



Warszawa, 5 lutego 2015

## **Turing działa także w nanoświecie**

*Czy w rządzonej przez chaotyczne fluktuacje świecie pojedynczych atomów i cząsteczek mogą spontanicznie formować się struktury Turinga – te same, które odpowiadają za nieregularne, lecz przecież periodyczne kształty pasków na ciałach zebry? Polsko-duński zespół fizyków po raz pierwszy wykazał, że taki proces nie tylko może zachodzić, ale że można go również wykorzystać do potencjalnie bardzo interesujących zastosowań.*

Paski zebry widział każdy, nie każdy jednak wie, że są one utrwalonymi frontami reakcji chemicznych, zachodzących zgodnie z procesem po raz pierwszy opisanym przez słynnego brytyjskiego matematyka Alana Turinga, twórcę podstaw współczesnej informatyki. Struktury Turinga, w świecie chemii przejawiające się najczęściej w postaci periodycznych zmian stężeń substancji chemicznych, obserwowano dotychczas tylko w rozmiarach rzędu mikrometrów i większych. Wydawało się, że w mniejszych skalach – w nanoświecie, w którym ruchami pojedynczych atomów i cząsteczek rządzą przypadkowe fluktuacje – struktury te nie mają prawa się spontanicznie formować.

„Dotychczas nikt nawet nie badał możliwości powstawania struktur Turinga z udziałem pojedynczych atomów lub cząsteczek. Tymczasem nasze wyniki dowodzą, że nanostruktury Turinga jednak mogą istnieć. A skoro mogą, będzie można dla nich znaleźć bardzo konkretne zastosowania w nanotechnologii i inżynierii materiałowej”, stwierdza dr hab. Bogdan Nowakowski z Instytutu Chemii Fizycznej PAN (IChF PAN) w Warszawie, jeden z fizyków w polsko-duńskim zespole, który niedawno przeprowadzał symulacje komputerowe i analizy teoretyczne dotyczące nanostruktur Turinga.

Struktury Turinga występują w układach dynamicznych, dalekich od stanu równowagi. W odpowiednich warunkach może wtedy dojść do sprzężenia: zachodzące reakcje chemiczne wpływają na stężenia własnych składników, co z kolei zmienia przebieg samych reakcji. Proces prowadzi do powstawania periodycznych, lecz niekoniecznie monotonicznie regularnych struktur. W przyrodzie struktury te odgrywają ważną rolę, zwłaszcza w formowaniu się młodych organizmów (morfogenezie). Na przykład w początkowych fazach rozwoju zarodków kręgowców w ich mezodermie grzbietowej tak tworzą się periodyczne segmenty, somity, które później przekształcają się m.in. w kręgi, elementy kręgosłupa.

„W naszych badaniach rozważaliśmy bardzo proste reakcje dwóch modelowych substancji różniących się szybkością dyfuzji. Z symulacji komputerowych, przeprowadzonych metodą dynamiki molekularnej we współpracy z dr. Jesperem Hansenem z duńskiego uniwersytetu w Roskilde, wyłonił się bardzo ciekawy obraz”, mówi dr Piotr Dziekan (IChF PAN).

W symulowanych układach (o rozmiarach nanometrowych) spontanicznie formowały się wyraźne i trwałe struktury – periodyczne zmiany gęstości cząsteczek, które pozostawały stabilne mimo destrukcyjnego działania fluktuacji. Okazało się, że jeden cykl zmiany stężeń w ramach struktury Turinga może się pojawić już na długości 20 cząsteczek.

Aby nanostruktury Turinga powstały, między substancjami chemicznymi musi dochodzić do reakcji chemicznych spełniających określone warunki. Wymóg ten poważnie redukuje liczbę związków mogących uczestniczyć w procesie i w konsekwencji mocno ogranicza potencjalne zastosowania. Jednak symulacje przeprowadzone przez polsko-duński zespół wskazują, że nanostruktury Turinga można dość łatwo przenieść na inne związki, nieuczestniczące bezpośrednio w głównej reakcji.

„Nanostruktury Turinga mogą powstawać wyłącznie z udziałem precyzyjnie dobranych substancji chemicznych. Na szczęście wytworzoną dzięki nim strukturę można 'odcisnąć' w stężeniu innych związków chemicznych. Aby struktura się skopiowała, związki te muszą spełniać tylko dwa proste warunki: wiązać się z jednym z reagentów głównej reakcji i wolno dyfundować”, wyjaśnia dr Dziekan.

Możliwość formowania struktur Turinga na odległościach rzędu nanometrów otwiera drogę do ciekawych zastosowań, zwłaszcza w zakresie modyfikowania powierzchni materiałów. Umiejętnie dobierając skład chemiczny reagentów oraz warunki, w których do niej dochodzi, można byłoby formować struktury Turinga rozwijające się w dwóch wymiarach (na samej powierzchni materiału) lub w trzech (a więc także w przestrzeni przylegającej do powierzchni). Uformowane struktury można byłoby następnie utrwalić, np. za pomocą fotopolimeryzacji, otrzymując w ten sposób trwałą, rozbudowaną powierzchnię o złożonej, periodycznej budowie.

Badania nad nanostrukturami Turinga sfinansowano w ramach programu Międzynarodowe Projekty Doktoranckie Fundacji na rzecz Nauki Polskiej.

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:**

dr hab. **Bogdan Nowakowski**  
Instytut Chemii Fizycznej Polskiej Akademii Nauk w Warszawie  
tel. +48 22 3433191  
email: [bnowakowski@ichf.edu.pl](mailto:bnowakowski@ichf.edu.pl)

#### **PUBLIKACJE NAUKOWE:**

„Nanoscale Turing structures”; P. Dziekan, J. S. Hansen, B. Nowakowski; The Journal of Chemical Physics 141, 124106 (2014); doi: 10.1063/1.4895907

#### **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:**

**ICHF150205b\_fot01s.jpg**

**HR:** [http://ichf.edu.pl/press/2015/02/ICHF150205b\\_fot01.jpg](http://ichf.edu.pl/press/2015/02/ICHF150205b_fot01.jpg)

Makroskopowy przykład trójwymiarowych struktur Turinga przedstawia dr hab. Bogdan Nowakowski z Instytutu Chemii Fizycznej Polskiej Akademii Nauk w Warszawie. (Źródło: IChF PAN, Grzegorz Krzyżewski)

**ICHF150205b\_fot02s.jpg**

**HR:** [http://ichf.edu.pl/press/2015/02/ICHF150205b\\_fot02.jpg](http://ichf.edu.pl/press/2015/02/ICHF150205b_fot02.jpg)

Symulacje komputerowe, przeprowadzone w Instytucie Chemii Fizycznej Polskiej Akademii Nauk w Warszawie, pokazują formowanie się periodycznych zmian – struktur Turinga – w stężeniach dwóch głównych związków chemicznych. Jeden cykl zmian stężeń może się pojawiać już na odcinku zbudowanym z zaledwie 20 atomów bądź cząsteczek. (Źródło: IChF PAN)