



PROFUNDERE SCIENTIAM

nr 14
grudzień 2018

BIULETYN CENTRUM STUDIÓW ZAAWANSOWANYCH POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ

W świecie Iana Stewarta

Rozmowa Barbary Roszkowskiej-Lech
z Ianem Stewartem

Kiedy zaczął się Pan interesować matematyką i co się do tego przyczyniło? Jakie były Pana pierwsze matematyczne fascynacje?

Zawsze byłem dobry z matematyki, a poważnie zacząłem się nią interesować w wieku 12 czy 13 lat. Mój wuj, nauczyciel matematyki podarował mi książkę Lancelota Hogbena, *Man Must Measure - the Wonderful World of Mathematics*. To była duża książka z obrazkami zawierająca interesujące pomysły, które przyciągnęły moją uwagę. Jednym z nich był rodzaj komiksu przedstawiający matematyka w starożytnej Grecji, konstruującego foremny sześciokąt za pomocą kompasu.

W wieku 15 lat w wolnym czasie zajmowałem się problemami, które według mnie były oryginalne. Miałem przyjaciela o podobnych zainteresowaniach - rywalizowaliśmy ze sobą i współpracowaliśmy.

Kto miał największy wpływ na Pana edukację matematyczną?

Duży wpływ na mnie, miał nauczyciel matematyki, Gordon Radford. W wieku 17 lub 18 lat chodziłem do 6 klasy w szkole dla chłopców razem z około 5 kolegami o szczególnych uzdolnieniach matematycznych. Dzięki decyzji naszego nauczyciela, wspólnie, poznawaliśmy materiał wykraczający poza podstawowy program szkolny. Na zwykłych lekcjach kazał nam siedzieć cicho z tyłu klasy odrabiając pracę domową, np. z francuskiego, a potem poświęcał nam około 3 godzin w tygodniu swego

wolnego czasu, aby uczyć nas dodatkowo zagadnień, które jego zdaniem mogły nas zainteresować.

Wiele zawdzięczam dwóm dyrektorom studiów z matematyki w Churchill College w Cambridge, gdzie studiowałem, Davidowi Epsteinowi i Peterowi Lee.

Promotorem mojej rozprawy doktorskiej był Brian Hartley, osoba niezwykle pomocna oraz inspirująca.

Istotny wpływ na moją karierę miał też założyciel Instytutu Matematycznego w Warwick, profesor Christopher Zeeman - z jednej strony zachęcił mnie do aktywności w kierunku upowszechniania matematyki, a z drugiej zainteresował teorią katastrof.

Jaki jest główny kierunek Pana matematycznych badań? Który z wyników naukowych jest dla Pana najważniejszy?

Tematyka mojej rozprawy doktorskiej związana była z algebrą abstrakcyjną (z algebrami Liego), ale około 6 lat po doktoracie zainteresowałem się układami dynamicznymi, którymi zajmuję się do dziś. Stało się tak pod wpływem wykładów prof. Christophera Zeemana z teorii katastrof - to była w tamtym czasie całkiem nowa tematyka. Rok 1983 (wraz z żoną i dwoma synami) spędziłem w Houston w Teksasie, gdzie pracowałem z Martinem Golubitskim nad nieliniowymi symetrycznymi układami dynamicznymi. Od tamtej pory ciągle współpracujemy. Moje wcześniejsze doświadczenia algebraiczne

W NUMERZE

między innymi:

- *W świecie Iana Stewarta* - rozmowa z prof. Ianem Stewartem (s. 1, dokończenie s. 6)
- *Narząd myślenia* - profesor Stanisław Janeczko (s. 1, dokończenie s. 16)
- *Między Bachem a Banachem* - profesor Jarosław Grytczuk (s. 13)
- *Magia nauki* - przekład publikacji francuskiego matematyka René Thoma - Ilona Sadowska (s. 20)
- *Porządkowanie warstw ciekłokrystalicznych* - dr inż. Urszula Laudyn (s. 27)
- *Działalność Centrum Studiów Zaawansowanych PW* - szereg tekstów przedstawiających wybrane aktywności podejmowane przez Centrum

NARZĄD MYŚLENIA

Profesor Stanisław Janeczko

Czy narząd myślenia jest tak zbudowany, że nie pozwala myśleć o sobie samym? Według Leibniza [1] „Jest rzeczą niemożliwą abyśmy zawsze myśleli wyrażnie o wszystkich naszych myślach. Inaczej [...] zdając sobie sprawę z jakiegoś obecnego mniemania, powinien bym zawsze myśleć, że o nim myślę, i jeszcze myśleć, że myślę, iż o nim myślę, i tak w nieskończoność”. W pewnej buddyjskiej koncepcji czasu, trwanie życia żywej istoty jest niezwykle krótkie i ciągnie się ono tylko dopóty, dopóki trwa jakaś myśl. Najsilniejsze bodźce, najbardziej wypierające wszelkie inne, zajmują całość myśli (Freud - *Poza zasadą przyjemności*) i są one wytworzone przez pierwotne

{CIAĞ DALSZY NA S. 6}

{CIAĞ DALSZY NA S. 16}

DZIAŁALNOŚĆ CENTRUM STUDIÓW ZAAWANSOWANYCH PW

czyli najważniejsze wydarzenia i najbliższe plany CSZ PW

PROFESOROWIE WIZYTUJĄCY

W minionym roku akademickim gościliśmy 12 wybitnych uczonych z ośrodków naukowych na całym świecie:

- prof. Roberta Godoi Wik Atique, Uniwersytet w São Paulo, Brazylia;
- prof. Keizo Yamaguchi, Hokkaido University, Japonia;
- prof. Jari Viik, Tampere University of Technology, Finlandia;
- John F. Hall, ekspert Polskiej Agencji Kosmicznej, wieloletni pracownik NASA;
- prof. Ian Stewart, Uniwersytet w Warwick, Wielka Brytania;
- prof. Federico Sanchez-Bringas, Universidad Nacional Autónoma de México;
- prof. Koji Hashimoto, Tohoku University w Sendai, Japonia;
- prof. Don Bernard Zagier, Instytut Matematyki Maxa Plancka w Bonn, Niemcy;
- prof. Michaił Żytomirski, Technion-Israel Institute of Technology w Haifie, Izrael;
- prof. Takashi Nishimura, Institute of Environment and Information Sciences, Yokohama National University, Japonia;
- prof. Jun-Muk Hwang, Korea Institute for Advanced Studies (KIAS) w Seulu, Korea Południowa;
- prof. Shyuichi Izumiya, Hokkaido University w Sapporo, Japonia.



KONWERSATORIUM PW

W minionym roku odbyły się 4 odczyty specjalne w ramach Konwersatorium Politechniki Warszawskiej:

Semestr zimowy 2017/2018

26 października 2017 r. – Profesor Bogdan Cichocki z Instytutu Fizyki Teoretycznej Uniwersytetu Warszawskiego, odczyt pt. *O Marianie Smoluchowskim w setną rocznicę śmierci*.

18 stycznia 2018 r. – Profesor Jari Viik z Department of Biomedical Engineering, Tampere University of Technology w Finlandii, odczyt pt. *From Research to Product*.

Semestr letni 2017/2018

15 marca 2018 r. – John F. Hall, ekspert Polskiej Agencji Kosmicznej, wieloletni pracownik NASA, odczyt pt. *U.S. Public-Private Partnerships in Space: Where We Are Going Together*.

19 czerwca 2018 r. – Profesor Koji Hashimoto z Tohoku University w Sendai w Japonii, odczyt pt. *For Sustainable Development of the Whole World by Renewable Energy*.

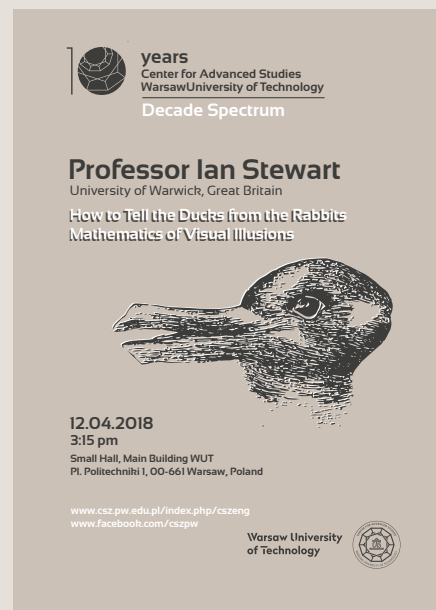
10-LECIE CENTRUM

Rok 2018 jest wyjątkowy dla Centrum Studiów Zaawansowanych, ponieważ jednostka obchodzi jubileusz 10-lecia. Główne uroczystości z tej okazji, pod nazwą *Decade Spectrum*, odbyły się 12 kwietnia 2018 r. Gościem specjalnym był prof. Ian Stewart z Uniwersytetu w Warwick w Wielkiej Brytanii, który wygłosił odczyt pt. *How to Tell the Ducks from the Rabbits. Mathematics of Visual*

Illusions. Podczas gali wręczono Wyóżnienie CSZ „Kosmos Pitagorasa” profesorowi Ianowi Stewartowi. Wraz z wyróżnieniem laureat otrzymał statuetkę – kryształowy dwunastościan z zarysem Akademii Platona. W uroczystościach wzięli udział przedstawiciele władz Uczelni, wybitni naukowcy – współpracownicy Centrum.

Obchody miały swoją kontynuację na zorganizowanym z tej okazji sympozjum pt. *Recognition and Creation in Science and Technology*. Wzięli w nim udział wybitni naukowcy – wieloletni współpracownicy Centrum oraz profesor Ian Stewart. (s. 12)

Kolejnym elementem obchodów roku jubileuszowego była czasowa ekspozycja prezentująca osiągnięcia Centrum, dostępna dla zainteresowanych w holu Gmachu Głównego PW na I piętrze.



WYKŁADY UOD CSZ PW 2017/2018

W Uczelnianej Ofercie Dydaktycznej Centrum Studiów Zaawansowanych PW w roku akademickim 2017/2018 zorganizowano 7 wykładów podstawowych oraz 12 specjalnych. W wykładach uczestniczyło łącznie ponad 900 osób, głównie doktorantów z PW.

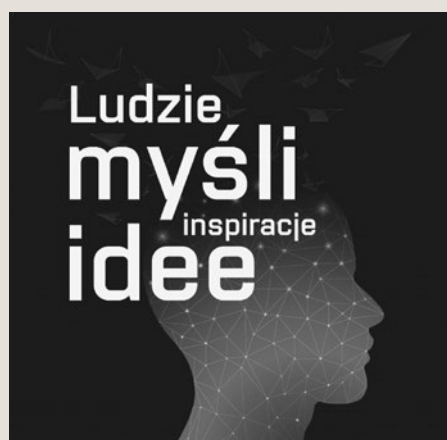
Słuchacze po raz pierwszy mogli wziąć udział w wykładach pt.: *Równania różniczkowe: niezbędne narzędzie nauk przyrodniczych*, prof. Jerzego Kijowskiego; *Wybrane zagadnienia geometrii fraktalnej*, dr hab. Bogusławy Karpińskiej; *Psychoprofilaktyka zniekształceń osobowości, Żywyce umiejętności psychologiczne czyniące życie niezwykłym* oraz



w zupełnie nowej formule *Laboratorium doskonalenia kompetencji interpersonalnych*, dra Leszka Mellibrudy; *Wiedza moralna w darwinowskim świecie*, dra Adriana Kuźniara; *Biomimikra – inspiracje z natury*, prof. Joanny Pijanowskiej; *Otwarte Tematy Nauki*, prof. Stanisława Janeczko; *Podstawy statystyki z pakietem R oraz Konstrukcja uogólnionych modeli liniowych z pakietem R*, dr hab. inż. Anny Dembińskiej. Szczegółowy wykaz przedmiotów znajduje się na stronie www.konwersatorium.pw.edu.pl/oferta

POLITECHNIKA NA FALI - SEMINARIUM

W minionym roku akademickim Centrum Studiów Zaawansowanych po raz kolejny było partnerem przedsięwzięcia *Politechnika na fali*. Podczas pełnego przygód rejsu na żaglowcu STS Fryderyk Chopin, z Edynburga do Szczecina, studenci brali udział w seminarium pt. *Narzędzia i wyzwania dla współczesnych inżynierów*. Wraz z uczestnikami, w rejs wypłynęli pracownicy dydaktyczni uczelni.



WYDAWNICTWA

Z okazji 10-lecia powstało opracowanie *Ludzie, myśli, inspiracje idee* podsumowujące wieloletnią działalność Centrum, zainicjowaną, prowadzoną i koordynowaną przez Dyrektora placówki, prof. Stanisława Janeczko. Jest to kompendium wiedzy i informacji o dotychczasowych licznych wykładach, odczytach, konferencjach, warsztatach i spotkaniach oraz profesorach wizytujących Centrum.

Inne publikacje CSZ, w tym liczne książki naukowe, można nabyć w księgarniach Oficyny Wydawniczej PW w Gmachu Głównym i przy ul. Noakowskiego 18/20.

Przegląd wszystkich dotychczas wydanych pozycji można odnaleźć pod adresem: www.csz.pw.edu.pl/Wydawnictwa



CZWARTE WYRÓŻNIENIE CENTRUM STUDIÓW ZAAWANSOWANYCH PW

12 kwietnia 2018 roku po raz czwarty przyznano wyróżnienie Centrum Studiów Zaawansowanych Politechniki Warszawskiej zwane „Kosmosem Pitagorasa”, którego motto brzmi *Laus tibi, non tuleris qui vincula mente animoque* – „Chwała Ci za to, że nie pozwoliłeś nałożyć więzów na swój umysł i swego ducha”. Tegorocznym laureatem wyróżnienia jest profesor Ian Stewart z Uniwersytetu w Warwick w Wielkiej Brytanii, wybitny matematyk i popularyzator nauki. (rozmowa z prof. Ianem Stewartem – s. 1)

Wręczenia wyróżnienia oraz pamiątkowej statuetki dokonał Rektor Uczelni, prof. Jan Szmidt wraz z dyrektorem Centrum, prof. Stanisławem Janeczko, w obecności wielu gości. Uroczystość uświetnił wykład prof. Iana Stewarta pt. *How to Tell the Ducks from the Rabbits. Mathematics of Visual Illusions*, na który przyjechała młodzież z całej Polski.

SEMINARIUM SPECJALISTYCZNE - KONWERSATORIUM PW

W semestrze letnim Centrum Studiów Zaawansowanych we współpracy z Wydziałem Zarządzania oraz Centrum Informatyzacji Politechniki Warszawskiej zorganizowało i przeprowadziło kolejne seminaria z cyklu „Wyzwania modelowania inżynierskiego i biznesowego”:

13 marca 2018 – *Internet Rzeczy w Smart Cities*, prof. dr hab. inż. Cezary Orłowski z Wyższej Szkoły Bankowej w Gdańsku.

15 maja 2018 – *Modele organizacji w pełni zorientowanych na wiedzę*, dr hab. Mieczysław Morawski, prof. UE z Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu.

Ponadto 10 kwietnia 2018 r. odbyła się konferencja naukowa pt. *Zarządzanie 4.0*.

SPOTKANIA OTWARTYCH UMYŚLÓW

Swoją kontynuację miały także „Spotkania Otwartych Umysłów”, które adresowane są do studentów Politechniki Warszawskiej i mają na celu poszerzenie horyzontów naukowo-poznawczych młodych ludzi, znajdujących się w świecie nauki. Celem spotkań jest zwrócenie uwagi na wartość ponadstandardowego wymiaru kształcenia, rozwijanie aspektów twórczych oraz myślenia i dyskursu krytycznego wśród uczestników. Istotną w tym procesie jest rola przewodnika naukowego, mistrza wskazującego drogę i rozbudzającego potencjał intelektualny swoich uczniów.

26 października 2017 r. odbyło się spotkanie pt. *Marian Smoluchowski – otwarty umysł nauki XIX i XX wieku* poświęcone genialnemu polskiemu fizykowi, z okazji obchodów stulecia jego śmierci. W spotkaniu uczestniczyli m.in. dyrektor CSZ – prof. Stanisław Janeczko, z-ca dyrektora CSZ – prof. Piotr Przybyłowicz z Wydziału SiMR PW, dziekan Wydziału Fizyki PW – prof. Mirosław Karpierz, oraz gość specjalny prof. Bogdan Cichocki z Instytutu Fizyki Teoretycznej Uniwersytetu Warszawskiego. Tematem spotkania było życie i dorobek naukowy Mariana Smoluchowskiego, jego niezwykle ważna rola w „powołaniu atomów do życia” czyli uznaniu ich realności, w badaniach nad tym, w jaki sposób pojawia się przypadek w deterministycznym świecie, a także w rozwikłaniu zagadki niebieskiego koloru nieba.

SYMPOZJA CENTRUM STUDIÓW ZAAWANSOWANYCH

Centrum w minionym roku akademickim zorganizowało dwa sympozja:

Złożoność struktur i samoorganizacja materii – sympozjum, zorganizowane przez dyrektora CSZ prof. Stanisława Janeczko, prof. Mirosława Karpierza, dziekana Wydziału Fizyki PW oraz prof. Marka Trippenbacha z Wydziału Fizyki UW. Spotkanie oparte było na interakcji



nauk humanistycznych, przyrodniczych i ścisłych. Miało formę odczytów profesorów i młodych naukowców oraz dyskusji panelowych, mających na celu zdefiniowanie i stworzenie wspólnych platform do współpracy interdyscyplinarnej. Wśród liczego grona uczestników, reprezentujących Politechnikę Warszawską, Uniwersytet Warszawski oraz Wydział „Artes Liberales” UW, udział wzięli m.in.: prof. Marek Kuś (Centrum Fizyki Teoretycznej PAN), prof. Andrzej Nowak, UW; prof. Jan Słyk, PW; prof. Marek Konarzewski, UW. Na okoliczność sympozjum zostało przygotowane opracowanie zawierające abstrakty wszystkich wygłoszonych wykładów.

Recognition and Creation in Science and Technology – sympozjum z okazji 10-lecia działalności CSZ. Jego uczestnikami byli znakomici goście, wybitni naukowcy – często wieloletni współpracownicy Centrum oraz gość specjalny, prof. Ian Stewart z Uniwersytetu w Warwick w Wielkiej Brytanii. W ramach sympozjum wybrani goście wygłosili swoje odczyty. (s. 12)

W bieżącym roku akademickim, 26-28 października w Sterdyni odbyło się kolejne sympozjum pt. *Scientific Intelligence – Illusion or Reality*. W skład komitetu naukowego weszli: prof. Wojciech Domitrz – dziekan wydziału MiNI PW, prof. Stanisław Janeczko – dyrektor CSZ PW, prof. Jacek Mańdziuk – wydział MiNI PW, Phillippe Missud – prezes francuskiej firmy ATDI, Francja, prof. Piotr Przybyłowicz – wicedyrektor CSZ PW, dr Jacek Rogala – Instytut Nęckiego, Agnieszka Słórska – dyrektor ATDI Polska, prof. Krzysztof Zaremba – wydział EiT PW, prof. Teresa Zielińska – wydział MEiL PW. Wygłoszono wiele wykładów, ponadto uczestnicy wzięli udział w dwóch spotkaniach panelowych.

DYSPUTY PITAGOREJSKIE

Dysputy stanowią formę rozmów, interakcji i spotkań inspirujących do dostrzegania nowych, ukrytych i zapomnianych aspektów rzeczywistości. Do uczestnictwa zapraszani są wybitni goście prowadzący rozmowy oraz studenci PW. 20 marca 2018 roku odbyło się IV spotkanie z cyklu „Dysput pitagorejskich” pt. *Moc myślenia*. Spotkanie zostało zorganizowane przez Centrum Studiów Zaawansowanych Politechniki Warszawskiej. Dysputę prowadzili: prof. Stanisław Janeczko, dr Leszek Mellibruda, prof. Piotr Przybyłowicz oraz dr Bartłomiej Skowron.

W trakcie spotkania były omawiane następujące tematy: *Racje, lek, kultura; Myślenie logiczne a myślenie magiczne.* (s. 35)



SFINKS

W czerwcu 2018 roku odbyła się kolejna edycja „Symposium Fizyki Interdyscyplinarnej w Naukach Ekonomicznych i Społecznych” – SFINKS, któremu patronuje Centrum Studiów Zaawansowanych PW. Idea tych spotkań jest bliska Centrum, ponieważ ich celem jest integracja młodych naukowców zajmujących się w Polsce badaniem układów złożonych. Sympozjum jest szansą na nawiązanie cennych kontaktów i współpracy naukowej oraz zaprezentowanie swoich osiągnięć. Uczestnicy mogą również spotkać się z ekspertami w swojej dziedzinie.

<http://sfinks.fizyka.pw.edu.pl/>

MIĘDZYNARODOWE SEMINARIUM MXenes – a new family of 2D materials

10 września 2018 roku pod patronatem Centrum Studiów Zaawansowanych



odbyło się międzynarodowe seminarium Wydziału Inżynierii Materiałowej pt. *MXenes – a new family of 2D materials*. (o seminarium, dr hab. inż. Agnieszka Jastrzębska – s. 19)

NAJBLIŻSZE PLANY

DYSPUTY PITAGOREJSKIE

W semestrze zimowym planowane jest V spotkanie z serii Dysputy Pitagorejskie, *Inteligencja naturalna i sztuczna – oczekiwania i prognozy*, podczas którego zostaną poruszone zagadnienia i problemy nakreślone w czasie ostatniego sympozjum CSZ, *Scientific Intelligence – Illusion or Reality* (26-28 października 2018 w Sterdyni).

KONFERENCJA ATDI

Sympozjum *Human and Field: Submission or Interaction* zorganizowane przez Centrum oraz francuską firmę ATDI, które odbyło się w maju 2017, będzie miało swoją kontynuację w trakcie konferencji organizowanej przez firmę ATDI, pod patronatem UNESCO, w dniach 7-8 marca 2019 w Paryżu.

PIĄTE WYRÓŻNIENIE CENTRUM STUDIÓW ZAAWANSOWANYCH PW

W nadchodzącym roku akademickim Rada Programowa CSZ PW rozpocznie dyskusję na temat kandydatur do kolejnego – piątego już Wyróżnienia Centrum Studiów Zaawansowanych „Kosmos Pitagorasa”.

Zespół Centrum Studiów Zaawansowanych
<http://www.csz.pw.edu.pl>

GENIUS COGNITO - PAMIĄTKOWA STATUETKA CENTRUM

Statuetka *Geniusz Wiedzy* przygotowana z okazji 10-lecia Centrum Studiów Zaawansowanych Politechniki Warszawskiej

Każdy jubileusz wymaga symbolicznego wyrażenia misji. Inspiracją do powstania statuetki Centrum Studiów Zaawansowanych stała się grupa rzeźbiarska zwana *Apoteozą Wiedzy*, wieńcząca fasadę Gmachu Głównego Politechniki Warszawskiej. Autorem rzeźby, wykonanej na początku XX wieku na zlecenie architekta Stefana Szyllera jest wybitny rzeźbiarz nurtu klasycyzującego Pius Weloński (1849-1931). Zgodnie z ówczesnymi zasadami *Architecture Parlante* bogata symbolika detalu pozwala odczytać przeznaczenie budynku.

Główną postacią alegorycznej grupy rzeźbiarskiej jest *Geniusz Wiedzy*, któremu towarzyszą figury kobiet, będące personifikacją *Fizyki i Architektury* (pierwotnie *Chemii*) oraz postać chłopca, symbolizującego studiującą młodzież. *Geniusz* dzierży „płomień wiedzy”, atrybutem *Fizyki* jest regulator Jamesa Watta, natomiast postać *Architektury* wsparta jest na głowicy kolumny greckiej.

