

Dinámica de medios heterogéneos y desordenados:

Buscando señales certeras



En 1942, el físico checo radicado en Estados Unidos, Leslie Foldy, se encontraba en su oficina del piso 64 del neoyorquino edificio Empire State cuando escuchó el motor de un aeroplano acercándose. Cuando se asomó a la ventana para intentar descubrir a qué distancia se acercaba el aparato, no pudo ver más que niebla, pero inmediatamente sintió un fuerte choque contra la estructura del edificio y cómo fragmentos de un ventanal caían desde pisos más altos: un avión militar se había estrellado contra el piso 79 de la torre y, afortunadamente, el daño

no se había propagado a los pisos inferiores. Foldy, quien en medio de la Segunda Guerra Mundial se encontraba investigando el uso de ondas sonoras para detectar la presencia de submarinos, se dio cuenta entonces de la importancia que podía tener la investigación que estaba realizando.

Dos años más tarde, Leslie Foldy publicaba en la revista *Physical Review* el artículo *The Multiple Scattering of Waves* (Difusión múltiple de Ondas), un trabajo en el que planteó la necesidad de estudiar el fenómeno de interferencia de ondas

en medios desordenados y que hoy aparece como una de las bases de sustentación del Proyecto Anillo de Ciencia y Tecnología sobre "Dinámica de medios heterogéneos y desordenados" (H+D), desarrollado por un grupo de académicos del Departamento de Física de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas (FCFM) de la Universidad de Chile, integrado por: Nicolás Mujica, Rodrigo Soto, Felipe Barra, Fernando Lund, Marcel Clerc, Patricio Cordero, Claudio Falcón y María Luisa Cordero, a quienes se suma el académico de la Universidad del Bio-Bio, Dino Risso.



Ondas de Faraday en un canal con agua.



Solitón (onda que se propaga sin deformarse) hidrodinámico no propagativo en un canal con agua.

Someter un material desordenado a estímulos externos puede revelar tanto como la mirada de un microscopio. Ésta es la premisa del proyecto "Dinámica de Medios Heterogéneos y Desordenados", impulsado por un destacado grupo de investigadores del Departamento de Física de la Facultad.

Transcurridos ocho meses desde el inicio del proyecto, la actividad teórica y experimental de los investigadores es intensa. No sólo por la complejidad en sistemas donde los fenómenos y el mismo desorden cambian en fracción de segundos sino también porque las metas son altas: responder cuáles son los descriptores que determinan la caracterización y control de medios heterogéneos y desordenados, desarrollar herramientas numéricas, experimentales y teóricas; y consolidar un esfuerzo conjunto teórico-numérico-experimental para el estudio de la dinámica de medios desordenados y heterogéneos.

Para cumplir con estos objetivos, durante los tres años de duración del proyecto H+D, los investigadores del DFI desarrollarán su trabajo tanto en la dinámica de sistemas granulares y fluidos bifásicos como en propagación y transporte de ondas. Entre ellos destacan microfluidos bifásicos (cuya característica es fluir en canales de una millonésima parte de

un metro), materiales granulares y metales dislocados los cuales, al ser sometidos a diferentes estímulos externos como inyección de energía y vibraciones, responden de diversas maneras.

En el caso de los medios fluidos, los investigadores del DFI trabajan realizando mediciones en una configuración que permite generar desorden en forma dinámica de manera controlada y así estudiar la interacción entre el desorden y la propagación de ondas. "Cuando una superficie líquida es sometida a vibraciones, las ondas de Faraday son las primeras en aparecer. Esas curvaturas en el agua, conocidas como 'la primera inestabilidad', han sido extensamente estudiadas desde el siglo XIX", dice el Prof. Soto. Por su parte, el director del proyecto, Nicolás Mujica agrega que "lo que estamos haciendo es algo que no ha sido muy analizado que consiste en seguir forzando el sistema para saber qué pasa y lo que hemos comprobado es que aparece una onda más grande que interactúa con las más pequeñas". Un patrón que, según el académico del DFI, podría eventualmente ser aplicado en áreas como magnetismo u óptica, pues las ecuaciones involucradas son las mismas.

