

## ScienzAfirenze

### UNA OPPORTUNITÀ DI ORIENTAMENTO

di Alessandro Barbaglio e Elisa Ferrari\*

*Gli autori, studenti del liceo scientifico presentano un lavoro sperimentale che ha ottenuto il secondo premio nell'edizione 2022 del concorso ScienzAfirenze dal titolo "Le domande cruciali nel fare scienza. Fenomeni, indizi, esperimenti". L'argomento trattato prende in considerazione un settore della fisica molto innovativo: il caos deterministico. Gli studenti, dopo un approfondimento di tipo matematico, hanno operato con lo studio di alcuni oscillatori meccanici, evidenziando situazioni di caos. Questa attività sperimentale è stata svolta dagli autori mentre frequentavano la classe IV del liceo scientifico, in gruppo con Luca Acerbi e Alessandro Gaeta, studenti della classe V dell'istituto tecnico. Il lavoro è stato coordinato da Fabrizio Giannelli, docente di fisica. Alla fine dell'articolo è riportato il link al testo completo della tesina.*

\* studenti della classe 5T  
del Liceo Scientifico OSA  
"A. Cesaris" di Casalpusterlengo

Nella maggior parte dei casi il liceo fornisce ai propri studenti tanti spunti interessanti, i quali solo raramente vengono approfonditi, soprattutto se si tratta di argomenti oggetto di ricerca. Per quanto riguarda la fisica, entrare più nello specifico degli argomenti studiati è ancora più difficile a causa del ridotto numero di ore a disposizione. Partecipare a iniziative quali ScienzAfirenze ci ha permesso di avvicinarci a questa materia e scoprire aspetti che, in classe, non avremmo potuto comprendere e apprezzare altrettanto.

Nelle due edizioni di ScienzAfirenze alle quali abbiamo partecipato, le proposte del nostro docente Fabrizio Giannelli ci hanno lasciato sorpresi e non poco. Trovarsi con delle basi di fisica e dover lavorare su ambiti totalmente al di fuori delle proprie conoscenze è stato quello che ha caratterizzato il nostro percorso durante entrambi gli anni. Proponendo un lavoro di confronto tra fenomeni elettrici e fenomeni idraulici in seconda e un ancor più complesso progetto sul caos deterministico in quarta, abbiamo riscontrato difficoltà di una certa rilevanza. Ciononostante, queste complessità ci hanno permesso di immedesimarci, seppure nel nostro piccolo, nel lavoro di un ricercatore che non demorde di fronte a fenomeni sconosciuti o non pienamente compresi. Difficilmente accade di avere già tutte le risposte in mano, e questi progetti ne hanno aumentato la nostra consapevolezza, ma è proprio grazie a questo sforzo necessario per cercare delle soluzioni che abbiamo potenziato le nostre competenze in ambito della risoluzione di problemi, e non solo.



## Che caos! L'argomento della tesina

Senza alcun timore, sapendo di poter fare affidamento sul nostro professore, ci siamo messi al lavoro per produrre due buone esperienze partendo da zero. Ci sono voluti prima di tutto la comprensione e lo studio teorico dell'argomento e, successivamente, molte ore di attività sperimentale, che nella maggior parte dei casi ci hanno lasciato delusi, non portando ad alcun risultato da noi atteso. Solo dopo molto tempo, necessario a prendere confidenza con gli apparati e con il fenomeno, i risultati hanno cominciato ad arrivare. Particolarmente significativa nel progetto relativo al caos è stata un'intuizione che abbiamo avuto durante una comune lezione in classe sui battimenti: grazie a questa idea siamo riusciti a comprendere un aspetto prima trascurato del fenomeno e, quindi, a trovare una relazione tra i dati ottenuti sperimentalmente col nostro oscillatore meccanico. Da questa inaspettata illuminazione abbiamo compreso meglio il motivo per il quale si studia molto la letteratura prima di approcciarsi a un fenomeno, ma anche perché sia necessaria una lunga e ardua preparazione universitaria prima di adempiere a lavori come questo.

