

Matematica - secondo ciclo

Titolo del corso: Matematica nel mondo contemporaneo

Coordinatori del corso

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

Destinatari

Docenti di scuola secondaria di secondo grado

Finalità, obiettivi e metodologia di lavoro

Il corso si compone di tre moduli:

1. *Fisica statistica e modelli epidemiologici*, prof. Federico Ricci-Tersenghi, Università di Roma La Sapienza
2. *La Fisica del clima*, prof. Antonello Provenzale, Istituto di Geoscienze e Georisorse, CNR, Pisa (tre incontri)
3. *La dinamica del caos, il caos della dinamica*, prof. Antonio Giorgilli, Università di Milano (tre incontri)

I MODULO

Fisica statistica e modelli epidemiologici

prof. Federico Ricci-Tersenghi, Università di Roma La Sapienza
prof. Alfredo Braunstein, Politecnico di Torino

3 lezioni di 3 ore ciascuna

prof. Federico Ricci-Tersenghi, Università di Roma La Sapienza (25-26 febbraio)

L'epidemia che stiamo vivendo da un anno ha fatto emergere nel dibattito pubblico diversi concetti legati ai modelli epidemiologici che fino a poco prima erano conosciuti solo ad un ristretto numero di scienziati.

Pensiamo ad esempio al parametro R_0 , molto discusso nella prima fase dell'epidemia, o al parametro R_t , che oggi determina il nostro stile di vita quotidiano.

Tuttavia i mezzi di comunicazione di massa non sono adatti a spiegare in dettaglio il significato di questi importanti parametri epidemiologici e soprattutto non è chiaro (se non a pochissimi addetti ai lavori) come questi parametri vengano realmente misurati.

Lo scopo principale di queste lezioni vuole essere quello di presentare i modelli epidemiologici che sono alla base dell'analisi dei dati epidemiologici e delle predizioni che si possono estrarre dai dati misurati e che ci vengono presentati quotidianamente tramite i mezzi di comunicazione.

Nella prima parte delle lezioni presenterò i classici modelli epidemiologici e ne discuterò la soluzione.

Introdurrò quindi le versioni stocastiche di questi modelli in cui le fluttuazioni giocano un ruolo chiave.

La spiegazione di questi modelli sarà accompagnata da brevi simulazioni numeriche che dovrebbero permettere di visualizzare il loro reale comportamento.

Nella seconda parte delle lezioni verranno presentati alcuni modelli più realistici definiti su grafi. Dopo una breve introduzione ai grafi, verranno mostrate le soluzioni a tali modelli che si possono ottenere tramite le approssimazioni di campo medio.

Questi modelli possono essere studiati con tecniche di fisica statistica e mostrano vere e proprie transizioni di fase.

prof. Alfredo Braunstein, Politecnico di Torino (5 marzo)

Si studieranno alcuni problemi di inferenza statistica che emergono naturalmente quando si tenta di utilizzare modelli matematici di diffusione epidemica per fare delle predizioni in presenza di tracciamento dei contatti. In particolare, si presenteranno i problemi del paziente zero, della stima del rischio epidemico e del fit dei parametri di un modello. Si accennerà inoltre a possibili soluzioni, sia tramite campionamento, che utilizzando approssimazioni di campo medio della fisica statistica.

II MODULO

La Fisica del clima

Antonello Provenzale, Istituto di Geoscienze e Georisorse, CNR, Pisa

3 lezioni di 3 ore ciascuna

Nel corso della sua storia, il clima del nostro pianeta è passato attraverso grandi cambiamenti, alternando glaciazioni globali con epoche molto più calde, pur mantenendo una sostanziale stabilità che ha permesso la presenza della vita da almeno tre miliardi e mezzo di anni. A sua volta, la biosfera ha influenzato in modo significativo il clima del pianeta, con meccanismi di controllo e retroazione estremamente complessi. Negli ultimi secoli, inoltre, un nuovo attore si è aggiunto alla scena: l'umanità influenza l'ambiente e il clima della Terra con l'immissione di "gas serra" in atmosfera, cambiamenti nell'uso del territorio, perdita di suolo e biodiversità, e la modifica dei cicli biogeochimici del pianeta. Per comprendere appieno il significato dei cambiamenti climatici in corso, è necessario conoscere sia i grandi cambiamenti del passato, sia i principali meccanismi responsabili della dinamica del clima.

