



Warszawa, 26 października 2017

## ***Małe krople zaskakują: znikają wolniej niż „powinny”***

*Wydawałoby się, że o parowaniu wiemy już wszystko. Tymczasem mamy kolejną niespodziankę: małe krople okazują się być maruderami i parują wolniej od swych większych odpowiedników, stwierdzili fizycy z warszawskich instytutów Polskiej Akademii Nauk.*

Rzecz dotyczy nie tylko wody, ale także innych cieczy: okazuje się, że bardzo małe krople parują wolniej niż przewidują obecne modele zjawiska! Naukowcy z Instytutu Chemii Fizycznej Polskiej Akademii Nauk (IChF PAN) w Warszawie we współpracy z Instytutem Fizyki PAN (IF PAN) za pomocą analiz teoretycznych, symulacji komputerowych i doświadczeń opisali przebieg parowania kropeł o rozmiarach mikro- i nanometrowych (a więc sięgających miliardowych części metra). Efektem badań, przedstawionych w czasopiśmie „Soft Matter”, jest wzór dokładnie oddający przebieg parowania dla kropeł o różnych rozmiarach i dla różnych cieczy. Wzór może znaleźć zastosowanie m.in. przy budowie dokładniejszych modeli klimatycznych, a także podczas projektowania bardziej wydajnych silników spalinowych czy urządzeń chłodzących.

„Na pierwszy rzut oka opisane przez nas spowolnienie szybkości parowania małych kropli może się wydawać efektem bez większego znaczenia. Trzeba jednak pamiętać, że każda kropla, która zakończyła swój żywot wskutek odparowania do otoczenia, musiała zmniejszyć się do rozmiarów najpierw mikro-, a następnie nanometrowych, a zatem przechodziła przez fazę spowolnionego parowania”, podkreśla prof. dr hab. Robert Hołyst (IChF PAN) i zauważa, że strukturami zbudowanymi z ogromnej liczby małych kropeł są na przykład chmury, które w istotnej części kształtują klimat naszej planety. „Jeśli weźmiemy pod uwagę, że klimat to stan pewnej dynamicznej równowagi w środowisku, względnie łatwej do zaburzenia nawet przez pozornie drobne czynniki, to badane przez nas spowolnienie szybkości parowania małych kropeł z zagadnienia o skali laboratoryjnej nagle staje się zjawiskiem o zasięgu globalnym”.

Podczas parowania kluczową rolę odgrywa przepływ ciepła między kroplą a otoczeniem. We wcześniejszych publikacjach fizycy z IChF PAN i IF PAN wykazali, że parowanie zaczyna zachodzić nawet wtedy, gdy lokalnie różnice temperatur wynoszą zaledwie dziesięciotysięczne części kelwina. Jednak transport energii między cieczą a otoczeniem nie zawsze musi mieć związek z istnieniem gradientu temperatur.

„Gdy cząsteczka gazu zbliża się do powierzchni cieczy na odległość kilku do kilkunastu długości drogi swobodnej, praktycznie przestaje się zderzać z innymi cząsteczkami w swoim otoczeniu. W tym momencie typowy opis zjawiska za pomocą metod termodynamiki przestaje wystarczać.

Blisko powierzchni cieczy transport energii zachodzi inaczej, balistycznie: cząsteczka gazu po prostu niesie swoją energię i uderza w powierzchnię, niekiedy wielokrotnie”, mówi dr hab. Marek Litniewski (IChF PAN), współautor badań.

Średnia długość drogi swobodnej cząsteczki w powietrzu (a więc od zderzenia z jedną cząsteczką do zderzenia z następną) sięga 70 nm. Podczas parowania balistyczny przekaz energii zaczyna więc odgrywać rolę już dla cząsteczek gazu odległych od powierzchni kropli o mikrometry, co w skali zjawiska należy uznać za wartość stosunkowo dużą. Pojawiło się pytanie: ile energii i jak można przekazywać w ten sposób? Pojedyncza cząsteczka gazu zderza się bowiem z pojedynczą cząsteczką cieczy, ta jednak jest silniej lub słabiej sprzężona ze swoimi bliższymi i dalszymi sąsiadkami na powierzchni i w głębi cieczy. W rezultacie zderzenie zachodzi między wieloma ciałami i jego opis teoretyczny staje się daleki od trywialnego.

