



# 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](mailto:ichf@ichf.edu.pl)  
WWW: <http://www.ichf.edu.pl/>

Warszawa, 28 sierpnia 2013

## Molekularne silniki: Moc niespełnionych nadziei?

*W Instytucie Chemii Fizycznej PAN w Warszawie zastosowano nowatorską metodę pomiarów do oszacowania mocy wytwarzanej przez silniki rozmiarów pojedynczych, liczących zaledwie kilkadziesiąt atomów cząsteczek. Wyniki badań mają kluczowe znaczenie dla budowy przyszłych nanometrowych maszyn – i nie napawają optymizmem.*

Nanomaszyny to urządzenia przyszłości. Zbudowane z bardzo małej liczby atomów, miałyby rozmiary zaledwie miliardowych części metra. Skonstruowanie wydajnych nanomaszyn najprawdopodobniej doprowadziłoby do kolejnej rewolucji cywilizacyjnej. Dlatego badacze na całym świecie od lat przyglądają się różnym cząsteczkom i próbują zaprząć je do wykonywania pracy mechanicznej.

Naukowcy z Instytutu Chemii Fizycznej Polskiej Akademii Nauk (IChF PAN) w Warszawie jako jedni z pierwszych dokonali pomiarów wydajności molekularnych maszyn złożonych z kilkadziesiąt atomów. „Wszystko wskazuje na to, że moc silników składających się z pojedynczych, stosunkowo niewielkich cząsteczek jest znacznie mniejsza od oczekiwanej”, mówi dr inż. Andrzej Żywociński z IChF PAN, jeden ze współautorów pracy opublikowanej w czasopiśmie „Nanoscale”.

Molekularne silniki badane w IChF PAN to zbudowane z kilkadziesiąt atomów cząsteczki ciekłych kryształów typu smektyk C\* (długość każdej z nich to 2,8 nanometra). Po naniesieniu na powierzchnię wody, cząsteczki w odpowiednich warunkach samoczynnie formują na niej najcieńszą z możliwych – bo monomolekularną – warstwę o specyficznej budowie i cechach. Każda cząsteczka użytego ciekłego kryształu składa się z łańcucha, którego część hydrofilowa kotwicz się na powierzchni wody. Nad powierzchnię wystaje stosunkowo długa, pochylona część hydrofobowa. Monomolekularna warstwa przypomina więc las, którego drzewa rosną pod pewnym kątem. Na swobodnym końcu każdego łańcucha są dwie poprzeczne, różniące się rozmiarami grupy atomów. Tworzą one odpowiednik dwupłatowego śmigła o płatach różnej długości. Gdy cząsteczki parującej wody uderzają w „śmigła”, asymetria powoduje, że cały łańcuch zaczyna krążyć (wirować) wokół swej „kotwicy”.

Specyficzne cechy ciekłych kryształów i warunki doświadczenia powodują, że sąsiednie cząsteczki w monowarstwie zaczynają wirować zgodnie (w fazie). Szacuje się, że swoje obroty potrafią

zsynchronizować „połacie lasu” liczące nawet bilion ( $10^{12}$ ) cząsteczek, tworzące na powierzchni wody obszary o rozmiarach milimetrycznych. „Co więcej, badane przez nas cząsteczki wirują bardzo wolno. Jeden obrót może trwać od kilku sekund do nawet kilku minut. To bardzo pożądana cecha. Gdyby cząsteczki obracały się z częstotliwościami na przykład megahercowymi, byłoby trudno przenieść ich energię na większe obiekty”, wyjaśnia dr Żywociński.

Wcześniejsze oszacowania mocy nanosilników molekularnych dotyczyły albo znacznie większych cząsteczek, albo takich, których praca była napędzana reakcjami chemicznymi. Oszacowania te nie uwzględniały również oporów ośrodka, w którym pracują cząsteczki.

Wolne, kolektywne obroty cząsteczek ciekłych kryształów na powierzchni wody można łatwo obserwować i mierzyć. Naukowcy z IChF PAN sprawdzili więc, jak zmienia się szybkość wirowania cząsteczek w zależności od temperatury, oszacowali również zmiany lepkości (rotacyjnej) zachodzące w układzie. Okazało się, że energia ruchu pojedynczej cząsteczki, wytworzona podczas jednego obrotu, jest bardzo mała: wynosi zaledwie  $3,5 \cdot 10^{-28}$  dżula. Wartość ta jest aż dziesięć milionów razy mniejsza od energii ruchów termicznych.

„Nasze pomiary to kubek zimnej wody dla konstruktorów molekularnych nanomaszyn”, zauważa prof. Robert Hołyst (IChF PAN).

Mimo wytwarzania małej mocy, wirujące cząsteczki ciekłych kryształów mogą znaleźć praktyczne zastosowania. Wynika to z faktu, że moc kolektywnie wirującego dużego zespołu cząsteczek jest odpowiednio większa. Ponadto na jednym centymetrze kwadratowym powierzchni wody takich zespołów, każdy liczący biliony cząsteczek, może być wiele.

W ramach tych samych badań w IChF PAN porównano również moc wytwarzaną przez wirujące cząsteczki ciekłych kryształów z mocą biologicznego silnika – bardzo dużej cząsteczki znanej jako adenylozotryfosfataza (ATPaza). Enzym ten funkcjonuje w komórkach zwierzęcych jako pompa sodowo-potasowa. Po dokonaniu odpowiednich przeliczeń oszacowano, że gęstość energii wytwarzanej w jednostce objętości w przypadku ATPazy jest ok. 100 tysięcy razy większa niż w przypadku wirujących ciekłych kryształów.

„Ewolucja miała miliony lat, by wytworzyć tak wydajną pompę molekularną. My, ludzie, zajmujemy się molekularnymi maszynami dopiero od paru-parunastu lat”, komentuje prof. Hołyst i dodaje: „Proszę nam dać odrobinę czasu”.

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.

#### **DODATKOWE INFORMACJE:**

Informacja prasowa IChF PAN z 8 września 2010 roku *Molekularne „śmigła” mogą wirować bardzo wolno*, dostępna pod adresem: <http://www.alphagalileo.org/ViewItem.aspx?ItemId=84563&CultureCode=pl>

#### **KONTAKTY DO NAUKOWCÓW:**

dr inż. **Andrzej Żywociński**  
Instytut Chemii Fizycznej Polskiej Akademii Nauk  
tel. +48 22 3432071  
email: [azywocinski@ichf.edu.pl](mailto:azywocinski@ichf.edu.pl)

dr hab. **Marcin Fiałkowski**  
Instytut Chemii Fizycznej Polskiej Akademii Nauk  
tel. +48 22 3432067  
email: [mfialkowski@ichf.edu.pl](mailto:mfialkowski@ichf.edu.pl)

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

#### **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.

#### **MATERIAŁY GRAFICZNE:**

**ICHF130828b\_fot01s.jpg**

**HR:** [http://ichf.edu.pl/press/2013/08/ICHF130828b\\_fot01.jpg](http://ichf.edu.pl/press/2013/08/ICHF130828b_fot01.jpg)

W Instytucie Chemii Fizycznej Polskiej Akademii Nauk w Warszawie zmierzono moc wytwarzaną przez molekularne maszyny – wirujące kolektywnie cząsteczki ciekłych kryształów, znajdujące się w monomolekularnej warstwie na powierzchni wody. (Źródło: IChF PAN, Grzegorz Krzyżewski)