

Horizons - Seminars 2019

27 Marzo 2019

Università degli Studi di Trieste,  
Dipartimento di Fisica

5 marzo 2019

## 1 NETWORKS: UNRAVELLING COMPLEXITY.

1. Relatore/i: **Vito Dichio** (I Mag.), **Enrico Drigo** (I Mag.)

2. Abstract:

Le reti complesse emergono nei più svariati campi di studio, dalla neurobiologia alla meccanica statistica. Esempi spaziano dall'ambiente cellulare, ad Internet, alle catene metaboliche, a laser accoppiati, alla rete di citazioni o coautori di articoli scientifici... L'analisi in prima istanza muove dalla discussione delle difficoltà intrinseche nella descrizione di tali strutture. Si attaccherà poi il problema su più fronti: non solo dal punto di vista dell'interazione di un numero enorme di sistemi dinamici (neuroni, laser...), ma anche indagando la correlazione fra topologia della rete e proprietà da essa derivanti. Vengono a tal proposito illustrati alcuni modelli e strumenti formali sviluppati in letteratura: a partire dalle reti casuali mutate dalla teoria dei grafi, fino alle reti small-world e alle reti scale-free. La discussione si prefigge l'obiettivo di introdurre ad un campo di ricerca florido, moderno e ricco di orizzonti ancora inesplorati, nonchè all'indagine della natura al cuore di uno dei suoi aspetti più misteriosi: la complessità.

*"The greatest challenge today, not just in cell biology and ecology but in all sciences, is the accurate and complete description of complex systems."* (O. Wilson)

3. Referenze:

- (a) Watts, D. J. Strogatz S. H. *Collective dynamics of 'small-world' networks*. Nature 393, 440-442 (1998).  
<https://www.nature.com/articles/30918>.
- (b) Strogatz S. H. *Exploring complex networks*. Nature 410, 268-276 (2001).  
<https://www.nature.com/articles/35065725>.
- (c) Albert R. Barabasi A. L. *Statistical mechanics of complex networks*. Reviews of Modern Physics, Vol. 74, Iss. 1, 47-97 (2002).  
<https://link.aps.org/doi/10.1103/RevModPhys.74.47>.

## 2 ANOMALOUS DIFFUSION AND FRACTIONAL CALCULUS

1. Relatore/i: **Alfredo Fiorentino** (I Mag.)

2. Abstract:

Con anomalous diffusion ci si riferisce ad una vasta classe di diffusioni che si discostano da quella browniana. Si possono caratterizzare dall'andamento della varianza spaziale in funzione del tempo, che invece di essere lineare come nel caso classico può essere  $t^\alpha$  con  $\alpha < 1$  nei casi subdiffusivi ed  $0 < \alpha < 1$  (limite balistico) nei casi superdiffusivi. Tali andamenti sono stati ritrovati sperimentalmente in casi di sistemi con memoria o aperiodici. In tali condizioni una spiegazione microscopica con un cammino markoviano non è più sufficiente, pertanto ci si ritrova a dover introdurre il Continuous Time Random Walk, che generalizza il random walk normale rendendo i parametri di salto e tempo di attesa fra i salti delle variabili continue con loro distribuzioni di probabilità. In perfetta analogia col caso classico dal modello microscopico si può ricavare l'equazione differenziale che descrive la funzione di densità, che però risulta essere un'equazione differenziale con operatori frazionari.

Il fractional calculus è una branchia dell'analisi che generalizza il concetto di derivata ed integrale di ordine intero tramite degli integrali di convoluzione. Tramite di essa, si possono studiare in maniera generale problemi fisici in cui compaiono naturalmente questo tipo di equazioni differenziali, come in fluido-dinamica, nella teoria di alcuni materiali viscoelastici o nella sopracitata diffusione anomala.

3. Referenze:

**Fractional calculus** (la prima dispensa fa un'introduzione matematica, la seconda mostra applicazioni fisiche).

(a) *Fractional calculus: integral and differential equations of fractional order*. Gorenflo, R., Mainardi, F.

(b) *Fractional calculus: some basic problems in continuum and statistical mechanics*. Mainardi, F.

### **Anomalous diffusion**

(a) *The Random's walk guide to anomalous diffusion: a fractional dynamics approach*. Ralf Metzler, Joseph Klafter

(b) *First Steps in Random Walks*. J. Klafter and I.M. Sokolov