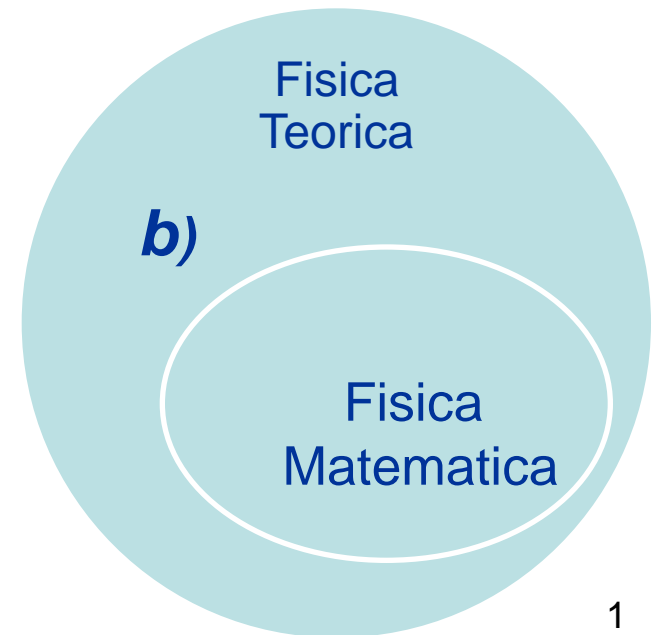
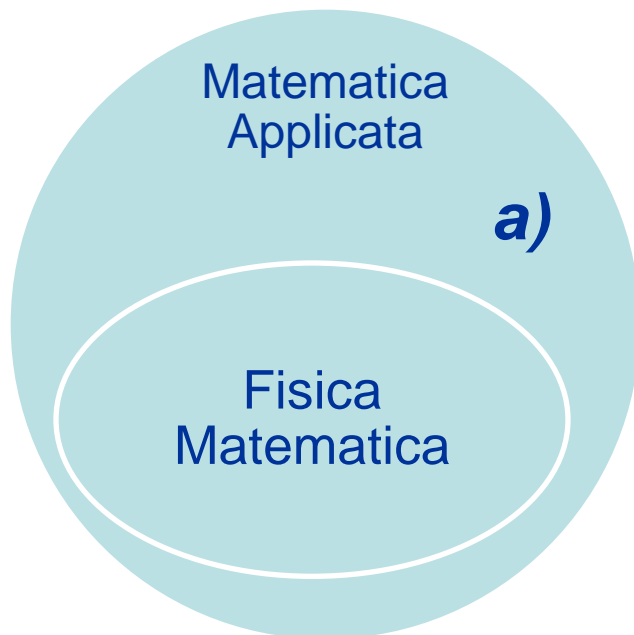


Fisica Matematica

a cura di Annalisa Marzuoli

Definizione degli ambiti 'tradizionali' della Fisica Matematica

- a)** modelli e metodi matematici adatti a trattare fenomeni fisici
- b)** formulazione rigorosa dei fondamenti delle teorie fisiche



Archimede di Siracusa: matematico, fisico, ingegnere



Gli ambiti tradizionali di ricerca riflettono lo sviluppo storico parallelo della fisica e della matematica dall'epoca moderna

- **MECCANICA CLASSICA:** meccanica razionale, meccanica 'post-newtoniana' o analitica (Lagrange, Hamilton)
→ *corsi: Fondamenti di Meccanica; Teoria dei Sistemi dinamici*
termodinamica, meccanica statistica, meccanica celeste...
- **EQUAZIONI ALLE DERIVATE PARZIALI:** fluidodinamica, meccanica dei continui → *corsi: Equazioni della Fisica Matematica; Fenomeni di diffusione e trasporto*
metodi variazionali, teoria dell' elasticità, elettricità, magnetismo, aerodinamica, acustica...

- MECCANICA QUANTISTICA NON RELATIVISTICA

(TEORIA DEGLI OPERATORI IN SPAZI DI HILBERT finito-dimensionali)

