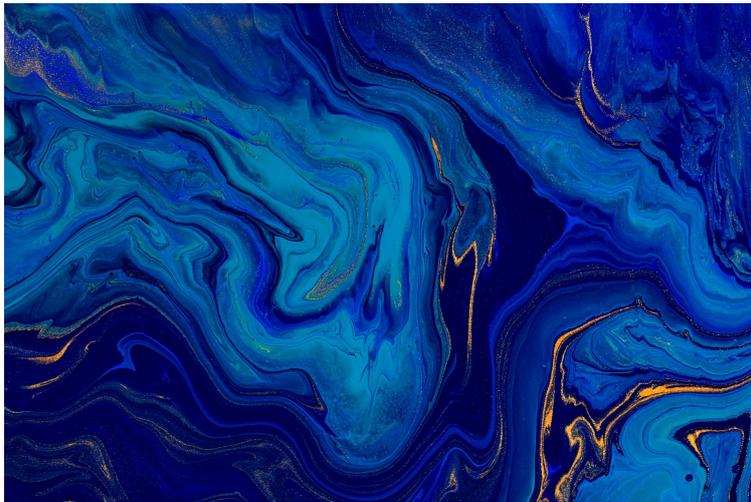


07/06/2022

## Lento y constante: así se gana la carrera. Una historia de moléculas que bailan de manera distinta



Los fenómenos macroscópicos de equilibrio requieren un movimiento microscópico de las moléculas. Hasta ahora, la dinámica de los líquidos se había descrito considerando un único tipo de movimiento conocido como relajación estructural. Un equipo de investigación belga de la ULB con la participación del dr. Cristian Rodríguez, profesor lector del Grupo de Propiedades Térmicas de los Materiales en la Nanoescala (GTNaM) de la UAB han descrito un nuevo movimiento, el SAP (Slow Arrhenius Process).

Istockphoto/Galina Timofeeva

Un sistema está en equilibrio cuando sus propiedades no cambian con el tiempo. La experiencia nos dice que tal observación, sin embargo, rara vez se da en la naturaleza. La transformación de capullos en flores y luego en frutos, los reordenamientos de las placas en la superficie de los planetas e incluso la evolución del cuerpo humano completo a lo largo de su vida son solo algunos ejemplos de sistemas fuera de equilibrio. Con el tiempo, estos sistemas luchan por alcanzar el equilibrio, reorganizándose y adaptándose al entorno para llegar a reducir su energía interna.

Desde hace casi un siglo, sabemos que los fenómenos macroscópicos de equilibrio (por ejemplo, una cuerda elástica que se alarga con la tracción, o un cubo de hielo que se derrite

cuando lo sacamos del congelador) requieren un movimiento microscópico de las moléculas. Al aumentar la temperatura, las moléculas se mueven más rápido y el equilibrio se logra en un tiempo más corto. Este principio fundamental refleja la belleza de la física y tiene poderosas implicaciones.

Al observar cómo reacciona un material ante la aplicación de pequeñas fuerzas, podemos observar el proceso de equilibrio y, por lo tanto, comprender las trayectorias de las moléculas, independientemente de qué tan rápido se muevan las moléculas y qué tan pequeñas sean las distancias que recorren.

Gracias a estos métodos experimentales fue posible observar que las moléculas de los líquidos necesitan cooperar para moverse en sus posiciones. Este movimiento molecular se logra solo a través una especie de acción colaborativa. Cuanto más frío, más denso y viscoso se vuelve el líquido, y más moléculas necesitan coordinar sus movimientos para equilibrarse. Durante décadas, la dinámica de los líquidos se ha descrito considerando únicamente este tipo de movimiento, conocido como relajación estructural.

Ahora, tal como se publica en *Science Advances*, un equipo internacional del Laboratorio de Dinámica de Polímeros y Materia Blanda\* de la Université Libre de Bruxelles (ULB) dirigido por el Prof. Napolitano, con la participación del Dr. Cristian Rodríguez-Tinoco (actualmente, profesor lector de la UAB) ha demostrado que las moléculas también pueden moverse de otra forma. A este nuevo proceso molecular lo han denominado SAP (Slow Arrhenius Process), que a altas temperaturas es más lento que la relajación estructural y los reordenamientos asociados no se ven afectados por la densidad (proceso Arrhenius).

Este trabajo experimental responde a varias preguntas sin respuesta sobre la dinámica de los líquidos. Laboratorios de todo el mundo ya habían observado que los líquidos pueden equilibrarse de una manera eficiente que no se puede atribuir a la relajación estructural; este equipo de la ULB ha comprobado que las moléculas en diferentes materiales eligen el SAP para reducir su energía interna. Es importante destacar que es posible seguir esta nueva ruta a cualquier temperatura: a bajas temperaturas, cuando el líquido se vuelve tan viscoso que se comporta casi como un sólido, este nuevo mecanismo es más eficiente que el anterior. Gracias a sus propiedades únicas, el SAP puede facilitar la relajación de los materiales en un tiempo razonable (días, meses), a temperaturas a las cuales la relajación a través del proceso estructural se extendería a lo largo de tiempos geológicos.

El SAP se puede representar como los ciclistas que entregan alimentos: pueden ser más lentos que los automóviles durante las horas normales, pero en el caso de un atasco de tráfico, puedes contar con ellos para recibir la comida caliente.

Comprender la naturaleza del SAP tiene fuertes implicaciones. En el diseño de nuevos materiales y sus protocolos de fabricación, para lograr un mejor control de propiedades al identificar aquellas condiciones que favorecen mecanismos que no dependen de un cambio en la estructura, como es el caso del SAP. Además, dado que la mayoría de los materiales amorfos se almacenan a bajas temperaturas, el tiempo de almacenamiento de estos sistemas se ve significativamente afectado por el equilibrio potencial a través de la nueva vía descubierta por el equipo de ULB.

### **Cristian Rodríguez-Tinoco**

Grupo de Propiedades Térmicas de Materiales en la Nanoescala (GTNaM), Departamento de Física

Universitat Autònoma de Barcelona  
[cristian.rodriguez@uab.cat](mailto:cristian.rodriguez@uab.cat)

### Referencias

Song, Zijian & Rodríguez-Tinoco, Cristian & Mathew, Allen & Napolitano, Simone. (2022). **Fast equilibration mechanisms in disordered materials mediated by slow liquid dynamics**. Science Advances. 8. 10.1126/sciadv.abm7154.

[View low-bandwidth version](#)