Postać *Geniusza* wiąże się z mitologią rzymską, w której *Genius* pełnił funkcje bóstwa opiekuńczego, ducha wewnętrznego, przypisanego każdej osobie w chwili narodzin, a także rodzinie, każdemu domowi, miejscu (*genius loci*), narodowi etc. *Genius* zyskał szczególne uwielbienie jako bóg opiekuńczy domostwa, obdarzający jego mieszkańców powodzeniem i mocą intelektualną jego wyznawców. We współczesnym rozumieniu, pojęcie „geniusz” odnosi

się do wrodzonych, ponadprzeciętnych zdolności, które prowadzą do doskonałości intelektualnej i wyjątkowej kreatywności. W sztuce, *geniusz miejsca* przedstawiany był jako wąż, natomiast *geniusz osoby* w postaci skrzydlatego młodzieńca z rogiem obfitości.

Genius Cognito, będący zwieńczeniem Gmachu Głównego Politechniki Warszawskiej jest symbolicznym

protektorem Uczelni, roztaczającym „światło poznania” (niosącym kaganek oświaty) nad całym kampusem Politechniki, kadram naukową i studentami.

Jowita Krakowiecka



↑ Gmach Główny – PW ok 1920. A collection of Warsaw postcards. Domena publiczna



↑ Gmach Główny PW – 1945. By Edward Falkowski – Warszawa Spółdzielczy Instytut Wydawniczy „Kraj”, Warszawa 1950. Domena publiczna



↑ Statuetka Centrum Studiów Zaawansowanych PW wykonana na wzór grupy rzeźbiarskiej zdobiącej fasadę Gmachu Głównego PW



↑ Gmach Główny PW – współcześnie By Adrian Gryczuk – Praca własna, CC BY-SA 3.0 pl

„Lubię zajmować się zarówno matematyką teoretyczną jak i stosowaną – gdzieś w ziemi niczyjej między nimi, gdzie idee z matematyki teoretycznej mogą być używane do problemów z zastosowań”

okazały się również przydatne w nowej dziedzinie.

Ciągle jestem dumny z pierwszego ważnego twierdzenia, które udowodniliśmy, gdy byłem w Houston. To twierdzenie o symetrycznych bifurkacjach Hopfa, które mówi o tym, jak stabilny stan może zacząć oscylować w miarę jak zmienia się zewnętrzna zmienna. Dostarcza ono bardzo ogólnego dowodu istnienia oscylacji o określonych wzorcach. Znacznie później zastosowaliśmy te idee do opisu ruchu zwierząt, co zaowocowało artykułem w *Nature*. Obecnie pracujemy nad sieciami układów dynamicznych, badając je zarówno od strony teoretycznej jak i zastosowań, szczególnie w biologii.

Interesują Pana zastosowania matematyki – jest ich wiele w Pańskich pracach.

A z drugiej strony na Pana stronie internetowej znajduje się cytata z Harolda Hardy'ego „Czysta matematyka jest znacznie bardziej użyteczna niż stosowana”. No więc „czysta” czy stosowana?

Zmieniam te cytaty co kilka tygodni więc nie traktowałbym żadnego z nich zbyt poważnie. Ten został zamieszczony trochę prowokacyjnie. Lubię zajmować się zarówno matematyką teoretyczną jak i stosowaną – gdzieś w ziemi niczyjej między nimi, gdzie idee z matematyki teoretycznej mogą być używane do problemów z zastosowań. Tak jak w artykule o ruchu zwierząt, gdzie używamy teorii grup, aby badać biologiczny problem: jak porusza się czworonożne stworzenie.

We wrześniu 2005 roku napisał Pan we wstępie do jednej ze swoich książek, „Listy do młodego matematyka”: to moja

próba uwspółcześnienia niektórych fragmentów „Apologii matematyka” – tych mianowicie, które mogłyby wpłynąć na decyzję młodej osoby, zastanawiającej się czy warto tę dziedzinę studiować i wiązać z nią swoją przyszłość zawodową. („Listy do młodego matematyka”, Prószyński i S-ka, W-wa 2008, tłumaczenie Paweł Strzelecki). Gdyby pisał Pan tę książkę teraz, w 2018 roku, czy dodał by Pan coś lub zmienił?

Niezbyt wiele. Myślę, że większość z tego, o czym pisałem w tej książce jest ciągle aktualna. Prawdopodobnie radziłbym im, aby nauczyli się programowania, które staje się coraz bardziej potrzebne w każdej dziedzinie badań matematycznych, oraz używania oprogramowania matematycznego, teraz dostępnego (jak Mathematica czy MatLab).

Co powinno zmienić się w edukacji matematycznej? Jak dziś powinniśmy uczyć matematyki?

W Wielkiej Brytanii zbyt mało osób po studiach matematycznych zajmuje się nauczaniem. Głównym powodem tej sytuacji jest ogromne zapotrzebowanie na takie osoby ze strony innych obszarów rynku pracy (przemysłu, służby cywilnej, informatyki, architektury, przemysłu lotniczego) – dodatkowo często w tych obszarach praca jest bardziej atrakcyjna oraz lepiej płatna w porównaniu do szkół i uniwersytetów.

Główną zmianą, jaką ja bym wprowadził w brytyjskiej edukacji matematycznej byłoby zmniejszenie nacisku na przestrzeganie sztywnego sylabusu, zgodnie z którym nauczyciel w każdym tygodniu odznacza w formularzu fakt, że uczeń opanował pewien mały kawałek matematyki (co i tak wkrótce zapomni). Jest zbyt dużo biurokracji i zdecydowanie za dużo mikro-zarządzania. Pozwoliłbym nauczycielom uczyć, tak jak chcą z zachowaniem pewnych rozsądnych środków ostrożności w celu zapewnienia dobrej jakości.

Jest Pan jednym z najbardziej znanych współczesnych autorów matematycznych książek popularnonaukowych? Jak to się stało, że zaczął Pan pisać o matematyce dla szerokiego grona odbiorców?

Tak jakoś wyszło. Zaczęło się od *Mathematical Games*, stałej rubryki Martina

← Profesorowie Ian Stewart oraz Michael Giersig (od lewej) w czasie jubileuszowego Sympozjum CSZ PW, *Recognition and Creation in Science and Technology*, Sterdyń 2018



Gardnera w miesięczniku *Scientific American*, którą czytałem regularnie. Gdy byłem w Cambridge wydawałem studencki matematyczny magazyn i kolejny, gdy robiłem doktorat w Warwick. Ten ostatni nosił tytuł *Manifold* i miał 20 wydań, które ciągle można przeczytać na stronie <https://ianstewartjoat.weebly.com/manifold-magazine.html>

Na zaproszenie wydawnictwa Penguin Books napisałem popularną książkę o teorii chaosu *Czy Bóg gra w kości*, której nakład 10 000 egzemplarzy sprzedano w przedsprzedaży jeszcze przed oficjalną premierą. Po tym jak Martin Gardner przestał publikować swoją rubrykę w *Scientific American*, zacząłem pisać podobne artykuły do Francuskiego wydania *Pour La Science*, którego redaktorem był Pierre Boulanger. Po kilku latach odziedziczyłem główną kolumnę *Scientific American*, a radio BBC zaczęło prosić mnie o audycje – i wszystko nabrało rozpędu. Kiedy miałem już agenta, Johna Brockmana zacząłem pisać popularne książki z matematyki prawie zawodowo. Pisanie i popularyzowanie matematyki stało się nieodłączne w mojej pracy, i w końcu uniwersytet Warwick uczynił taką działalność częścią moich oficjalnych obowiązków.

Kogo z autorów książek popularnonaukowych z matematyki ma Pan w swojej biblioteczkę? Co Pan u nich ceni?

Książki Martina Gardnera ciągle pozostają zadziwiająco pouczające i dostarczają rozrywki. Poza nim

„...matematyka jest fascynująca sama w sobie i tak naprawdę jej popularyzowanie nie powinno być potrzebne... Niestety większość ludzi się z tym nie zgadza”

wymieniłbym w losowej kolejności: Alex Bellos, Marcus du Sautoy, Eugenia Cheng, Hannah Fry, Simon Singh, Robin Wilson, John Barrow, Joe Mazur, Keith Devlin.... Mógłbym tak jeszcze długo wymieniać. Lubię pisarzy, którzy (tak jak wszyscy wymienieni) nadmiernie nie upraszczają tematu. Przedstawiają go w sposób prosty i zrozumiały, ale są gotowi

zmierzyć się z trudnymi zagadnieniami. Nazywam to podnoszeniem poprzeczki. Bardzo też lubię książkę Douglasa Hofstadter'a „Gödel, Escher, Bach”. Jest wyjątkowa.

Czym dla Pana jest popularyzacja matematyki i nauki? Dlaczego i jak powinniśmy popularyzować matematykę?

Osobiście uważam, że matematyka jest fascynująca sama w sobie i tak naprawdę jej popularyzowanie nie powinno być potrzebne. Powinna już być popularna. Niestety większość ludzi się z tym nie zgadza.

W szkołach jest duży nacisk na wykonywanie rachunków i otrzymywanie poprawnych odpowiedzi, nie stawia się zaś dwóch ważnych pytań. Po pierwsze, po co to wszystko, i po drugie, co się dzieje w matematyce współcześnie. Z tego powodu ludzie myślą, że to tylko bezużyteczne obliczenia, a wszystko zostało już zrobione setki lat temu. Na dodatek zrozumienie matematyki dla większości jest trudne – wszystko razem daje kiepską kombinację i zniechęca do niej. I tu jest miejsce na popularyzację, ponieważ może ona zmienić tego rodzaju błędne myślenie i zmniejszać nacisk na opanowanie sprawności obliczeniowej. Pomaga również rozbudzać zainteresowania matematyką, pokazując jej najnowsze osiągnięcia lub zapoznając z długą i ciekawą historią różnych problemów matematycznych.

Można zauważyć co najmniej cztery style popularyzacji. Często myśli się przede wszystkim o przekazywaniu dzieciom prostych matematycznych pomysłów. Może to jednak łatwo przekształcić się w słabo zawaolowaną edukację i tu potrzebna jest szczególnie troska, aby tak się nie stało. Popularyzacja zdecydowanie nie jest edukacją – ma bowiem rozwijać świadomość, a nie wiedzę. Moje książki można zaliczyć wyłącznie do trzech pozostałych stylów działalności popularyzatorskiej. Poruszam w nich tematy rozrywkowe – poświęcone grom i łamigłówkom matematycznym, historyczne – o tym, jak matematyka i kultura oddziaływały na siebie, a także opowiadam o nowych, wielkich ideach w nauce. Często moje książki łączą wszystkie trzy elementy.

Głównym celem popularyzacji matematyki jest, w mojej ocenie, informowanie opinii publicznej po pierwsze



„Fantastyka naukowa jest bez wątpienia ważna w popularyzowaniu nauki – dostarcza pomysłów na książki”

o tym, że matematycy coś robią, a po drugie, co robią.

Jak rozpoczęła się Pana współpraca z Terry'm Pratchetem i Jackiem Cohenem? Jak to się stało, że został Pan „honorowym magiem Niewidocznego Uniwersytetu”? I czym dla Pana jest fantastyka naukowa?

Pewnego dnia w 1990 roku, zadzwonił do mnie Jack Cohen, biolog, mówiąc, że przeczytał moją książkę, *Czy Bóg gra w kości?* i chce mi zadać kilka pytań. Spotkaliśmy się, poszliśmy do pubu na lunch i jakoś tak się stało, że minęły cztery godziny, a my wciąż tam byliśmy. Potem zaczęliśmy spotykać się regularnie, co tydzień. Jack poznał Terry'ego Pratcheta jeszcze zanim stał się on sławny – obaj byli fanami



↑ Jack Cohen, Terry Pratchett, Ian Stewart (od prawej) - nadanie tytułu honorowego Terre'mu Pratchetowi przez Uniwersytet w Warwick

fantastyki naukowej. Przedstawił mnie Terry'emu w 1990 roku na konwencie miłośników fantastyki *Novacon*. Jack i ja zostaliśmy bliskimi przyjaciółmi, a od czasu do czasu odwiedzaliśmy Terry'ego. Na innym konwencie spotkaliśmy się w trójkę w mongolskiej restauracji i tam powstał pomysł napisania popularnonaukowej książki związanej ze *Światem Dysku* Terry'ego. Zastanawialiśmy się aż 6 miesięcy jak ten pomysł zrealizować, ponieważ w *Świecie Dysku* nie ma nauki – rządzi w nim magia. W końcu wpadliśmy na pomysł, że to magowie z Niewidocznego Uniwersytetu, w oparciu o swoją

magię, wymyślą projekt Świata Kuli, czyli naszego wszechświata. Terry opowiadał fantastyczną historię o tym jak magowie ingerowali w Świat Kuli, my natomiast wyjaśnialiśmy, jak naprawdę on funkcjonuje. W *Nauce Świata Dysku* połączyliśmy obie opowieści: rozdziały o numerach nieparzystych zostały napisane przez Terry'ego, a o numerach parzystych przeze mnie i Jacka. Czytelnikom to tak się spodobało, że powstały jeszcze trzy książki w tej serii. Wszystkie były na pierwszym lub drugim miejscu na listach bestsellerów. Po napisaniu pierwszej książki, regularnie występowaliśmy



↑ Profesorowie Ian Stewart, Piotr Przybyłowicz, Jan Szmidi, Włodzimierz Kurnik, Lech Czarnecki (od prawej) podczas uroczystości z okazji 10-lecia Centrum Studiów Zaawansowanych

z Jackiem na konwentach miłośników fantastyki naukowej. To za naszą namową Uniwersytet w Warwick postanowił nadać Terry'emu tytuł honorowy. Terry był twórcą Niewidocznego Uniwersytetu Świata Dysku – siedziby magów. Oczywiście przed ceremonią w Warwick mianował mnie i Jacka honorowymi Magami Niewidocznego Uniwersytetu Świata Dysku. W czasie ceremonii ubrani byliśmy w kapelusze magów (wypożyczone z BBC TV Birmingham), oraz togi uniwersyteckie, które i bez tego wyglądają jak szaty magów. Została mi cenna pamiątka po tej uroczystości – różdżka maga z wyrzeźbionymi słoniami.

Fantastyka naukowa jest bez wątpienia ważna w popularyzowaniu nauki – dostarcza pomysłów na książki. Moja powieść *Flatterland* jest matematyczną powieścią science fiction. Jednak najważniejszą rolą literatury science fiction jest inspirowanie młodych ludzi do zajęcia się nauką. Całkiem sporo naukowców przyznaje, że po raz pierwszy zainteresowali się jakimś tematem, gdy przeczytali o nim w opowiadaniu science fiction: podróże w czasie, roboty, istoty pozaziemskie i tym podobne. Oczywiście będąc wielkim fanem fantastyki naukowej mogę tu być stronniczy. Posiadam ponad 8000 książek i czasopism science fiction, sam napisałem 6 książek – cztery z Jackiem a dwie z moim innym przyjacielem Timem Postonem

Był Pan wielokrotnie nagradzany. Która z tych nagród ma dla Pana największe znaczenie?

Wszystkie! Najbardziej prestiżowy jest prawdopodobnie Medal Faraday'a przyznany przez Królewskie Towarzystwo. Najdziwniejsza – przyznana przez fanów Świata Dysku na ostatnim Konwencie: *the Bloody Stupid Johnson Award for Innovative Uses of Mathematics*. Medal Zeemana jest ważny dla mnie ponieważ został tak nazwany na cześć Christofera Zeemana i to właśnie On wręczał mi go jako pierwszemu laureatowi. I jestem bardzo dumny z wyróżnienia Pythagorean Universe Award przyznanego przez Centrum Studiów Zaawansowanych Politechniki Warszawskiej – niewiele osób je ma.

Pracuje Pan teraz nad kolejną książką. O czym ona będzie?

Niepewność. Będzie o tym jak ludzkość opracowała metody radzenia sobie z niepewnymi sytuacjami. Zaczynając od tego co nadprzyrodzone, wszechpotężnych bogów, demonów, wyroczni czy proroków, poprzez rozwijanie matematyki prawdopodobieństwa w okresie Renesansu, aż do ery statystyki, do której doprowadziły nas analiza błędów w astronomii oraz operowanie danymi socjologicznymi. Analizuję podstawy rachunku prawdopodobieństwa oraz niektóre paradoksy, które dowodzą, że nie jesteśmy zbyt dobrzy w intuicyjnym szacowaniu prawdopodobieństw. Następnie

rozważam zastosowania w medycynie, finansach i innych dziedzinach ludzkiej aktywności oraz mózg modelowany jako bayesowka maszyna decyzyjna. Najpierw jednak pojawia się teoria chaosu, dzięki której matematycy zdali sobie sprawę, że deterministyczne systemy nie muszą być przewidywalne. To prowadzi do pogody i klimatu. Wprawdzie, historycznie, wcześniej pojawiała się teoria kwantowa, kiedy to fizycy doszli do tego, że w małej skali świat jest nieredukowalnie losowy, to jednak logika prezentacji wymaga abym omówił najpierw chaos, chcąc później opowiedzieć o najnowszych pomysłach na wyjaśnienie losowości teorii kwantowej przy wykorzystaniu deterministycznych ukrytych zmiennych. Zgodnie z dotychczasową wiedzą fizyczną nie da się tego zrobić, ale jest to ciągle problem otwarty. Książka kończy się opisami tego jak losowość może być użyteczna w różnych sytuacjach.

Zostanie ona opublikowana pod koniec roku przez mego głównego brytyjskiego wydawcę, wydawnictwo Profile oraz przez Basic Books w Stanach Zjednoczonych.

Przekład:

Barbara Roszkowska-Lech
Wydział Matematyki i Nauk Informacyjnych
Politechniki Warszawskiej
oraz Michał Lech

{ **Profesor Ian Stewart** urodził się w 1945 roku. Wykształcenie zdobywał w Cambridge (MA) i Warwick (PhD). Obecnie jest profesorem emerytalnym w Wydziale Matematyki Uniwersytetu Warwick, gdzie zajmuje się badaniami dynamiki nieliniowej i przybliżaniem zagadnień matematyki świadomości. Jest także emerytowanym profesorem Gresham College w Londynie. Był profesorem wizytującym w Niemczech, Nowej Zelandii i USA. Ma pięć doktorantów honorowych (Open University, Westminster, Louvain, Kingston i Brighton). Jest znany ze swojej pisarskiej działalności popularyzowania nauki, głównie w zakresie zagadnień matematycznych. Wśród nagród, które otrzymał są: Medal Faradaya Towarzystwa Królewskiego za pracę w przekazywaniu idei matematycznych do jak najszerszego grona odbiorców (1995), Złoty Medal IMA (2000), the AAAS Public Understanding of Science and Technology Award (2001), Medal LMS / IMA Zeeman (2008) oraz Lewis Thomas Prize (2015, wspólne z Stevenem Strogatzem). Wspólnie z Martinem Golubitskim zdobył w 2001 roku Nagrodę Balaguera. W 2001 roku został wybrany członkiem Towarzystwa Królewskiego. Jego książka "Liczyby natury" znalazła się na liście pozycji nagrodzonych w kategorii Nagroda dla książek naukowych Rhone-Poulenc w 1996 r., natomiast „Dlaczego prawda jest piękna. O symetrii w matematyce i fizyce” została wyróżniona w 2008 r. przez Royal Society Prize for Science Books. Jego aplikacja iPad Incredible Numbers, we współpracy z TouchPress i Profile Books, zdobyła nagrodę DigitalBookWorld w 2015 roku i została wybrana jako jedna z 24 najlepszych aplikacji w 2014 roku w App Store w USA i Kanadzie. Wygłosił w 1997 Wykłady Bożonarodzeniowe Instytucji Królewskiej w telewizji BBC, które w 1998 powtórzył w Japonii. Ostatni z wykładów rozpoczął się wprowadzeniem żywego tygrysa do sali wykładowej. Łącznie zrealizował około 450 audycji radiowych i 80 wystąpień telewizyjnych. Wydał ponad 80 książek. Ponadto współpracował z wieloma gazetami i czasopismami w Wielkiej Brytanii, Europie i Stanach Zjednoczonych. Nadal jest aktywnym matematykiem. W swoim dorobku ma ponad 180 artykułów. Obecnie pracuje nad formowaniem, chaosem, dynamiką sieci i biomatematyką. }

Ian Stewart oczami Krzysztofa Ciesielskiego

Laudacja z okazji wręczenia Ianowi Stewartowi Wyróżnienia Centrum Studiów Zaawansowanych Politechniki Warszawskiej „Kosmos Pitagorasa”



↑ Krzysztof Ciesielski – matematyk, popularyzator nauki, Alma Mater: Uniwersytet Jagielloński

Trzydzieści lat temu, zaraz po uzyskaniu doktoratu, wyjechałem na roczne stypendium do Anglii, na University of Warwick. Było to w czasach nad wyraz różniących się od tych, w których dziś żyjemy; pewne rzeczy mogą się wydać dzisiejszej młodzieży trudne do wyobrażenia. Nie było Internetu, nie było telefonów komórkowych; gdy ktoś z Polski chciał zatelefonować do Anglii, musiał zamówić rozmowę i czekać 6 lub więcej godzin, a i to przy założeniu, że był szczęśliwym posiadaczem domowego telefonu. Różne przedmioty codziennego użytku czy produkty spożywcze można było w Polsce nabyć wyłącznie „na kartki” – na przykład kartkę upoważniającą do zakupu kostki mydła otrzymywało się raz na dwa miesiące. Nie było mowy o powszechnym dostępie do literatury anglojęzycznej.

Gdy jechałem do Warwick, nazwiska ogromnej większości pracowników Instytutu Matematycznego nic mi nie mówiły, ale znałem nazwisko Iana Stewarta. Dziś nie brzmi to zaskakująco – niemal w każdej księgarni w Polsce można obecnie znaleźć jakąś książkę przez niego napisaną. Jednak trzydzieści lat temu nic z tego, co Stewart napisał, nie było jeszcze wydane

w języku polskim. Niemniej, polscy matematycy często odwiedzali istniejące wówczas u nas w dużych miastach księgarnie radzieckie, bo w Związku Radzieckim wydawano po rosyjsku sporo interesujących matematycznych pozycji, w tym wiele przekładów (często publikowanych w ZSRR bez wymaganego zezwolenia), a my znaleźmy język rosyjski. Miałem dwie książki Stewarta: „Концепции современной математики” (*The problems of modern mathematics*) oraz napisaną wspólnie z Timem Postonem monografię o teorii katastrof „Теория катастроф и ее приложения” (*Catastrophe theory and its applications*). Wiedziałem zatem, że tam, dokąd jadę, w matematycznym ośrodku na najwyższym światowym poziomie, pracuje autor tych znakomitych książek.

Przypuszczałem, że ten, kto napisał zarówno przeglądową popularnonaukową książkę, jak i kilkusetstronicową monografię dotyczącą nowej, współczesnej teorii, wykazujący się tak głęboką wiedzą, jest matematykiem wiekowym, żeby nie powiedzieć starym. Na miejscu okazało się, że – po pierwsze – autor tych książek wcale nie jest stary, a ponadto bardzo przyjacielski, sympatyczny i skory do pomocy w wielu sprawach. Po drugie zaś, pozycji jego autorstwa wydano znacznie więcej. Stewart pisał nie tylko książki popularnonaukowe i zaawansowane monografie, ale i podręczniki dla studentów, komiksy (sam rysował!), poradniki komputerowe i opowiadania science-fiction. Matematycy w Warwick żartowali „Stewart co tydzień jedną książkę pisze”. Zapytałem go zatem przy okazji, ile ich napisał. Odpowiedział, że jeśli policzymy oddzielnie każde wydanie, a także przekłady, to wyjdzie tego ponad sto. Było to trzydzieści lat temu, gdy – przypominam – żadna z jego książek nie ukazała się po polsku! Jeśli dobrze policzyłem, to w tej chwili 24 książki napisane przez Stewarta są przetłumaczone na język polski. Wszystkie one zostały napisane po naszej rozmowie, w której mówił o liczbie przekraczającej sto.

