

Cari studenti, cari colleghi,

anche questo anno si terrà un ciclo di seminari dal titolo *Approfondimenti in Matematica Applicata*. I seminari si terranno secondo il seguente programma, passibile di modifiche ed integrazioni:

1. **Francesco Ciccarello**, *Dinamiche irreversibili in meccanica quantistica: una introduzione*, giovedì 8 aprile, ore 15.30;
2. **Giovanni Peres**, *Come affrontare e risolvere problemi avanzati e le relative equazioni con un computer*, mercoledì 14 aprile, ore 15.30;
3. **Maria Carmela Lombardo**, *Possono sistemi semplici avere dinamiche complesse?*, giovedì 15 aprile, ore 15.30;
4. **Salvo Spagnolo**, *Complottismi e matematica*, martedì 20 aprile, ore 15.30;
5. **Ilenia Tinnirello**, *Vedere attraverso i muri con il WiFi*, martedì 27 aprile, ore 15.30;
6. **Gaetana Gambino**, *Formazione di pattern in sistemi reazione-diffusione*, martedì 4 maggio, ore 15.30;
7. **Andrea Consiglio**, *La Matematica del Debito Pubblico*, giovedì 13 maggio, ore 15.30;
8. **Luca Faes**, *La teoria dell'informazione nello studio dei sistemi dinamici complessi*, lunedì 31 maggio, ore 15.30;

I seminari saranno tenuti sulla piattaforma Microsoft Teams, e registrati per potere anche essere rivisti offline, nell'ottica di dare agli studenti forzatamente bloccati a casa la possibilità di approfondire determinati argomenti e di sostituire tirocini che, in questo frangente, hanno difficoltà ad essere svolti. La frequenza ai seminari darà diritto ad un certo numero di CFU, o ad ore di "altra attività", secondo le modalità previste dal CCS cui ciascun studente afferisce. Ad esempio, per gli studenti di Ingegneria Elettronica, è prevista l'assegnazione di 1 cfu per ogni paio di seminari consegnando, per ogni seminario seguito, una breve relazione al sottoscritto. Per gli studenti di altri corsi di studi si suggerisce di contattare direttamente il Coordinatore del proprio corso di studi. Gli studenti interessati **devono** iscriversi compilando il form google, disponibile all'indirizzo

<https://forms.gle/2Bwqi2jsSxdAWEjt6>

entro e non oltre il 31 marzo 2021.

Le relazioni vanno consegnate entro il 20 luglio 2021. Gli studenti interessati dovranno collegarsi usando il codice teams e2xsov0. All'interno della classe "Approfondimenti in Matematica Applicata", il canale è "Seminari 2021". Le relazioni finali vanno consegnate entro il 20 luglio 2021. Per eventuali informazioni potete contattarmi all'indirizzo fabio.bagarello@unipa.it. Ulteriori informazioni saranno rese disponibili in seguito agli studenti iscritti, tra i files della classe teams.

Di seguito, eccovi gli abstracts dei vari seminari:

1. **Francesco Ciccarello:** *I testi introduttivi di meccanica quantistica insegnano che l'evoluzione temporale di un sistema è descritta dall'equazione di Schrödinger. La dinamica conseguente è reversibile: stati iniziali diversi evolveranno in stati finali diversi. Ciò in realtà è vero solo nel caso particolare di un sistema chiuso, cioè isolato dall'ambiente esterno. Possiamo intuire che questo non è il caso generale pensando all'emissione spontanea di un atomo che decade emettendo un fotone. Se l'atomo si trova nello stato di minima energia $|g\rangle$, non evolve; se invece inizialmente è nello stato eccitato $|e\rangle$ allora decade in quello fondamentale $|g\rangle$. Dunque due stati iniziali diversi, $|g\rangle$ ed $|e\rangle$, evolvono entrambi nello stesso stato $|g\rangle$. Un tale dinamica pertanto non è reversibile. In effetti, per poter decadere, l'atomo deve interagire col campo elettromagnetico (che rappresenta l'ambiente esterno). Dunque l'atomo non è sistema chiuso (si parla di "sistema aperto" in tali casi).*

Qual è l'analogo dell'equazione di Schrödinger per i sistemi aperti? Ad oggi nessuno ha trovato una risposta generale a questa domanda (ammesso che esista), Come si descrivono allora le dinamiche irreversibili nel mondo quantistico? Il seminario presenterà una semplice introduzione ad alcuni concetti di base della meccanica quantistica dei sistemi aperti, a partire dalla descrizione matematica degli stati (non più associati a vettori dello spazio di Hilbert ma piuttosto a determinati operatori).

