

Kwantowe szaleństwa najmniejszej kropelki wody

27 marca 2016

Cząsteczki ciekłej wody są w ciągłym ruchu. Teraz już lepiej wiadomo, skąd wśród nich nieustanne zamieszanie. Badacze, m.in. fizyk z Warszawy, opisali kwantowe szaleństwa w najmniejszej możliwej kropelce wody – składającej się z zaledwie sześciu cząsteczek.

Badania kierowane przez Jeremy'ego O. Richardsona z Cambridge opublikowano w prestiżowym tygodniku „Science”. W pracach brał udział prof. Zbigniew Kisiel z Instytutu Fizyki PAN w Warszawie.

BURZA W SZKLANCE WODY

Wydaje się, że woda – na poziomie molekularnym – to nic skomplikowanego – ot, dwa atomy wodoru połączone z atomem tlenu. A sprawa się na tym nie kończy. Okazuje się, że sąsiadujące ze sobą cząsteczki wody sklejone bywają ze sobą dodatkowo słabymi wiązaniami wodorowymi. To wiązania słabsze niż chemiczne, ale nie można ich całkiem zignorować. To właśnie one decydują o niektórych unikalnych właściwościach wody, np. o tym, w jakiej temperaturze substancja ta wrze czy krzepnie, albo jaka jest jej lepkość czy rozszerzalność cieplna.

Cząsteczka wody może połączyć się takimi wiązaniami z maksymalnie czterema swoimi sąsiadami. Takie wiązania powstają spontanicznie między wodorem z wiązania OH jednej cząsteczki wody a atomem tlenu z cząsteczki sąsiedniej.

LÓD KRZEPI

To właśnie za sprawą dynamiki sieci wiązań wodorowych cząsteczki ciekłej wody są w ruchu. Nie próżnują ani przez

chwilę: drgają, przemieszczają się i robią fikołki. Dopiero krzepnięcie stabilizuje te sieci wiązań i utrzymuje brykające wcześniej cząsteczki w ryzach. Naukowcy od dawna zastanawiali się, jak to możliwe, że cząsteczki ciekłej wody są tak ruchliwe, a mimo wszystko dość silnie trzymają się siebie nawzajem. „Dopiero teraz powstały możliwości, by dokładnie to badać na poziomie molekularnym” – mówi w rozmowie z PAP prof. Zbigniew Kisiel.

WODA NIEUSTANNIE BIEŻĄCA

Niestety trudno zbadać, co na poziomie atomów dzieje się w dużych, widocznych gołym okiem kroplach wody. Za dużo się tam dzieje. Dlatego naukowcy postanowili zacząć od podstaw i przyjrzeć się najmniejszym możliwym klasterkom wody – składającym się z bardzo małej liczby cząsteczek tej substancji. A wbrew pozorom wytworzenie tworu składającego się jedynie z dwóch czy sześciu cząsteczek wody, to spore wyzwanie.

JAK DWIE WODY W KROPLI

Najmniejsze agregaty cząsteczek wody tworzy się tzw. metodą naddźwiękowej wiązki molekularnej. „Wstrzykujemy parę wodną rozpuszczoną w neutralnym gazie nośnym do zbiornika w wysokiej próżni. W trakcie tego procesu odbywa się ekspansja naddźwiękowa. Wtedy cząsteczki skleja się ze sobą i tworzą agregaty. Przelatują przez zbiornik, a my je wtedy obserwujemy metodami mikrofalowymi” – opowiada naukowiec.

Wcześniej udało się opisać, co się dzieje w agregatach składających się najwyżej z pięciu cząsteczek. Ale były to tylko twory płaskie, dwuwymiarowe, które w wodzie raczej nie są normą. Naukowcy wzięli więc na warsztat najmniejsze trójwymiarowe „kropelki” wody – heksamery, czyli klastry składające się z sześciu cząsteczek wody. Takie klastry znane są od niedawna. Dopiero w 2012 r. opisał je zespół, w którego skład wszedł również prof. Kisiel.

WODNE FIKOŁKI

W najnowszych badaniach naukowcy zajęli się heksamerami wody o kształcie pryzm (każda z sześciu cząsteczek wody znajduje się w jednym z rogów graniastosłupa o podstawie trójkąta). Okazuje się, że mogą być dwie stabilne postaci takich pryzm, a cząsteczki wody chętnie przechodzą z jednej na drugą. Aby było to możliwe, dwie molekuły muszą się jednocześnie troszkę obrócić, zrywając przy tym dwa wiązania wodorowe, by za chwilę utworzyć między sobą dwa podobne, ale nowe takie wiązania.

WODA W TUNELU

Do zerwania istniejących wiązań wodorowych potrzebna by była spora energia, którą można jednak zaraz oddać – kiedy już powstaną nowe wiązania. Ponieważ taka mikropożyczka energii musiałaby trwać zaledwie milion miliardów razy krócej niż sekunda, jest na to rada. To sztuczka znana z mechaniki kwantowej – tzw. tunelowanie. „Obiekt nie musi przechodzić przez >>górkę energetyczną<>tunel<