→ *corso: Introduzione alla Fisica moderna*

→ *altri corsi: offerti nella LM di Fisica*

meccanica quantistica e suoi fondamenti, fino a computazione quantistica

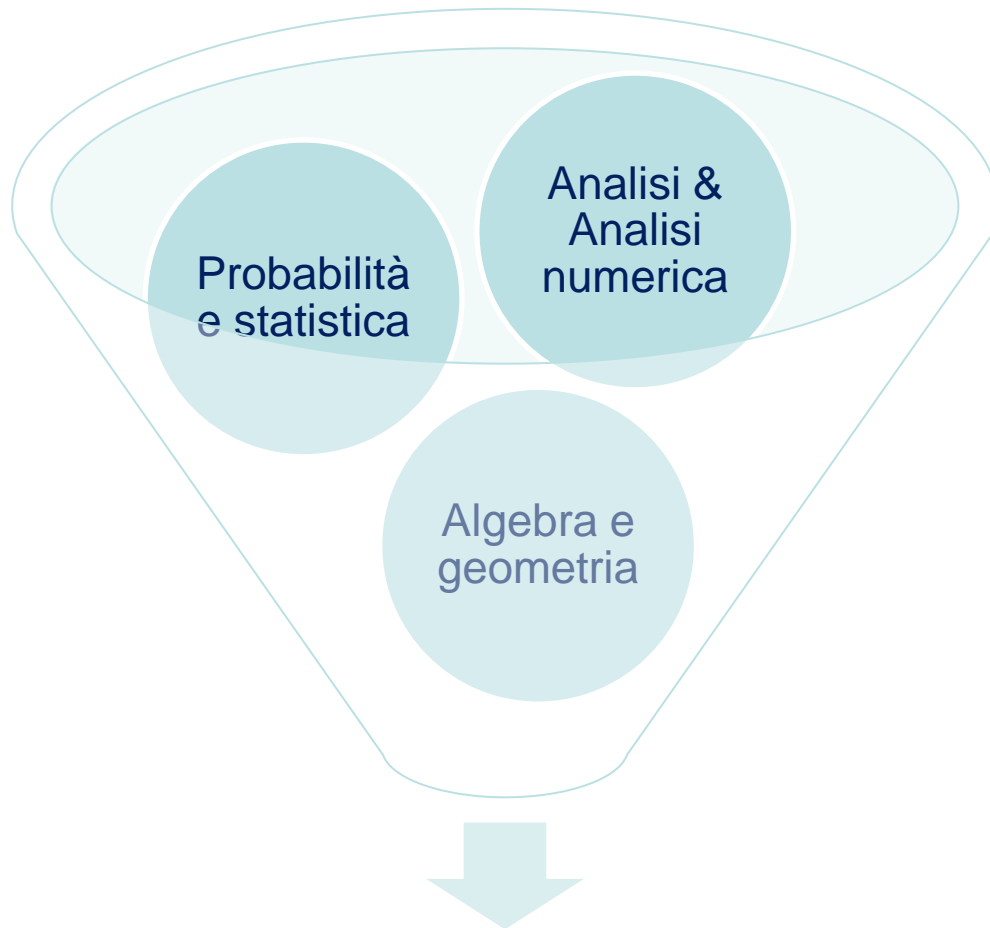
- RELATIVITA' e TEORIE DI CAMPO RELATIVISTICHE:

→ *corsi: offerti nella LM di Fisica*

-TEORIE DI CAMPO QUANTISTICHE RELATIVISTICHE

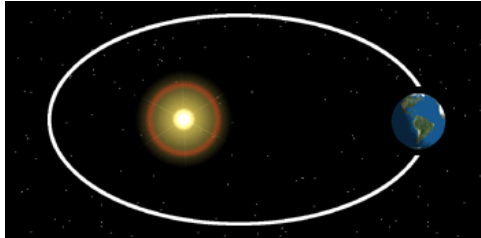
→ *corsi: offerti nella LM di Fisica*

Qui la Fisica Matematica è intesa nell' accezione **b)**: si integra con gli ambiti della Fisica Teorica che utilizzano metodi matematici 'avanzati', sia analitici sia algebrico-geometrici



I metodi utilizzati dai fisici matematici -spesso mescolati tra loro in combinazioni nuove- provengono da tutte le discipline matematiche

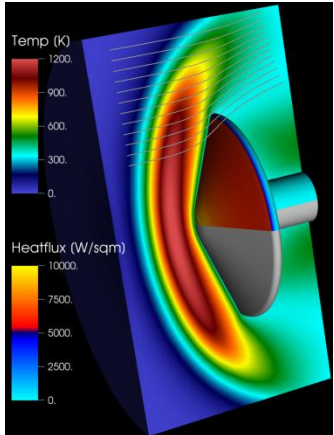
Grazie all' esperienza nell' elaborare schemi e modelli per studiare le caratteristiche strutturali e le similarità-analogie di insiemi di fenomeni (*ricerca di proprietà e comportamenti 'universali' di classi di sistemi*) gli ambiti di ricerca e i metodi della fisica matematica si sono evoluti negli ultimi decenni anche oltre quelli tradizionali elencati sopra