En el caso de los materiales granulares, el trabajo de los investigadores del DFI ha consistido en observar qué ocurre cuando miles de pequeñas esferas de acero y plástico dispuestas aleatoriamente son sometidas, por ejemplo, a vibraciones externas. "Vemos que los granos empiezan a moverse de manera desordenada. Esta imagen se parece bastante a la de un líquido o un gas porque, así como hay líquidos que pueden mezclarse y otros no, hay granos de esta muestra que tienden a segregarse o agruparse", describe el Prof. Mujica. Sin embargo, bajo algunas condiciones, la dinámica observada en medios granulares se asemeja mucho a la de los vidrios. "Lo más impresionante del vidrio es que tiene áreas líquidas intercaladas con áreas sólidas. El proceso de generación de estas zonas intercaladas que se destruyen y trancan entre ellas para lograr un acoplamiento es algo que todavía no se entiende totalmente. Sin embargo, el sistema granular que hemos desarrollado nos permitirá simular y manipular las condiciones en que se produce", acota el Prof. Mujica.

Por su parte, el Prof. Rodrigo Soto agrega que una de las dificultades en el estudio de los medios desordenados y heterogéneos es que —a diferencia de los materiales usuales donde basta un conjunto pequeño de indicadores para



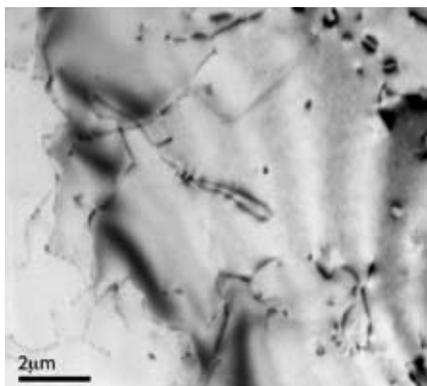
Onda de gravedad en un líquido turbulento, conocido como flujo de Taylor-Couette de superficie libre.

describir su comportamiento, como ocurre con la densidad y la temperatura— aún no se sabe cuáles son los parámetros más adecuados para caracterizarlos. "Este es un objetivo complejo pero muy relevante pues conociendo los descriptores adecuados, sería posible predecir su comportamiento y pensar en aplicaciones", precisa el académico de la FCFM.

TRABAJO RESPALDADO

La experiencia con materiales granulares no es nueva para los investigadores del DFI. Algunos de ellos han trabajado en esta área de la Física desde hace más de 10 años. De esta experiencia, los académicos involucrados en el proyecto H+D destacan los trabajos "Liquid-solid-like transition in quasi-one-dimensional driven granular media", publicado en 2008 por los académicos Marcel Clerc, Patricio Cordero, Nicolás Mujica, Dino Risso y los estudiantes Jocelyn Dunstan y Germán Varas en la Revista Nature Physics; al que se suma "van der Waals-Like Transition in Fluidized Granular Matter", publicado en 2002 por Mederic Argentina, Marcel Clerc y Rodrigo Soto. Una base de sustentación que, según destacan Rodrigo Soto y Nicolás Mujica, "permite consolidar lo que ya se hizo hace algunos años y poner los énfasis donde creemos que deben estar".

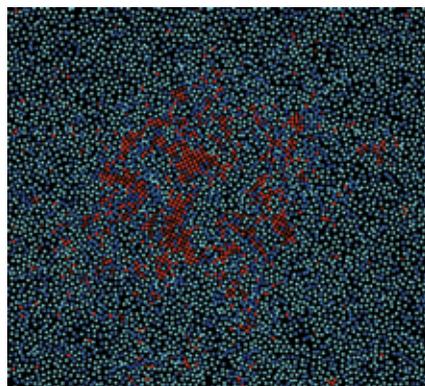
Esta afirmación también es válida en el caso de los metales sometidos a perturbaciones acústicas. En esta área las principales referencias apuntan a los trabajos realizados por los académicos del Departamento de Física, Fernando Lund y Felipe Barra, entre los que destaca la publicación "Wave propagation through a random array of pinned