Pierwszą wydaną w Polsce książką Iana Stewarta było „Czy Bóg gra w kości” (*Does God play dice?*) o matematyce chaosu. Prawdopodobnie jest to jego najslynniejsze dzieło. W Internecie czytamy, że została przełożona na co najmniej 12 języków i że sprzedano ponad 200 tysięcy egzemplarzy angielskiej wersji. W Polsce też cieszyła się wielką popularnością. Przy okazji pozwolę sobie przytoczyć pewną historię. Wkrótce po ukazaniu się pierwszego polskiego wydania „Czy Bóg gra w kości” jeden z moich przyjaciół, będąc w dużej i znanej krakowskiej księgarni, zobaczył tę książkę w dziale „Religia”. Podszedł do sprzedawczyni i powiedział jej, że jest to pozycja matematyczna i powinna się znaleźć gdzie indziej. Usłyszał na to: „Nic podobnego! To jest mój dział, ja się na tym znam, to jest książka o filozofii religii i powinna być właśnie tu! A poza tym, ona się stąd bardzo dobrze sprzedaje!”

Na marginesie, nie był to pierwszy przypadek tego rodzaju. Najslynniejszy polski matematyk, Stefan Banach, pracujący w okresie międzywojennym we Lwowie, napisał w latach trzydziestych pierwszą monografię nowego wówczas działu matematyki – analizy funkcjonalnej – zatytułowaną „Operacje liniowe”. Podobno w jednej z lwowskich księgarni książka ta znalazła się na półce z książkami medycznymi.

Należy zaznaczyć, że przekładanie twórczości Iana Stewarta jest piramidalnie trudnym zadaniem. W jego popularnonaukowych książkach liczne są oryginalne nawiązania do angielskiej historii i kultury. Pisze on w popularny sposób o zaawansowanej matematyce, i to o wielu bardzo odległych od siebie działach, więc tłumacząc, trzeba się na matematyce świetnie znać. Dodatkową trudność sprawia dowcipna gra słów, w tym żarty oparte na różnych znaczeniach tego samego słowa w języku angielskim. Podam parę przykładów. Tytuł jednej z jego książek to *Game, set and math*. Widzimy tu analogię do tenisowego „gem, set i mecz”, ale z drugiej strony *game* to gra, a w matematyce mamy teorię gier, a set

to po angielsku nie tylko set w meczu tenisowym, ale i zbiór... Słynny jest film Stevena Spielberga z Harrisonem Fordem w roli głównej „Poszukiwacze zaginionej arki” (w oryginale: *Raiders of the Lost Ark*). Widziałem zrobiony przez Stewarta rysunek geometryczny stylizowany na plakat filmowy nieistniejącego filmu; na plakacie była narysowana postać słynnego matematyka, Paula Halmosa, wcielającego się w Indianę Jonesa (postaci granej w „Poszukiwaczach zaginionej arki” przez Forda) z wielkim cyrklem i napis: *Paul Halmos as Indiana Jones in Radius of the Lost Arc*. No i jak to spolszczyć? Albo historyjka obrazkowa. Widzimy dwie postacie, jedna z nich ma rower. Ten bez roweru mówi: „O, masz nowy rower!”. „Dostałem go w nagrodę” – odpowiada drugi. „Ależ on nie ma dzwonka!” (*But it has no bell!*). I odpowiedź na to brzmi: *Because it is No-Bell Prize*. Czy można to przetłumaczyć?

Polskie przekłady książek Iana Stewarta są zazwyczaj bardzo dobre, w szczególności te wykonane przez Pawła Strzeleckiego są na nad wyraz wysokim poziomie, ale idealne przetłumaczenie jest po prostu niemożliwe.

Jak wspomniałem, „Czy Bóg gra w kości” była pierwszą książką Stewarta u nas wydaną, nie był to jednak pierwszy jego utwór, który się w języku polskim ukazał. Na University of Warwick w latach 1968–1980 wydawano (z niebagatelnym udziałem Stewarta) czasopismo *Manifold*. W jednym z numerów wydrukowany został krótki a bardzo zabawny, napisany przez Stewarta, dialog „Dziwny wieczór” (*An odd evening*). Mamy tu kolejną grę słów: *odd* to nie tylko „dziwny”, ale i „nieparzysty”, *even* zaś – parzysty, a dialog dotyczył parzystych i nieparzystych liczb pierwszych. Gdy byłem w Warwick, poprosiłem Iana o zgodę na przekład na język polski. Zgodę tę oczywiście uzyskałem i wkrótce potem, w lipcu 1987, „Dziwny wieczór” można było przeczytać w polskiej wersji w popularnonaukowym matematyczno-fizyczno-astronomicznym miesięczniku „Delta”. Autorzy artykułów w „Delcie” otrzymywali honorarium, ale niezbyt wysokie. Wówczas, zgodnie z przeliczeniem złotych na zachodnią walutę, miesięczne zarobki asystenta na wyższej uczelni wynosiły kilkanaście dolarów. Można sobie wyobrazić, że w tej sytuacji honorarium autorskie w „Delcie” było z punktu widzenia autora z Anglii nader symboliczne... Powiedziałem Ianowi, że redakcja „Delty” chce mu za publikację artykułu zapłacić, przy czym będzie to kwota

około jednego funta. Ian odpowiedział: „O, ale zawsze to będzie o funt więcej niż zapłacili w *Manifold!* Nie wiem jednak, czy otrzymał on tego funta – obawiam się, że w tamtych czasach formalności związane z przelewem bankowym gotówki w tej wysokości do Anglii były zbyt skomplikowane. Zdziwiający zbieg okoliczności! Pierwszą rzeczą autorstwa Iana Stewarta opublikowaną po polsku był tekst



↑ Prof. Ian Stewart podczas uroczystości wręczenia wyróżnienia CSZ PW

w „Delcie”. Mamy kwiecień 2018 roku, numer 4/2018 „Delty” ukazał się kilka dni temu, i właśnie teraz, gdy Ianowi Stewartowi wręczona zostaje tak prestiżowa nagroda, w najnowszym numerze „Delty” możemy przeczytać inny przez niego napisany tekst. Ten artykuł jednak Stewart napisał specjalnie dla „Delty”. Niespełna rok temu został poproszony o napisanie dla tego miesięcznika o wynikach Maryam Mirzakhani i był tak miły, że mimo licznych innych obowiązków się zgodził. Gdy ustalano, że ów artykuł będzie umieszczony w kwietniowym numerze „Delty”, nikt nie przypuszczał, że właśnie w kwietniu Stewart będzie w Polsce i będzie odbierał tak ważne wyróżnienie.

Obecnie Stewart ma w swoim dorobku ponad 120 książek, przy czym różne wydania i przekłady tej samej pozycji liczymy za jedną. Nie tylko liczba imponuje, ale i jakość – książki są naprawdę doskonałe. Autor wykazuje się głęboką wiedzą z rozmaitych, w tym bardzo odległych od siebie, dziedzin matematyki

i przedstawia matematykę – w tym najnowsze osiągnięcia matematyki współczesnej – niezwykle interesująco, a przy okazji zrozumiale i czytelnie, pisząc pięknym, pełnym humoru stylem i zamieszczając liczne żarty.

Stewart jest znany na świecie przede wszystkim dzięki napisanym przez niego książkom, przetłumaczonym na co najmniej 23 języki, lecz jego osiągnięcia związane z upowszechnianiem nauki są znacznie bogatsze. Ponad stukrotnie występował w telewizji, w szczególności wygłaszał *Royal Christmas Lecture* w BBC, ma na koncie ponad 500 audycji radiowych. Napisał liczne artykuły o matematyce do tak prestiżowych czasopism, jak *Nature*, *New Scientists* oraz do dzienników. Trzydzieści lat temu mówił mi: „Ogłoszono, że hipoteza Poincarego została rozwiązana? Ciekawe! Zabawne! Niech się ludzie o tym dowiedzą! Dowód okazał się błędny? Ciekawe! Zabawne! Niech się ludzie o tym dowiedzą!”. Chodzi o to, by szeroka publiczność zapoznała się z tym, co jest ważne dla matematyków – Stewart przekazuje im tę wiedzę w fantastyczny sposób.

Nie można jednak zapomnieć o jednej bardzo ważnej rzeczy, bez której charakterystyka matematycznej działalności Stewarta byłaby głęboko niepełna. Ian Stewart jest wybitnym uczonym, ma na swoim koncie wiele ważnych naukowych dokonań. Studiował w Cambridge, doktorat uzyskał na uniwersytecie w Warwick na podstawie rozprawy o algebrach Liego, potem zmienił swoje zainteresowania badawcze na teorię nieliniowych układów dynamicznych. Już 30 lat temu był członkiem komitetów redakcyjnych kilku prestiżowych czasopism naukowych. Dziś ma w dorobku ponad sto prac naukowych, zawierających doniosłe wyniki. Nieprzypadkowo 17 lat temu został członkiem *Royal Society* – brytyjskiej akademii nauk, jednego z pierwszych towarzystw naukowych na świecie. Jest laureatem licznych prestiżowych nagród i wyróżnień – gdybym chciał je wszystkie wymienić, zajęłoby to więcej czasu, niż jego wykład, którego za chwilę wysłuchamy.

Do długiej listy tych nagród dołączy za chwilę kolejna, bardzo ważna – Wyróżnienie Centrum Studiów Zaawansowanych Politechniki Warszawskiej „Kosmos Pitagorasa”. Wyróżnienie, na które Ian Stewart bezdyskusyjnie zasługuje.

RECOGNITION AND CREATION IN SCIENCE AND TECHNOLOGY

Symposium zorganizowane z okazji 10-lecia Centrum Studiów Zaawansowanych PW



lat
Centrum Studiów Zaawansowanych
Politechniki Warszawskiej

Decade Spectrum



Jubileuszowe sympozjum *Recognition and Creation in Science and Technology* odbyło się w dniach 13-15 kwietnia 2018 r.

Wzięli w nim udział znakomici goście i jednocześnie wieloletni współpracownicy Centrum Studiów Zaawansowanych oraz gość specjalny, profesor Ian Stewart z Uniwersytetu w Warwick w Wielkiej Brytanii.

Podczas spotkania uczestnicy mieli okazję wysłuchać następujących wykładów:

The Science of Discworld, prof. Ian Stewart, University of Warwick, Wielka Brytania;

Geometry - and Topology - Controlled Nanoarchitectures, prof. Michael Giersig,

Faculty of Physics, Freie Universitat Berlin, Niemcy;

Gravitational waves - sometimes dreams come true, prof. Marek Demiański, Wydział Fizyki, Uniwersytet Warszawski;

Ultrafine grained materials - perspectives for transport, energy and bioengineering applications, prof. Małgorzata Lewandowska, Wydział Inżynierii Materiałowej, Politechnika Warszawska;

Broken Symmetry in Physics, prof. Marek Trippenbach, Wydział Fizyki, Uniwersytet Warszawski;

Architecture of tomorrow: form, medium, contents, Prof. Jan Słyk, Wydział Architektury, Politechnika Warszawska;

The Gauss-Bonnet Theorem - from Local to Global..., prof. Wojciech Domitrz, Wydział Matematyki i Nauk Informatycznych, Politechnika Warszawska;
Science and engineering of inhalation, prof. Tomasz Sosnowski, Wydział Inżynierii Chemicznej i Procesowej, Politechnika Warszawska.

Podczas spotkania odbyło się wiele dyskusji panelowych, które miały na celu wymianę opinii i wyników badań naukowych z wielu różnych dziedzin nauki, w założeniu interdyscyplinarne ujęcie tematów i zagadnień, co wpisuje się w podstawową misję Centrum. W tym niecodziennym miejscu, stworzono możliwość spotkania wybitnych profesorów, którzy mogli podzielić się swoimi dokonaniem naukowymi i nawiązać współpracę.

Gościom wręczono publikację pt. 'Ludzie, myśli, inspiracje i idee', która podsumowuje wieloletnią działalność Centrum, zainicjowaną, prowadzoną i koordynowaną przez Dyrektora placówki, prof. Stanisława Janeczko. Zebrany materiał świadczy o ogromnej różnorodności działań, ludzi i idei zgromadzonych w ramach jednej instytucji jaką jest Centrum Studiów Zaawansowanych.

Zespół CSZ PW



Między Bachem a Banachem

Jarostaw Grytczuk

Wbrew tytułowi nie będzie tu mowy ani o muzyce Bacha, ani o matematyce Banacha, a raczej o tym co leży na pograniczu muzyki i matematyki. Struktura utworu muzycznego może posiadać cechy wyrażalne w języku matematyki, czego sztandarowym przykładem są liczne dzieła Bacha. Ale czy jest możliwe aby jakiś obiekt pochodzący wprost ze świata matematyki posiadał właściwości muzyczne? Czy można wyobrazić sobie „symfonię przestrzeni Banacha”? Melodię możemy oczywiście przedstawić w uproszczeniu jako ciąg dźwięków, a te z kolei możemy wyrazić za pomocą liczb. Na przykład ciąg

3, 3, 4, 5, 5, 4, 3, 2, 1, 1, 2, 3, 3, 2, 1

jest zapisem fragmentu pewnego słynnego utworu muzycznego (zagadka – jakiego?). Trudno jednak uznać, że ma on sam w sobie jakąś

głębię matematyczną. Z drugiej strony naiwnością byłoby oczekiwać, że jakiś sławny w matematyce ciąg liczbowy, na przykład

2, 3, 5, 7, 11, 13, 17, 19, 23, 29, 31, 37, 41, 43, ...

doprowadzi nas bezpośrednio do interesującej muzyki.

Powtórzmy zatem pytanie: czy istnieje jakiś konkretny twór przynależący do świata matematyki i muzyki zarazem? Odpowiedzi poszukamy w duńskiej muzyce współczesnej, a dokładniej w twórczości jednego z najznamienszych jej przedstawicieli – Pera Nørgårda. Spójrzmy na fragment partytury jego symfonii kameralnej *Voyage into the Golden Screen* z roku 1968 (rys. 1)

Na pierwszej pięciolinii widzimy partię fletu, który gra prostą linię melodyczną. Zapiszmy ją w sposób

liczbowy przyjmując, że pierwszy dźwięk to zero, a odległość półtonu to jeden. Oczom naszym ukaże się wtedy następujący ciąg liczbowy:

$N = 0, 1, -1, 2, 1, 0, -2, 3, -1, 2, 0, 1, 2, -1, -3, 4, 1, \dots$

Oprócz niewątpliwej wartości muzycznej, o której można się przekonać słuchając utworu Nørgårda, ciąg ten ma również fascynujące własności matematyczne. Popatrzmy na co drugą liczbę w ciągu N począwszy od pierwszego wyrazu:

$N = 0, 1, -1, 2, 1, 0, -2, 3, -1, 2, 0, 1, 2, -1, -3, 4, 1, \dots$

Liczby te tworzą nowy ciąg

$N' = 0, -1, 1, -2, -1, 0, 2, -3, 1, \dots$,

który jest bardzo podobny do ciągu N . Jego wyrazy różnią się jedynie znakiem od odpowiednich wyrazów ciągu N . Innymi słowy, melodia ciągu N' to *inwersja* melodii ciągu N . Spójrzmy wobec tego na co drugą liczbę w ciągu N począwszy od drugiego wyrazu:

$N = 0, 1, -1, 2, 1, 0, -2, 3, -1, 2, 0, 1, 2, -1, -3, 4, 1, \dots$

Liczby te tworzą drugi ciąg

13

Ⓐ Tranquillo ma fluento

$$N^n = 1, 2, 0, 3, 2, 1, -1, 4, \dots$$

który również jest podobny do ciągu N . Jego wyrazy są większe o jeden od odpowiednich wyrazów ciągu N . Innymi słowy, melodia ciągu N^n to *transpozycja* melodii ciągu N o pół tonu w górę. Ciąg Nørgårda składa się zatem z dwóch przetasowanych kopii samego siebie, z których jedna jest jego inwersją, druga zaś transpozycją. Ta własność *samopodobieństwa* jednoznacznie definiuje kolejne wyrazy ciągu Nørgårda, począwszy od pierwszego umownego dźwięku-zera aż do nieskończoności. Z jednego początkowego dźwięku uzyskujemy niezwykle bogatą, nieskończoną strukturę, fascynującą zarówno pod względem muzycznym jak i matematycznym. Sam kompozytor nazwał ją *uendelighedsrækken*, czyli „serią nieskończoności”. W istocie, rozkład ciągu N na kopie N i N^n możemy powtórzyć na tych kopiach, a potem na kopiach tych kopii, itd. w nieskończoność, uzyskując hierarchiczną strukturę nieskończonych „samopodobnych” ciągów. Warto podkreślić, że wymyślony przez Pera Nørgårda ciąg nie pojawia się w jego muzycznych dziełach incydentalnie. Należy raczej powiedzieć, iż stanowi on muzyczno-filozoficzną podstawę całej jego twórczości.

Czy ciąg Nørgårda jest rzeczywiście tak atrakcyjny matematycznie? Czy ma on jakieś znaczenie dla samej matematyki, a jeżeli tak, to dlaczego nie był wcześniej znany matematykom? Sam ciąg Nørgårda rzeczywiście nie był wcześniej znany w matematyce, natomiast pewien jego uproszczony wariant był nie tylko znany, ale wręcz odegrał kluczową rolę w kilku doniosłych odkryciach matematycznych dwudziestego wieku. Powstaje on poprzez zastąpienie w ciągu Nørgårda każdej liczby parzystej literą A, zaś nieparzystej literą B. W ten sposób dostajemy „perkusyjną” wersję ciągu N :

$$P = A B B A B A A B B A A B A B B A B \dots$$

Ta „rytmiczna” struktura często pojawia się w perkusyjnych utworach Pera Nørgårda, z których najslawniejszy to czteroczęściowa suita *I Ching* na perkusję solo z roku 1982, dedykowana duńskiemu perkusiście Gertowi Mortensenowi. Utwór ten był wykonywany na 60. *Warszawskiej Jesieni* w roku 2017. Znalazł się także w programie wyśmienitego recitalu Gerta Mortensena na *Międzynarodowych Spotkaniach Muzycznych*

Wschód-Zachód w roku 1998 w Zielonej Górze.

Perkusyjna wersja ciągu Nørgårda pojawiła się w literaturze matematycznej już w dziewiętnastym wieku, w pracach Eugènea Prouheta dotyczących teorii liczb. Jednak prawdziwą sławę temu ciągowi przyniosły dopiero późniejsze odkrycia, których dokonał norweski matematyk Axel Thue na początku dwudziestego wieku. Thue odkrył rzecz zadziwiająca: *żaden skończony ciąg składający się z liter A i B nie powtarza się w ciągu P trzy razy z rzędu*. Innymi słowy, ciąg P nie zawiera trzykrotnej repetycji rozumianej jako skończony ciąg składający się z trzech identycznych, następujących po sobie segmentów. Oznacza to, że podążając w kierunku nieskończoności nigdy nie zobaczymy w ciągu P segmentów AAA, BBB, ABABAB, ABBABBAB, ani jakiegokolwiek innego segmentu typu XXX, gdzie X jest dowolnym skończonym ciągiem, który może mieć długość nawet stu milionów! Jest to informacja przerażająca dla perkusisty, który miałby ochotę ćwiczyć *paradiddle* zadane ciągiem P , albowiem po powtórzeniu jakiegoś fragmentu kolejny będzie już inny!

Podkreśliśmy, że odkrycie Thuego nie jest jedynie obserwacją empiryczną, lecz faktem popartym matematycznym dowodem. Kluczową własnością implikującą ową „niepowtarzalność” ciągu P jest jego samopodobieństwo będące konsekwencją samopodobieństwa ciągu Nørgårda. W istocie, ciąg P możemy rozłożyć, podobnie jak ciąg N , na dwie przeplatające się kopie P i P^n . Pierwsza kopia P odpowiada inwersyjnej kopii N . Ale inwersja, czyli zmiana znaku liczby, nie zmienia jej parzystości. Wobec tego P musi być wierną kopią ciągu P :

$$P = A B B A B A A B B A A B A B B A B \dots$$

Natomiast transpozycja, czyli zwiększenie liczby o jeden, zmienia parzystość każdego wyrazu na przeciwną. Oznacza to, że w kopii P^n , która odpowiada kopii N^n , litery A i B zamieniły się rolami. Ciąg P^n jest więc całkowitym „zaprzeczeniem” ciągu P , rozumianym jako zamiana liter A i B, przez co ma dokładnie tę samą kombinatoryczną strukturę:

$$P = A B B A B A A B B A A B A B B A B \dots$$

Ciąg P składa się zatem z dwóch przeplatających się kopii samego siebie,

z których pierwsza jest z nim identyczna, druga zaś jest jego dokładnym przeciwieństwem!

Wykorzystując tę niesamowitą własność ciągu P można przeprowadzić ścisły matematyczny dowód twierdzenia Thuego o „niepowtarzalności” perkusyjnej wersji ciągu Nørgårda. Polega on na następującym eksperymencie myślowym. Przypuśćmy, na przekór, że w ciągu P jednak występuje trzykrotna repetycja. Niech XXX będzie najkrótszą z nich. W skrajnym przypadku X może być pojedynczą literą, na przykład X = A. Dlaczego ciąg P nie zawiera repetycji AAA? Przypuśćmy, że jednak gdzieś taka zbitka liter w ciągu P występuje. Wówczas dwie skrajne litery A należą do tej samej kopii ciągu P , zaś środkowe A do innej. Ilustrując to w odcieniach szarości, mamy zatem albo AAA, albo AAA, gdzie kolor szary oznacza kopię wierną P , zaś czarny kopię negatywną P^n . Ale skoro tak, to tuż za szarą literą A pochodzącą z kopii wiernej musi stać jej czarna negacja, czyli czarne B. Za szarym A stoi zawsze czarne B, i na odwrót – za szarym B stoi czarne A. Nie może natomiast pojawić się sytuacja AA, którą widzimy w obu powyższych trójkach. Zatem blok AAA nie może się w ogóle pojawić w ciągu P . Oczywiście podobnie możemy rozumować w przypadku BBB, ale także w każdej innej sytuacji gdy blok X ma długość nieparzystą (co wymaga nieco dłuższego sprawdzenia). Jeżeli blok X jest parzystej długości, to argumentacja jest jeszcze prostsza. Przypuśćmy na przykład, że X = AB. Dlaczego nie ma w ciągu P repetycji ABABAB? Bo kopie szara i czarna przeplatają się, a więc znów mamy albo ABABAB, albo ABABAB. W obu przypadkach mamy trzy identyczne litery z rzędu w jednym kolorze, czyli w jednej z kopii ciągu P , a więc w samym ciągu P , co, jak przed chwilą wykazaliśmy, nie zachodzi. Analogiczne rozumowanie w przypadku ogólnym prowadzi do sprzeczności z naszym początkowym, przekornym założeniem i ostatecznie do konkluzji potwierdzającej tezę twierdzenia Thuego.

