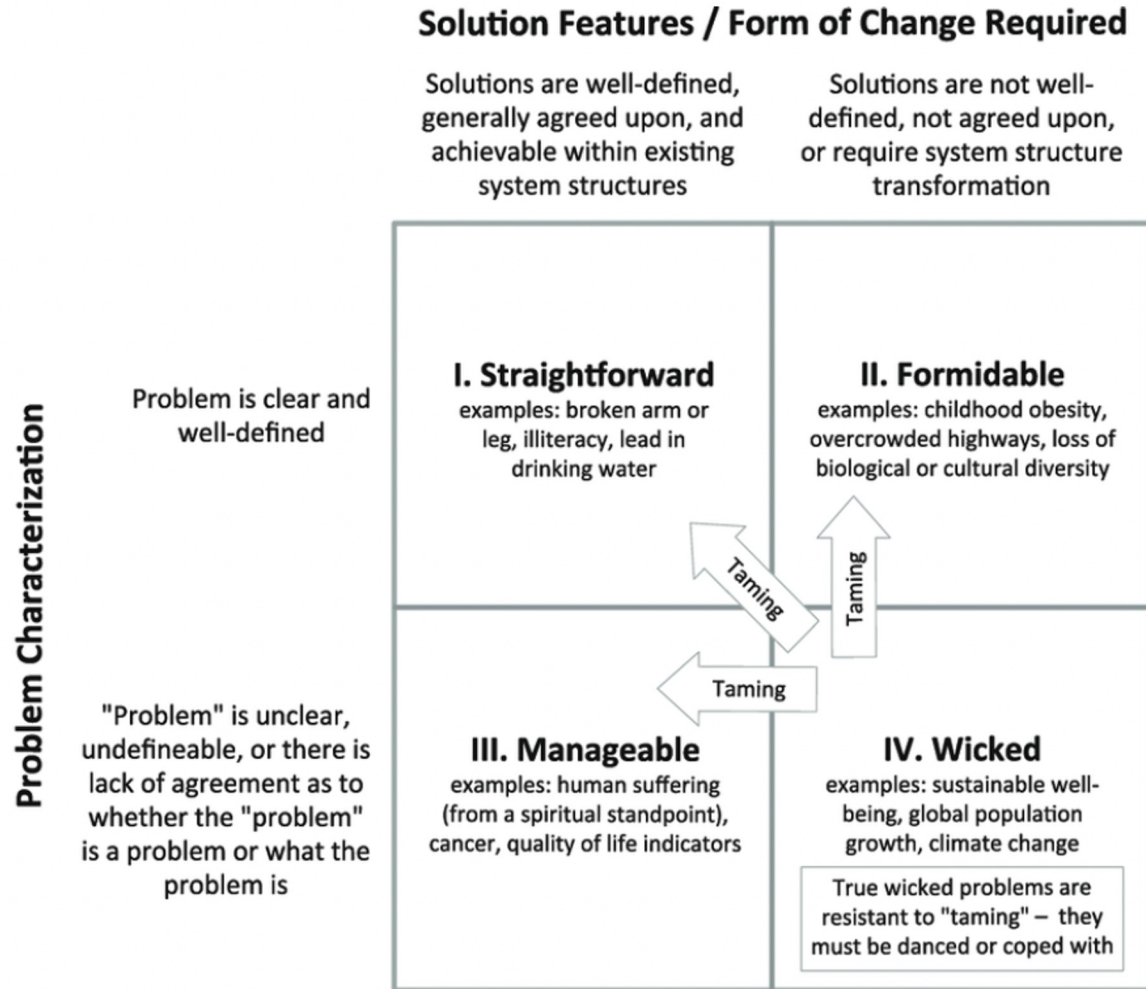


Figure 5. Problem characterisation and change required. Source: Glasser, 2018.

- In che modo riflettere sulla complessità e l'incertezza può favorire una collaborazione tra colleghe e colleghi?
- Quali spazi per l'interdisciplinarietà possono aprire?
- In che modo può creare opportunità o, al contrario, ostacoli nelle relazioni e nell'organizzazione della scuola?

LE DISCIPLINE e la loro MULTIDIMENSIONALITA'

- Come **forma di organizzazione del sapere** (il sapere oggettivato nei manuali)
- Come **istituzione** (l'organizzazione delle scuole per «materie», le università per «dipartimenti», la ricerca per Aree e SSD)
- Come **elemento relazionale** (la mia forma di expertise mi colloca come «adulta-guida» rispetto ai miei studenti e alle mie studentesse e rispetto a colleghe e colleghi)
- Come **cultura** (comunità di pratiche) e **elemento identitario** («sono una «fisica», «Maria è una matematica»)

Cultura come “costellazione di pratiche sviluppate storicamente e plasmate dinamicamente dalle comunità al fine di realizzare gli obiettivi a cui danno valore. Tali pratiche sono costituite dagli strumenti che utilizzano, dai social network con cui sono collegate, dai modi in cui organizzano attività congiunte, dal discorso che usano e valorizzano (ovvero modi specifici di concettualizzare, rappresentare, valutare e interagire con il mondo)” (Nasir et al., 2006).

Grazie per la vostra attenzione



Funded by the European Union. Views and opinions expressed are however those of the author(s) only and do not necessarily reflect those of the European Union or the EACEA. Neither the European Union nor the granting authority can be held responsible for them.

Climate change
teacher's academy



Climate change
teacher's academy

<https://climademy.eu>