Requisiti utili:— basi minime di meccanica quantistica, possibilmente nel formalismo di Dirac (notazione bra-ket).

2. **Giovanni Peres:** *Da diverso tempo siamo abituati ad utilizzare il calcolatore per una ampia varietà di scopi, dalle videochiamate alla gestione della domotica all'accesso ad internet ecc., di fatto rendendolo un importante elettrodomestico. Tuttavia il calcolatore fu creato per calcolare. Esiste una ampia varietà di problemi scientifici la cui soluzione completa non è accessibile per via analitica ma che possono essere risolti per via numerica mediante un calcolatore. Questi problemi in alcuni casi riguardano simulazioni di sistemi caotici, in altri sistemi complessi di equazioni, in altri simulazioni di sistemi biologici e così via. Dopo una breve introduzione alla problematica, farò qualche esempio di problemi in cui sono attivi gruppi di ricerca a Palermo, mostrando esempi di soluzioni in campi di ricerca avanzata.*
3. **Maria Carmela Lombardo:** *Il dibattito scientifico sulla possibilità di legare con una legge matematica gli effetti alle cause che li hanno prodotti inizia a partire dal 17° secolo, sin da quando, cioè, gli astronomi furono in grado di predire le orbite degli oggetti celesti. Eppure, nonostante i successi conseguiti grazie al determinismo delle leggi di Newton, ben due secoli dopo non si era ancora in grado di dare una risposta alla semplice domanda se il sistema solare fosse stabile. In tale questione si inseriscono gli studi di Poincaré che, pur rendendosi protagonista di un famoso errore, intuisce gran parte delle proprietà dei sistemi caotici, dandone per primo una descrizione in termini geometrici. E' proprio Poincaré, infatti, l'iniziatore di quella che oggi è nota come teoria dei sistemi dinamici nonlineari e che, per alcuni scienziati, rappresenta la terza rivoluzione scientifica del XX secolo, dopo la relatività e la teoria dei quanti.*

Dopo avere ripercorso brevemente la storia della nascita della teoria dei sistemi dinamici nonlineari, si introdurranno i concetti di sensibile dipendenza dalle condizioni iniziali, esponenti di Lyapunov, attrattore strano, biforcazione e dimensione frattale, essenziali per l'analisi di sistemi dinamici in regimi caotici. Si farà quindi vedere come

una successione di biforcazioni determini, in semplici sistemi discreti, l'insorgenza di dinamiche 'imprevedibili' e 'complesse'.

Infine si mostrerà come sia possibile 'controllare' il caos e utilizzare la ricchezza dinamica dei sistemi caotici per generare pattern utili in importanti applicazioni.