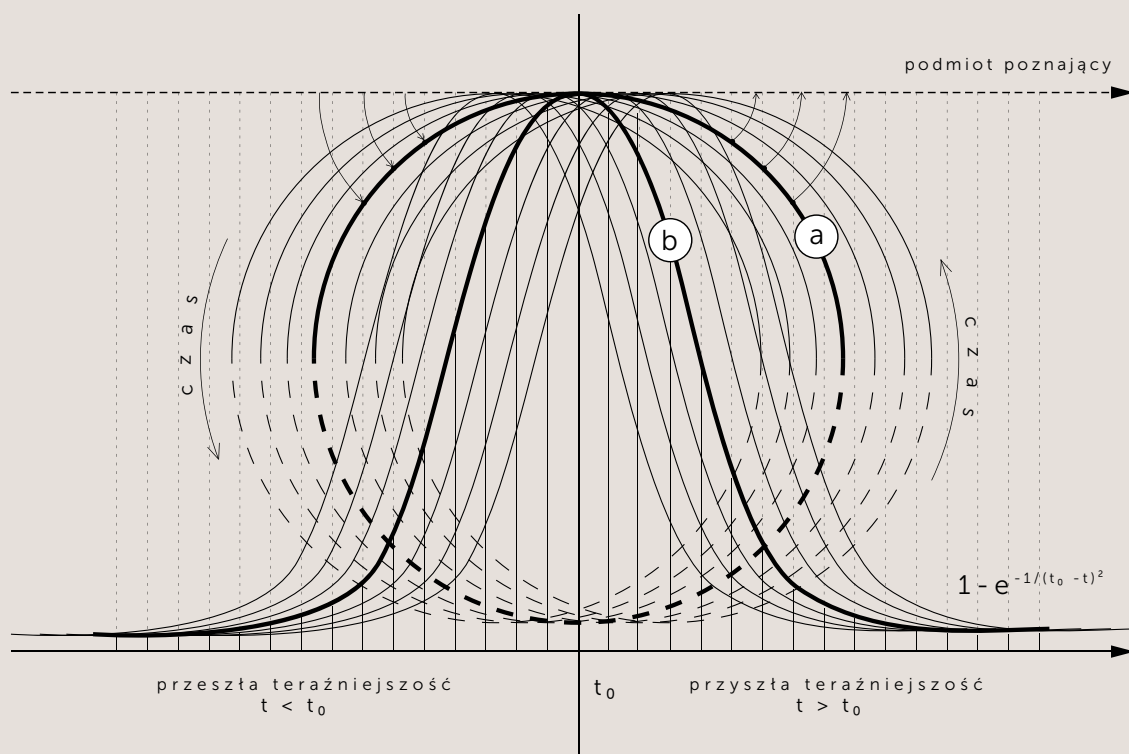
Ulegając naturalnej ciekawości Thue poszedł w swoich badaniach nieco dalej. A co gdybyśmy chcieli uniknąć *dwukrotnej repetycji* rozumianej jako dwa identyczne, następujące po sobie segmenty? Czy to jest w ogóle możliwe? Spróbujmy wypisywać litery A i B jedna za drugą jak najdłużej zanim wystąpi repetycja. Po napisaniu A musimy więc napisać B, a potem znowu

„W naszym dzisiejszym rozumieniu czas, to czas historii, nie jest cykliczny, ma otwartą przyszłość i ma faktyczną przeszłość, która nigdy się nie powtarza”

„pra-lęk” i „pra-ufność” przekształcone w szeregi kolejnych instynktów, intuicji i pragnień. Jednak czynne myślenie o myśleniu może prowadzić do

powstawania zamkniętych cykli myśli (nieskończonych zapętlen), które są w stanie zmienić strukturę narządu myślenia. Nieskończona iteracja cyklu prowadzi do przemiany struktury, czyli istotnej zmiany funkcji narządu. Stąd prawie zamknięte cykle myśli, które mogą być zarówno efektem zaburzenia – stanem chorobowym umysłu lub początkiem nowej odkrywczej myśli. Według Schopenhauera formą przejawu myśli, a więc także, woli jest tylko terażniejszość, która jednak nie jest bezpośrednio dana naszej świadomości i obserwujemy jak z wolna przemienia się w przeszłość i przemienia się w przyszłość [2]. „Nikt nie żył w przeszłości, nikt nie będzie żył w przyszłości: terażniejszość jest formą całego życia”. W alegorii Schopenhauera czas jest jakby okręgiem, który toczy się po prostej, styczny do niej od dołu. Ta część okręgu, która opada, jest przeszłością, ta która się wznosi jest przyszłością (rys. 1. a). Punkt (niepodzielny) styczności jest chwilą terażniejszą. „Jest jakby momentem zetknięcia się przedmiotu, którego kształtem jest czas (a więc koło), z podmiotem, który nie ma kształtu, gdyż nie należy do rzeczy poznawalnych, ale jest koniecznym warunkiem poznania”.

W tekstach buddyjskich [3] można znaleźć, „że każdy człowiek jest złudzeniem, stworzonym przez zawrotną liczbę ludzi chwilowych i że istota przeszłego momentu myśli żyła, ale nie żyje i żyć już nie będzie. Za to istota przyszłego momentu będzie żyć, lecz nie żyła i nie żyje. Istota obecnego momentu myśli, żyje, lecz nie żyła ani żyć nie będzie”. Według Plotyna istnieją trzy czasy i wszystkie są terażniejszością. Jeden jest aktualną terażniejszością. Następny to przeszła terażniejszość, nazywana pamięcią i wreszcie przyszła terażniejszość, która staje się tym co nadchodzi z naszym przecuciem lub strachem. W naszym dzisiejszym rozumieniu czas, to czas historii, nie jest cykliczny, ma otwartą przyszłość i ma faktyczną przeszłość, która nigdy się nie powtarza (rys. 1. b). Chwila terażniejsza jest punktem styczności nieskończonego rzędu otwartego czasu i podmiotu poznającego. W dzisiejszej fizyce czas ujmowany jest wspólnie z przestrzenią, tak jak w teorii względności. Jest wiele innych teorii czasu. Znamy czas Newtona, który twierdził, że każda cząsteczka przestrzeni jest wieczna i każda niepodzielna chwila trwania znajduje się wszędzie. Inna, z którą wypada się zgodzić, ujmuje czas jako rzekę, która płynie od niepojętych początków, dociera do nas i przepływa.



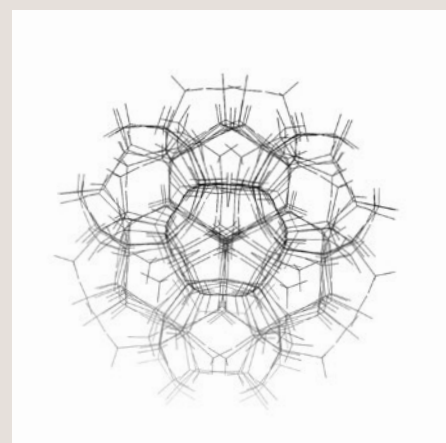
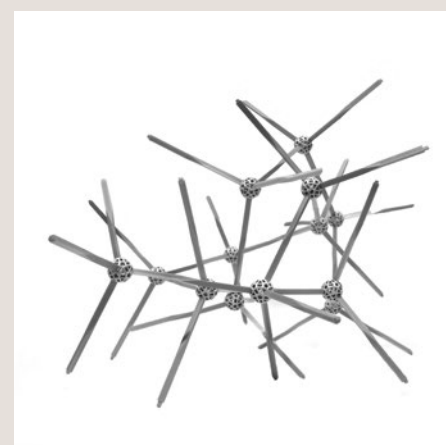
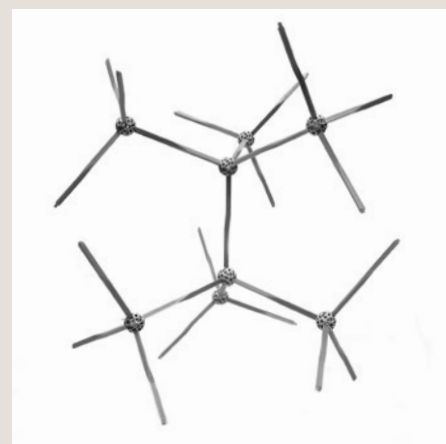
↑ Rys. 1. Alegoria czasu: a) czas cykliczny, b) czas historii

Jeszcze inna, mówi coś wręcz przeciwnego, że czas płynie od przyszłości ku teraźniejszości, a ta chwila, w której przyszłość przechodzi w przeszłość jest tym co możemy nazywać teraźniejszością. Problem początków czasu, problem czasu, to poważny problem. Według Platona czas wyłania się z wieczności (Timaios), jest zmiennym obrazem wieczności, według jego definicji „czas to posuwające się według liczby odwzorowanie trwającego w jednym eonu” [4]. Czas jest następstwem. Jest następstwem bo wyłania się z wieczności i chce powrócić do wieczności. Nasza świadomość nieustannie przechodzi od jednego stanu do drugiego i jesteśmy czymś co się zmienia i trwa zarazem, to co trwa to nasz archetyp (wieczny), który pragnie objawić się w czasie i przestrzeni. Jeśli jest jakaś realna przestrzeń dla czasu, to daje się podzielić na chwile. Nawet jeśli przyjmiemy, że świat jest naszym wyobrażeniem, to również odczuwamy, że przeskakujemy w nieskończenie rozgałęziony sposób od jednej myśli do drugiej, umieszczonych w nieskończenie podzielny ciąg chwil (rys. 2). Przestrzeń w której to się dzieje to struktura eonu – kontinuum o nieskończonym rozgałęzieniu w każdym swoim punkcie. Czas Newtona jako zredukowana projekcja staje się potokiem matematycznym, który płynie przez wszechświat, wszędzie taki sam – jedyny wszechobecnie

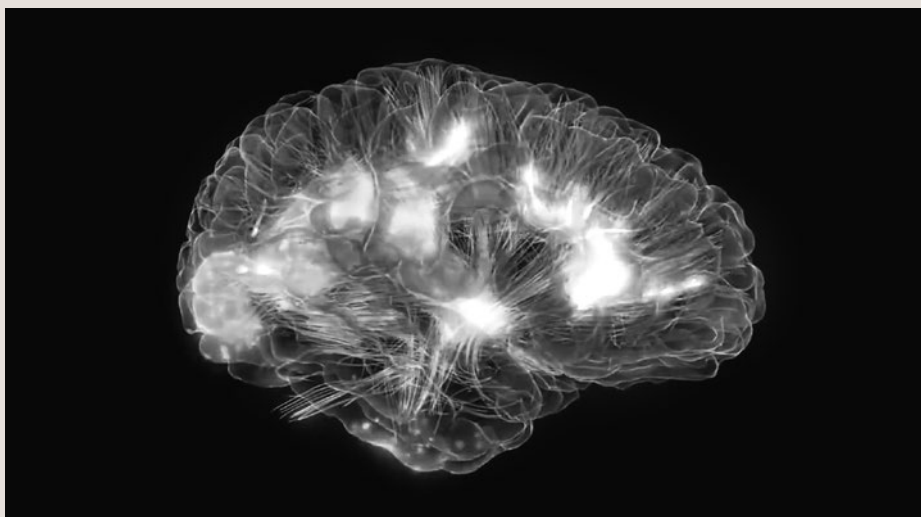
„Jeśli jest jakaś realna przestrzeń dla czasu, to daje się podzielić na chwile... jeśli przyjmiemy, że świat jest naszym wyobrażeniem, to również odczuwamy, że przeskakujemy w nieskończenie rozgałęziony sposób od jednej myśli do drugiej, umieszczonych w nieskończenie podzielny ciąg chwil...”

zsynchronizowany. Myśl o jedności przyrody obejmuje dzisiaj bardzo wyraźnie nierozdzielność podmiotu, czyli tego, co poznaje od tego, co jest poznawane i to głównie na gruncie teorii kwantowych fizyki. Jednak wciąż nie możemy zaprzeczyć tezie Schopenhauera, że „to co poznaje, nie może być samo, jako takie, poznane”.

Według św. Augustyna istnieje czynnik aprioryczny w procesie powstawania wiedzy i myśleniu. Myśli nie tylko powstają w procesie zmysłowych sprzężeń zwrotnych, czy iluzji postrzegania. Rodzą się również z samej istoty myślenia. Według J. Tischnera [5] takie, aprioryczne, myślenie jest immanentne ale wymagany jest pewien wysiłek, aby takie myśli przedostały się przez często grubą warstwę „szumu”. „Ja musi skupić się w sobie, wycofać ze świata, zatrzymać na własnym myśleniu, zapanować nad myśleniem. Gdy okaże się, że jest panem swych aktów myślenia, może powiedzieć 'cogito ergo sum'. Jeśli ktoś inny jest panem moich myśli, jestem stale narażony na błąd. Jestem wystawiony na obce działanie. Ale jeśli sam jestem ich panem, to – w zakresie, w jakim jestem panem – jestem wolny od iluzji”. Czy jesteśmy w stanie dotrzeć do natury tego apriorycznego składnika myśli? Czy możemy zrozumieć narząd myślenia? Jego odpowiedzialność w działaniu? W szczególności



↑ Rys. 2. Czas jako kontinuum rozgałęzień



↑ Rys. 3. Rozbitysk plazmy w neuronach - myśl

ludzkim działaniu? Czy jest to możliwe tylko na gruncie doktryn filozoficznych i religijnych, „złośliwego geniusza” Kartezjusza, „wewnętrznego nauczyciela” św. Augustyna, etc.? Czy w jedności i pełni przyrody? Wydaje się, że próby merytorycznej i ścisłej refleksji, niwelującej przepaść pomiędzy poznającym ja i tzw. obiektywnym światem, w pracach fizyków, potwierdzają niewyczerpaną głębię pitagorejskiej wizji. Rozkwitająca dziś nauka powstała na bazie tej wizji, głównie, w XVII wieku. W początkach tego wieku Galileusz, powołując się na Pitagorasa i Platona, formułuje tezę, że druga księga Boga to księga przyrody i że napisana jest w języku matematyki. Kto chce ją czytać, musi poznać ten język, czyli matematykę. Zadawane przez wieki pytanie co odkrywamy poprzez niezwykłą prostotę praw rządzących zjawiskami w przyrodzie. Co odkrywamy, pytał również Heisenberg, gdy jeśli dotrzeć aż do cząstek elementarnych, czy atomów, to właśnie podstawowe prawa są zadziwiająco proste. Chociaż nauka dzisiejsza nie umie na to pytanie odpowiedzieć [6], to nasuwa się naturalna odpowiedź, że ponownie odkrywamy Harmonię Pitagorasa. Galileusz wysuwa swoją tezę przeciwko opowiemu przyrodoznawstwu Arystotelesa – jakościowym rozważaniom „tego co widać”. Argumentuje za doświadczeniem, za doświadczeniem objaśnionym przez matematyczną konstrukcję. Nie jest za opisem tego co widać, ale za preparowaniem zjawisk, których normalnie nie widać po Arystotelesowsku i za obliczaniem tych zjawisk przy użyciu matematycznych teorii. Jeszcze bardziej, naukę matematyczno-empiryczną rozwija Kepler. Kepler

postuluje możliwość zmatematyzowania wszelkich zjawisk przyrodniczych, wierzył, że każde doświadczenie dopuszcza ściśle matematyczną analizę. Filozofia Keplera stara się uzasadnić empiryczny fakt sukcesu matematyki na gruncie rozumiejącego poznania przez odwołanie się do jedynej rzeczy, która w przekonaniu Keplera może to wyjaśnić, mianowicie do boskiego dzieła stworzenia w dwojakiej postaci, obu stron zwierciadła, stworzenia przyrody oraz stworzenia rozumiejącego tę przyrodę człowieka. To znaczy, że możemy zawierzyć w zupełności matematycznym prawom, które są warunkiem możliwości przeprowadzenia doświadczenia i one są u podstawy wszelkiego poznania również zjawiska myślenia, którego oddzielenie od jedni poznającego i poznawanego nie jest możliwe. Postaramy się teraz podać pewną konstrukcję matematyczną w której wiele obserwowanych zachowań w sferze neurologicznej myślenia ma ściśle odpowiedniki. Pojawianie się myśli odzwierciedlonej przepływami biologicznej plazmy w sieci neuronów można utożsamić z pewną rozmaitością w przestrzeni S wszystkich odwzorowań gładkich odcinka $\langle a, b \rangle$ (chwili czasu) lub okręgu S^1 (zamkniętego cyklu czasu) w przestrzeń fazową cząstek elementarnych plazmy (P, ω) , z formą energii

$$\omega = \sum dp_i \wedge dx_i,$$

$$S \ni s : I \rightarrow (P, \omega), \quad I = \langle a, b \rangle, S^1.$$

Przestrzeń S wyposażona jest w nową formę działania $\Omega : TS \times TS \rightarrow \mathbb{R}$:

$$\Omega(u, v) = \int_I \omega(u, v) \rho.$$

Przestrzeń dla myśli to nieskończenie wymiarowa przestrzeń odwzorowań gładkich odcinka z gęstością ρ przepływu chwilowej plazmy wyposażona w tzw. strukturę symplektyczną mierzącą pole działania energetycznego przepływów. Jedną chwilową myśl reprezentuje podrozmaitość $M \subset (S, \Omega)$ (tzw. podrozmaitość Lagrange'a) na której nie ma już działania:

$$\Omega|_M = 0.$$

Przestrzeń fazowa cząstek plazmy jest zbudowana nad przestrzenią konfiguracyjną obserwowanych przepływów $X, P = T^*X$ z naturalnym rzutowaniem $\pi : T^*X \rightarrow X$. Obserwowana struktura przepływów plazmy w mózgu – struktura myśli – jest opisywana projekcją Π_M zbioru punktów osobliwych $Sing \Pi_M$ na przestrzeń konfiguracyjną X . Zapisujemy ją w postaci

$$\Sigma M = \Pi_M(Sing \Pi_M).$$

Badanie struktury myśli w zaprezentowanym modelu to przechodzenie do aproksymacji skończenie wymiarowej zbioru ΣM . Uzyskujemy w ten sposób nieskończenie bogatą przestrzeń form topologicznych z osobliwościami, które realizują nasze myślenie na poziomie struktury sieci neuronowej mózgu. Zaprezentowany model został przedstawiony na "Dyspucie Pitagorejskiej" 20 marca 2018 r. pt. *Moc myślenia – racje, lek, kultura, myślenie logiczne i myślenie magiczne*.

LITERATURA

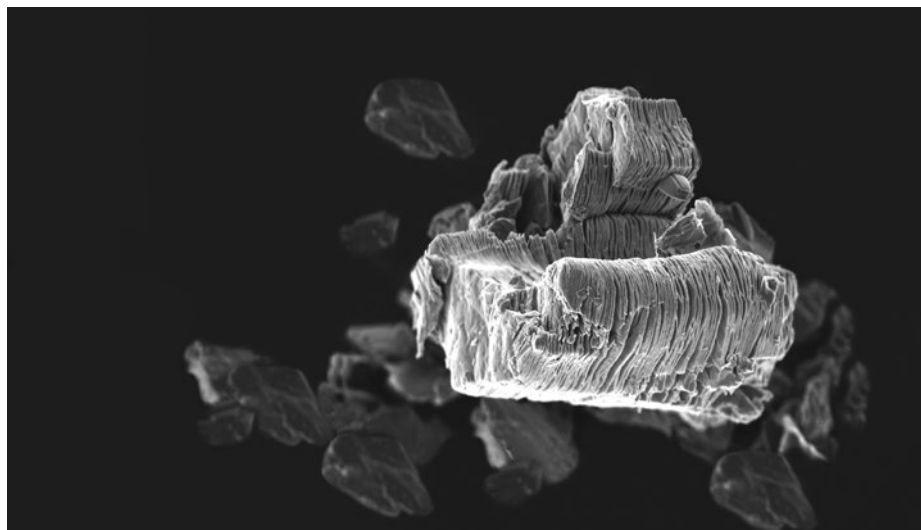
- [1] G.W. Leibnitz, *Nowe rozważania dotyczące rozumu ludzkiego*, Vol.1, II, 115, Warszawa 1955
- [2] A. Schopenhauer, *Świat jako wola i przedstawienie* PWN, 2009
- [3] S. Radhakrishnan, *Filozofia indyjska*, Vol. I, Warszawa 1959
- [4] R. Penrose, *Cycles of time*, 2010
- [5] J. Tischner, *Horyzonty myślenia a religia*, *Nauka-Religia-Dzieje*, Seminarium w Castel Gandolfo, 16-19 sierpnia 1980
- [6] C.F. Von Weizsacker, *Jedność przyrody*, PIW 1978

{ Profesor Stanisław Janeczko,
Dyrektor Centrum Studiów
Zaawansowanych Politechniki
Warszawskiej }

MXenes - a new family of 2D materials

Agnieszka Jastrzębska, Wydział Inżynierii Materiałowej PW

W dniu 10 września 2018 roku, Wydział Inżynierii Materiałowej wspólnie z Centrum Studiów Zaawansowanych Politechniki Warszawskiej zorganizował międzynarodowe seminarium pt. *MXenes - a new family of 2D materials*. Tematem przewodnim seminarium były materiały 2D z rodziny MXenes. Pierwsze doniesienia o tej grupie materiałów pojawiły się w 2011 roku. Nadano im nazwę „fazy MXenes”, choć są znane także jako karbidki i azotki lekkich metali przejściowych. Materiałem wyjściowym do otrzymywania faz MXenes są fazy MAX. Duża różnica w mocy wiązań M-X i M-A umożliwia rozerwanie tych ostatnich metodami chemicznymi, usunięcie metalu A w postaci soli i tym samym otrzymanie odseparowanych porami szczelinowymi ekspandowanych warstw 2D. Charakteryzuje je zapis $Mn+1Xn$, gdzie $n=1, 2, 3$. Fazy MXenes stanowią nową i dopiero wstępnie zbadaną grupę materiałów posiadających najprawdopodobniej właściwości pośrednie między metalami a materiałami ceramicznymi. Pomysł ich ekspandowania metodą selektywnej eliminacji jednego z pierwiastków po raz pierwszy pojawił się w wyniku realizacji prac badawczych grupy z Drexel University, USA, pod kierownictwem Profesorów Barsouma i Gogotsiego oraz Dr inż. Michaela Naguiba. Opracowali oni metodę otrzymywania ekspandowanych struktur warstwowych faz MXenes o różnej stechiometrii np. Ti_3C_2 , Ti_2C , Nb_2C , V_2C , Ti_3CN , Ta_4C_3 czy Nb_4C_3 . Należy zaznaczyć, że charakteryzujący je zapis stechiometryczny wynika jedynie z proporcji udziału atomów poszczególnych pierwiastków (tak jak w przypadku faz międzymetalicznych), a nie z faktycznej stechiometrii kryształu. Inne stechiometrie faz MXenes zostały przewidziane tylko na podstawie obliczeń teoretycznych, co nie znalazło jak dotąd potwierdzenia eksperymentalnego. Wiadomo jedynie, iż w teorii jest ich tyle, ile faz MAX, z których mogą powstać. Aktualnie istnieje bardzo duże zainteresowanie nowo opracowanymi strukturami ekspandowanymi faz MXenes. Od czasu odkrycia, fazy MXenes badane są pod kątem zastosowania



w wielu dziedzinach nauki i techniki. MXenes przyciągnęły zainteresowanie zarówno środowisk akademickich jak i przemysłu ze względu na ich ciekawe walory aplikacyjne. Dzięki temu przydatność tych materiałów w wielu obszarach technologicznych jest bardzo obiecująca. W ramach seminarium, zaproszony wykład wygłosił Dr Michael Naguib, Tulane University, USA pt. *MXenes - discovery, properties and applications*. Dr Naguib uzyskał tytuł doktora w 2014 roku na Uniwersytecie Drexela w USA. Podczas swoich studiów doktorskich Michael odkrył dużą rodzinę MXenes, która ma obiecujące zastosowania w zakresie magazynowania energii, w tym w akumulatorach litowo-jonowych i superkondensatorach. Praca Dr Naguiba została nagrodzona Drexel's Outstanding Promise Doctoral Award. W 2016 roku, Dr Naguib został wybrany jako jeden z tzw. „Drexel's 40 below 40”. Dr Naguib jest również mocno zaangażowany w pracę w Krajowym Laboratorium Oak Ridge i skupiającym badaczy z siedmiu partnerskich uniwersytetów, w tym Drexel University. Obecnie Michael pracuje w Tulane University, USA jako Assistant Professor w Department of Physics and Engineering Physics. W trakcie seminarium, przedstawiono także wyniki prac badawczych nad MXenes, realizowanych na Politechnice Warszawskiej w ramach czterech Wydziałów tj. Wydziału