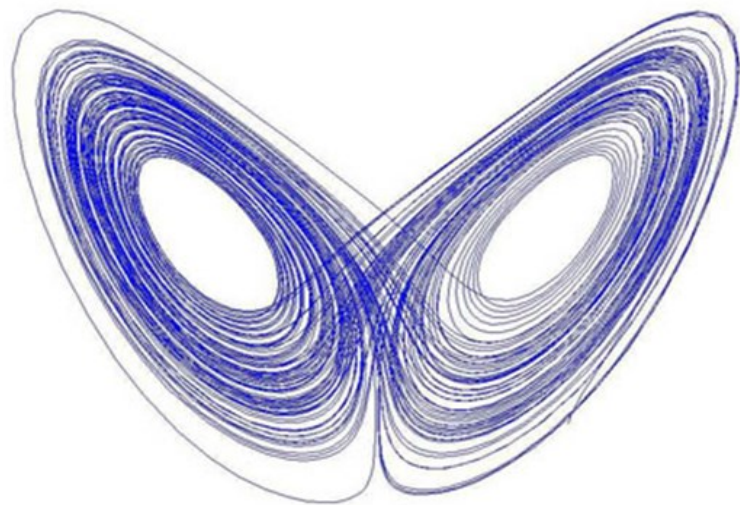
### Una introduzione al caos

Negli anni Sessanta Edward Norton Lorenz (1917-2008), meteorologo americano, mostrò che nel caso della turbolenza non vi erano moti elementari semplici. Egli creò un modello semplificato di fluido in cui era messo in evidenza il fenomeno di rapida crescita degli errori in funzione delle condizioni iniziali. Tale fenomeno è noto come *forte dipendenza dalle condizioni iniziali*: un piccolo cambiamento delle condizioni iniziali modifica considerevolmente l'evoluzione del sistema.

Questo fatto è di notevole importanza, in quanto mette in luce che un sistema deterministico può avere un comportamento imprevedibile e questo in contrasto con quanto si era pensato nel passato. È così che negli anni Settanta nasce il caos deterministico settore della fisica che studia quei sistemi per i quali a piccole variazioni delle condizioni iniziali corrispondono evoluzioni del sistema completamente diverse.

Si parla di caos deterministico, perché sono conosciute e ben determinate le relazioni tra cause ed effetti all'interno del sistema, ma ciò non impedisce che vi si instauri un regime caotico. All'origine di questo comportamento sta la non linearità delle equazioni che li descrivono; è per questo che la teoria del caos prende anche il nome di teoria dei sistemi non lineari.

A partire dalle ricerche del meteorologo americano numerosissimi fenomeni sono stati spiegati con modelli caotici. La scienza del caos ha trovato applicazione in moltissimi campi, dalla meteorologia alla medicina, dalla dinamica dei fluidi alla biologia, dall'elettromagnetismo all'ottica laser. I sistemi descritti da modelli caotici sono spesso di grande complessità. Eppure, già sistemi estremamente semplici come il pendolo doppio possono dare origine al caos: le forze in gioco sono note e ben definite, eppure le corrispondenti equazioni non lineari danno vita a soluzioni caotiche (vedi Figura qui a fianco).



L'attrattore di Lorenz

### Lo studio della mappa logistica

Uno degli esperimenti presentati era infatti lo studio del caos in ambito fisico-matematico. In particolare, noi ci eravamo concentrati sull'analisi della mappa logistica, un modello matematico caratterizzato da un'equazione non lineare, quindi il nostro lavoro consisteva nell'analizzare il comportamento di questa funzione, reiterandola più volte, al variare di un parametro arbitrario, andando così alla ricerca di andamenti caotici o lineari. Durante i nostri tentativi, ci siamo imbattuti in alcuni casi di grafici che sembravano curiosamente simili; così, confrontando i dati ottenuti su Excel mediante la reificazione delle due mappe logistiche in questione, ci siamo resi conto che non erano solo simili, bensì coincidevano. Questa apparente coincidenza

si è poi ripresentata, portandoci a valutare l'opzione che potesse esserci una qualche regola alla base di questo comportamento. Ed effettivamente è stato così: ripensandoci per qualche tempo, siamo arrivati a determinare la semplice relazione tra i due parametri arbitrari necessaria affinché i due grafici risultino coincidenti, aspetto che noi non avevamo riscontrato in letteratura.