Vista de una muestra de aluminio que presenta dislocaciones. Imagen obtenida por el Prof. Rodrigo Espinoza, del Departamento de Ciencia de los Materiales, FCFM.

dislocations: Velocity change and attenuation in a generalized Granato and Lücke theory", publicado por Physics Review en 2005. En este trabajo se establece que, mientras más defectos posea un material más blando será, predicción que se ve ratificada con las medidas realizadas hasta ahora por el equipo de investigadores del proyecto H+D. El análisis ha contemplado actividades que comienzan con la observación de barras de aluminio a través del microscopio electrónico de transmisión para constatar su estructura a nivel microscópico, continúan con la introducción de defectos e impurezas en el metal para analizar en qué medida cambiarán sus propiedades mecánicas y concluyen con la comparación del análisis microscópico con la medición acústica, que consiste en someter la misma barra de aluminio a ondas de ultrasonido para observar cómo éstas se propagan a través del metal dislocado.

"Lo que queremos demostrar es que las medidas acústicas nos permiten conocer las propiedades mecánicas del sistema de manera bien precisa", explica el Prof. Rodrigo Soto. Este análisis, conocido como método inverso, permitiría decir cómo es un material sin observarlo microscópicamente sino que midiendo una propiedad global como, por ejemplo, su elasticidad. "Puede darse el caso de que una empresa metalúrgica quiera saber cuántas dislocaciones hay dentro de un material para conocer su grado de resistencia", dice el Prof. Nicolás Mujica. "Entonces, en lugar de comprar un microscopio de millones de dólares para analizarlo en detalle, podría recurrir a medidas acústicas que son mucho más económicas", agrega el académico de la FCFM.



Sistema granular en que los colores rojo, verde y azul muestran la forma en que se ordenan las partículas.

CONFERENCIA Y ESCUELA DE VERANO

Como una forma de dar a conocer los resultados y el alcance del proyecto sobre Dinámica de Medios Heterogéneos y Desordenados, los académicos del DFI han programado la realización de una escuela de verano para estudiantes de postgrado y una conferencia dirigida a una audiencia de académicos. Bajo el título "Desorden y Heterogeneidad en Física", ambas actividades tendrán una semana de duración y serán realizadas en la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile. La primera se realizará entre los días 29 de noviembre y 3 de diciembre y en ella se realizarán cursos sobre transporte de ondas en medios desordenados y heterogeneidad dinámica, entre otros temas. En tanto, la segunda se desarrollará desde el 6 al 10 de diciembre próximo y la lista de expositores incluirá a más de 25 académicos de universidades chilenas y extranjeras (más información en: www.dfi.uchile.cl/nd).



Con esta afirmación, el Prof. Mujica destaca el vínculo de la dinámica de medios heterogéneos con la academia y la industria. "Es cierto que este tema reviste gran interés y curiosidad desde el punto de vista académico, pero tampoco hay que olvidar que Leslie Foldy comenzó a estudiarla como una necesidad concreta vinculada a la transmisión de información durante la Segunda Guerra Mundial", aclara.

Por ahora, el equipo de investigadores del proyecto de Dinámica de Medios Heterogéneos y Desordenados sigue sumando integrantes. Al grupo de 22 académicos y alumnos de pregrado y postgrado del DFI se agregarán nuevos investigadores de postdoctorado en marzo de 2011. La complejidad de la investigación así lo requiere aunque, ciertamente, este último punto no es algo que preocupe demasiado al Prof. Nicolás Mujica quien, ante la pregunta por los resultados esperados o no esperados hasta el momento, deja en claro la gran motivación que guía el quehacer científico: "si uno encontrara todo lo que espera, la verdad es que el trabajo sería bastante aburrido" .

Texto: Daniela Cid M.