LOS NÚMEROS DEL HIELO

Posted on 10 febrero, 2017 by Franco Bagnoli



A finales de 2016, en el Instituto de Sistemas Complejos del CNR en Florencia, Italia, se descubrió una nueva fase sólida del agua: el hielo XVII. Este nuevo hielo, es un cristal poroso que se forma a temperatura muy baja y presión muy alta, pero es metaestable a presión ambiente.

Category: Ciencia

Tags: Columnas ciencia, Píldoras toscanas

A finales de 2016, en el Instituto de Sistemas Complejos del CNR en Florencia, Italia, se descubrió una nueva fase sólida del agua: el hielo XVII . Este nuevo hielo es un cristal poroso que se forma a temperatura muy baja y presión muy alta, pero es metaestable a presión ambiente (Fig. 1).

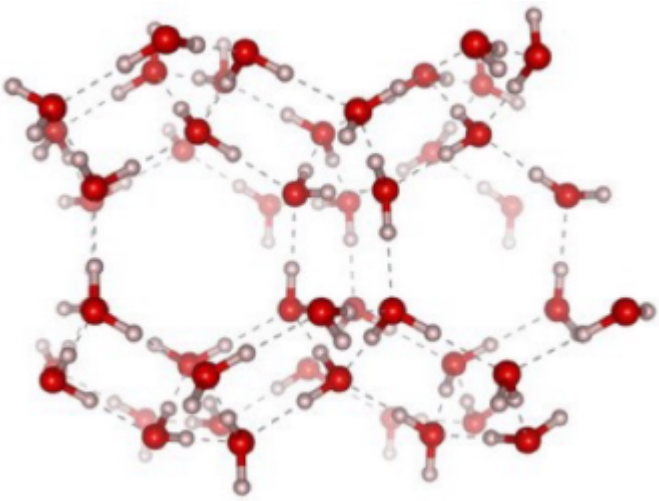


Fig. 1. Estructura de hielo XVII .

La noticia, y los talleres de discusión que siguieron, me hicieron recordar una de mis novelas favoritas del escritor Kurt Vonnegut , la “cuna de gato” , que es el nombre de un juego que consiste en la formación de figuras entrelazando con las manos un anillo anudado de hilo . La novela abarca muchos temas, y el científico es, como de costumbre para Vonnegut, una excusa para hablar sobre el alma humana. Aunque yo diría que sigue siendo interesante.

La idea novedosa de "ciencia ficción" es la siguiente: un general de la marina de los EE.UU. pide a Félix Hoenikker, uno de los "padres" de la bomba atómica (figura probablemente inspirada por Irving Langmuir , que nunca trabajó en la bomba atómica, pero ganó el Premio Nobel de Química en 1932) estudiar una manera para solidificar el agua, para que los marines ya no se revuelquen en el barro.

Félix, jugando con la cuna de gato, tiene la intuición de un nuevo arreglo de las moléculas de agua, que serían estables a temperatura ambiente. Pronto es capaz de fabricar una "semilla" de esta nueva fase, llamada hielo-nueve. Si el agua se pone en contacto con dicha semilla a una temperatura por debajo de 114 F (45,5 ˚ C), se solidifica instantáneamente.

Obviamente, dado el estilo catastrófico de Vonnegut, un desafortunado incidente ocurre: los océanos se vuelven sólidos, así como todos los seres vivos cuyos fluidos internos entran en contacto con esta sustancia.

Supongamos que el hielo-nueve exista en verdad. Esto significaría que el agua, en su estado líquido, a temperatura ambiente, tendría una fase metaestable, dado que energéticamente prefiere ser sólido en la fase hielo-nueve. ¿Qué evitaría que el agua se solidifique repentinamente? No es la energía, lo que disminuye en la fase cristalina, sino la entropía. Hay que suponer que el cristal de hielo-nueve es tan poco probable, que el agua, en su agitación térmica, nunca logra formarlo por un tiempo suficientemente largo para provocar la formación de un cristal macroscópico.

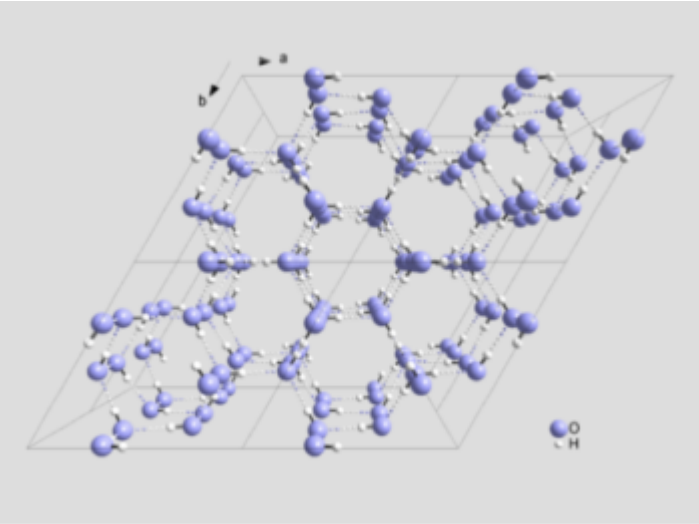


Fig. 2. Estructura del hielo corriente Ih .

De hecho, eso es lo que ocurre con el agua ordinaria entre -10 y 0 grados. El cristal de hielo tiene una estructura mucho más "suelta" que la del agua líquida (Fig. 2), y por eso el hielo flota en ésta, de modo que el agua sobrenfriada, es decir, alrededor de -8 ˚ C, puede permanecer líquida durante mucho tiempo si no proporcionamos una "semilla". Ésta puede ser un pequeño cristal de hielo, una impureza, o también una imperfección del recipiente. Incluso un golpe en el contenedor. Sobre la base de este principio se pueden hacer demostraciones de física "mágica" solidificando el agua líquida con sólo tocar o golpear .