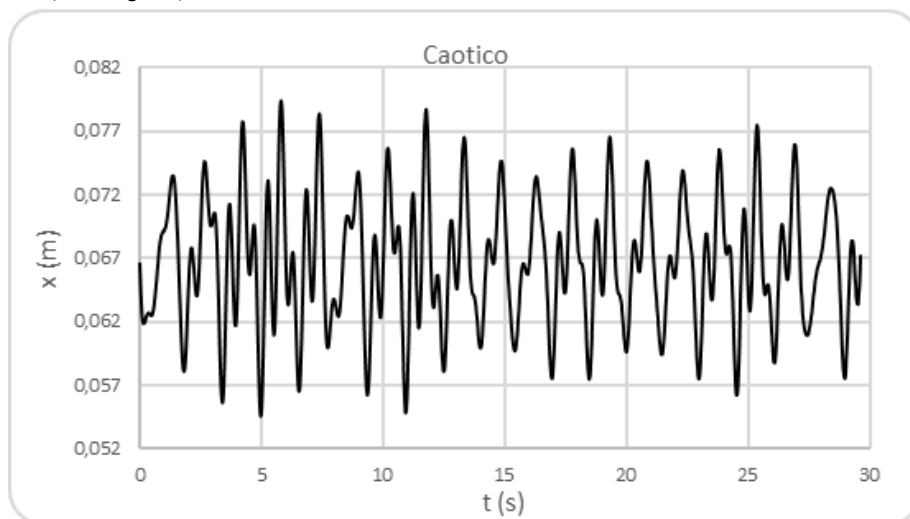
### Il nostro lavoro sperimentale

L'apparato sperimentale è molto semplice e prevede l'utilizzo della rotaia a cuscino d'aria. In sostanza il carrellino della rotaia è collegato a due molle uguali di costante elastica 3,45 N/m. Le altre estremità delle molle sono collegate una a un punto fisso della rotaia e l'altra a un motorino alternativo. Il motorino ha una corsa variabile. La velocità del motorino viene regolata da un piccolo circuito acquistato appositamente. Per alimentare il motorino abbiamo utilizzato un generatore in continua presente nel nostro laboratorio.

I sistemi che abbiamo deciso di prendere in considerazione sono tre. Nel primo sistema che abbiamo analizzato sopra al carrellino è posta una bacchetta, con una piccola "zavorra", vincolata al carrello con una molla. In sostanza quando il carrello inizia a oscillare anche la bacchetta ha una oscillazione che in qualche modo influenza l'intero sistema.

Nel secondo caso abbiamo fatto oscillare il carrellino senza la bacchetta. Infine, nel terzo, abbiamo utilizzato due carrellini collegati tra loro da una terza molla (costante elastica 15 N/m).

Il nostro lavoro è consistito nell'andare alla ricerca di oscillazioni cicliche ed eventualmente caotiche al variare della frequenza del motorino. Tutti e tre i sistemi sembrano mostrare dinamiche varie e simili anche se noi abbiamo riportato i risultati del primo sistema perché è quello che sembra mostrare una maggiore varietà di oscillazioni (vedi Figura).



Oscillazione caotica del carrellino

Anche i nostri tentativi fallimentari, però, non si sono rivelati una perdita di tempo, in quanto ogni volta che riprovavamo a eseguire l'esperimento capivamo sempre un po' meglio l'argomento e acquistavamo anche più dimestichezza con la strumentazione, il che ci ha permesso di apportare continue piccole modifiche al fine di perfezionare il nostro lavoro. Le competenze pratiche acquisite in molteplici ambiti sono state notevoli: saldare, utilizzare programmi informatici o maneggiare apparati di vario tipo non solo sono stati un assaggio di quello che si ritrovano oggi a fare i ricercatori, ma sono anche abilità che sicuramente ci torneranno utili in futuro. Anche perché che essi siano ingegneri, fisici, matematici o scienziati di qualsiasi ambito, tutti i ricercatori sono accomunati dalla necessità di costruirsi i propri apparati, o quantomeno progettargli.