Inżynierii Materiałowej, Wydziału Chemicznego, Wydziału Instalacji Budowlanych, Hydrotechniki i Inżynierii Środowiska oraz Wydziału Fizyki oraz trzech projektów w tematyce MXenes, realizowanych na Wydziale Inżynierii Materiałowej, finansowanych przez MNiSW oraz NCN. Dr inż. Agnieszka Jastrzębska (organizatorka seminarium) zaprezentowała wykład pt. *Biological properties of the MXenes*, Mgr inż. Aleksandra Szuplewska przedstawiła prezentację pt. *In vitro studies on cytotoxicity of the MXenes*. Kolejne prezentacje dotyczyły materiałów o osnowie ceramicznej (wykład Dr inż. Jarosława Woźniaka pt. *Ceramic composite materials with the addition of 2D MXenes*) oraz materiałów dla fotokatalizy (wykład Prof. dr hab. inż. Wandy Ziemkowskiej pt. *MXenes as photocatalysts*). Organizacja seminarium zaowocowała także rozszerzeniem kontaktów zagranicznych Politechniki Warszawskiej i nawiązaniem współpracy międzynarodowej z jednostkami naukowymi z USA tj. Drexel University, Oak Ridge National Laboratory, Tulane University oraz bezpośrednio z Dr Michaeliem Naguibem.

dr hab. inż. Agnieszka Jastrzębska

agnieszka.jastrzebska@pw.edu.pl
www.wim.pw.edu.pl

Magia nauki

Tłumaczenie fragmentu publikacji wybitnego matematyka francuskiego René Thoma z 1994 roku pt. „La magie contemporaine: l'échec du savoir modern”*

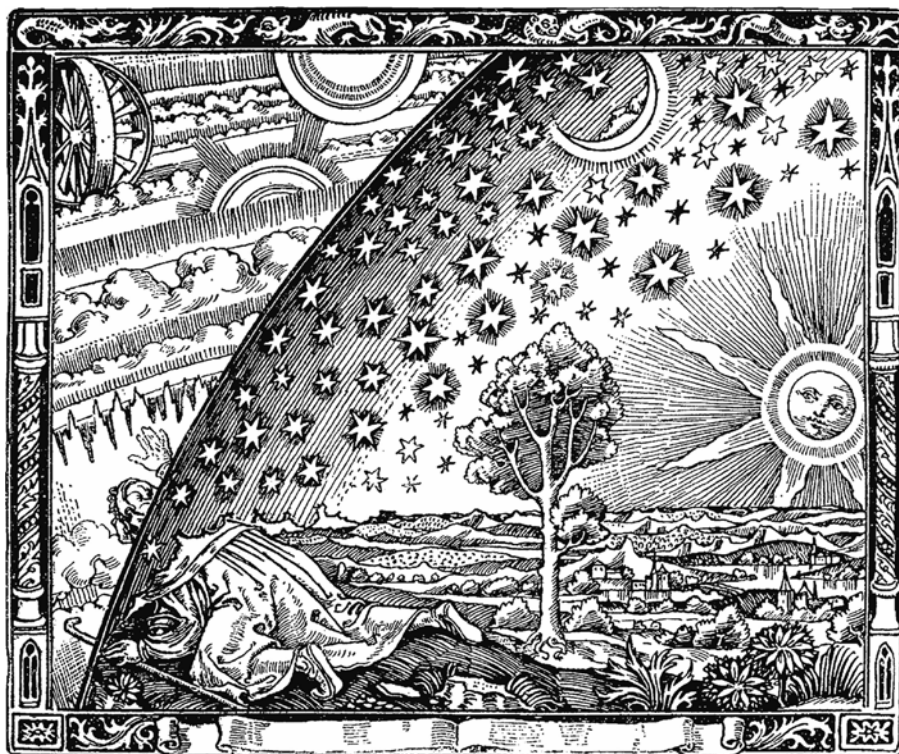
Wstęp

W XX wieku powszechnie znany jest spór pomiędzy epistemologami związany z dokładną definicją postępu naukowego. Ale to właśnie postęp techniki spektakularnie maskuje stagnację naszego globalnego zrozumienia świata. Chciałbym więc ponownie zaprosić moich czytelników do ćwiczenia sprawności intelektualnej. Chodzi o analizę wielu koncepcji naukowych często używanych, których precyzyjne znaczenie pozostawia wiele do życzenia. W rzeczywistości, pomimo wielu pozytywnych wniosków, ani naukowcy ani epistemolodzy nie mogą ustrzec się niejasności myśli i rozmycia terminologicznego. Dostęp do czystej ścisłości odbywa się prawie zawsze kosztem zrozumienia rzeczywistości.

Dzielni obrońcy nauki ścisłej i obiektywnej często mówią o magii, żeby opisać i ośmieszyć jednocześnie każdą wizję świata, która nie uznaje obiektów widzialnych za jedynie istniejące.

Jednakże, ci tenorzy myśli pozytywnej nie mogli nigdy wykazać, że elementy niewidzialne i ukryte nie są czynnikami, które stanowią część tych najbardziej strukturalnie działających. Czy można zresztą uniknąć mówienia o magii w nauce?

Naukowcy chcieli pozbawić świat wielości elementów tajemnych lub metafizycznych, które go przepelniały, ale to właśnie oni zaczęli po trochu zagęszczać świat. Wypełnili go całą masą elementów i struktur nieobserwowalnych i coraz trudniej wyobrażalnych, coraz mniej zrozumiałych, przede wszystkim cząsteczkami każdego rodzaju, żeby skończyć na przekonaniu, że mimo wszystko ich teoria była najbardziej wiarygodna z całej wiedzy. Świat, stając się coraz mniej opisywalny i niewypowiedziany, stał się tym samym bardziej tajemniczy i w konsekwencji bardziej metafizyczny niż był zawsze. Osiągnięcia techniczne nie wskazują z pewnością, że teorie naukowe są dobrymi reprezentacjami świata i że zapewniają, same przez się, jego dobrą znajomość. Jest oczywiście, dla każdego kto się zastanawia poważnie, że wiedza naukowa świata jest jednym z wielu innych wierzeń.



Un missionnaire du Moyen Âge raconte qu'il avait trouvé le point où le ciel et la Terre se touchent...

↑ Metaforyczna ilustracja przedstawiająca średniowiecznego misjonarza, który twierdzi, że odnalazł punkt, w którym niebo styka się z Ziemią...

źródło: Camille Flammarion, *L'Atmosphère: Météorologie Populaire* (Paris, 1888)

Krótko mówiąc, to co jest najbardziej pożądane w przypadku fizyki i ogólnie nauki, to ich wkład w poznawanie świata.

Jeśli nauka postawiła sobie za zadanie przesunąć granice rozumienia (jak sztuka czy filozofia), droga do pokonania jest jednak jeszcze długa. W czasach Galileusza, na początku XVII wieku, idee dynamizmu sformułowane przez naukowca wygrały z fizyką arystotelesowską. Podczas tego procesu, porzucano problematykę początku i końca rzeczy na korzyść samych praw ruchu. Dynamika Galileusza nie wносиła żadnego elementu odpowiedzi na problem zmian jakościowych. Ogłoszono *a priori*, jak w atomizmie, że wartości drugorzędne jak ciepło i gęstość mogą być zredukowane tylko do ruchu cząsteczek tworzących, bez możliwości udowodnienia tego. Tak samo próbuje się współcześnie zredukować fenomen myśli ludzkiej do prostej gry neuronów lub do zachowania podobnego do działania komputerów. Czy nie dąży się w nauce

do narzucenia pewnej jedności temu, co jest jednak różnorodne empirycznie?

Zawsze istnieje coś zawoalowanego, ukrytego dla różnorodnych dyscyplin naukowych, pewien typ ontologii i jakiegoś marzenia magicznego i absolutnego, tego co prowadzi do ustanowienia wiedzy podlegającej prawom uniwersalnym i przede wszystkim wiecznym. Tylko że samo eksperymentowanie nie daje możliwości odkrycia przyczyny lub przyczyn jakiegoś zjawiska. W każdym przypadku, należy poszerzyć rzeczywistość o wyobrażnię i poczuć następnie to odbicie wyobrażni, które uzupełnia rzeczywistość. Ten skok w wyobrażnię jest operacją „mentalną”, „Gedankensexperiment”¹ i żadne urządzenie nie może go zastąpić. To co skutkuje jedynie metodą eksperymentalną – można by długo o tym dyskutować – nie przysporzy nowych i płodnych idei tym, którzy ich nie mają. Nauka stwarza sama swoje „organogenezy”, jak

1 Eksperyment myślowy (przyp. tłum.)

„Nie można mieć zatem tego samego zaufania do algorytmów, które pozwalają na odpowiedzi w zakresie zachowania się zwykłej materii, jak do wielkich praw fundamentalnych.”

zobaczymy dalej w niniejszym artykule. Bez wątpienia, ideał metodologiczny w nauce przebiega przez eliminację koncepcji, należy użyć w każdym rodzaju nauki program Hilberta, czyli wyeliminować intuicję - sens - aby go zastąpić kombinacją form pozbawionych sensu. Oczywiście, program ten, który jest nie do zastosowania w czystej matematyce, jest do zastosowania *a fortiori* w dyscyplinach stosowanych. Nie należy zapominać, że wymóg formalizacji skazuje nas ostatecznie na jałowość: albo dlatego, że teoria nie może przewidywać wszystkich danych empirycznych albo przeciwnie, ponieważ zdolność generacyjna systemu przekracza dane empiryczne. Jednakże, należy mimo wszystko unikać popadania w uogólnioną paplaninę, opracowując pieczołowicie wnioski z pewnością wielkie, niemniej złożone z koncepcji ulotnych o znaczeniu zmiennym, jak to odnajdujemy często w biologii. Moje dalsze rozważania odnoszą się zresztą głównie do tej dyscypliny.

Część pierwsza

Genotyp - Fenotyp

Należy zatem zdać sobie sprawę z braku naukowego opisu świata. W ten sposób, w kwestii „ożywionego”, nawet

jeśli materia ożywiona podlega prawom fizykochemicznym, te same prawa nie potrafią dostarczyć opisu predyktynego lokalnego zachowania materii organicznej. Ta niemożność wynika z jednego fundamentalnego powodu: prawa fizyczne są związane z symetriami przestrzeni (lub czasoprzestrzeni), podczas kiedy materia, poprzez nieciągłość jakościową, jaką wprowadza do świata zauważalnego, łamie w sposób permanentny te symetrie, i to złamanie nie jest określone przez prawa symetrii.

W poprzednim artykule, pochyliliem się już nad przypadkiem Monod². W rzeczywistości, po odkryciu replikacji cząsteczki DNA, Monod uczynił z niej podstawę wyjaśniającą stabilność organizmów żywych i ich reprodukcji. Potwierdzał więc, że transformacja DNA w cały organizm jest procesem pochodnym praw fizykochemicznych. Tymczasem, ten proces transformacji - także obecnie - jest niemożliwy do opisanie w precyzyjnych terminach. Odnajdujemy tutaj trochę mitologii z odrobiną magii. Rzeczywiście, jak nie reagować w ten sposób, skoro wiemy że stabilność materii, w zwykłych warunkach ziemskich, pozostaje enigmatyczna?

Przed zaprezentowaniem zatem pewnego opisu form, wydaje mi się ważne ponownie, aby podsumować całość mojej argumentacji przeciwko prezentowanemu opisowi organizmów żywych.

Przede wszystkim, niezmiennosc liczby hadronów rozwiązała przynajmniej aksjomatycznie problem niezmienności materii „ciężkiej”, ale nic nie mówi o jej ruchu. Ponadto, wynik Dysona-Lennarda mówi, że dla wszystkich fermionów, oscylacje energii każdej cząstki są ograniczone, wynik który zapobiega, aby jakkolwiek katastrofa energetyczna mogła się wydarzyć. Taki rezultat (zauważmy) nie wystarczy jednak do zagwarantowania stabilności przestrzennej układu. Ostatecznie, w ogólnym przypadku (materia z bozonami i cząstkami ze spinem), nic nie jest wiadome z tego punktu widzenia. Od tego czasu, jedynie hipoteza *ad hoc* izolacji kwarków tłumaczy stabilność jąder niezbyt ciężkich. Ale nawet akceptując to jako fakt empirycznie ustalony, pozostałby cały problem stabilności układów molekularnych. Wspaniałe konstrukcje teoretyczne mechaniki statystycznej nie wyjaśniają organizacji ogólnej materii ożywionej, i materii po prostu.

W kwestii stanu stałego, niewiele osób wie, że nie istnieje obecnie żaden

dowód na stabilność stanu krystalicznego: dla potencjału dwóch ciał „ciała stałe” (które tworzą pole przyciągania), zbiegającego do zera w nieskończoność, wiadomo że jest równowaga, która realizuje krystaliczną sieć kubiczną, ale nie można ustalić stabilności tych ciał. Nie można mieć zatem tego samego zaufania do algorytmów, które pozwalają na odpowiedzi w zakresie zachowania się zwykłej materii, jak do wielkich praw fundamentalnych.

Chemia również nic nie wyjaśnia: wydaje się, że w chemii wszystko wychodzi z równania Schrödingera. Jednak, kiedy weźmiemy dwa sąsiednie atomy, odseparowane odległością d , istnieje odległość optymalna B , wobec której pojęcie wiązania chemicznego dobrze oddaje istotę zjawiska (sprężenie relatywnie sztywne atomów) oraz odległość zdecydowanie większa (D), gdzie dominują siły przyciągania zwane Van der Waals, które wynikają mniej więcej z potencjału „fenomenologicznego”. A w odległościach pośrednich $B < d < D$, gdzie dominują efekty spin-orbita, nie wiemy praktycznie nic. Oczekiwanie zatem na wytłumaczenie myśli ludzkiej na podstawie reakcji fizykochemicznych pomiędzy neuronami i synapsami jawi się czymś niesłychanym. Znowu magia...

Opisy chemii w odniesieniu do syntezy dużych cząsteczek lub ich rozpadu, są najwidoczniej niezadowolające. Rozpoczęcie zatem od genomu w celu zbudowania całości organizmu i jego czasowej ewolucji odnosi się do sfery wiary. Relacja między genotypem a fenotypem jest czystą czarną skrzynką, której połączeń znamy jedynie kilka, wszystkie w kierunku genotyp \rightarrow fenotyp, dlatego że wszystkie, które idą w kierunku odwrotnym naruszały dogmatyzm anty Lamarckowski³, który króluje obecnie. Nawet dzisiaj, nie znamy wcale uwarunkowania (prawdopodobnie molekularnego) determinującego płęć embrionu. Przypomnijmy, że istnieją mężczyźni z chromosomami XX.

Uwarunkowanie form

Rezultaty zastosowane do morfogenezy powinny znaczyć tyle: DNA nie jest wyłącznym źródłem informacji na temat człowieka. Geny z pewnością zawierają plan swojej własnej struktury i białek, ale nie mają całości informacji morfogenetycznej. To oznacza, że genom nie stanowi przemiany metabolicznej

2 Jacques Monod (1910-1976) - francuski biolog, biochemik, genetyk i lekarz, laureat nagrody Nobla (przyp. tłum.)

3 Jean-Baptiste de Lamarck (1744 -1829) - francuski przyrodnik, będący kolejno, żołnierzem, lekarzem, botanikiem, zoologiem, twórcą wczesnej teorii ewolucji zwanej lamarckizmem (przyp. tłum.)



René Thom

↑ Renato Betti, *René Thom - The Conflict and Genesis of Forms*, *Mathematical Lives* (2011)

„Istnieje
pewna aura
struktury,
która obejmuje
każdą formę”

materii. Jest tylko jego częścią stałą. Jest zatem rezultatem metabolizmu, a nie odwrotnie. Formy są strukturami dynamicznymi związanymi z niezmiennikami. Oczywiście geny uczestniczą w morfogenezie globalnej: są jednak stabilizowane przez samą morfogenezę. Stanowi to relację łączącą między dynamizmem (charakter zmienny) i formą. Geny są koniecznością użyteczną pod wieloma względami dla konstrukcji obiektów statycznych. Nie byłyby w stanie zdeterminować całkowicie ewolucji struktur ożywionych.

Mamy pojęcie „brzegu”, jako przykład, gdzie z punktu widzenia formalnego, część determinuje całość. Definicja (*orismos*) jest w tej materii zrozumiała, brzeg (*oros*) determinuje całą figurę. Ta dynamiczna wizja formy mogłaby budzić obiekcje u tych, którzy wyznają wizję platońską form, obiektów czysto statycznych, a jednak zdolnych do tworzenia nowych form poprzez kombinatorykę formalną.

Wraz z teorią katastrof, wchodzi w grę zasada stabilności jeszcze bardziej abstrakcyjna; próbuje się zinterpretować obserwowaną formę jako wynikającą z konfliktu pomiędzy dynamizmami lokalnymi, które wzajemnie oddziałują w przestrzeni fazowej. Wracając do naszego zestawienia między formami a niezmiennikami, powiedzmy że – analogicznie do matematyki – pewna dynamika jest przestrzenią i zastosowaniem tej przestrzeni w niej samej (M w M). Istnieją więc punkty stałe, które są niezmiennikami.

Podsumowując, podstawową ideą – przeczuwaną przez artystów – jest przekonanie, że istnieje coś takiego

związanego z każdą formą, jak zbiór mechanizmów, które ona generuje.

(Pozwolę sobie tutaj na dygresję odnośnie sztuki. Można by powiedzieć, w rzeczywistości, że dla człowieka sztuka polega na reprezentacji sił poprzez formę, na wyrażaniu rozprzestrzeniania się *prégnances*⁴ (subiektywnych lub obiektywnych) poprzez ich wpływ na formy wypukłe szczególnie wyraziste. W tym sensie, z pewnością, w odkryciu swoich dynamik głęboko pierwotnych, sztuka jest instrumentem wiedzy. Sztuka jest symulacją przestrzenną, a wiedza, poprzez ten fakt, zasadniczo symulacją wewnętrzną świata zewnętrznego. Człowiek pozbywa się fascynacji rzeczami, ujmując je w koncepcje, nadając im nazwy, przedstawiając za pomocą materialnych form plastycznych przenikanie się *prégnance*. Nauce nie pozostało nic innego jak kontynuowanie badania zjawisk; następuje jej progres – z pewnością – poprzez akumulację faktów, ale w sferze idei jej poczynania przypominają bardziej syzyfowe prace. Sztuka, sama w sobie nie czyni postępów, jedynie manifestuje na powierzchni świata – nieustannie – chęć człowieczeństwa.)

Istnieje pewna aura struktury, która obejmuje każdą formę. Asocjacje pomiędzy formami są zgodne z ich aurą dynamiczną, ponieważ chodzi o strukturę w ruchu, której podstawa nie jest znana. Gen uczestniczy więc w strukturze dynamicznej bardziej globalnej. Stąd bierze się kierunek relacji pomiędzy genami a formami. Zauważmy również, że nie ma żadnego powodu, aby myśleć że siła ma w założeniu status ontologiczny głębszy niż ten odnoszący się do formy. Oczywiście, obecna nauka zawsze usiłowała zdefiniować świat fizyczny, począwszy od obserwacji form; ale mechanika kwantowa rozwiązała problem w sposób drakoński, ujmując formę i siłę w dwóch jednostkach: częstotkach i polu, a to wszystko na niekorzyść globalnej przejrzystości teorii.

Współczesna biologia jest z pewnością w kryzysie (prawdopodobnie zresztą każda inna wiedza również), ponieważ jest zbudowana na sofizmie, który ją rujnuje doszczętnie. Stąd pojawił się pomysł, aby przedstawić, w 1973 r. dla czasopisma *l'Organon*⁵ tezę, według której zasada DNA = dziedziczność jest

⁴ Pojęcie trudno definiowalne w języku polskim, ze względu na brak odniesienia, pozostawiane w tłumaczeniach w pisowni oryginalnej (przyp. tłum.)

⁵ ORGANON - recenzowane czasopismo (od 1936 r.) publikujące artykuły poświęcone wszelkim aspektom filozofii i historii nauk humanistycznych i społecznych w języku angielskim, francuskim, niemieckim, włoskim, hiszpańskim i czasami po łacinie (przyp. tłum.)

„Moja podstawowa wiara tkwi w charakterze ciągłym wszechświata i zjawisk oraz substratu bazowego zjawisk... kwintesencja teorii katastrof polega na sprowadzeniu widocznych nieciągłości do wykazania ich ukrytej ewolucji”

dogmatem podstawowym dzisiejszej biologii. Nauka biologiczna nie może zatem uniknąć brnięcia w słownictwo ezoteryczne, które się następnie całkowicie odnalazło w darwinizmie. Tutaj, naprawdę, nie można uniknąć pojęcia „magii”. Pomyśleć, że chciano pozbyć się idei Boga, żeby wytłumaczyć pochodzenie gatunków. Zostawmy to...

Część druga

Neurony i myśl

Jeśli brzeg jakiejś chmury jest katastrofą, nieciągłością, nie zawsze jest to oczywiste, ponieważ jest czasem bardzo trudno oddzielić wyraźnie pewne rzeczy. Jak odróżnić brzeg chmury od otaczającej mgły? Nie ma tutaj, w rzeczywistości, wyraźnego odróżnienia chmury od mgły. Istnieje zatem bardzo duża pokusa, aby wszystko upraszczać. Czy można odnieść podobną analogię do neuronów i myśli? To co nazywa się zazwyczaj formą, jest zawsze, w ostatecznej analizie, nieciągłością jakościową o pewnym podłożu ciągłym. Tymczasem, czy można rzeczywiście wytłumaczyć Myśl po prostu za pomocą kombinacji neuronów/synaps? Naukowa teoria redukcjonistyczna wskaże: rozbijmy ściany tej skrzynki, żeby zobaczyć co jest w środku. Kiedy będzie wiadomo dokładnie, co się tam znajduje, będziemy mogli wyjaśnić jak to działa. Teoretycy systemów powiedzą: nie! Nie możemy rozbić skrzynki, zwłaszcza u istoty żyjącej. Zresztą, czy istnieje dużo przykładów gdzie możemy rzeczywiście rozbić skrzynkę? Współczesna pokusa polega zawsze na redukcji systemu do jego elementów, i na sprawdzeniu czy da się zamodelować dynamikę systemu na podstawie dekompozycji na

te elementy uważane za proste (pomyślemy o, prawie nieskończonym, zasobie cząsteczek w mikrofizyce).

Tymczasem, ta metoda sama w sobie jest niewykonalna. Zatrzymując się na atomach, otrzymujemy szybko spore liczby, od 10^{22} lub 10^{23} . Niemożliwym zatem jest ich modelowanie jeden po drugim. Klasyczne podejście dynamiczne ponosi tutaj sromotną porażkę. Dynamika kwantowa podobnie: istotnie, mimo że statystyczna, dotyczy zjawisk w skali odnoszącej się do bardzo małych osobliwości, której nie może w rzeczywistości pominąć.

Znajdujemy się zatem wobec dużego przejawu współczesnej magii naukowej: nauka potwierdza, że prawie każdy typ zjawiska jest zarządzany przez jednoznaczne prawa ilościowe. Oczywiście jest to nie do udowodnienia i, jak już widzieliśmy, nie do zrealizowania. Cała seria zjawisk jest wynikiem tak wielkiej liczby przenikających się przyczyn, że trudnym jest znalezienie jakiegoś precyzyjnego modelu, który pozwoliłby na przewidywanie. Używa się oczywiście prawdopodobieństwa, ale tylko aby wskazać szacunkowy zakres.