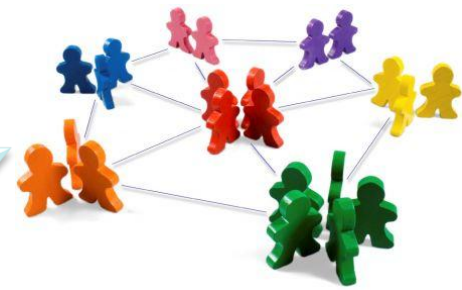
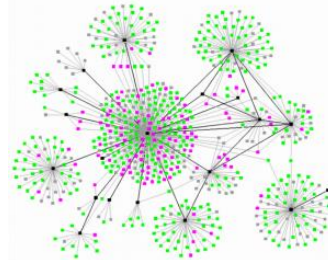
Problema dei due corpi (completamente integrabile)



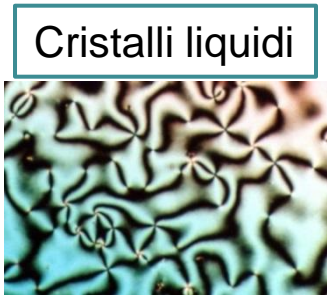
N corpi gravitanti (soluzioni approssimate; codici numerici)



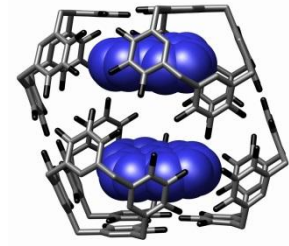
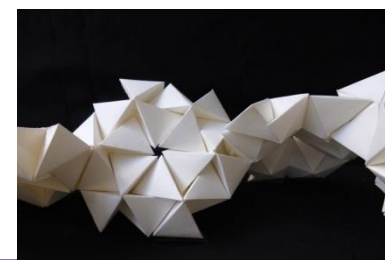
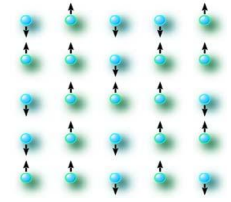
Dinamica dei gas



Reti



Cristalli liquidi



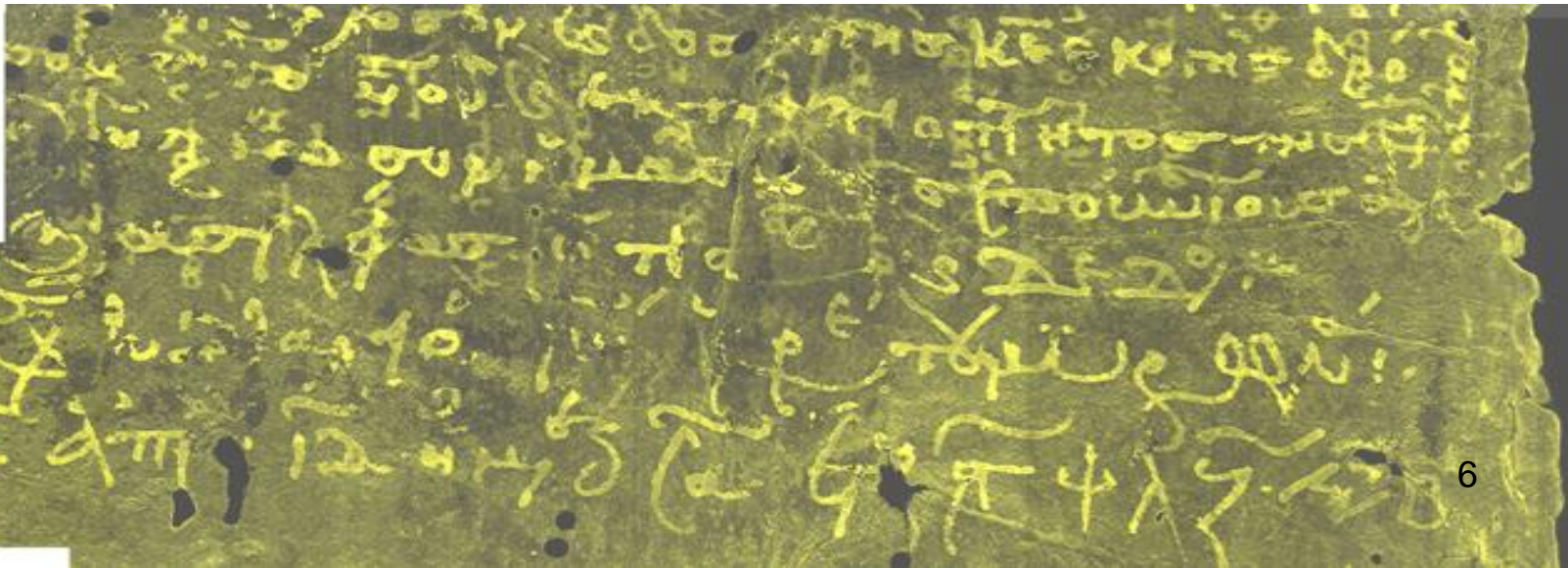
Assembly di molecole o di 'grani di spazio'

