



## Propuesta de Trabajo Fin de Grado en Física

*Tutor/a:* Modesto Torcuato López López  
*Departamento y Área de Conocimiento:* Física Aplicada  
(Área: Física Aplicada)

*Cotutor/a:* Pablo Ignacio Hurtado Fernández  
*Departamento y Área de Conocimiento:* Electromagnetismo y  
Física de la Materia (Área: Física de la Materia Condensada)

*Título del Trabajo:* Magnetodinámica de micropartículas magnéticas dispersas en ferrofluidos

*Tipo de Trabajo:* Teórico o práctico

### *Breve descripción del trabajo:*

De acuerdo con su definición más rigurosa, un ferrofluido es una suspensión de nanopartículas coloidales de material ferro- o ferrimagnético dispersas en un líquido, que no sufre procesos de sedimentación ni agregación, incluso tras una larga exposición a campos de fuerza (gravitacionales o magnéticos). Esta definición impone una restricción a las partículas dispersas, que deben ser de un tamaño aproximadamente inferior a los 10-20 nm, y contar además con una capa de surfactante adsorbida que las estabilice frente a las fuerzas de van der Waals. No obstante, incluso en estos casos, es posible generar una diferencia de concentración de partículas y hasta fenómenos de condensación de fase en zonas de alto gradiente de campo magnético, que pueden generarse fácilmente en los entornos de micropartículas magnetizables bajo campo magnético aplicado [1-2].

En este TFG estudiaremos en primer lugar de forma experimental, mediante técnicas de microscopía óptica, la influencia que los fenómenos de condensación de fase en ferrofluidos tienen en la interacción entre micropartículas magnetizables. Prestaremos especial atención al efecto de distintos parámetros experimentales, como podrían ser los tamaños de las partículas, el espesor de la capa de surfactante, la intensidad de campo magnético aplicado, o el tiempo de exposición al mismo.

Asimismo, estudiaremos mediante simulación computacional [3] las fluctuaciones y el movimiento browniano de una micropartícula magnetizable dispersa en un ferrofluido, prestando especial atención al efecto de la anisotropía del medio en el movimiento browniano resultante. Usando técnicas similares, también pretendemos investigar la interacción efectiva que surge entre dos micropartículas magnéticas inmersas en un ferrofluido, y cómo los diferentes parámetros de control afectan a dicha interacción efectiva, que puede ser tanto repulsiva como atractiva. Para estos estudios computacionales usaremos técnicas de simulación por dinámica molecular, en las que será crucial tratar de manera eficiente la interacción dipolar de largo alcance entre las nanopartículas que componen el ferrofluido, usando técnicas avanzadas como por ejemplo la aproximación de *cut-off* esférico [3].

### Referencias:

- [1] M.T. López-López; A.Yu. Zubarev; G. Bossis: "Repulsive force between two attractive dipoles, mediated by nanoparticles inside a ferrofluid," *Soft Matter* **6**, 4346-4349 (2010).
- [2] C. Magnet; P. Kuzhir; G. Bossis; A. Meunier; L. Suloeva; A. Zubarev: "Haloing in bimodal magnetic colloids: The role of field-induced phase separation", *Phys. Rev. E* **86**, 011404 (2012).
- [3] A.Yu. Polyakov, T.V. Lyuty, S. Denisov, V.V. Reva, and P. Hänggi, "Large-scale ferrofluid simulations on graphics processing units", *Comp. Phys. Comm.* **184**, 1483 (2013).

***A rellenar sólo en el caso que el alumno sea quien realice la propuesta de TFG***

*Alumno/a propuesto/a:* Cristina Gila Vílchez

Granada, 18 de Mayo de 2015