Instytut Chemii Fizycznej Polskiej Akademii Nauk

adres: ul. Kasprzaka 44/52
01-224 Warszawa
tel.: *+48 22 3432000*
fax/tel.: *+48 22 3433333, 6325276*
email: *ichf@ichf.edu.pl*
WWW: *http://www.ichf.edu.pl/*

Warszawa, 18 lipca 2013

To milikelwiny napędzają parowanie kropel

Parowanie jest tak powszechne, że wydaje się doskonale poznanym zjawiskiem. Pozory jednak mylą. Niedawno odkryto nowy, nieprzewidywany wcześniej mechanizm parowania. Zrealizowane w Instytucie Chemii Fizycznej PAN i Instytucie Fizyki PAN eksperymenty i symulacje nie tylko potwierdzają jego istnienie, ale wskazują, że pełni on główną rolę w procesie parowania w nanoskali.

Zbyt gorąco? To nie tylko wina lata. Prawdopodobnie pot na twojej skórze przestał parować z dostateczną wydajnością. Parowanie ma wpływ na „klimat" wewnątrz naszego organizmu, ale jest równie ważne dla klimatu całej planety – a także dla tempa suszenia się bielizny czy wydajności silników samochodowych. Mimo wszechobecności zjawiska w naszym otoczeniu, po 130 latach badań fizycy nadal nie w pełni rozumieli jego przebieg. Teraz, dzięki eksperymentom i symulacjom, wykonanym przez zespoły Instytutu Chemii Fizycznej PAN (IChF PAN) i Instytutu Fizyki PAN (IF PAN), tajemnice parowania wreszcie ujrzały światło dzienne.

„Zwykle dość łatwo przewidzieć, jaki będzie początek lub koniec danego procesu fizycznego czy chemicznego. Odpowiedź na pytanie, jaką ścieżkę realizacji procesu wybiera natura, jest już znacznie trudniejsza. W przypadku parujących kropel od dawna było wiadome, że temperatury przed rozpoczęciem parowania i po jego zakończeniu są takie same. Ale co zachodzi między tymi chwilami, gdy wszystko dopiero się dzieje? To było pytanie, na które nie znaliśmy dobrej odpowiedzi", mówi prof. dr hab. Robert Hołyst (IChF PAN).

Dotychczasowe modele teoretyczne procesu parowania zakładały, że szybkość parowania zależy od tempa przyłączania się lub odrywania cząsteczk od powierzchni cieczy. Pomiary wskazywały jednak, że na powierzchni kropel powinna się wtedy tworzyć bariera utrudniająca cząsteczkom przechodzenie od fazy ciekłej do gazowej (lub odwrotnie). Niedawne eksperymenty grup badawczych na świecie dowiodły jednak, że takiej bariery nie ma i praktycznie każda cząsteczka, która pada na powierzchnię cieczy, już się od niej nie odrywa. Zauważono też, że na granicy między kroplą a otoczeniem pojawia się wyraźny skok temperatury i że ciśnienie podczas parowania pozostaje stałe. Efekty te nie były przewidywane przez dotychczasowe modele teoretyczne.

W tej sytuacji grupa prof. Hołysta zdecydowała się wykonać symulacje komputerowe parowania kropel o rozmiarach nanometrowych. Równolegle zespół w IF PAN prowadził – technicznie bardzo

trudne – pomiary w rzeczywistych układach, na mikrokroplach parujących wewnątrz pułapki elektrodynamicznej. Badano m.in. parowanie wody do własnej pary w powietrzu, wody do powietrza, glikolu i glicerolu do azotu oraz argonu do własnej pary. Otrzymane wyniki wskazują, że głównym czynnikiem odpowiedzialnym za parowanie kropel jest temperatura parującej cieczy.

„Parowanie okazuje się procesem napędzanym bardzo małymi różnicami temperatur. Aby zachodziło, często wystarczą zaledwie dziesięciotysięczne części kelwina!", mówi dr inż. Daniel Jakubczyk z IF PAN.

Kluczową rolę podczas parowania odgrywa przepływ ciepła między kroplą a otoczeniem. W przypadku obiektów o małych rozmiarach jest on utrudniony. Dzieje się tak, ponieważ każda kropla jest otoczona przez cienką warstwę własnej pary.

„Działający tu mechanizm izolacji termicznej jest podobny do efektu Leidenfrosta. Znamy go wszyscy, bo wszyscy widzieliśmy krople wody ślizgające się na gorącej patelni czy spodzie żelazka. Gdyby przepływ ciepła między patelnią a kroplą był naprawdę wydajny, krople by wrzały i parowały błyskawicznie. Tak się nie dzieje, bo między kroplami a gorącą powierzchnią jest warstwa izolatora, pary wodnej, na której ślizgają się krople", wyjaśnia prof. Hołyst.