In queste tre lezioni discutiamo

1. I principali meccanismi di funzionamento del clima: modelli termodinamici, circolazione oceanica e atmosferica, processi di retroazione, cicli biogeochimici, interazione geosfera-biosfera.
2. I principali eventi nella storia del clima della Terra. Saranno illustrati e discussi alcuni dei cambiamenti avvenuti in passato e i possibili modelli interpretativi.
3. Gli effetti antropici e i cambiamenti climatici in corso. I modelli climatici e le proiezioni future. Strategie di mitigazione e adattamento.

III MODULO

La dinamica del caos, il caos della dinamica

Antonio Giorgilli, Università di Milano

3 lezioni di 3 ore ciascuna

Il corso si articola su 6 moduli che verranno presentati nel corso di 3 incontri. Gli argomenti trattati fanno parte del campo di ricerca sui sistemi dinamici, prendendo come filo conduttore la dinamica planetaria e il problema della stabilità del Sistema Solare.

1. Dagli epicicli di Ipparco alle leggi di Keplero alla gravitazione di Newton: lo sviluppo storico dei fondamenti della dinamica.
2. La dinamica ordinata: i moti periodici e le loro combinazioni nella dinamica dei sistemi cosiddetti "integrabili".
3. L'insorgere del caos: l'azione delle risonanze sul comportamento dinamico, ad esempio dei corpi celesti.
4. Le simulazioni al computer e la caratterizzazione del caos.
5. La coesistenza di ordine e caos.
6. Una panoramica sul problema della stabilità del Sistema Solare.

Il corso intende proporre agli ascoltatori una linea di lettura dello sviluppo della Meccanica e, più in generale, della teoria dei Sistemi Dinamici. Seguendo il filo conduttore della dinamica planetaria si rivede lo sviluppo delle nostre conoscenze dalla descrizione classica dei moti dei corpi celesti come sistema perfettamente ordinato alla scoperta dei fenomeni caotici. Si mostra in particolare come la coesistenza di ordine e caos sia un fenomeno tipico: il caos è talvolta ben nascosto, ma estremamente pervasivo.

Si parte dal paradigma dei moti ordinati, tipicamente composizione di moti periodici. Il modello principe è costituito dai moti planetari, e dalla scoperta dell'ordine che si cela sotto la loro apparente complessità. In termini moderni si parla di "sistemi integrabili" e di "moti quasi periodici": la dinamica si descrive come combinazione di periodi.

Si passa poi a illustrare le deviazioni rispetto alla dinamica ordinata. Anche in questo campo la dinamica planetaria fa da guida alla scoperta del ruolo delle risonanze nel destabilizzare sistemi all'apparenza del tutto ordinati: i primi esempi sono le deviazioni delle orbite di Giove e Saturno e la distribuzione apparentemente bizzarra degli asteroidi. L'uso del computer e la scoperta del comportamento caotico in modelli semplici ha mostrato come il caos sia pervasivo, anche se a volte si manifesta su scale spaziali troppo piccole o su intervalli temporali troppo lunghi per essere percettibile direttamente; è una scoperta che dobbiamo a Poincaré (fine del secolo XIX), ma diventata conoscenza comune settant'anni dopo.

Nella parte finale si illustrano le scoperte matematiche che hanno fortemente influenzato lo studio della dinamica nella seconda metà del secolo ormai trascorso: il teorema di Kolmogorov sulla persistenza di moti quasiperiodici e il teorema di Nekhoroshev sulla stabilità per tempi esponenzialmente lunghi. Si tratta di due teoremi che si riallacciano al problema della stabilità del sistema planetario - e lo lasciano ancora aperto.

Date

I modulo: 25 febbraio dalle 15:00 alle 17:00 - 26 febbraio dalle 15:00 alle 17:00 - 5 marzo dalle 15:00 alle 17:00

II modulo: 25 marzo dalle 15:00 alle 17:00 - 26 marzo dalle 15:00 alle 17:00 - 29 marzo dalle 15:00 alle 17:00

III modulo: 22 aprile dalle ore 15:00 alle 17:00 - 23 aprile dalle 15:00 alle 17:00 - 30 aprile dalle 15:00 alle 17:00

Sede

Scuola Normale Superiore Palazzo della Carovana – Piazza dei Cavalieri, 7

Competenze attese

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.