



# SPAIS *Scuola Permanente per l'Aggiornamento degli Insegnanti di Scienze Sperimentali*

**Quali conoscenze di base per comprendere l'innovazione?**

**SPAIS 2021**

***L'entropia. Concetti e didattica***

**Seminari online**

Dopo l'annullamento a causa dell'emergenza COVID della edizione in presenza di SPAIS 2021, la Scuola Permanente per l'Aggiornamento degli Insegnanti di Scienze Sperimentali offre un ciclo di seminari online su un tema trasversale alle discipline e che presenta difficoltà interpretative e, per i docenti, anche didattiche.

L'entropia è una funzione di stato che, tramite il secondo principio della termodinamica, sotto certi vincoli, consente di stabilire la spontaneità di qualsiasi processo o trasformazione in tutti gli ambiti delle scienze sperimentali. Di conseguenza, questa funzione ha notevole importanza e sostanziali ricadute didattiche. Tuttavia, la frequente associazione dell'entropia a un non meglio specificato "disordine" del sistema non contribuisce a chiarire la natura di questa funzione e, anzi, è l'origine di molte conoscenze difformi da parte degli studenti.

In questo ciclo di seminari, in cui ampio spazio sarà anche dedicato alla discussione e a interventi dei partecipanti, a partire da una panoramica sullo sviluppo storico e interpretativo del concetto di entropia, saranno offerti anche esempi della sua rilevanza in contesti attuali in campo chimico, fisico e delle scienze naturali e della vita.

Tutti i seminari si svolgeranno su piattaforma MS Teams secondo il seguente calendario

Data e ora	Relatore *	Titolo
29 ottobre 2021 - 16 16,30 - 18,30	Michele A. Floriano Prof. Raffaele Pisano	Introduzione Una Storia Intellettuale dell'Entropia
12 novembre 2021 16 - 18	Prof. Lorenzo Stella	Ludwig Boltzmann: esistenza degli atomi, interpretazione statistica dell'entropia e freccia del tempo
26 novembre 2021 16 - 18	Prof. Renato Lombardo	Autorganizzazione spontanea: dal disordine alla vita
01 dicembre 2021 16 - 18	Prof. Nadia Marchettini	Il ruolo dell'entropia nel pianeta Terra
10 dicembre 2021 16 - 18	Prof. Giuseppe Gembillo	Calore, Diffusione, Entropia, Autoorganizzazione. Tra scienza e filosofia

\* brevi riassunti sono riportati in allegato.

La partecipazione ai seminari è gratuita ma il numero di partecipanti ammessi è limitato e si terrà conto dell'ordine di arrivo delle iscrizioni da effettuarsi mediante il modulo disponibile [qui](#) entro il **20.10.2021**. Agli iscritti verranno comunicate le modalità di connessione per partecipare ai seminari. A conclusione dei seminari verrà rilasciato idoneo attestato di partecipazione per il numero di ore effettivamente frequentato.

**Comitato scientifico organizzatore:** Anna Caronia, Delia Chillura Martino, Giorgio Cucciardi, Claudio Fazio, Michele A. Floriano, Giovanni Magliarditi e Salvatore Stira

**Per informazioni:** [infospais@gmail.com](mailto:infospais@gmail.com)

[www.unipa.it/flor/spais.htm](http://www.unipa.it/flor/spais.htm)



## Riassunti

**Prof. Raffaele Pisano** IEMN, Lille University, France - [raffaele.pisano@univ-lille.fr](mailto:raffaele.pisano@univ-lille.fr)

### *Una Storia Intellettuale dell'Entropia*

Nella storia della scienza (Fisica e Matematica), la nascita della Chimica (1789) e della termodinamica (1824) hanno prodotto un'anomalia all'interno del paradigma meccanico newtoniano: e.g., forza e accelerazione non avevano più cittadinanza ufficiale. Gli studiosi hanno poi cercato di reintrodurli mediante approcci meccanicistici, come nel caso del *Modello cinetico dei gas*. Tuttavia la Termodinamica, in generale, e la sua Seconda Legge, in particolare, affermarono gradualmente il loro ruolo di paradigmi cognitivi dominanti anche in diversi ambiti disciplinari. Una moltitudine di formulazioni della Seconda Legge – una sorta di indiscutibile ricchezza intellettuale – si sono sviluppati-concepiti dopo la formulazione originale di Sadi Carnot (1824); incluse proposte di varie forme e applicazioni della funzione entropia, i.e., dopo i lavori di Clausius (1865). La seconda metà del XIX secolo è stato segnato da un'intensa attività di ricerca interdisciplinare tra fisica, chimica, matematica e geometria (*et al.* discipline); alcune sono state applicate al calore sotto forma di analisi analitiche, meccaniche e statistiche.

Il mio talk fornisce elementi per contestualizzare storicamente la Seconda Legge e il concetto di Entropia nell'ambito storico, epistemologico e *Intellectual History of Science*, anche in una prospettiva didattica: analisi storico-fondazionale e scientifica delle fonti primarie e letture critiche in letteratura secondaria. Esso è l'espressione di un vasto programma di ricerca focalizzato sui fondamenti del rapporto fisica-matematica e fisico-chimica nella storia della scienza.