Otro ejemplo, tal vez más accesible al experimentador, se da con el acetato de sodio trihidrato, que se encuentra normalmente en los calentadores de manos . Esta sustancia cristaliza a 58 ˚C, pero puede permanecer líquida a temperatura ambiente hasta que no se proporciona una "semilla", por lo general un disco de metal que es doblado por el usuario. En ese punto, el acetato de sodio cristaliza, y, al igual que el agua sobrenfriada, libera la diferencia de energía entre los dos estados: el "calor latente de fusión". Por esto funciona como calentador de manos.

En realidad, esto debe suceder al hielo-nueve de Vonnegut, que tiene una temperatura de fusión similar a la de acetato de sodio: la solidificación del mar debe liberar gran parte de ese calor y "calentar" toda la Tierra, y luego bloquear la solidificación, sin contar el hecho de que las sales y otras sustancias disueltas obstaculizan la congelación, como es el caso para el agua normal (la sal puede evitar que el agua se congele hasta -21 ˚C, razón por la cual se echa en las carreteras en invierno).

¿Quién pudo haber proporcionado a Vonnegut la idea de esta nueva fase del agua? Probablemente su hermano, Bernard Vonnegut , quien era un científico de la atmósfera. Él descubrió que el yoduro de plata se puede utilizar como un agente de nucleación para inducir la lluvia. En las nubes, el agua está en forma de pequeñas gotas sobrenfriadas. Los cristales de yoduro de plata tienen una estructura similar a los cristales de agua e inducen el crecimiento del hielo a expensas de gotas vecinas, debido a que la presión de vapor del hielo es menor que la del agua sobrenfriada (dado que las moléculas de agua prefieren energéticamente añadirse a la fase sólida a estas temperaturas/presiones) .

Bernard Vonnegut se hizo famoso en 1997, el año de su muerte, por haber ganado el Ig Nobel de la meteorología por un artículo del 1975 titulado: "pollos desplumados como indicadores de la

velocidad del viento en los tornados" . De hecho, el título es engañoso, dado que B. Vonnegut explica que tal "indicador", utilizado por más de un siglo, no tiene fundamento, porque los pollos pueden aflojar activamente la raíz de sus folículos en condiciones de estrés. Ésta es una reacción de origen evolutivo que les permite escapar de un depredador después de haber sido mordidos, porque así el depredador se queda con la boca llena de plumas. De hecho, la motivación del Ig Nobel es "por haber anulado una de las más antiguas hipótesis científicas no probadas" , aunque el título del artículo debió haber ayudado mucho. C^2

Referencias

L. del Rosso, M. Celli, L. Ulivi, New porous water ice metastable at atmospheric pressure obtained by emptying a hydrogen-filled ice, Nature Communications 7, 13394 (2016). doi:10.1038/ncomms13394 http://www.nature.com/articles/ncomms13394

L. del Rosso, F. Grazzi, M. Celli, D. Colognesi, V. Garcia-Sakai, L. Ulivi, Refined Structure of Metastable Ice XVII from Neutron Diffraction Measurements, J. Phys. Chem. C 120 (47), 26955 (2016). doi:10.1021/acs.jpcc.6b10569

"Kurt Vonnegut" en Wikipedia https://en.wikipedia.org/wiki/Kurt_Vonnegut

"Cat's Cradle" en Wikipedia https://en.wikipedia.org/wiki/Cat's_Cradle

"Cuna de gato" en Wikipedia https://en.wikipedia.org/wiki/Cat%27s_cradle

"Irving Langmuir" en Wikipedia https://en.wikipedia.org/wiki/Irving_Langmuir

Estructura del hielo I_h en Wikipedia https://en.wikipedia.org/wiki/Ice_Ih

F. Bagnoli, Bursting Money Bins, Europhysics News 46/3, 15 (2015) doi:10.1051/epn/2015301; F. Bagnoli, R. M. Herrera (traducción), Física de todos los días: los caudales congelados, Revista C2 (2015), https://www.revistac2.com/los-caudales-congelados

"Acetato de sodio" en Wikipedia https://en.wikipedia.org/wiki/Sodium_acetate

F. Bagnoli, Delicious ice cream, why does salt thaw ice?, Europhysics News 47/2, 26 (2016), doi:http://dx.doi.org/10.1051/epn/2016204; F. Bagnoli, R. M. Herrera (traducción), Física de todos los días: helado de emergencia en Cuadrolandia, Revista C2 (2015)

https://www.revistac2.com/fisica-de-todos-los-dias-helado-de-emergencia-en-cuadrolandia

"Bernard Vonnegut" en Wikipedia https://en.wikipedia.org/wiki/Bernard_Vonnegut

"Yoduro de plata" en Wikipedia https://en.wikipedia.org/wiki/Silver_iodide

D.M. Murphy and T. Koop, Review of the vapour pressures of ice and supercooled water for atmospheric applications, Q. J. R. Meteorol. Soc. 131, 1539 (2005). doi: 10.1256/qj.04.94

B. Vonnegut, Chicken Plucking as Measure of Tornado Wind Speed, Weatherwise (October 1975) 122 doi:10.1080/00431672.1975.9931768
http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00431672.1975.9931768

M. Abrahams, Improbable research: Blowing the feathers off a chicken, The Guardian 20 April 2010.
https://www.theguardian.com/education/2010/apr/20/improbable-research-feathers-chicken