La *scienza dei sistemi complessi* (2000 →) investiga come interazioni locali tra unità elementari (agenti) possano dar luogo a comportamenti collettivi ('cooperativi', 'emergenti') in una molteplicità di sistemi naturali (fisici, chimico-fisici, chimico-biologici, bio-meccanici, ecc.), artificiali (reti di calcolo e di trasmissione, reti neurali, ecc.) e socio-economici (social network, flussi finanziari, ecc.)

Alcune parole chiave: analisi multi-scala (microscopico ↔ macroscopico, locale ↔ globale, discreto ↔ continuo); transizioni di fase e fenomeni critici; analisi asintotica; limiti (semi)classici per sistemi quantistici

*Palinsesto di
Archimede*

(2011 Cambridge
Univ. Press)



Argomenti e gruppi di ricerca

- **Equazioni cinetiche e idrodinamica di sistemi collisionali complessi**
(Giuseppe Toscani, Ada Pulvirenti, Francesco Salvarani)
- **Modelli matematici per la materia soffice e applicazioni**
(Epifanio G. Virga, Fulvio Bisi, Riccardo Rosso, Andrea Pedrini)
- **Sistemi quantistici integrabili e applicazioni**
(Annalisa Marzuoli)

Equazioni cinetiche e idrodinamica di sistemi collisionali complessi

-Problemi teorici e numerici connessi alla teoria cinetica dei gas rarefatti, la teoria cinetica di sistemi dissipativi con applicazione ai gas granulari; problemi asintotici derivanti dal passaggio da modelli cinetici a modelli macroscopici nel riscaldamento iperbolico e diffusivo; problemi asintotici relativi alle collisioni radenti, e passaggio ad equazioni di tipo Fokker-Planck; comportamento asintotico di equazioni di diffusione non lineare mediante metodi di entropia.

-Applicazioni della teoria cinetica allo studio di sistemi multi-agente, con particolare riguardo ai sistemi socio-economici e biologici. In questo ambito si sono introdotti e studiati modelli per la distribuzione della ricchezza e per la formazione di opinione che si intendono sviluppare ulteriormente nel prossimo futuro.

Modelli matematici per la materia soffice e applicazioni

Modelli matematici in grado di descrivere l'auto-ordinamento e altri comportamenti cooperativi che si verificano in sistemi costituiti da molecole e da particelle colloidali. La caratterizzazione di sistemi omogenei è sviluppata attraverso lo studio dei meccanismi di formazione delle fasi, delle transizioni di fase e di altri fenomeni critici, ed è estesa a sistemi parzialmente ordinati che supportano inhomogeneità, tipicamente in forma di 'difetti'. Le scale di lunghezza di tali sistemi variano da quelle nanometriche fino alle scale macroscopiche, e pertanto la maggiore sfida consiste nel costruire, da principi primi, modelli 'multi-scala' realmente consistenti e affidabili.

I metodi matematici utilizzati provengono sia dalla meccanica statistica che dalla meccanica dei continui e lo spettro della fenomenologia dei sistemi analizzati spazia dalla materia condensata e dalla chimica fisica fino all'ingegneria (ad esempio cristalli liquidi, fluidi complessi, membrane lipidiche, sistemi di spin, ferrofluidi).

Sistemi quantistici integrabili e applicazioni

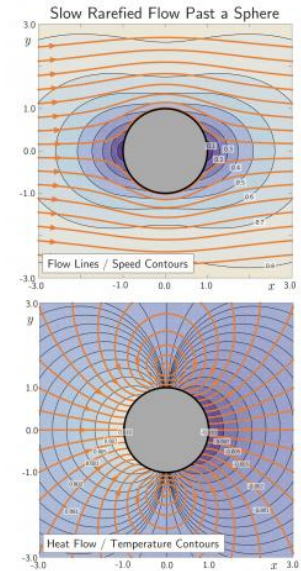
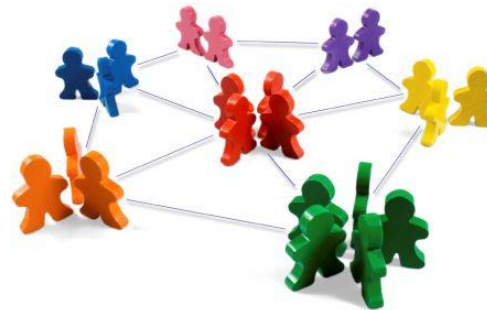
Utilizzando metodi geometrici e algebrici (dalla geometria differenziale e topologia geometrica alla teoria dei gruppi di Lie e dei 'quantum groups') si studiano diverse problematiche relative a sistemi quantistici hamiltoniani a molti corpi integrabili e a teorie di campo di natura geometrica -quali i modelli discretizzati di gravità e le teorie di campo quantistiche di tipo topologico (TQFT).