Warstwa izolująca, formująca się wokół parującej kropli, jest wystarczającą gruba, by skutecznie hamować przepływ ciepła. Jednak grubość tej warstwy zależy przede wszystkim od warunków panujących w otoczeniu i nie ma związku z rozmiarami samych kropel. Dlatego kropla nanometrowa „odczuwa" grubszą (w stosunku do swoich rozmiarów) warstwę izolacji i paruje wolniej niż wynikałoby to z szybkości parowania kropel mikrometrowych czy milimetrowych. Co więcej, z uwagi na rozmiary nanokropel, w warstwie izolującej przy ich powierzchni w ogóle przebywa mało cząsteczek. To dodatkowy mechanizm izolujący, ograniczający przepływ energii do mało wydajnych zjawisk związanych z emisją i absorbcją promieniowania podczerwonego.

Nowy wzór opisujący parowanie, podany przez naukowców z IChF PAN, poprawnie opisuje przebieg procesu zarówno dla typowych, dużych kropel, jak i tych bardzo małych, o rozmiarach zbliżonych do pojedynczych nanometrów.

„Małe krople mogą wyparować w czasie nanosekund, dużym zajmuje to nawet kilkadziesiąt minut. Eksperymenty potwierdziły, że mimo tak dużej rozpiętości czasowej, aż kilkunastu rzędów wielkości, nasz wzór poprawnie opisuje przebieg tych wszystkich procesów", podkreśla dr hab. Marek Litniewski (IChF PAN), współautor badań.

Wyniki prac naukowców z IChF PAN i IF PAN, opublikowane w czasopiśmie „Soft Matter", znajdą zastosowanie w wielu obszarach, m.in. w nanotechnologiach i inżynierii materiałowej, badaniach klimatu i efektu cieplarnianego (para wodna jest głównym gazem cieplarnianym w ziemskiej atmosferze), a także w meteorologii. Interesujące możliwości pojawiają się w technice i mogą prowadzić m.in. ku nowym, bardziej wydajnym silnikom spalinowym.

Badania zjawiska parowania, prowadzone w Instytucie Chemii Fizycznej PAN, były finansowane z grantu Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego.

Materiał prasowy przygotowany w ramach grantu NOBLESSE z działania „Potencjał badawczy" 7. Programu Ramowego Unii Europejskiej.

Instytut Chemii Fizycznej Polskiej Akademii Nauk (http://www.ichf.edu.pl/) został powołany w 1955 roku jako jeden z pierwszych instytutów chemicznych PAN. Profil naukowy Instytutu jest silnie powiązany z najnowszymi światowymi kierunkami rozwoju chemii fizycznej i fizyki chemicznej. Badania naukowe są prowadzone w 9 zakładach naukowych. Działający w ramach Instytutu Zakład Doświadczalny CHEMIPAN wdraża, produkuje i komercjalizuje specjalistyczne związki chemiczne do zastosowań m.in. w rolnictwie i farmacji. Instytut publikuje około 200 oryginalnych prac badawczych rocznie.

KONTAKTY DO NAUKOWCÓW:

prof. dr hab. **Robert Hołyst**
Instytut Chemii Fizycznej Polskiej Akademii Nauk
tel. +48 22 3433123
email: rholyst@ichf.edu.pl

dr inż. **Daniel Jakubczyk**
Instytut Fizyki Polskiej Akademii Nauk
tel. +48 22 1162991
email: jakub@ifpan.edu.pl

POWIĄZANE STRONY WWW:

http://www.ifpan.edu.pl/
Strona Instytutu Fizyki Polskiej Akademii Nauk.

http://www.ichf.edu.pl/
Strona Instytutu Chemii Fizycznej Polskiej Akademii Nauk.

http://www.ichf.edu.pl/press/
Serwis prasowy Instytutu Chemii Fizycznej PAN.

MATERIAŁY GRAFICZNE:

IChF130718b_fot01s.jpg **HR:** http://ichf.edu.pl/press/2013/07/IChF130718b_fot01.jpg
Badania przeprowadzone przez Instytut Chemii Fizycznej PAN i Instytut Fizyki PAN ujawniły, że głównym czynnikiem napędzającym parowanie kropel są niewielkie różnice temperatury – nawet rzędu dziesięciotysięcznych części kelwina. (Źródło: IChF PAN, Grzegorz Krzyżewski)