

Presentazione del dott. Santamaria Francesco
Dottorato di Ricerca in Fisica - XXVII Ciclo
Università degli Studi di Torino

Dottorando: Francesco Santamaria

Relatore: Guido Boffetta

Titolo della tesi: Microswimmers in laminar and turbulent flows.

Durante il triennio di dottorato il dott. Santamaria Francesco ha seguito e sostenuto l'esame relativo ai seguenti corsi della Scuola:

- *Introduction to polymer physics* (9 ore), M. Cosentino Lagomarsino;
- *Inference and analysis of information flow in complex systems* (10 ore), S. Stramaglia, M. Caselle;
- *Non perturbative methods for quark gluon plasma physics* (12 ore), M. Nardi, C. Nardi.

Durante il triennio di dottorato il dott. Santamaria Francesco ha seguito e sostenuto l'esame relativo ai seguenti corsi esterni:

- *Processi Stocastici per la Fisica* (48 ore), A. Celani [Laurea Magistrale in Fisica dei Sistemi Complessi];
- *Dinamica dei Sistemi Estesi* (48 ore), A. Provenzale [Laurea Magistrale in Fisica dei Sistemi Complessi];
- *Nonequilibrium statistical mechanics: foundations and applications* (30 ore), L. Rondoni [Dottorato di Ricerca in Matematica Applicata - Politecnico di Torino].

Attività di ricerca:

- **Particelle inerziali trasportate da onde in acqua.**

Tale studio ha riguardato in particolare lo *Stokes drift*, ossia il fenomeno per cui particelle di fluido sottoposte a moto ondoso sono soggette a uno spostamento netto nella direzione di propagazione dell'onda. Attraverso metodi analitici e simulazioni numeriche, si è studiato il comportamento di particelle inerziali (ad es. sedimenti) in tale moto ondoso, ottenendo interessanti correzioni ai risultati noti in letteratura.

- **Micro-nuotatori in flussi laminari e turbolenti.**

Si è studiato il comportamento di particelle di piccole dimensioni che nuotano in un fluido, il cui esempio più interessante è il caso del plankton negli oceani. L'abilità di nuotare di tali organismi si può accoppiare al flusso dell'acqua, generando specifiche distribuzioni della densità di microorganismi. Questo ha delle notevoli implicazioni non solo fisiche, bensì anche a livello biologico ed ecologico.

Si è studiato il problema di **micro-nuotatori in un Kolmogorov Flow**: uno *shear flow*, trattabile anche in maniera analitica, le cui proprietà (ad es. transizione al regime turbolento) sono ben caratterizzate in letteratura. Il caso laminare è stato affrontato con metodi analitici, mentre per il caso turbolento sono state necessarie Simulazioni Numeriche Dirette del sistema. I risultati ottenuti danno una valida spiegazione di alcuni fenomeni osservati sul campo (ad es. i cosiddetti *Thin Phytoplankton Layers*).

Parallelamente è stato svolto anche un lavoro sperimentale sul comportamento di una specie di fitoplankton in grado di nuotare (*Chlamydomonas Augustae*), posto in un fluido in rotazione con velocità angolare nota. Questo studio ha lo scopo di capire meglio qual è il meccanismo attraverso cui questi microorganismi orientano la loro direzione di nuoto all'interno del flusso. Si osserva che il plankton si concentra sull'asse del cilindro in rotazione, svuotando le zone più esterne. Le caratteristiche di tale fenomeno sono state quantificate attraverso i dati sperimentali e confrontate con i modelli teorici a disposizione, confermando che questi organismi si orientano in base all'accelerazione cui sono sottoposti.

- **Dinamica delle popolazioni di plankton** (in collaborazione con Raffaele Ferrari, MIT Boston, USA).

Nelle applicazioni di biogeochimica (per esempio lo studio del ciclo del carbonio globale) la crescita delle popolazioni di fitoplankton è spesso descritta dalla cosiddetta equazione di Monod. Questa equazione vale per la dinamica di singola specie, mentre negli oceani (così come nei laghi) le popolazioni di plankton sono formate da moltissime specie coesistenti tra loro. In questo studio si è cercato di capire sotto quali condizioni l'equazione di Monod è ancora valida e, quando ciò non succede, in che modo generalizzarla per tenere conto della presenza di più specie diverse nella popolazione.