Tak naprawdę nie jestem materialistą. Przynajmniej tak sądzę. Postrzegam materię w sposób arystotelesowski: rodzaj ciągłości, która może przybierać formy. Według mnie, każda własność może być precyzyjnie widziana w pewnej mierze jako forma przestrzenna – forma rozciągnięta w abstrakcyjnej przestrzeni. Materia pierwotna jest rodzajem idealizacji, która bardzo szybko nabywa własności, form. Materia, która poprzedza wszystko, w pewnym sensie. Jestem topologiem uniwersalnym. Ciągłość postrzegam w sposób

metafizyczny. Jest rodzaj absolutnej jedności pomiędzy pojęciem przestrzeni a *materia prima* (pramateria).

Kiedy poszukujemy naprawdę istoty rzeczywistości, prowadzi to do poszukiwania praktycznie bez rezultatu. Chodzimy od wątpliwości do wątpliwości. Zagadnienie rzeczywistości zewnętrznej jest zaganianiem bardzo delikatnym. Wiedzieć czy istota natury jest ciągła, czy nieciągła jest problemem metafizycznym, na który nie mamy odpowiedzi.

Moja podstawowa wiara tkwi w charakterze ciągłym wszechświata i zjawisk oraz substratu bazowego zjawisk.

W ogóle, kwintesencja teorii katastrof polega na sprowadzeniu widocznych nieciągłości do wykazania ich ukrytej ewolucji. Tę ewolucję obiektu ciągłego nazywamy w matematyce czołem fali, to znaczy powierzchnię zmienną w czasie, która może się zginać, chwytać różne zdarzenia, podlegać pewnej ilości zmian etc. Niemniej potwierdzanie ciągłości nie niweluje możliwości pewnej nieciągłości działającej na ciągłości. Sprzeciwiam się rodzajowi współczesnej ideologii, która wzięła się głównie z informatyki, a która polega na mówieniu, że wszystko przejawia się w bitach. Wychodzi na to, że wszystko w naturze ogranicza się do bitów. Przykład telewizji jest szczególnie znaczący pod tym względem.

Rzeczywiście, oglądając telewizję, ma się wrażenie, że rzeczy są ciągłe. Ale kiedy wiemy jak to działa, odkrywamy, że chodzi o liczbę nieskończoną jednostek świetlnych na ekranie, które można uznać za punkty: ta siatka punktów jest ogarniana przez reflektor, który sukcesywnie oświetla te punkty. Jeśli rozprzestrzeni się na świecie przekonanie, że wszystko jest wiadome jak na ekranie telewizora, dochodzi się do stwierdzenia, że ostatecznie, tam gdzie widać ciągłość, w rzeczywistości jest dyskretność, cząstki dyscretne, to wszystko. Że nasza własna świadomość redukuje się do tego schematu, i tak dalej w ten sposób.

Jednakże, mój punkt widzenia miał właśnie na celu wykazanie, że jesteśmy skonstruowani do dostrzegania nieciągłości. Charakter dyskretny pewnej transformacji jest uproszczeniem dokonany przez nasz aparat percepcyjny. W istocie możemy obserwować jedynie nieciągłości. Tylko one są znaczące. Powracamy tutaj do pojęć *saillances* i *prégnances*⁶. Dla zwierzęcia, rozpo-

⁶ Pojęcia trudno definiowalne w języku polskim w kontekście prac R. Toma, ze względu na brak odniesienia, pozostawiane w tłumaczeniach w pisowni oryginalnej (przyp. tłum.)

znanie zdobywcy jest najważniejsze, niezbędne do życia, trzeba ją rozpoznać i zlokalizować.

Mózg, interpretując, będzie dzielił na części. To on powoduje dyskretyzację, ale nie wszystkiego np. przestrzeni nie dyskretyzuje. Mamy wobec niej intuicję ciągłą. Czas, podobnie, jawi się nam jako ciągły.

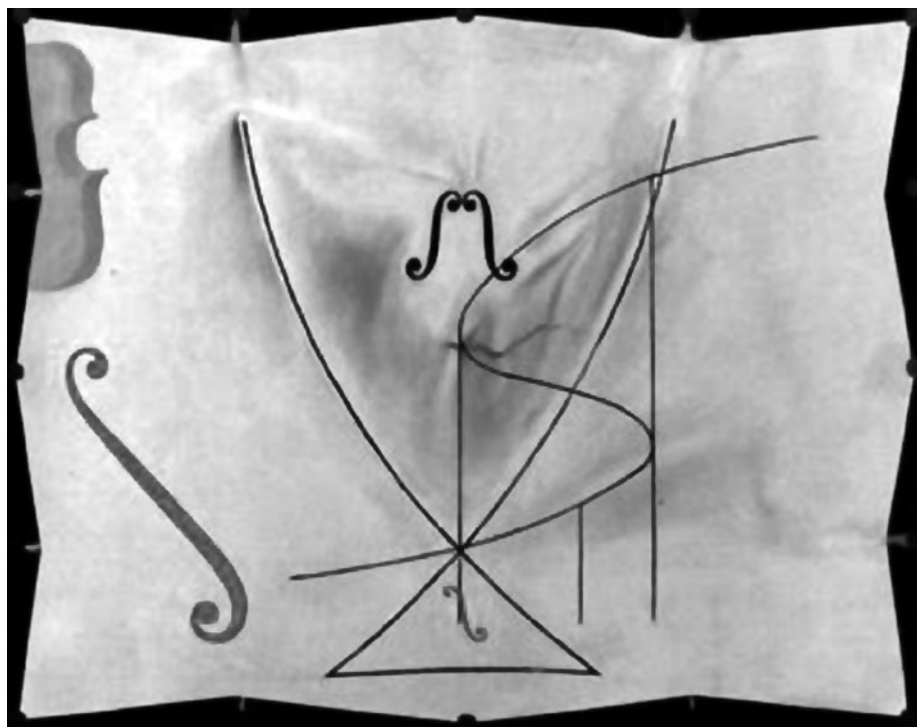
W przypadku mowy, mózg będzie dyskretyzował. W mowie, będącej kombinatoryką dyskretną fonemów, ważnym jest aby nie brać jednego fonemu za drugi. Mówienie wyznacza więc granicę. W ten sposób, w wielu sytuacjach dyskretyzujemy, a czasami, wręcz przeciwnie, zachowujemy ciągłość.

Wielu odpowie (używając przykładu jakiegoś klasycznego filmu w kinie), że intuicja ciągłości jest fałszywa. Rzeczywiście, film zawiera skończoną liczbę obrazów, jednakże mamy wrażenie ciągłości. Ciągłość byłaby zatem iluzją. Ale takie rozumowanie nie ma sensu. W końcu iluzja sama w sobie istnieje. Ma status ontologiczny jako iluzja. W jaki sposób ciągłość mogłaby się stworzyć wewnątrz, jeśli by nie istniała na zewnątrz?

Bardziej fundamentalnie, fascynacja współczesnej nauki dyskretyzacją jest natury instrumentalnej. Kiedy informatycy chcą namierzyć jakąś powierzchnię zewnętrzną, dzielą ją na piksele: robi się diagram małych kwadratów, każdy otrzymuje sygnał „tak” lub „nie”. Ostatecznie, forma się redukuje do nagromadzenia kwadratów. To jest oczywiście sposób bardzo prymitywny przedstawiania form.

Zatem, jeśli myślimy, że mamy 100 miliardów neuronów w głowie - każdy neuron mający liczbę skończoną stanów - jak wyobrazić sobie nieskończoność z taką maszyną? Odpowiedź jest prosta: jesteśmy czymś więcej niż skończoną liczbą neuronów. Ciągłość istnieje również w mózgu.

Jeśli rozumiemy jak zwykły neurobiolog, powiemy że neuron ma tylko dwa stany, stan pobudzenia i stan spoczynkowy, i robiąc to nie pójdziemy za daleko. Ponieważ uznawać, że neuron ma tylko dwa stany jest niezwykle uproszczeniem (zresztą jak dziwny może być związek pomiędzy neuronem a myślą tego neuronu?). Neuron musi być obiektem skomplikowanym, gdzie przestrzeń reprezentatywna stanów ma z pewnością obszerny rozmiar. Każdy neuron jest, rzeczywiście, złożony z niewiarygodnej ilości cząstek. Kiedy cząstka jest w stanie niewielkiego drżenia, należy wziąć pod uwagę parametry



↑ *La queue d'aronde - Série des catastrophes / Ogon jaskółki - seria katastrof* (1983)
Salvador Dali, obraz z serii opartej na matematycznej teorii katastrof René Thoma
źródło: www.dali-gallery.com, Fair use, <https://en.wikipedia.org/w/index.php?curid=1864920>

„Magia naukowa wiąże się z ideą pewnej prostoty natury oraz istot ludzkich”

pozycji tej cząstki. Otrzymuje się wtedy, natychmiast, wymiar nie do objęcia.

I jeśli przyjmiemy, że przestrzeń w której wibruje cząstka jest ciągła, otrzymujemy parametry ciągłe.

Zresztą, liczba neuronów nie odpowiada zawsze złożoności procesu myślowego. Przykład apylyzji? jest bardzo znaczący pod tym względem. To zwierzę ma tylko 6 lub 7 neuronów. Tymczasem, zachowuje się w sposób bardzo skomplikowany, w sposób zbliżony do istot powiedzmy wyższego rzędu.

Nie jest łatwym problemem do rozwiązania zagadnienie, czy przestrzeń stanów neuronu ma wymiar skończony (ale z liczbami ekstremalnie dużymi

zbliżonymi do nieskończoności), czy nieskończony. Ponieważ przestrzenie o wymiarach nieskończonych są nieprzyjemne do posługiwania się nimi (poza oczywiście przestrzenią Fouriera lub Hilberta), ludzie wolą stawiać hipotezę, według której system ma tylko skończoną lub bardzo małą liczbę stanów; gdyż jeśli liczba jest zbyt wielka, nie można pracować. Technologia zatem - myśl techniczna - redukuje rzeczywistość. Stąd też myślenie algorytmiczne.

Magia naukowa wiąże się z ideą pewnej prostoty natury oraz istot ludzkich. Biologia chce na przykład poddać materię żywą prawom materii nieożywionej. Dogmat redukcjonistyczny chce zawęzić życie do maszynierii i chemii. Niemniej to tak, jakby zadawać gwałt najprostszej pierwotnej intuicji. Dylemat leżący u podstaw każdej dyscypliny jest zawsze problemem metafizycznym. Gdzie znajduje się granica pomiędzy jakościowym a ilościowym? Doszliśmy do wykazania, że bezsprzeczność arytmetyki jest możliwa do udowodnienia. Czy jest zatem możliwe, aby sądzić że część rzeczywistości, którą chcemy dobrze opisać poprzez prawa obliczalne jest bezgranicznie duża?

Jest coś takiego jak granica między jakościowym a ilościowym. I nawet jeśli to rozróżnienie jest bardzo delikatne, ciągłość jest substratem uniwersalnym

myśli, a szczególnie myśli matematycznej. Ale to prawda, że nie można myśleć w sposób efektywny bez posiadania czegoś dyskretnego. Są słowa, są zdania, i to odnosi się do ilości. Dla mnie, dylemat fundamentalny matematyki stanowi opozycja dykretny-ciągły. Ten dylemat dominuje zresztą nad całym myśleniem. Neurofizjolodzy mogliby potwierdzić, że czujniki sensoryczne funkcjonują w sposób nieciągły, ale ogarniając co najmniej radykalnie ten punkt widzenia, moje postrzeganie rzeczy odbywa się w sposób ciągły. Moja intuicja, ta początkowa, odnosi się do zdrowego rozsądku. Owy koncept jest warty tyle, co ten który bazuje na pewnym redukcjonizmie. Jako matematyk, rozumiem łatwiej ideę tworzenia dyskretnego na bazie ciągłości niż ciągłości na podstawie dyskretnego. Nawet matematyka kwantowa, która nam mówi o małym minimalnym kwancie – jednocześnie kwancie energii i kwancie przestrzeni – jako wszechświata nieciągłego, nawet ona nie może się powstrzymać od zauważenia, że efekt kwantowy (przejście kwantowe, elektron atomu przeskakuje z jednego poziomu na drugi) dotyka teoretycznie każdej przestrzeni, nie tylko przestrzeni lokalnej, ale całego systemu planetarnego, aż do najdalszych galaktyk. Wszystko to jest sprzeczne i niezrozumiałe. Kwant jest z pewnością koncepcją operacyjną, ale niejasną. Jeśli o mnie chodzi, jestem przekonany, że istnieje dynamika ciągła, międzycząstkowa, ukryta pod mechaniką kwantową.

Ciężki argument

Materialista mógłby powiedzieć: jeśli zaatakuję cię pałką i walnę cię w głowę, nie będziesz więcej myślał. Oczywiście przymus materialny miał wpływ na pojawienie się myśli, tak jak geny grają pewną rolę w morfogenezie. Ale dla kogoś, komu zależy na formach jak mnie, mogę zinterpretować argument z pałką w następujący sposób: jeśli pałką spowoduje, że przestanę myśleć, to dlatego że zniszczy formę mojego mózgu, a ta forma jest konieczna, w pewnym sensie, do realizacji duchowych jakimi są idee. Nie jest najważniejszym uznanie, że myśl poprzedzała materię. Nie jest to konieczne, ponieważ materia jest obiektem trudnym do zdefiniowania. Począwszy od tekstury materialnej po cząsteczki, wszystko pławi się w rodzaju grubej mgły. Jeśli pierwszeństwo jest przyznane materializmowi lub naukowemu sposobowi postrzegania rzeczy, kończy się niewątpliwie na tej mglistej żelatynie. Rzeczywistość naukowa nie

jest bardziej istotna od rzeczywistości naturalnej. Zresztą rzeczywistość naukowa jest zawsze skonstruowana i jej byt jest wart tyle, ile są warte konstrukcje naukowe: rzeczy możliwe do zrewidowania i czasowe. Mógłbym nawet przyznać, że rzeczywistość naturalna

„To magiczne wierzyć, że biurko znajdujące się przede mną składa się rzeczywiście z atomów połączonych związkami i pustką. Magicznym jest również wierzyć, że wartość doświadczenia prowadzi wprost lub nie wprost do postępu...”

jest ontologicznie pierwotna w stosunku do rzeczywistości naukowej. Praca naukowa prowadzi prosto do pewnego oddalenia od świata takiego, jakim go postrzegamy natychmiastowo. Język potoczny jest doskonałym sposobem na

opisywanie i tłumaczenie rzeczy. Filozof Austin⁸ może nas dużo nauczyć na ten temat. To magiczne wierzyć, że biurko znajdujące się przede mną składa się rzeczywiście z atomów połączonych związkami i pustką. Magicznym jest również wierzyć, że wartość doświadczenia prowadzi wprost lub nie wprost do postępu.

Wydaje nam się, że rozumiemy istotę rzeczy, ale nie udaje nam się jej uchwycić. Nawet pojęcie związku chemicznego pozostaje niejasne, jak można było zauważyć. Próby tłumaczenia życia i myśli poprzez chemię, przypominają objaśnienia *obscurum per obscurius*. Co najwyżej dysponujemy pewną liczbą formalizacji, które tłumaczą przyczyny rzeczy. Nawet to powoduje mnóstwo pytań i trudności. Nie będziemy przecież wracać do wielkiego wybuchu i koncentracji plazmy w gluony, w hadrony etc. Jesteśmy zagłębieni w tym przypadku we współczesnej mitologii, w całkowitej magii: tej Hawkinga, Reevesa etc. Jeśli ośmielimy się odrzucić rzeczywistość naturalną, w imię czego miałbym wierzyć w rzeczywistość szczególną i tą od neuronów, synaps lub genów?

A zatem, prawdą jest że nasz mózg jest zdolny pomieścić wiele struktur platońskich. Jest to możliwe właśnie ze względu na istnienie form w tej magmie neuronów, synaps i innych „elementów”. Jest również prawdą, że myśli platońskie znikają w momencie kiedy forma znika. To tylko dowodzi, że te byty mają czasem potrzebę pewnej partycypacji w strukturze innej natury, ale struktury ukształtowanej, wyposażonej w formę, *materia signata*, jak mówił Arystoteles.

W naszych czasach, poza stroną magiczną każdego objaśnienia naukowego – jeśli w ogóle jest – nauka stała się gigantyczną całością gotowych rozwiązań, które działają. Tymczasem, ta pragmatyczna teoria nauki prowadzi nas do sytuacji szczura w klatce. Nie jesteśmy w rzeczywistości w sytuacji intelektualnie wyższej od szczura, który wie, że jeśli naciśnie na dźwignię, jedzenie spadnie do jego miski. Proszę bardzo gdzie się znajdujemy. Nikt nie mówi o rezultacie nieznaczącym w nauce, a jednak...

Konkluzja

Znaczące przełomy w nauce zawsze były związane z pojawieniem się nowych instrumentów teoretycznych; „rewolucja Galileusza” na przykład,

⁸ John Langshaw Austin (1911 - 1960) – brytyjski filozof analityczny (przyp. tłum.)

„...o ile współczesna nauka pozwoliła na wzrost możliwości działania, zrozumienie nie nastąpiło. Nauka dostarczyła nam świat nieprzejrzysty...”

wywodzi się z dwóch innowacji matematycznych: zapis liczby rzeczywistej jako liczby dziesiętnej nieograniczonej, oraz pojęcie funkcji $y = f(x)$, która sama pozwala na sformułowanie praw fizycznych, tak samo mechanika Newtona wywodzi się z rachunku różniczkowego, mechanika kwantowa z przestrzeni Hilberta i jej operatorów.

W ostatnich czasach nastąpił duży postęp w dynamice jakościowej (pojęcia atraktorów, bifurkacji, katastrof...). Można więc spodziewać się tworzenia modeli dynamicznych izomorficznych (jakościowo) zjawisk, które chcemy wyjaśnić; izomorfizm nie będzie dokładny ani ilościowo rygorystyczny, ale typowo jakościowy. Poprzez użycie tych dynamicznych metafor, można dotrzeć do pewnego zrozumienia zjawisk. Można w ten sposób mieć nadzieję na powrót do nauki wspólnego języka, który pozwoliłby na powrót do stanu ducha sprzed czasów Galileusza i nawet przed Sokratesem.

Einstein doszedł do uznania materii i oddziaływania jako choroby czasoprzestrzeni. Czy nie powinniśmy rozważyć uznania neuronów i synaps jako chorób czegoś innego? Tak samo jak jakieś miejsce (A) może być w miejscu (B) z natury jakościowo innym. Jeśli chcemy uratować naukę przed nieopanowanym instrumentalizmem, przed rygoryzmem absolutnym, który zrywa więzi ze światem realnym (iteracja nieokreślona operacji wywołuje obiekty wymyślone, jak widzieliśmy w teorii mnogości Cantora), jeśli chcemy wznieść się ponad błahość rygoryzmu, jeśli chcemy ograniczyć wzrost metod doświadczalnych, na które cierpi obecnie nauka, a który może ją objąć w wymiarze statusu społecznego, tak więc należałoby koniecznie zaszczepić w nauce troskę o unifikację teorii. Radykalna zmiana punktu widzenia będzie niedługo konieczna. Nie będzie można w nieskończoność oddzielać rygoryzmu od sensu. Opis formalny nauki stracił

kontakt ze swoim znaczeniem. Obecnie nauka nie myśli. Nie czyni świata zrozumiałym.

Logika formalna poczyniła ostatni wysiłek, aby „uprzestrzennić” myśl koncepcyjną. Zredukować dedukcję do kombinatoryki przestrzennej, to było marzenie Hilberta (przestrzeń Hilberta i jej operatorów, tak użytecznych w mechanice kwantowej).

Próbowano więc geometryzować i uprzestrzeniać wartości. Częściowo się udało, ale za jaką cenę; zredukowania różnorodności zjawisk do różnorodności endogennej konstrukcji matematycznych. Pomimo tego wszystkiego, dyskurs magiczny wciąż nawiedza naukę (fizykę ze swoimi cząstkami *ad hoc*, ich polami, procesami przyczynowymi, wielkim wybuchem, znikaniem galaktyk, zawartością plazmy, zawartością kwarków – odpowiedzialną według niektórych za stabilność materii etc. Tak samo jak biologia i darwinizm ze swoim stopniowaniem – mikro, makro

ewolucja, selekcja naturalna, nie zapominając o magicznym zjawisku saltacji).

Podsumowując, o ile współczesna nauka pozwoliła na wzrost możliwości działania, zrozumienie nie nastąpiło. Nauka dostarczyła nam świat nieprzejrzysty. Jeśli ludzkość zadowoli się sprawowaniem władzy nad rzeczami, będzie mogła z pewnością poprzestać na braku zrozumienia, ponieważ możemy działać nie rozumiejąc przyczyn skuteczności naszego działania; ale jeśli zależy jej na szczęściu, trzeba będzie odpowiedzieć na tę potrzebę zrozumienia, potrzebę widzenia, która jako jedyna wyjaśni nasz Wszechświat.

Przekład: Ilona Sadowska

*Nota wydawnicza:

Tekst pochodzi z publikacji z 1994 roku pt. *La magie contemporaine: l'échec du savoir moderne*, pod kierownictwem Yvon Johanisses, Québec/Amérique, Montréal (tekst uwzględnia niektóre fragmenty wykładu *La magie contemporaine ou l'échec du savoir moderne*, 2-3 grudnia 1994, Institut de philosophie et de sciences théoriques du Québec, Trois-Rivières, Québec).

Nota tłumacza:

Tłumaczenie tekstów René Thoma, które nie są ściśle matematyczne, stanowi duże wyzwanie. Wiele pojęć jest autorskich, niefunkcjonujących w literaturze i przekładach. Tłumaczenie owych pojęć wymusza dużą różnorodność możliwych interpretacji.