**Prof. Lorenzo Stella** Dipartimento di Scienze e Tecnologie Chimiche, Università di Roma "Tor Vergata" [stella@stc.uniroma2.it](mailto:stella@stc.uniroma2.it)

### *Ludwig Boltzmann: esistenza degli atomi, interpretazione statistica dell'entropia e freccia del tempo*

*"Non credo che gli atomi esistano!"*. Questa frase venne pronunciata dal fisico e filosofo Ernst Mach in un congresso del 1897, dopo una conferenza di Ludwig Boltzmann, e rappresentava le convinzioni di diversi scienziati dell'epoca: poiché atomi e molecole non erano osservabili, non dovevano essere considerati altro che un'utile ipotesi di lavoro. Tuttavia, proprio basandosi su una descrizione atomistica della materia, Boltzmann poté chiarire una delle principali contraddizioni scientifiche dell'epoca, quella della *"freccia del tempo"*: le equazioni della meccanica ( $F=ma$ ) sono simmetriche per l'inversione della variabile tempo e quindi non prevedono una direzione preferenziale per l'evoluzione temporale dei fenomeni. D'altra parte, l'esperienza comune ci dice che esistono un passato, un presente e un futuro e che non si può andare indietro nel tempo. Queste osservazioni erano state codificate nel secondo principio della termodinamica, che descrive il mutamento spontaneo dei sistemi macroscopici, senza peraltro fornirne una spiegazione meccanicistica. Boltzmann (insieme a Maxwell e Clausius) dimostrò che se consideriamo un sistema (ad esempio un gas) come un insieme di atomi, possiamo descrivere le sue proprietà macroscopiche (temperatura, pressione) in termini di movimenti delle particelle. Inoltre, l'evoluzione spontanea del sistema può essere spiegata semplicemente in termini statistici: l'entropia è una misura della probabilità degli stati. Un sistema isolato evolve spontaneamente verso stati a maggiore probabilità ed il numero elevatissimo di componenti di un sistema macroscopico fa sì che lo stato più probabile sia anche l'unico ad avere una probabilità significativa di verificarsi. Il lavoro di Boltzmann fondò la meccanica statistica, chiarì il concetto di temperatura e fornì un fondamentale contributo all'accettazione generale della reale esistenza di atomi e molecole, che venne provata sperimentalmente negli anni immediatamente successivi, con la scoperta degli elettroni, dei nuclei e della radioattività e con l'interpretazione del moto Browniano.

**Prof. Renato Lombardo** Dipartimento STEBICEF Università di Palermo [renato.lombardo@unipa.it](mailto:renato.lombardo@unipa.it)

### *Autorganizzazione spontanea: dal disordine alla vita*

L'Universo è in perenne mutazione, in ogni istante un numero virtualmente infinito di processi modifica tutto ciò che ci circonda. Ciononostante, la Natura è caratterizzata dalla presenza di strutture coerenti che nascono e si distruggono su diverse scale spaziali e temporali. Il Secondo Principio della Termodinamica impone che l'entropia dell'Universo sia in costante aumento (e con essa il suo disordine). Come possiamo risolvere questa (apparente) contraddizione? Come mai possiamo riconoscere intorno a noi, in noi e dentro di noi strutture, organizzazione e ordine?

**Prof. Nadia Marchettini** Dipartimento di Scienze Fisiche, della Terra e dell'Ambiente Università di Siena  
[nadia.marchettini@unisi.it](mailto:nadia.marchettini@unisi.it)

### *Il ruolo dell'entropia nel pianeta Terra*

Qualsiasi forma di vita e attività, i.e. una città, un sistema economico, una società, un ecosistema, dipende inesorabilmente dalla proprietà e dalla capacità che la Natura ha di rigenerare risorse e assorbire scarti antropici. Il Pianeta Terra vive grazie al flusso di energia solare, che le piante catturano e convertono in energia chimica, utilizzabile da tutti gli organismi grazie alla sua distribuzione lungo le catene alimentari. Allo stesso tempo, il Pianeta Terra gestisce sapientemente, grazie a meccanismi complessi, il calore che si forma inevitabilmente dalle trasformazioni energetiche, trattenendone una parte ed eliminando il surplus riversandolo nel serbatoio freddo dell'Universo. L'entropia ha giocato, e gioca, un ruolo importante nell'evoluzione biologica, garantendo le condizioni per la vita del Pianeta, mantenendolo lontano dall'equilibrio termodinamico.

**Prof. Giuseppe Gembillo** Dipartimento di Scienze cognitive, psicologiche, pedagogiche e degli studi culturali.  
Università di Messina [giuseppe.gembillo@unime.it](mailto:giuseppe.gembillo@unime.it)

*Calore, Diffusione, Entropia, Autoorganizzazione. Tra scienza e filosofia*