In particolare ci si occupa di modelli di tipo 'spin network' in termini di algebre quadratiche e relazioni di ricorrenza -sia in relazione allo schema di Askey delle funzioni ipergeometriche, sia al fine di identificare le funzioni hamiltoniane di natura geometrica che emergono in opportuni regimi semiclassici.

Argomenti specifici per tesi magistrali

1. Metodi analitici e numerici nella teoria cinetica di gas rarefatti
2. Gas granulari
3. Meccanica statistica
4. Equazioni di diffusione
5. Modelli matematici per problemi di tipo socio-economico ed estensioni ad altri sistemi complessi

giuseppe.toscani@unipv.it



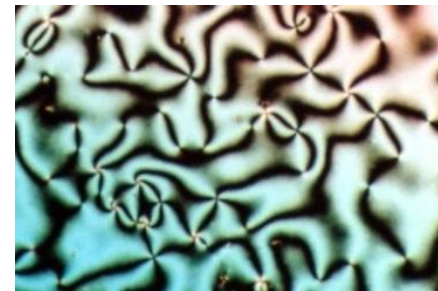
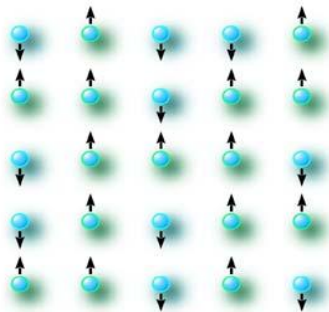
- Studio di sistemi multi-agente e applicazioni in ambito socio-economico

francesco.salvarani@unipv.it

Argomenti specifici per tesi magistrali

- 1. Nuove fasi 'twist-bend' in cristalli liquidi nematici.
- 2. Ordine ottupolare in materia condensata 'soffice'.
- 3. Instabilità chirali in nematici toroidali.
- 4. Un secolo di 'cluster expansion' nella teoria dei gas imperfetti: da Ursell ai giorni nostri.
- 5. I teoremi di Mayer in teoria della condensazione nella versione di Born e Fuchs.
- 6. Limiti della teoria di Onsager per le transizioni d'ordine con interazioni puramente steriche.

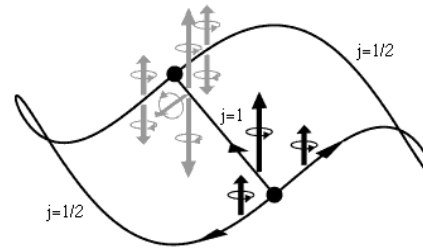
epifanioguidogiovanni.virga@unipv.it



Argomenti specifici per tesi magistrali

- Argomenti nell' ambito dei modelli di tipo spin network quali:
 - i) rappresentazioni unitarie del gruppo delle trecce nella controparte q -deformata del gruppo $SU(2)$ e invarianti di nodi e di grafi;
 - ii) relazioni di ricorrenza per operatori momento angolare e limiti semiclassici e perturbativi

annalisa.marzuoli@unipv.it



- Nell' ambito della 'soft matter': Classificazione delle classi di simmetria per tensori d'ordine orientazionale con rango superiore a 2

fulvio.bisi@unipv.it

Come trovare gli articoli scientifici

- <http://www.ams.org/mathscinet/>

Mathematical Reviews della American Mathematical Society:
è una banca dati degli articoli pubblicati su riviste di area
matematica, accessibile dalle postazioni unipv

- www.arxiv.org

Sito gestito dalla Cornell University Library (in precedenza,
dal 1992, dai Laboratori di Los Alamos): **accesso libero**

*Open access to 1,147,952 e-prints in Physics, Mathematics, Computer
Science, Quantitative Biology, Quantitative Finance and Statistics*

Qui sono depositati, a cura degli autori, i preprint, cioè gli articoli
completati, quasi sempre inviati già a riviste, e in attesa di accettazione
oppure in corso di stampa. Ricerca: per autore o per parole chiave