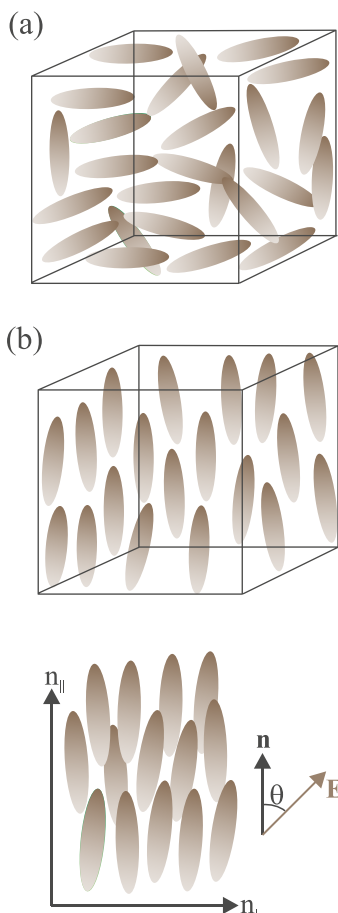
{ **Profesor René Thom** (1923 - 2002) – francuski matematyk. W latach 1957–1967 profesor Uniwersytetu w Strasburgu, od 1963 Instytutu Wyższych Studiów Naukowych w Bu-res-sur-Yvette pod Paryżem. Od 1967 członek Francuskiej Akademii Nauk. Autor prac głównie z topologii algebraicznej i różniczkowej (przestrzeń Thoma), twórcą teorii katastrof (1966). W 1958 został nagrodzony Medalem Fieldsa. Jego talent matematyczny ujawnił się już w dzieciństwie. Był to jednak okres wojny i jego rozwój naukowy nie mógł przebiegać normalnie: René Thom uzyskał doktorat (którym opiekował się naukowo słynny Henri Cartan) dopiero w 1951. Największy rozgłos przyniosła mu stworzona przezeń teoria katastrof (choć nie za nią uzyskał Medal Fieldsa). Teoria ta opisuje możliwe nieciągłe skutki ciągłych działań. Sprawdziła się ona w zastosowaniach technicznych. Teorię katastrof próbowano stosować do opisu zachowań społecznych, lecz z małym skutkiem. Thom zdobył także za swe osiągnięcia Wielką Nagrodę Naukową Miasta Paryża (1974) i uzyskał m.in. prestiżowe, honorowe członkostwo Londyńskiego Towarzystwa Matematycznego (1990). }

Porządkowanie warstw ciekłokrystalicznych

Urszula Laudyn, Wydział Fizyki PW

Wprowadzenie

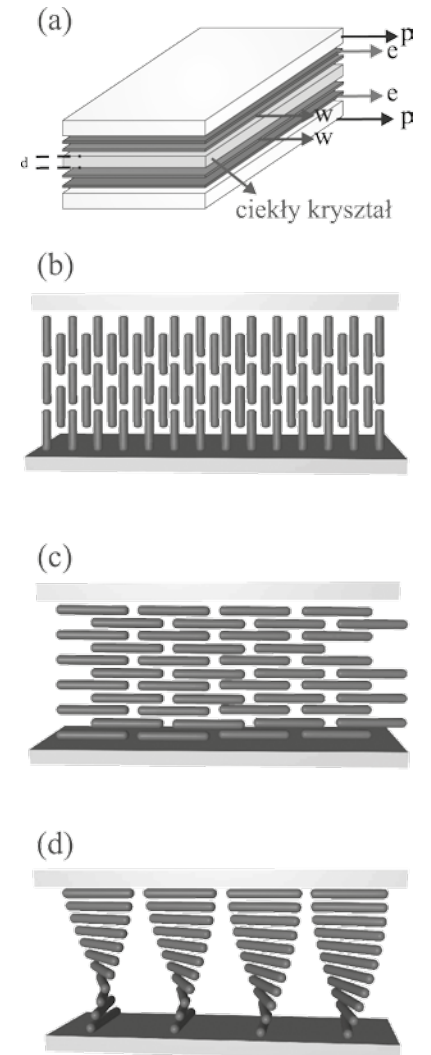
Wyrażenie „ciekły kryształ” funkcjonuje w naszej świadomości od wielu lat i spotykamy się z nim niemalże codziennie. Większość z nas słysząc pojęcie „ciekły kryształ” ma od razu przed oczami telewizor, monitor, zegarek, telefon komórkowy czy też rzutnik z zestawu kina domowego. Warto jednak zastanowić się, co kryje się pod tym, jakby nie było, lekko sprzecznym pojęciem, „ciekły kryształ”. Ciekłe kryształy [1-3] są materiałami posiadającymi cechy zarówno cieczy jak i ciał stałych – z jednej strony są płynne, z drugiej zaś zachowują dalekozasięgowe uporządkowanie. Fazę ciekłokrystaliczną mogą posiadać tylko substancje, których cząsteczki



↑ Rys. 1. Ułożenie molekuł w fazie izotropowej (a) i średni kierunek uporządkowania molekuł w fazie nematycznej ciekłego kryształu (b)

charakteryzują się silnie anizotropowym kształtem, czyli albo są wydłużone (np. wyglądają jak zapalki, pręty), albo spłaszczone (np. dyski lub biszkopty). Substancje, których molekuły mają kształt kulek, nie mogą mieć fazy ciekłokrystalicznej. Kształt molekuł ma bardzo duże konsekwencje dla ich własności fizycznych/optycznych. Wyobraźmy sobie, że chcemy ułożyć bardzo dużą ilość zapalek w pudełku – znacznie wygodniej jest je ułożyć równolegle, niż powrzucić w różnych kierunkach. Zapalki w pudełku mogą się przesuwać względem siebie, czyli mają swobodę translacji. Jednak gdybyśmy chcieli którąś zapalkę obrócić, napotkamy opór pozostałych zapalek w tym pudełku, co oznacza, że nasza zapalka nie ma swobody rotacji. Podobnie jest z dyskami lub biszkoptami – biszkopty również mają tendencję do równoległego ułożenia się w pudełku. Tak właśnie uporządkowany jest najprostszy ciekły kryształ.

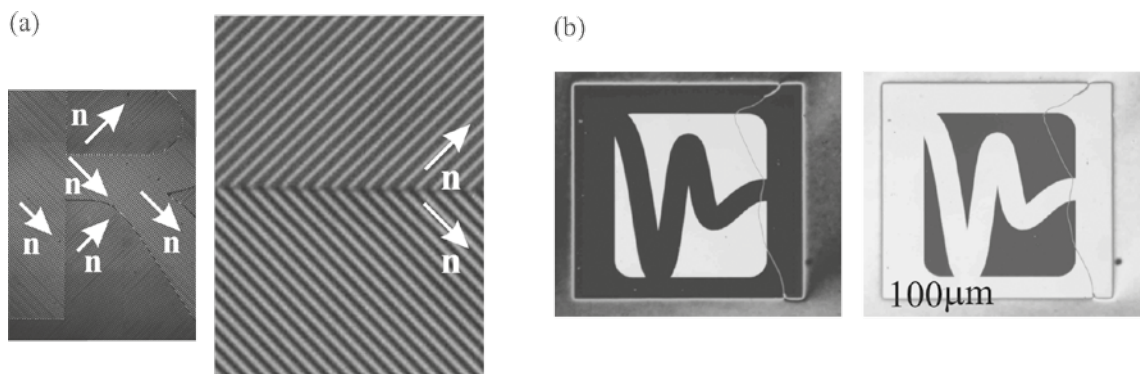
Uporządkowanie molekuł w stanie ciekłokrystalicznym zależy od ich kształtu, właściwości molekularnych i charakteru oddziaływań. W zależności od orientacji i stopnia uporządkowania molekuł, ciekłe kryształy można podzielić na trzy podstawowe grupy: nematyki, smektyki i nematyki chiralne. Najprostszą fazę ciekłokrystaliczną nazywa się fazą nematyczną lub nematykiem. Jedynym rodzajem uporządkowania, jaki obserwuje się w nematycznym ciekłym kryształcie, jest uporządkowanie kierunku długich osi molekuł (w przypadku molekuł prętopodobnych) lub ich osi krótkich (dla dyskopodobnych molekuł). Przytoczony powyżej model uporządkowania zapalek lub biszkoptów jest zatem analogiczny do modelu nematycznych ciekłych kryształów. W idealnym nematyku wszystkie molekuły byłyby ułożone równoległe do siebie. Ze względu jednak na ruchy termiczne molekuł, rzeczywiste uporządkowanie nie jest idealne. Cząsteczki są odchylone od średniego kierunku molekuł o pewien kąt. Ten średni, wyróżniony kierunek, do którego molekuły są prawie równoległe, opisuje się definiując wektor jednostkowy zwany директором.



↑ Rys. 2. (a) Schemat typowej komórki ciekłokrystalicznej o grubości d zbudowanej z dwóch szklanych płytek p pokrytych elektrodami e z naniesionymi warstwami orientującymi w i wypełnionej ciekłym kryształem, o grubości d ; (b)-(d) Podstawowe rodzaje tekstur molekularnych w nematycznych ciekłych kryształach: (b) homeotropowa; (c) planarna; (d) skręconego nematyka

Tekstury ciekłokrystaliczne

Zazwyczaj ciekłe kryształy bada się i analizuje, w tzw. komórkach ciekłokrystalicznych. Typowa komórka ciekłokrystaliczna składa się z dwóch szklanych płytek i cienkiej warstwy ciekłego kryształu pomiędzy nimi (grubość takiej warstwy zawiera się z reguły w przedziale →



↑ Rys. 3. Zdjęcie z mikroskopu optycznego warstwy orientującej o zmiennej orientacji rowków (a); ciekłokrystaliczne logo wydziału Fizyki PW wykonane z wykorzystaniem warstw orientujących o zmiennych warunkach brzegowych, widok w układzie skrzyżowanych (lewe zdjęcie) i równoległych (prawe zdjęcie) polaryzatorów (b)

od kilku do 100 μm) (rys. 2a). Odpowiednio przygotowane powierzchnie ograniczające, zapewniają jednorodne uporządkowanie molekuł ciekłego kryształu w całej objętości. W tym celu stosuje się tzw. warstwy orientujące pozwalające uzyskać żądany rozkład molekuł w komórce ciekłokrystalicznej. W przypadku struktur ciekłokrystalicznych opisowi podlega ułożenie długich osi molekuł w stosunku do powierzchni ograniczających. Wyróżnić tu można cztery podstawowe typy uporządkowania, tzw. tekstury ciekłokrystaliczne:

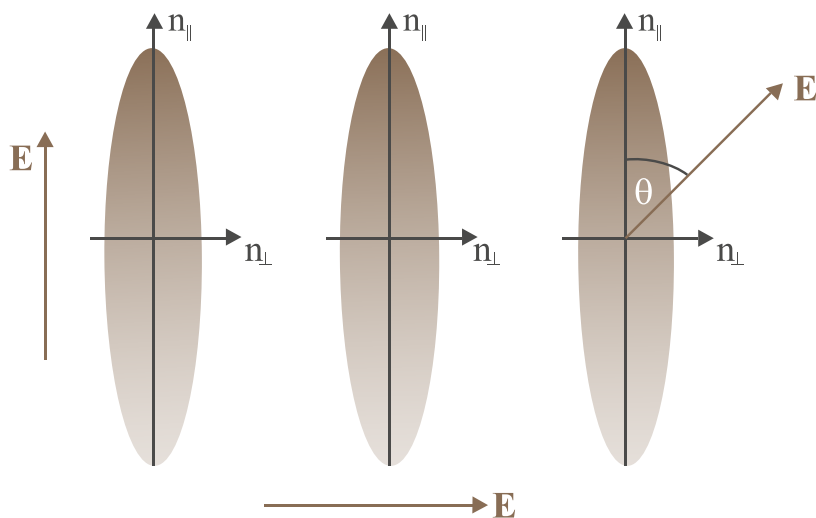
Tekstura homeotropowa (ang. *homeotropic texture*) (rys. 2b), charakteryzuje się jednorodnym, prostopadłym ustawieniem długich osi molekuł do powierzchni granicznych; **Tekstura planarna** (ang. *planar texture*) (rys. 2c), charakteryzuje się równoległym ustawieniem długich osi molekuł do płytek ograniczających; **Tekstura skręconego nematyka** (ang. *twisted nematic texture, TN*) (rys. 2d), która jest pochodną tekstury planarnej uzyskiwaną w wyniku

skręcenia o pewien kąt (najczęściej 90°) płytek ograniczających. Powierzchnie ograniczające ciekły kryształ, przygotowane są tak, aby wymuszały orientację planarną, a następnie skręcane są względem siebie. Molekuły leżące na płytkach mocno do nich przylegają i nie zmieniają swojego położenia w wyniku skręcenia, deformacja skręcenia rozciąga się wewnątrz warstwy.

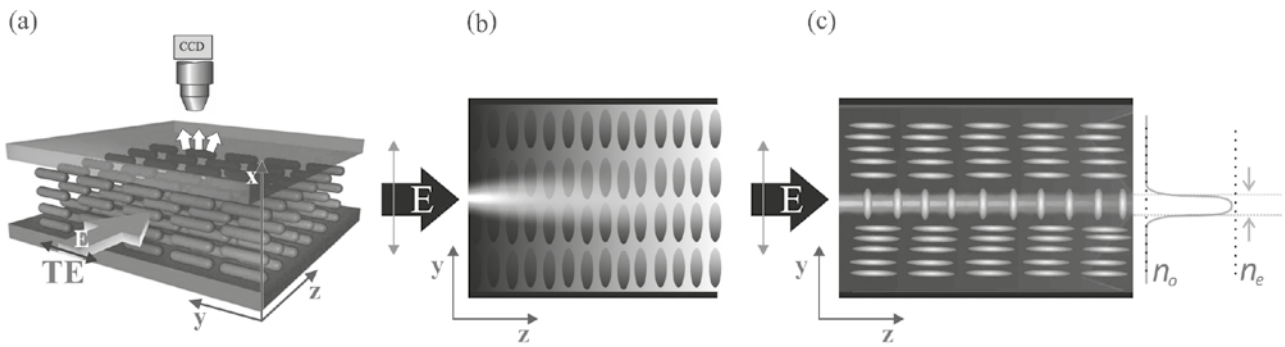
W literaturze można znaleźć kilkadziesiąt różnych sposobów otrzymywania anizotropowych powierzchni do porządkowania ciekłego kryształu [4]. Różnią się one stopniem skomplikowania technologii uzyskiwania warstw porządkujących, wartością tworzącego się kąta pretiltu (kąt pochylenia molekuł ciekłego kryształu do powierzchni warstwy), energią kotwiczenia molekuł ciekłokrystalicznych czy też stabilnością otrzymanego porządkowania. Wśród nich wymienić można między innymi: (i) mechaniczne pocieranie (z ang. *rubbing*), które jest metodą najstarszą, ale

jednocześnie najszybszą, najtańszą i najprostszą – polega na wytworzeniu mikrorowków na płytce ograniczającej, pokrytej polimerem poprzez jednokierunkowe polerowanie skrawkiem materiału, wzdłuż których orientują się molekuły ciekłego kryształu; (ii) orientacja za pomocą pola elektrycznego i magnetycznego; (iii) fotoporządkowanie; (iv) naporowywanie związków nieorganicznych oraz (v) technika mikrorowków, obejmująca wytworzenie mikrorowków na powierzchni płytek ograniczających w sposób inny niż techniką *rubbingu*. Molekuły układają się wzdłuż kierunku wyznaczonego przez rowki ze względu na minimalizację energii. Ułożenie molekuł za pomocą mikrorowków charakteryzuje niewielki kąt wyznaczający „pretilt”, czyli odchylenie od kierunku równoległego do powierzchni płytek komórki. Do metody tej można zaliczyć wytwarzanie rowków w fotoczułych polimerach za pomocą interferencji dwóch wiązek laserowych, mechanicznego zarysowywania powierzchni czy też za pomocą mikroskopu skaningowego [5]. Precyzyjne mikrorowki mogą zostać wytworzone również za pomocą technik litografii z wykorzystaniem procesu nanostemplowania [5], jak również za pomocą elektronolitografii [6]. Technika elektronolitografii jest jedną z metod, nad którą od kilku lat pracuje Pracownia Optyki nieliniowej na Wydziale Fizyki PW. Metoda jest rozwijana oraz wykorzystywana do tworzenia struktur ciekłokrystalicznych stosowanych do przesyłania i przełączania sygnału optycznego.

Wykorzystanie techniki elektronolitografii umożliwia wytwarzanie precyzyjnie zaprojektowanych warstw orientujących, wymuszających zmienny rozkład molekuł ciekłokrystalicznych. Otrzymywane warstwy orientujące pozwalają na uzyskanie wysokiej rozdzielczości



↑ Rys. 4. Zależność współczynników załamania światła w ciekłym kryształach od kierunku (względem direktora n) natężenia pola elektrycznego



↑ Rys. 5. (a) Schemat komórki ciektokrystalicznej o jednorodnej orientacji w konfiguracji do obserwacji efektów propagacyjnych z wiązką wprowadzoną wzdłuż osi z o polaryzacji TE (wzdłuż osi y); (b) dyfrakcja wiązki gaussowskiej w warstwie ciektokrystalicznej, widok w płaszczyźnie yz; (c) propagacja wiązki w płaszczyźnie yz w przypadku niejednorodnej orientacji molekuł, przykład wytworzonego kanatu falowodowego dla wiązki o polaryzacji TE

układu mikrorowków. Szerokości rowków mają wymiar rzędu dziesiątek bądź setek nanometrów, co znacząco zwiększa precyzję wykonania takiej warstwy. W szczególności wytwarzana jest orientacja, w której kierunek direktora zmienia się w sposób ciągły wzdłuż określonego kierunku. Zaproponowana technologia pozwala na uzyskiwanie warunków brzegowych, czyli rozkładu początkowego molekuł ciekłokrystalicznych, które są niemożliwe bądź bardzo trudne do uzyskania innymi metodami. Przykład uzyskanej warstwy orientującej o zmiennych warunkach brzegowych zaprezentowano na rys. 3. Jest to zdjęcie z mikroskopu optycznego warstwy z wytrawionymi rowkami o szerokości 500nm oraz separacji pomiędzy rowkami 500nm.

Anizotropia optyczna

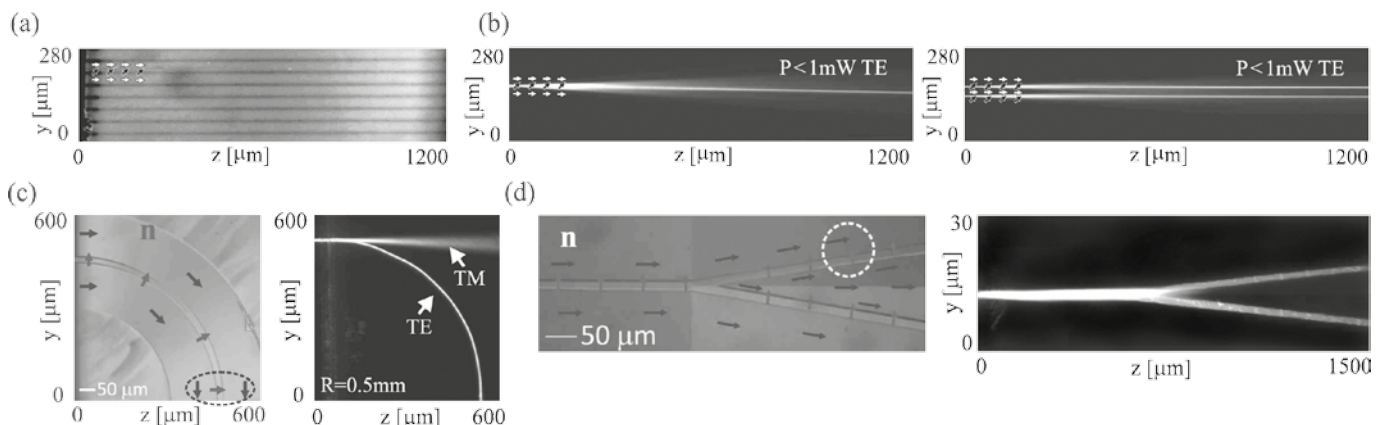
Molekuły ciekłego kryształu są jednoosiowe i środkowo symetryczne, co

powoduje, że ich parametry fizyczne mierzone w kierunku równoległym i prostopadłym względem osi optycznej wyznaczonej przez direktor \mathbf{n} , mają inne wartości. W ciekłych kryształach, anizotropowy charakter ma między innymi przenikalność elektryczna, podatność magnetyczna, współczynnik załamania, lepkość i wiele innych. W przypadku anizotropii elektrycznej oznacza to, że mamy do czynienia z dwiema głównymi składowymi ϵ_{\parallel} i ϵ_{\perp} – przenikalność elektryczna mierzona odpowiednio w kierunkach równoległym i prostopadłym do direktora \mathbf{n} , które definiują anizotropię elektryczną $\Delta\epsilon = \epsilon_{\parallel} - \epsilon_{\perp}$. Anizotropia przenikalności elektrycznej występuje również dla pól o częstotliwościach z zakresu odpowiadającego promieniowaniu optycznemu i określa ona mianem anizotropii optycznej lub dwójłomnością, czyli różnicą współczynników załamania mierzonych wzdłuż osi optycznej i prostopadłej do niej. Bezpośrednio z anizotropią

optyczną związana jest różnica w prędkości rozchodzenia się światła w różnych ułożeniach molekuł w stosunku do padającej wiązki światła. Światło o kierunku polaryzacji (kierunku pola elektrycznego fali świetlnej) prostopadłym do osi optycznej rozchodzi się z jednakową prędkością we wszystkie strony, a zatem przypisuje się mu jedną wartość współczynnika załamania. Mówimy wtedy o promieniu zwyczajnym. Światło o polaryzacji prostopadłej do polaryzacji promienia zwyczajnego tworzy promień nadzwyczajny, dla którego prędkość światła, a więc i współczynnik załamania, zależą od kierunku.

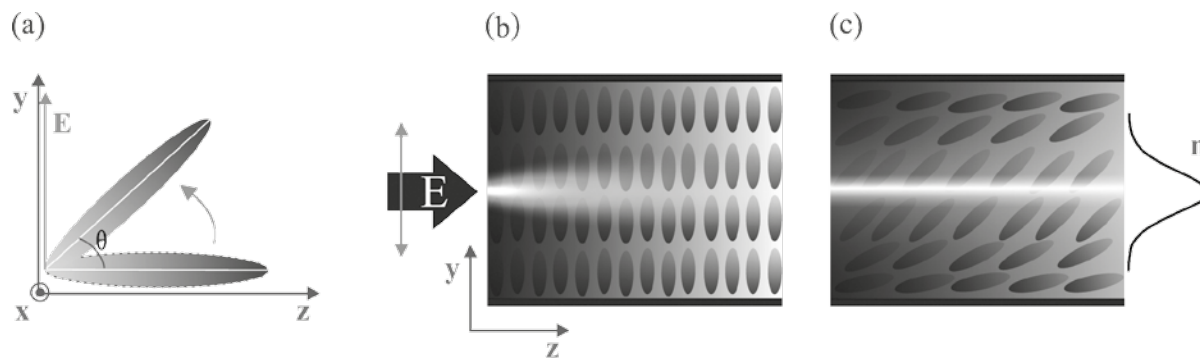
Oznacza to, że jeśli kierunek drgań wektora natężenia pola elektrycznego padającej fali elektromagnetycznej jest zgodny z długą osią (optyczną) molekuł ciekłego kryształu, to dla fali obserwowany jest nadzwyczajny współczynnik załamania n_e . W przypadku, gdy kierunek drgań wektora natężenia pola

29



↑ Rys. 6. (a) zdjęcie z mikroskopu polaryzacyjnego komórki z warstwą orientującą zapewniającą uzyskanie niezależnych kanałów o różnej orientacji molekuł; (b) eksperymentalnie uzyskana propagacja wiązki o małej mocy optycznej i polaryzacji TE w strukturze jak z rys. a; (c) zdjęcie z mikroskopu polaryzacyjnego struktury z warstwą orientującą zapewniającą uzyskanie falowodu ciekłokrystalicznego o wygiętej trajektorii wraz z eksperymentalnie uzyskaną propagacją wiązki: wiązka o polaryzacji TE propaguje się w wytworzonym falowodzie ciekłokrystalicznym, wiązka o polaryzacji TM propaguje się jak w ośrodku jednorodnym; (d) zdjęcie z mikroskopu polaryzacyjnego struktury zapewniającej uzyskanie falowodu ciekłokrystalicznego o geometrii typu Y wraz z eksperymentalnie uzyskaną propagacją wiązki o polaryzacji TE

→



↑ Rys. 7. (a) schemat reorientacji molekuł wywołany zewnętrznym polem elektrycznym. (b) propagacja wiązki w przypadku liniowym, wiązka o profilu Gaussowskim ulegająca dyfrakcji na odległości propagacji; (c) w przypadku nieliniowym dochodzi do niejednorodnego rozkładu molekuł i w konsekwencji do generacji solitonu przestrzennego

elektrycznego padającej fali elektromagnetycznej jest prostopadły do długich osi molekuł, fala elektromagnetyczna „widzi” zwyczajny współczynnik załamania n_o . Dla każdego innego ustawienia kierunku natężenia pola elektrycznego względem długich osi molekuł współczynnik załamania światła jest funkcją kąta pomiędzy директором \mathbf{n} a kierunkiem drgań wektora natężenia pola elektrycznego fali elektromagnetycznej, tzw. kąt θ :

$$n_{\text{eff}}(\theta) = n_o n_e / (\sqrt{n_o^2 \sin^2 \theta + n_e^2 \cos^2 \theta}).$$

