

## I LINCEI PER UNA NUOVA DIDATTICA NELLA SCUOLA: UNA RETE NAZIONALE

**Polo di PISA**  
**A.S. 2018/2019**

**Titolo corso:** Matematica - *La matematica nel mondo contemporaneo*

**Referenti:** Prof. Francesco Pegoraro, Università di Pisa, Prof. Fulvio Ricci, Scuola Normale Superiore

**Destinatari:** Docenti di scuola secondaria di secondo grado

**Inizio:** 17 gennaio 2019 **Fine:** aprile 2019

**Durata del corso** (in ore): 16,00

**Sede del corso** (completa di indirizzo): Aula Bianchi, Scuola Normale Superiore, Palazzo della Carovana – Piazza dei Cavalieri, 7

**Numero massimo partecipanti:** 50

**ID SOFIA:** **28654**

### Descrizione

Il corso si compone di tre moduli: 1. *Complessità e Probabilità* (tre incontri); 2. *Matrici, grafi, catene di Markov: nuove applicazioni di strumenti matematici classici* (tre incontri); 3. *I mille volti della luce: ondulatoria, corpuscolare e ... superfluida. Una breve introduzione ai fluidi quantistici di luce* (due incontri).

Incontri 1 e 2: *Qualche riflessione su Caos, Determinismo, Complessità e Probabilità*, Angelo Vulpiani

Incontro 3: *Qualche richiamo di Probabilità illustrato attraverso un problema di geofisica*, Franco Flandoli

Incontri 4, 5 e 6: *Matrici, grafi, catene di Markov: nuove applicazioni di strumenti matematici classici*, Michele Benzi

Incontro 7 e 8: *I mille volti della luce: ondulatoria, corpuscolare e ... superfluida. Una breve introduzione ai fluidi quantistici di luce*, Iacopo Carusotto

### Obiettivi

#### I MODULO

##### *Complessità e Probabilità*

Se osserviamo il mondo che ci circonda notiamo che esistono fenomeni regolari e prevedibili, ad esempio il susseguirsi del giorno e della notte, l'alternanza delle stagioni e le eclissi che sono calcolate dagli astronomi con grande anticipo e precisione. Per descrivere queste situazioni si usano leggi deterministiche, il cui prototipo sono le equazioni differenziali alla base della meccanica di Newton e di gran parte della fisica classica.

Ci sono però anche fenomeni che non sembrano affatto seguire leggi precise come quelle che valgono per le eclissi o per i corpi che cadono. Quando abbiamo a che fare con giochi come i dadi, la roulette, il lotto, l'andamento della borsa, e così via, invece parlare di leggi usiamo termini come caso e aleatorietà, e la descrizione matematica si basa sulla teoria della probabilità.

Ovviamente non è del tutto soddisfacente assumere che esistano due tipi di situazioni completamente diverse: quelle regolate da leggi certe (deterministiche), e quelle che seguono leggi aleatorie. Si potrebbe infatti notare che i dadi e le palline delle roulette obbediscono alle leggi della meccanica di Newton, proprio come i sassi che cadono e i corpi celesti.

È possibile superare questa dicotomia apparentemente inconciliabile?

Vedremo come in presenza di caos, in cui piccole differenze dello stato del sistema al tempo iniziale vengono amplificate in modo esponenziale (il famoso, e spesso citato a sproposito, effetto farfalla), è possibile introdurre in modo coerente (e non soggettivo) concetti probabilistici anche in sistemi deterministici.

È interessante notare che, per quanto riguarda la certezza, questa non è affatto esclusiva delle teorie deterministiche. I teoremi limite (primo fra tutti la legge dei grandi numeri) mostrano che in un sistema con un grande numero di componenti si può avere un determinismo probabilistico.

Questo è stato ben riassunto da B.V. Gnedenko e A.N. Kolmogorov:

«Tutto il valore epistemologico della teoria delle probabilità è basato su questo: i fenomeni aleatori, considerati nella loro azione collettiva a grande scala, generano una regolarità non aleatoria».