Oltre alla pazienza, la scienza richiede anche una buona dose di creatività, in particolare modo quando ci si trova davanti a un problema inaspettato e si prova ad arrivare a nuove soluzioni, o quanto meno a comprendere meglio il fenomeno in analisi.

Queste idee, come abbiamo visto, non necessariamente incombono durante il lavoro vero e proprio. Talvolta, mentre svolgevamo l'analisi dei dati o ripensavamo a un esperimento in un secondo momento, ci è capitato di avere qualche nuovo suggerimento per poter migliorare l'esperimento. Una di queste idee, per esempio, è stata la dimostrazione di una formula relativa alla somiglianza presentata da alcuni grafici caotici, idea che ci è venuta ripensando al motivo che poteva essere alla base dei grafici identici che avevamo individuato a scuola mentre stavamo lavorando all'analisi della mappa logistica.

### **L'importanza della cooperazione**

A questo proposito, un'altra importante nozione appresa è il peso che ha un'attività di studio o di ricerca nella propria vita privata. Spesso il pensiero di dover trovare una soluzione è assillante e accompagna costantemente per un periodo della propria vita, e ciò può accadere proprio in quanto alla base di queste attività vi è la passione. Questa, soprattutto se condivisa, permette di non arrendersi davanti alle difficoltà e ai periodi di stallo. La cooperazione è stata infatti il punto cruciale di tutto il percorso: unendo le menti e le forze, abbiamo accelerato i processi e affrontato ogni problema. Buona parte del merito va al nostro docente che ci ha trasmesso questa metodica di lavoro tendente, seppur senza mai riuscire a raggiungerla, alla perfezione. La passione e la dedizione sono anch'essi due aspetti che possono venire trasmessi, soprattutto quando si deve lavorare a un obiettivo comune con persone volenterose e interessate.

### **Un contributo all'orientamento**

Queste esperienze ci hanno operativamente cambiato e rappresentano un punto cardine del nostro percorso scolastico. La pazienza, l'ordine e le competenze acquisite ci sono risultate fondamentali, permettendoci di migliorare il nostro rapporto con le materie affrontate durante le ordinarie lezioni. Soprattutto, però, la svolta è stata nel nostro percorso di orientamento all'università. Abbiamo entrambi confermato e rafforzato la nostra passione per le materie scientifiche, e in particolar modo per la fisica. Questo assaggio di temperanza ci ha permesso di comprendere che, nonostante la difficoltà delle facoltà a cui siamo interessati, nel momento in cui si è appassionati e si crede in ciò su cui lavoriamo, la fatica non è più un sacrificio, bensì una parte integrante del percorso. Abbiamo ancora molto tempo prima di decidere se voler intraprendere o meno un percorso di ricerca post-universitario, tuttavia, qualunque saranno le nostre scelte future, questo progetto non solo ci ha profondamente e positivamente segnato, ma ci ha anche insegnato a vedere la ricerca da un altro punto di vista, più vicino a quello del ricercatore.

Con questo progetto abbiamo esplorato un ambito della scienza che non viene trattato nel normale percorso scolastico, questo ha comportato diverse difficoltà nel comprenderlo. Proprio per questo abbiamo avuto bisogno di molto tempo per entrare nell'ottica di questa tipologia di fenomeni a noi prima sconosciuti. Studiando i tre differenti sistemi abbiamo, inoltre, compreso come a partire da un sistema apparentemente lineare possano emergere dinamiche caotiche, le quali sembrano ugualmente obbedire a delle leggi ben precise, sebbene non siano sempre facili da individuare.

*Alessandro Barbaglio e Elisa Ferrari (studenti della classe 5T del Liceo Scientifico OSA "A. Cesaris" di Casalpusterlengo).*

La tesina in cui presentiamo in dettaglio il lavoro è consultabile al seguente link:

<https://www.diessefirenze.org/wp-content/uploads/2022/05/SAFTT44.pdf>

