

Programma per un possibile corso di dottorato

Titolo: **Sistemi granulari nello stato fluido**

Durata: **20 ore**

Modalità d'esame: approfondire un argomento del corso, scelto insieme al docente.

Elenco delle lezioni (da 2 ore circa):

1. I granulari, stati anomali della materia. Esempi di granulari nello “stato” solido o quasi-solido (cenni alla problematica vetrosa), e nello stato fluido. Il resto del corso si concentrerà sullo stato fluido.
2. Collisioni anelastiche: l'origine dei problemi nei granulari fluidizzati. Fallimento delle assunzioni di base della meccanica statistica di equilibrio. Esempio: rottura del limite termodinamico nella soluzione numerica del modello unidimensionale di Kadanoff.
3. Equazione di Boltzmann granulare. Gerarchia BBGKY e chiusura delle prime due equazioni. Rilevanza del caos molecolare per un fluido granulare. Inadeguatezza della soluzione di Maxwell-Boltzmann. Modelli alternativi (modello di Maxwell anelastico e sua soluzione esatta in 1d).
4. Termostati fuori equilibrio. Il “cooling omogeneo” ovvero il fluido granulare più semplice. Legge di Haff e sua stabilità. Collasso anelastico, shear instability, clustering. Riscalaggio del tempo e termostato “Gaussiano”. Termostati più realistici con input esterno di energia (con o senza un buon limite termodinamico). Code non-Gaussiane.
5. Cenni di teoria cinetica: derivazione (Chapman-Enskog) di un'idrodinamica, peculiarità rispetto ai fluidi molecolari.
6. Fallimenti e successi dell'idrodinamica. Rivisitazione del modello di Kadanoff alla luce dell'eq. di Boltzmann e della teoria cinetica granulare. Caso in due dimensioni: soluzione del con gravita'. “Termoconvezione” granulare.
7. Miscele granulari. Rottura dell'equipartizione dell'energia. Modelli semplificati (eq. di Boltzmann per le miscele). Limite del “tracer” (una componente composta da una sola particella).
8. Dalla diffusione al ratchet. Studio del tracer granulare nel limite diluito (Markoviano): Master Equation, rottura del bilancio dettagliato. Limite diffusionale ed eq. di Langevin. Caso del tracer asimmetrico vincolato: costruzione di un “motore Browniano” granulare (o ratchet).
9. Fluttuazioni di non-equilibrio. Studio della relazione di Einstein per il moto Browniano granulare. Connessione tra Markovianità e validità della relazione di Einstein. Relazione di Fluttuazione-Dissipazione generalizzata.
10. Metodi numerici: discussione di quelli più usati. Direct Simulation Monte Carlo (detto anche metodo di Bird per la soluzione dell'eq. di Boltzmann). Event Driven Molecular Dynamics per sfere dure anelastiche.

Bibliografia:

- H. M. Jaeger, S. R. Nagel and R. P. Behringer, *Granular solids, liquids, and gases*, Rev. Mod. Phys. 68, 1259 - 1273 (1996)
- J. W. Dufty - Granular Fluids - <http://arxiv.org/abs/0709.0479>
- I. Goldhirsch, *Scales and kinetics of granular flows*, Chaos, Vol. 9, 659-672, (1999).
- L. P. Kadanoff, *Built upon sand: Theoretical ideas inspired by granular flows*, Rev. Mod. Phys. 71, 435 - 444 (1999)
- Vari articoli della letteratura recente su teorica cinetica granulare (anni 90 e 2000)