

DOCTORATE THESIS

Dynamics of particles in fluids: effects of correlations and interactions

ANSHUMAN DUBEY

Akademisk avhandling för avläggande av doktorsexamen i fysik vid Göteborgs universitet. Avhandlingen försvaras vid ett offentligt seminarium måndagen den 14 februari 2022, kl 14:00 i PJ-salen, Institutionen för fysik, Kemigården 1, Göteborg. Avhandlingen försvaras på engelska.

Fakultetsopponent Prof. Federico Toschi, Eindhoven University of Technology
Betygskommitté Prof. Ulrike Feudel, University of Oldenburg
Senior Researcher Alessandra S. Lanotte, CNR, Italy
Prof. Luca Brandt, KTH
Handledare Bernhard Mehlig, Göteborgs universitet
Examinator Stellan Östlund, Göteborgs universitet



GÖTEBORGS UNIVERSITET

Dynamics of particles in fluids: effects of correlations and interactions

ANSHUMAN DUBEY
Department of Physics
University of Gothenburg

Partiklar i turbulenta flöden är vanliga i naturen och i tekniska tillämpningar. I vissa fall kan den relativa dynamiken hos sfäriska partiklar vara av intresse. Ett exempel är små regndroppar i turbulenta moln. Dropparnas dynamik är korrelerad när de erfar ett korrelerat luftflöde. Men deras relativa dynamik påverkas också av flödesmedierade växelverkningar, och av elektriska krafter som påverkar laddade droppar. Den relativt stora rörelsemängden hos tunga partiklar gör att de kan frikopplas från flödet och bilda kluster. I andra fall kan vinkeldynamiken hos icke-sfäriska partiklar vara av intresse. Ett exempel är långa och smala fibrer som används för papperstillverkning.

Denna avhandling studerar, först, separationer och relativa vinklar mellan partiklar i turbulenta flöden, utan att ta med direkta växelverkningar. Vi analyserar en enkel tidsdiskret modell av tunga partiklar i turbulens. Modellens enkelhet gör att vi i detalj kan förstå hur fördelningen av partiklarna beror på deras tröghet. För det andra använder vi en statistisk modell för att studera hur tunna stavformade partiklar faller in i den Lagrangiska sträckningsriktningen i ett turbulent kanalflöde. Vi visar att instyrningen är starkare nära kanalväggen än nära kanalcentrum. Ändå visar stavarna stora avvikelser bort från den Lagrangiska sträckningsriktningen. Vår modell förklarar dynamiken kvalitativt i mitten av kanalen, och kvantitativt nära kanalväggen.

Detta följs av två studier om den relativa dynamiken hos interagerande droppar i stationära flöden. I den första använder vi teori för dynamiska system för att reda ut mekanismerna som leder till kollisioner mellan små laddade droppar i stillastående luft. Vi finner att en sadelpunkt med tillhörande stabil mångfald avgör om droppar kolliderar eller inte. Denna mekanism gör att kollisionsresultaten av kraftigt laddade droppar blir oberoende av icke-kontinuumeffekter. I den andra utför vi en bifurkationsanalys av hydrodynamiskt interagerande neutralt laddade droppar i ett skjuvflöde. Vår analys förklarar ett icke-monotoniskt beroende av dropparnas kollisionstakt på skjuvhastighet och tyngdkraft. Vi finner att även neutrala droppar uppvisar en regim där den ekvibrerade kollisionstakten är oberoende av icke-kontinuumeffekter. Dessutom förutspår vår analys starka inhomogeniteter i fördelningen av droppavstånd.

Keywords: particle-laden flows, turbulent aerosols, collisions, charged droplets, hydrodynamic interactions