Attività didattica:

- durante l'anno accademico 2012/2013 il dott. Santamaria Francesco ha svolto il **tutoraggio del corso “Elettricità e Magnetismo”** (MFN1411) i cui titolari erano il prof. A. Chiavassa e il dott. A. Ferretti.

Partecipazione a scuole e conferenze

- **International School:** *Wave Turbulence*, Les Houches (France), dal 25 al 30 Marzo 2012;
- **Conference:** *XVII Convegno Nazionale di Fisica Statistica e dei Sistemi Complessi*, Parma (Italy), dal 20 al 22 Giugno 2012.
Presentazione di un **poster** su “*Stokes Drift for Inertial Particles*”;
- **International School:** *Fundamental Problems in Statistical Physics (XIII edition)*, Leuven (Belgium), dal 16 al 29 Giugno 2013.
Presentazione di un **poster + talk da 3 min** su “*Polymers in random flow*”;
- **Workshop:** *COST Action MP0806, Particles in Turbulence*, Eindhoven (Netherlands), dal 1 al 5 Luglio 2013.
Presentazione di un **talk da 20 min** su “*Stokes drift for inertial particles*”;
- **Conference:** *European Turbulence Conference, 14th Edition*, Lyon (France), dal 1 al 4 Settembre 2013.
Presentazione di un **talk da 15 min** su “*Stokes drift for inertial particles in water waves*”;
- **Conference:** *Large deviations and rare events in physics and biology*, Rome (Italy), dal 23 al 25 Settembre 2013.
Presentazione di un **poster** su “*Inertial particles in water waves*”;
- **Conference:** *Active Fluids: New Challenges from Experiments to High-Performance Computing*, Mariehamn, Aland Islands (Finland), dal 28 Maggio al 1 Giugno 2014.
Presentazione di un **talk da 20 min** su “*Gyrotactic trapping in laminar and turbulent Kolmogorov flow*”;
- **Conference:** *XIX Convegno Nazionale di Fisica Statistica e dei Sistemi Complessi*, Parma (Italy), dal 25 al 27 Giugno 2014.

Visite e stages

- **Visita:** Laboratoire Dieudonné, Université de Nice Sophia Antipolis.
Luogo: Nice, France.
Data di inizio e durata: 09/12/2012 - 5 giorni.
- **Visita:** Laboratoire Dieudonné, Université de Nice Sophia Antipolis.
Luogo: Nice, France.
Data di inizio e durata: 23/01/2013 - 3 giorni.

Elenco delle pubblicazioni

- *Stokes drift for inertial particles transported by water waves*, F. Santamaria et al, Europhysics Letters 102, 14003 (2013);
- *Geotropic tracers in turbulent flows: a proxy for fluid acceleration*, F. De Lillo, M. Cencini, G. Boffetta and F. Santamaria, Journal of Turbulence 14.7, 24 (2013);
- *Gyrotactic trapping in laminar and turbulent Kolmogorov flow*, F. Santamaria, F. De Lillo, M. Cencini and G. Boffetta , Physics of Fluids 26, 111901 (2014).

L'attività di ricerca del Dott. Santamaria è stata di ottimo livello, di notevole originalità e di rilevante impatto scientifico. I contributi portati dal Dott. Santamaria sono stati fondamentali allo svolgimento della ricerca ed egli ha saputo integrarsi nelle varie attività del gruppo. Il Dott. Santamaria ha inoltre iniziato delle collaborazioni internazionali (Parigi e Boston) indipendenti su argomenti di grande interesse che l'hanno portato ad avere una posizione di Postdoc per il prossimo periodo di ricerca.

In conclusione ed in generale, valuto l'attività del Dottorando Francesco Santamaria durante il triennio di Dottorato ottima.

Torino, 12 Gennaio 2015

Il tutore

Guido Boffetta