„Jeśli kropla jest duża, jej powierzchnia z punktu widzenia cząsteczki gazu będzie praktycznie płaska. Gdy więc taka cząsteczka odbije się od powierzchni, może się zderzyć z inną cząsteczką gazu w pobliżu i znów uderzyć w powierzchnię, deponując w niej kolejną porcję energii. Sytuacja się zmienia, gdy kropla maleje i jej powierzchnia staje się coraz bardziej zakrzywiona. Cząsteczka odbija się wtedy od powierzchni na ogół raz, po czym odlatuje w przestrzeń. Przekaz energii do wnętrza cieczy jest więc mniej efektywny. W rezultacie krople parują tym wolniej, im są mniejsze, a przebieg procesu może być spowolniony co najmniej kilkukrotnie”, wyjaśnia prof. Hołyst.

Analizy i symulacje komputerowe wsparto eksperymentami przeprowadzonymi w IF PAN przez dr. inż. Daniela Jakubczyka. W starannie kontrolowanych warunkach dokonano tu szeregu pomiarów szybkości parowania pojedynczych kropelek. Doświadczenia przeprowadzono dla kropelek o różnych rozmiarach i dla tak różnych cieczy jak woda czy glikol etylenowy. Okazało się, że wzór zaproponowany przez fizyków z IChF PAN we wszystkich przypadkach dokładnie opisywał przebieg zjawiska. Żeby oszacować, jak szybko zostanie odparowana kropla, wystarczyło podać zaledwie dwa parametry (masę substancji i jej entalpię parowania).

„Parowanie zachodzi wokół nas, zawsze i wszędzie. Nauka bada je dokładniej od ponad 120 lat i do tej pory wszyscy żyliśmy w przekonaniu, że dobrze rozumiemy przebieg tego zjawiska. Gdy jednak sięgamy ku szczegółom procesu parowania, nagle widzimy, jak dużo przeoczyliśmy. To uczy pokory – i zachęca do dalszych badań”, podsumowuje prof. Hołyst.

Badania nad parowaniem sfinansowano z grantu OPUS Narodowego Centrum Nauki.

Informacja prasowa zrealizowana ze środków europejskiego grantu ERA CHAIR w ramach programu Horizon 2020.

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 dziewięciu 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.

#### **KONTAKT:**

prof. dr hab. **Robert Hołyst**  
Instytut Chemii Fizycznej Polskiej Akademii Nauk w Warszawie  
tel.: +48 22 3433123  
email: [rholyst@ichf.edu.pl](mailto:rholyst@ichf.edu.pl)

dr hab. **Marek Litniewski**  
Instytut Chemii Fizycznej Polskiej Akademii Nauk w Warszawie  
tel.: +48 22 3433268  
email: [mlitniewski@ichf.edu.pl](mailto:mlitniewski@ichf.edu.pl)

### **PUBLIKACJE NAUKOWE:**

1. „Evaporation of liquid droplets of nano- and micro-meter size as a function of molecular mass and intermolecular interactions: experiments and molecular dynamics simulations”  
R. Hołyst, M. Litniewski, D. Jakubczyk  
Soft Matter, 2017, 13, 5858  
DOI: 10.1039/c7sm00804j

### **POWIĄZANE STRONY WWW:**

<http://www.ichf.edu.pl/>

Strona Instytutu Chemii Fizycznej Polskiej Akademii Nauk.

<http://www.ichf.edu.pl/press/>

Serwis prasowy Instytutu Chemii Fizycznej PAN.

<http://www.ichfdlafirm.pl/>

Oferta Instytutu Chemii Fizycznej Polskiej Akademii Nauk skierowana do przedsiębiorców i przemysłu.

### **MATERIAŁY GRAFICZNE:**

**ICHF171026b\_fot01s.jpg**

**HR:** [http://ichf.edu.pl/press/2017/10/ICHF171026b\\_fot01.jpg](http://ichf.edu.pl/press/2017/10/ICHF171026b_fot01.jpg)

Małe krople, o rozmiarach mikro- i nanometrowych, zaskoczyły badaczy: parują wolniej niż wynikałoby to z dotychczasowych przewidywań. Za spowolnienie odpowiada balistyczny transfer energii między cząsteczkami gazu a powierzchnią cieczy – analogiczny do mechanizmu napędzającego wahadło Newtona. (Źródło: IChF PAN, Grzegorz Krzyżewski)