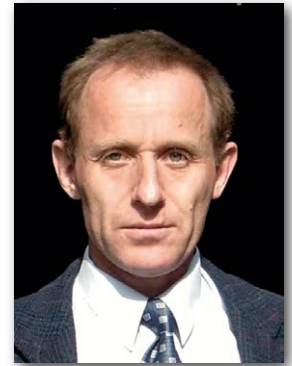


# Od chaosu i informacji kwantowej do teorii systemów wyborczych



Nie jest łatwo cokolwiek przewidywać. Szczególnie przyszłość. Wyjątkiem od tej zasady jest ruch okresowy. Patrząc na położenie Słońca na niebie nietrudno określić, kiedy schowa się za horyzontem. Przewidywanie pogody jest znacznie trudniejsze, gdyż w grę wchodzi wielka liczba zmiennych opisująca temperaturę i ciśnienie w różnych miejscach globu.

Istnieją także znacznie prostsze układy fizyczne, opisywane zaledwie kilkoma parametrami, których dynamika jest bardzo czuła na warunki początkowe: nawet niewielka zmiana wyjściowego położenia lub prędkości cząstki powoduje, że jej trajektoria zmienia się diametralnie. Jeśli odległość  $l(t)$  dwóch punktów w przestrzeni fazowej rośnie wykładniczo w czasie, taki układ zwany jest *chaotycznym*, a jego zachowanie można przewidzieć jedynie w krótkim przedziale cza-

$$l(t) = l_0 e^{\lambda t}$$

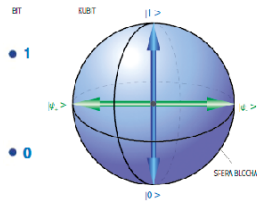
Prof. dr hab. Karol Życzkowski jest pracownikiem Zakładu Optyki Atomowej. Interesuje się sportem, językami obcymi, podróżami, historią i polityką. W książce *Notatki Szeregowca* (Universitas, 1990) opisał swą służbę wojskową, a w roku 2004 wydał przewodnik narciarski po Polskich Tatrach Wysokich. W lipcu 1990 na nartach zjechał ze szczytu Piku Lenina (7134 m) w Kirgizji.

karol.zyczkowski@uj.edu.pl

su. Celem moich badań jest opis właściwości takich nieliniowych układów dynamicznych oraz analiza wielkości używanych do charakteryzacji chaosu, takich jak wykładnik Lapunowa  $\lambda$  i entropia dynamiczna.

Do opisu układów fizycznych wielkości pojedynczych atomów stworzono *mechanikę kwantową*. Jest to teoria probabilistyczna: nie mogąc dokładnie wyznaczyć położenia i pędu cząstki, bada się prawdopodobieństwo jej znalezienia w określonym miejscu w danej chwili czasu. Ponieważ pojęcie trajektorii cząstki nie jest używane w teorii kwantowej, także definicja chaosu kwantowego wymaga doprecyzowania. W mojej pracy badam kwantowe odpowiedniki klasycznych układów chaotycznych oraz analizuję ich granicę klasyczną.

Dynamikę układów kwantowych można rozpatrywać pod kątem przepływu informacji. Klasyczną informację można zapisać przez ciąg bitów. Jeden *bit* to jednostka binarna, której wartość wynosi zero lub jeden. W teorii kwantowej podobną rolę odgrywa kubit (*quantum bit*), który możemy sobie wyobrazić jako strzałkę zajmującą dowolne położenie na sferze, zwanej sferą *Blocha*. Stan kubitów można przedstawić przez superpozycję dwóch stanów klasycznych, odpowiadających biegunom sfery.



Dla większej liczby kubitów zbiór dozwolonych stanów kwantowych ma znacznie bogatszą i bardziej skomplikowaną strukturę. Jej analizę przedstawiłem w monografii „*Geometry of Quantum States*” napisanej wspólnie z Ingemarem Bengtssonem ze Szwecji, a wydanej w Cambridge w roku 2006. W ciągu ostatniej dekady wiele czasu poświęciłem badaniom właściwości kwantowych *stanów splątanych*, które wykazują zadziwiające nieklasyczne korelacje pomiędzy podukładami i stanowią kluczowy zasób stosowany w teorii przetwarzania informacji kwantowej. Obecnie zajmuję się także teorią kwantowej korekcji błędów,

dynamiką entropii kwantowej oraz uogólnionymi relacjami nieoznaczoności.

Lubię dyskutować z matematykami. Nie zawsze idzie to łatwo, ale satysfakcja ze wspólnie rozwiązanych problemów bywa wielka. Badając matematyczne podstawy mechaniki i informacji kwantowej współpracowałem z matematykami z Polski (Gdańsk, Gliwice, Kraków, Toruń, Warszawa, Wrocław) i z zagranicy (Francja, Kanada, Niemcy, USA).

Analiza dynamiki kwantowej powiązana jest także z fizyką statystyczną oraz rachunkiem prawdopodobieństwa. Pracując wspólnie z Wojciechem Słomczyńskim z Instytutu Matematyki UJ wykorzystywaliśmy narzędzia matematyczne do rozwiązywania problemów teorii gier i teorii głosowań. W latach 2004-2007 opracowaliśmy nowy system głosowania w Radzie Unii Europejskiej nazwany *Kompromisem Jagiellońskim*. Następnie zajmowaliśmy się zagadnieniem rozdziału miejsc w Parlamencie Europejskim pomiędzy poszczególne kraje Unii. Obecnie kontynuujemy

badania nad teorią systemów wyborczych, których opis i rezultaty zawarliśmy w wydanej niedawno książce *Każdy głos się liczy!*