#### II MODULO

*Matrici, grafi, catene di Markov: nuove applicazioni di strumenti matematici classici*

*Lezione 1:* In questo incontro si mostrerà che sistemi all'apparenza alquanto diversi quali i motori di ricerca su Internet, le reti sociali, il sistema nervoso e le interazioni tra proteine all'interno di una cellula possono essere descritti usando gli stessi strumenti matematici. Questi esempi verranno usati per introdurre i concetti fondamentali dell'algebra lineare, della teoria dei grafi e delle catene di Markov finite, e la nozione di centralità per grafi.

*Lezione 2:* Questa lezione sarà dedicata a una discussione dei principali algoritmi usati per il calcolo di varie misure di centralità per classificare i nodi di grafi, sia orientati che non orientati. A questo scopo verranno passate in rassegna le proprietà degli autovalori e autovettori di matrici non negative e la nozione di ergodicità per le catene di Markov finite. Verranno inoltre introdotte le funzioni di matrici.

*Lezione 3:* Nella prima parte della lezione verranno descritte alcune tecniche, come la Decomposizione ai Valori Singolari (SVD) e la Fattorizzazione Non Negativa (NMF) di matrici, largamente usate nell'analisi dei dati. Si farà anche cenno all'uso di strutture di dati multi-indice ("tensori"), per esempio per la descrizione dell'evoluzione temporale di reti dinamiche. Nella seconda parte verranno mostrati alcuni esempi concreti dell'uso delle varie tecniche descritte nel corso delle tre lezioni mediante esperimenti numerici realizzati in MATLAB, uno degli ambienti software per il calcolo numerico più diffusi.

### III MODULO

*I mille volti della luce: ondulatoria, corpuscolare e ... superfluida. Una breve introduzione ai fluidi quantistici di luce*

Le lezioni inizieranno con una breve rassegna delle principali teorie che sono state sviluppate nei secoli per descrivere il comportamento della luce e della materia. Si proverà quindi ad animare una discussione critica collettiva delle differenze fisiche fondamentali che distinguono la luce dalla materia.

In base a questi concetti, si passerà poi a introdurre una classe di nuovi dispositivi ottici in cui i corpuscoli quantistici costituenti un fascio luminoso – i fotoni – sviluppano comportamenti collettivi analoghi a quelli delle particelle materiali di un fluido.

Verranno presentate, infine, le principali osservazioni sperimentali a sostegno di questa visione e messe in luce le potenziali applicazioni scientifiche e tecnologiche che essa contribuisce ad aprire.

### **Mappatura delle competenze** (cosa impareranno i corsisti)

Scopo del corso è la familiarizzazione con aspetti della matematica e dell'informatica teorica che sono al tempo stesso oggetto di ricerca fondamentale (teoria della calcolabilità, scomposizioni di funzioni, analisi di dati, teoria dei numeri) e presupposto per sviluppi applicativi e tecnologici di forte attualità.

### **Verifica finale**

Questionario di valutazione on line

### **Date**

I modulo

Incontro 1: giovedì 17 gennaio 2019, ore 16.00 -18.00 | Aula Bianchi (SC)

Incontro 2: venerdì 18 gennaio 2019, ore 16.00 -18.00 | Aula Bianchi (LE)

Incontro 3: venerdì 25 gennaio 2019, ore 16.00 -18.00 | Aula Bianchi (LE)

II modulo

Incontro 4: 28 febbraio 2019, ore 16.00 -18.00 | Aula Bianchi (SC)

Incontro 5: 1 marzo 2019, ore 16.00 -18.00 | Aula Bianchi (SC)

Incontro 6: 8 marzo 2019, ore 16.00 -18.00 | Aula Bianchi (SC)

III modulo

Incontro 7: aprile 2019 (data da definire)

Incontro 8: aprile 2019 (data da definire)

Segreteria Fondazione "I Lincei per la Scuola" - [segreteria@fondazioneinceiscuola.it](mailto:segreteria@fondazioneinceiscuola.it) - 06/680275329

*Si ricorda che, per la validità del corso, è necessaria la frequenza del 75% delle ore previste.*

*L'Accademia Nazionale dei Lincei che ha promosso il Progetto "I Lincei per una nuova didattica nella scuola: una rete nazionale" è un Ente accreditato e qualificato per la formazione del personale docente, in base alla direttiva 170/2016 ed è equiparata a struttura Universitaria ai sensi della direttiva n. 90/2003 e della c.m. n 376 del 23.12.95.*