4. **Salvo Spagnolo:** *È un dato di fatto che i complotti esistono da quando esiste l'uomo. È altrettanto vero che per ogni complotto reale, se ne possono individuare almeno dieci falsi. Le teorie del complotto o l'immaginario complottista sono vecchi di secoli, ma oggi, complice la grande potenza del web e la globalizzazione, le conseguenze dannose di bufale o fake-news rischiano sempre più di generare danni enormi a persone, nazioni e/o economie. La matematica può correre in nostro aiuto? Esistono dei metodi matematici che permettono di distinguere con un certo grado di confidenza un complotto reale da uno immaginario? In questo seminario proveremo a rispondere a queste domande... sempre che ci venga permesso di farlo!*
5. **Ilenia Tinnirello:** *Negli ultimi anni è stato dimostrato come i segnali 'wireless' disponibili nell'ambiente per comunicare, i cosiddetti segnali di opportunità, possano essere utilizzati per realizzare sistemi di monitoraggio ambientale, con l'applicazione di tecniche di elaborazione dei segnali analoghe a quelle adottate dai radar. In questo seminario verranno presentati i principi fondamentali su cui si basano questi sistemi e alcune soluzioni che consentono di riconoscere l'attività di una persona (camminata, corsa, salto) attraverso l'analisi di segnali WiFi. A confronto con le altre soluzioni apparse in letteratura, le soluzioni proposte sono particolarmente robuste e non richiedono operazioni di calibrazione dell'ambiente. Anche se queste soluzioni possono essere molto interessanti in molte applicazioni, ad esempio per supportare operazioni di soccorso in scenari di emergenza con limitata visibilità o persone intrappolate, esistono dei rischi legati alla possibilità di realizzare un sistema di sorveglianza pervasiva, molto più invasivo dei sistemi basati sulle video camere (proprio perché in grado di vedere attraverso i muri!). In conclusione, verranno quindi presentate alcune possibili direzioni di ricerca per mitigare questi rischi.*
6. **Gaetana Gambino:** *Le forme della natura mostrano geometrie precise e spesso ripetute, quali la colorazione a strisce di una zebra o la formazione delle dune di sabbia nei deserti, così come la ramificazione degli alberi o i cristalli di ghiaccio. Tali strutture (pattern) che emergono a livello macroscopico derivano dalle interazioni a livello microscopico delle parti che le compongono. Questo processo di formazione dei pattern costituisce un problema ricco e affascinante di interesse interdisciplinare (biologia, ecologia, fisica, chimica, scienze sociali), la cui descrizione matematica è realizzata attraverso i sistemi di tipo reazione-diffusione. In questo seminario illustrerò il meccanismo che induce l'emergenza di pattern auto-organizzati in questi sistemi a partire dall'idea di Turing: la diffusione può destabilizzare uno stato stazionario stabile e così generare pattern. Mostrerò, poi, come i termini di cross-diffusione che meglio descrivono i sistemi con eterogeneità, sono responsabili della formazione di pattern anche se accoppiati a dinamiche locali molto semplici.*
7. **Andrea Consiglio:** *Capita spesso che i media riportino i toni preoccupati (e poche volte ottimistici) di esperti (e non) riguardo i temi dell'economia italiana e del suo debito pubblico. Senz'altro sarà capitato a tutti voi di leggere con apprensione che "il*

debito pubblico italiano ha raggiunto il livello record di 2600 miliardi” o di ascoltare che “il rapporto deficit/pil non è in linea con i parametri di Maastricht”; o, come è successo di recente, con sollievo, essere informati che “lo spread è sceso sotto i 100 bp”.

Forse sorprenderà, ma ciò che può apparire molto distante dagli studi (e dagli interessi) di un matematico per forma e contenuto, è in effetti descritto sostanzialmente, e in maniera profonda, da modelli matematici.

In questa breve lezione vedremo quali sono le equazioni che governano l'evoluzione del debito pubblico, le sue relazioni con il tasso di crescita del PIL e il tasso d'interesse. Analizzeremo, infine, tramite un piccolo esempio, quali possono essere le politiche (nel senso di “scelte” per il governo della “polis”) per ridurre il debito pubblico e il motivo per cui è bene farlo.

8. **Luca Faes:** *Numerosi sistemi complessi presenti in natura, quali ad esempio il cervello o l'organismo umano, i mercati finanziari, i fenomeni meteorologici o quelli sismici, possono essere utilmente descritti applicando strumenti matematici ai segnali da essi prodotti (quali l'elettroencefalogramma o la pressione arteriosa, gli indici di borsa, le temperature giornaliere o le onde telluriche). Accanto alle analisi tradizionali eseguite nel dominio del tempo o della frequenza, studi sempre più numerosi si concentrano sull'utilizzo della teoria dell'informazione per la caratterizzazione dell'evoluzione dinamica dei sistemi complessi. In questo contesto, il seminario introduce le misure di entropia comunemente impiegate per quantificare l'informazione prodotta da un sistema dinamico ed in esso immagazzinata, nonché l'informazione trasferita tra sistemi dinamici interconnessi. A seguito della loro formulazione teorica e della definizione di stimatori per la loro quantificazione a partire da set di dati reali, le misure di informazione dinamica verranno applicate allo studio dei sistemi fisiologici, finanziari e climatologici.*

Cordiali saluti,

Fabio Bagarello