Struktury falowodowe

Wiązka ograniczona przestrzennie (np. wiązka gaussowska), rozchodząca się w ośrodku jednorodnym, $\mathbf{n} = \text{const}$, poszerza się na drodze swojej propagacji ulegając zjawisku dyfrakcji, czyli na drodze propagacji szerokość wiązki zwiększa się wraz z odległością. Warstwa ciekłego kryształu o jednorodnej orientacji (np. planarnej) jest przykładem ośrodka jednorodnego (średni kierunek ułożenia molekuł jest stały), a zatem i współczynnik załamania „widziany” przez wiązkę światła jest stały. Mowa tutaj o konfiguracji, w której warstwa ciekłego kryształu umieszczona jest pomiędzy dwoma szklanymi płytkami o odpowiednio przygotowanych powierzchniach, a wiązka światła wprowadzana jest w płaszczyźnie równoległej do powierzchni płytek (rys. 5a). Dzięki temu, że ciekły kryształ ma silne właściwości rozpraszające, możliwa jest obserwacja rozchodzenia się wprowadzonej w taką warstwę wiązki (w płaszczyźnie yz) poprzez umieszczenie kamery CCD nad komórką. Wprowadzona w jednorodnie uporządkowaną warstwę ciekłokrystaliczną wiązka gaussowska ulega dyfrakcji (rys. 5b). Opisana powyżej zależność współczynników załamania światła od kąta między kierunkiem polaryzacji pola elektrycznego a osią optyczną, pozwala na wytworzenie w warstwie ciekłokrystalicznej kanału

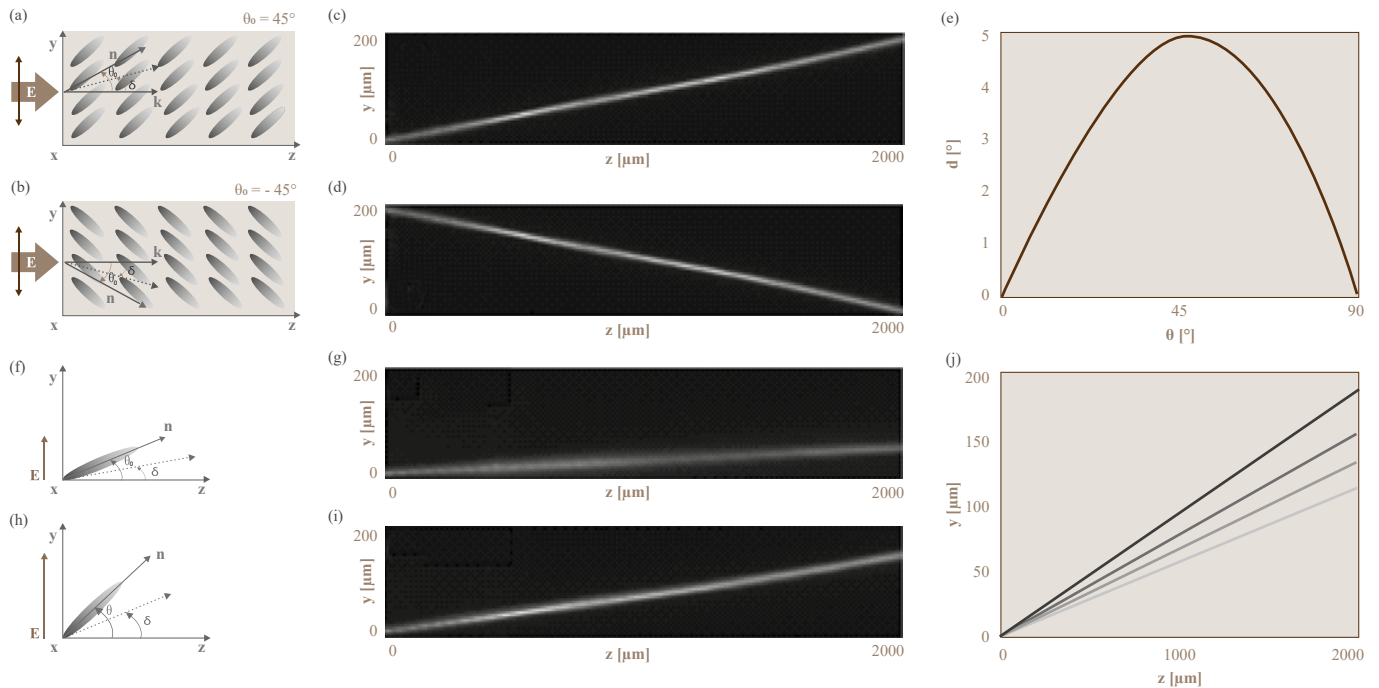
falowodowego, poprzez stworzenie wąskiego obszaru o wyższym współczynniku załamania, w porównaniu do otoczenia, w każdym punkcie propagacji. Wymaga to zastosowania specjalnie zaprojektowanej warstwy orientującej, wymuszającej niejednorodny rozkład molekuł, a tym samym niejednorodny rozkład współczynnika załamania. W rozważanej konfiguracji, aby wytworzyć falowod ciekłokrystaliczny dla wiązki światła o polaryzacji TE (kierunek drgań wektora pola elektrycznego wzdłuż osi y), wykorzystuje się komórki o teksturze planarnej z odpowiednio zaprojektowaną warstwą orientującą, taką aby uzyskać obszary o różnej orientacji (w płaszczyźnie yz). W tak przygotowanej komórce ciekłokrystalicznej, wprowadzona wiązka światła propaguje się w obszarach o najwyższym współczynniku załamania (rys. 5c).

Połączenie, zależności współczynników załamania od początkowej orientacji molekuł z możliwościami jakie stwarza wykorzystanie elektronolitografii do wytwarzania warstw orientujących o dowolnej geometrii, pozwala na wytwarzanie struktur umożliwiających niezależne prowadzenie kilku wiązek światła (tzw. matryce falowodów) (rys. 6a-b), struktur falowodowych o zagiętej trajektorii sygnału pozwalających na zagięcie trajektorii sygnału (rys. 6b-c), bądź rozdzielanie sygnału wejściowego na kilka sygnałów wyjściowych (rys. 6d). W strukturach tych, dzięki odpowiednio zaprojektowanym warunkom brzegowym wzdłuż kierunku propagacji i/lub w kierunku poprzecznym, uzyskuje się liniową zmianę osi dwójłomności. Liniowa zmiana osi dwójłomności oznacza liniowo zmieniający rozkład współczynnika załamania dla wiązki o polaryzacji TE (wzdłuż osi y). Odpowiednie uporządkowanie warstwy ciekłokrystalicznej oraz kontrolowana zmiana tego uporządkowania, są efektywnie wykorzystywane do

konstrukcji ciekłokrystalicznych struktur falowodowych.

Samoogniskowanie wiązki światła

Jedną z najciekawszych właściwości ciekłych kryształów jest to, że kierunek uporządkowania można łatwo zmieniać przez zewnętrzne pola (w tym elektryczne i magnetyczne). Jest to właściwość wykorzystywana między innymi w wyświetlaczach ciekłokrystalicznych. Mówimy tutaj o mechanizmie reorientacji ciekłego kryształu, który jest charakterystyczny dla ośrodków składających się z cząsteczek (molekuł) anizotropowych i związany jest z anizotropią przenikalności elektrycznej [1]. Jeśli warstwa ciekłego kryształu zostanie umieszczona w polu elektrycznym o częstościach optycznych, to molekuły dążą do równoległego ustawienia długich osi w stosunku do linii sił pola (rys. 7a). W optyce wykorzystywane jest do tego pole elektryczne fali EM. Jednak, z uwagi na znacznie powolniejszy czas reakcji molekuł, w porównaniu do oscylacji wektora pola optycznego, stosuje się średnią czasową natężenia pola. Ciekły kryształ reaguje na kierunek, a nie na zwrot pola elektrycznego. Wzrost natężenia pola elektrycznego powoduje obrót molekuł, a zatem powoduje zmianę osi dwójłomności, przy czym ważne jest to, że nie zmienia wartości dwójłomności. Skoro mamy obrót molekuł, to zmienia się kąt orientacji, jeśli zmienia się kąt orientacji, to następuje zmiana efektywnego współczynnika załamania. Skoro mamy zmianę współczynnika załamania pod wpływem wzrostu natężenia pola elektrycznego, to mówimy o mechanizmie nieliniowości optycznej – w tym przypadku o nieliniowości reorientacyjnej. Rozważana tutaj nieliniowość powoduje, że właściwości propagacyjne wiązki światła zależą od jej natężenia (gęstości mocy światła). W rezultacie może dojść na przykład do zjawiska samoogniskowania wiązki.



↑ Rys. 8. Schemat początkowej orientacji wraz z zaznaczonym kątem *walk-off* w przypadku (a) początkowej orientacji 45° oraz (b) początkowej orientacji -45° . Wiązka o polaryzacji TE wprowadzana jest do komórki wzdłuż osi z ; (c-d) eksperymentalnie uzyskany soliton przestrzenny w konfiguracji z rysunku odpowiednio a i b; (e) zależność kąta *walk-off* od początkowej orientacji molekuł; (f) schemat początkowego ułożenia molekuł $\theta_0=20^\circ$ pod wpływem pola elektrycznego fali EM oraz odpowiadająca temu generacja solitonu przestrzennego propagującego się pod początkowym kątem *walk-off*; (h) schemat zmiany orientacji na skutek wzrostu natężenia pola elektrycznego oraz odpowiadająca temu zmiana kierunku propagacji solitonu przestrzennego (i); (j) wykres trajektorii solitonu przestrzennego w funkcji wzrastającego natężenia pola elektrycznego fali EM (linie od najjaśniejszej do najciemniej odzwierciedlają wzrost natężenia pola elektrycznego)

Jak zostało już opisane, wprowadzona w jednorodnie uporządkowaną warstwę ciekłokrystaliczną wiązka gaussowska ulega dyfrakcji (rys. 7b). Zjawisko to może zostać skompensowane poprzez odpowiedni rozkład współczynnika załamania, taki aby w centrum wiązki współczynnik załamania był większy niż na jej brzegach (analogicznie jak ma to miejsce w falowodach optycznych). Zgodnie z tym, że kąt orientacji molekuł ciekłokrystalicznych zmienia się pod wpływem pola elektrycznego fali świetlnej, wzrost mocy optycznej wiązki prowadzi do reorientacji molekuł (z największymi zmianami kąta orientacji w centrum wiązki). Zmiana kąta orientacji, powoduje zmianę rozkładu współczynnika załamania. Oznacza to, że propagująca się wiązka, o odpowiednim natężeniu w ośrodku nieliniowym, sama zmienia współczynnik załamania tego ośrodka, a tym samym moduluje swoją fazę. Ten niejednorodny rozkład poprzeczny współczynnika załamania (z maksimum w centrum wiązki) zachowuje się jak soczewka wypukła – skupiająca, co w konsekwencji powoduje zawężanie wiązki. Dla odpowiednio dobranych parametrów, dyfrakcyjne poszerzanie jest kompensowane przez nieliniowe zawężanie wiązki. Powstała w ten sposób nieposzerzająca się wiązka światła (gdzie dyfrakcyjne poszerzenie

jest kompensowane przez nieliniowe samoogniskowanie), nazywana jest przestrzennym solitonem optycznym [7], czyli wiązką, która propaguje się bez zmiany swojego kształtu i amplitudy na drodze propagacji (rys. 7c). Biorąc pod uwagę, że propagująca się wiązka sama sobie moduluje współczynnik załamania, w ogólności oznacza to, że wiązka sama indukuje falowód optyczny, w którym jest uwięziona. Solitony optyczne w ciekłych kryształach są obiektem intensywnych badań, głównie z uwagi na możliwość kontrolowania kierunku ich propagacji, co znajduje zastosowanie w całkowicie optycznych układach przełączających i przesyłających sygnał [8-11].

Odchylenie wiązki od kierunku propagacji

W ośrodkach ciekłokrystalicznych, ze względu na różne wartości współczynnika załamania światła dla promienia zwyczajnego i nadzwyczajnego, rozkład natężenia pola elektrycznego fali elektromagnetycznej odchyłony jest od kierunku określonego przez wektor falowy \mathbf{k} . Określane jest to mianem przestrzennego odchylenia kierunku propagacji wiązki (ang. *spatial walk-off*) i oznacza kąt jaki wektor Poyntinga tworzy z wektorem falowym. Wiązka zwyczajna propaguje się zgodnie

z wektorem falowym, natomiast wiązka o polaryzacji nadzwyczajnej odchyłona jest o pewien kąt w stosunku do wektora falowego. Wartość kąta *walk-off* zależna jest od dwójłomności ciekłego kryształu i jest tym większa im większa jest dwójłomność – zależy również od początkowego kąta orientacji θ_0 , a dokładniej od $\sin 2\theta_0$. Dla początkowej orientacji 45° , przyjmuje on wartość maksymalną i maleje wraz ze zbliżaniem się do wartości $\theta_0=0^\circ$ lub $\theta_0=90^\circ$. Warto tu zauważyć, że w obu przypadkach $\theta_0=0^\circ$ lub $\theta_0=90^\circ$ ośrodek ciekłokrystaliczny zachowuje się jak ośrodek izotropowy, a zatem prowadzona wiązka propaguje się zgodnie z kierunkiem wyznaczonym przez wektor falowy. Jak już zostało wspomniane wzrost mocy optycznej wprowadzonej do układu wiązki, prowadzi do reorientacji molekuł i generacji solitonu przestrzennego, propagującego się pod kątem δ_0 względem osi optycznej. Dalszy wzrost mocy optycznej prowadzi do dalszej reorientacji i tym samym do zmiany kąta pod jakim propaguje się wiązka. W przypadku początkowej orientacji 45° , wartość kąta δ przyjmuje wartość maksymalną i zwiększenie kąta θ prowadzi do zmniejszenia kąta propagacji wiązki. W przypadku początkowej orientacji $0 < \theta_0 < 45^\circ$, wzrost mocy optycznej prowadzi najpierw do

zwiększenia kąta *walk-off*, aż do wartości maksymalnej dla położenia molekuł pod kątem 45° . Dalszy wzrost mocy i dalsza reorientacja zmniejsza wartość kąta propagacji.

Dobierając początkową orientację w taki sposób, aby zapewnić efekty nieliniowe (dla wiązki o polaryzacji TE) można uzyskać pełną kontrolę nad kierunkiem propagacji sygnału, w szczególności solitonu optycznego [13-14]. Połączenie liniowych zmian orientacji z nieliniowością reorientacyjną, pozwala na wykonanie między innymi jednego z podstawowych przełączników, tzw. przełącznika typu Y, gdzie jeden sygnał wejściowy przełączany jest między dwoma kanałami wyjściowymi. W celu realizacji całkowicie optycznego przełącznika wykorzystywana jest struktura, w której naniesione warunki brzegowe zapewniają zmienną orientację w kierunku poprzecznym dla wiązki

o polaryzacji TE, a jednocześnie są tak dobrane, aby zapewnić generację i propagację solitonu przestrzennego. Orientacja molekuł w kanale doprowadzającym wiązkę (1 kanał wejściowy) zaprojektowana jest pod kątem 20° , natomiast w kanałach wyjściowych pod kątem $\pm 45^\circ$ względem osi z. Orientacja pod kątem 20° w kanale wejściowym zapewnia nie tylko generację solitonu dla wiązki o polaryzacji TE, ale również zmianę kierunku propagacji wraz ze wzrostem mocy optycznej. Natomiast orientacja w kanałach wyjściowych (odpowiednio kanały 2 i 3) i zmiana znaku orientacji w tych obszarach oznacza, że wiązka propaguje się pod kątem $\pm \delta$, w zależności od obszaru w jaki zostanie wprowadzona. Idea oraz przykładowy wynik takiego przełącznika przedstawione zostały na rys. 8. W strukturze zaprezentowanej na rys. 9 (a) trajektoria wiązki wprowadzonej w obszar 1 zdefiniowana jest przez kąt propagacji (z ang. tzw. kąt *walk-off*) charakterystyczny dla danego kąta orientacji początkowej i danego ciekłego kryształu. Przy przechodzeniu między obszarami 1-2 lub 1-3, zmiana ulega trajektoria z uwagi na inny rozkład molekuł w obszarze 2 (wiązka ugina się w prawo, bądź w lewo, w zależności od obszaru do jakiego przechodzi). Wprowadzając wiązkę blisko granicy, tak że początkowo przechodzi ona z obszaru 1 do 2, i zwiększając moc wiązki można doprowadzić do zmiany *walk-offu* w funkcji mocy, a tym samym początkowej trajektorii wiązki, która dla wyższych mocy będzie trafiała w obszar 3.

Podsumowanie

Wykorzystanie precyzyjnie wykonanych i zaprojektowanych warstw orientujących zapewniających żądany, zmienny rozkład molekuł ciekłego kryształu, pozwala w ogólności na uzyskanie obszarów o zmiennym rozkładzie współczynnika załamania, zarówno w kierunku poprzecznym jak i podłużnym do osi propagacji wiązki światła. Umożliwia to wytworzenie precyzyjnie zaprojektowanych struktur zakrzywiających bieg wiązki o żądanej geometrii (rozmiarach i kształcie). Wytworzone w ten sposób ciekłokrystaliczne falowody, umożliwiają kontrolę nad kierunkiem propagacji sygnału optycznego, zarówno w reżimie niskich natężeń światła (propagacja liniowa), jak również dla wysokich natężeń, wywołujących efekty nieliniowe związane z oddziaływaniem sygnału optycznego z molekułami nematycznymi ciekłego kryształu. Przedstawiona sytuacja może znaleźć swoje zastosowanie przy konstrukcji przełącznika, w którym

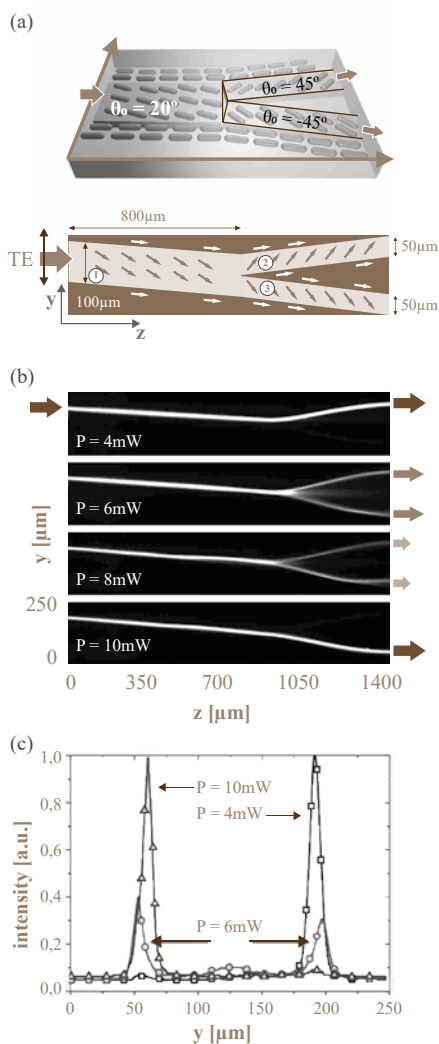
wprowadzona osiowo do układu wiązka może być przełączana między różnymi wyjściami.

Autorka pragnie podziękować współpracownikom biorącym udział w badaniach dotyczących zagadnień podejmowanych w pracy, w szczególności: prof. dr hab. Mirosławowi Karpierzowi, dr. inż. Michałowi Kwaśnemu, mgr. inż. Bartłomiejowi Klus, mgr. inż. Idze Ostromieckiej, inż. Jackowi Piłce.

Przytoczone w pracy wyniki powstały w ramach projektu Lider NCBiR LIDER/018/309/L-5/13/NCBR/2014 „Mikrostrukturalne ciekłokrystaliczne układy przełączające w torze światłowodowym”, oraz w ramach projektu NCN Harmonia 2016/22/M/ST2/00261 „Nieliniowe oddziaływanie światła strukturyzowanego z materiałem”.

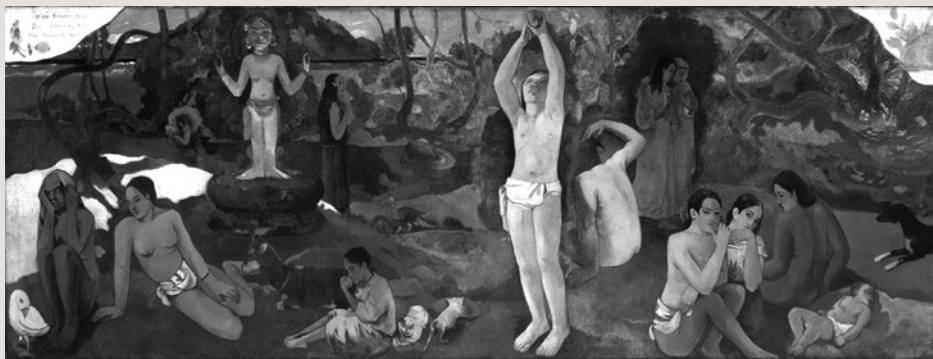
LITERATURA

- [1] C. Khoo, *Liquid Crystals*, 2nd edition, John Wiley & Sons 2007
- [2] Adamczyk, Z. Strugalski, *Ciekłe kryształy*, WNT, Warszawa, 1976
- [3] D. K. Yang, S. T. Wu, *Fundamentals of Liquid Crystal Devices*, John Wiley & Sons, 2006
- [4] Ishihara S.: *J. Display Technol.*, 1, 30 (2005)
- [5] H. Chiu, H-L. Kuo, P-C. Chen, C-H. Wen, Y-C. Liu, H-M. P. Chen, *Nanoimprinting-lithography-induced self-aligned liquid crystals for novel multifunctional optical films*, *Appl. Phys. Lett.* 88, (2006)
- [6] T. Kagajyo, K. Fujibayashi, T. Shimamura, H. Okada, H. Onnagawa, *Alignment of Nematic Liquid Crystal Molecules Using Nanometer-Sized Ultrafine Patterns By Electron Beam Exposure Method*, *Japanese Journal of Applied Physics*, 44(1), 578 (2005)
- [7] Assanto G., Peccianti M., and Conti C., "Nematicons: optical spatial solitons in nematic liquid crystals", *Opt. Photonics News* 14, 44-48 (2003)
- [8] Peccianti M., Conti C., Assanto G., De Luca A., and Umetsu C., *Routing of anisotropic spatial solitons and modulational instability in liquid crystals*, *Nature* 432, 733-737 (2004)
- [9] Izdebskaya, Y. V. et al. *Counterpropagating nematicons in bias-free liquid crystals*. *Opt. Express* 18, 3258-3263 (2010)
- [10] U. A. Laudyn, M. A. Kwasny, M. A. Karpierz, *Appl. Phys. Lett.* 94, 091110 (2009)
- [11] Laudyn U. A., Karpierz M. A., *Nematicons deflection through interaction with disclination lines in chiral nematic liquid crystals*, *Appl. Phys. Lett.* 103 221104 (2013)
- [12] Piccardi, A., Alberucci, A. & Assanto, G. *Soliton self-deflection via power-dependent walk-off*. *Appl. Phys. Lett.* 96,061105 (2010)
- [13] Urszula A. Laudyna, Michał Kwaśny, Filip A. Sala, Noel F. Smyth, Mirosław A. Karpierz, Gaetano Assanto, *Curved optical solitons subject to transverse acceleration in reorientational soft matter*, *Scientific Reports*, Nature Publishing Group, 7(1), pp. 12385-1-12385-12 (2017)
- [14] Urszula Laudyn, Michał Kwaśny, Mirosław Karpierz, Noel F. Smyth, G. Assanto, *Accelerated optical solitons in reorientational media with transverse invariance and longitudinally modulated birefringence*, *Phys. Rev. A* 98, 023810 (2018)



↑ Rys.9. Schemat struktury z orientacją typu „Y” (a); Eksperymentalnie uzyskany zapis propagacji i przelączenia wiązki (b); przekroje poprzeczne wiązki na odległości 1400mm dla różnych mocy optycznych wiązki wejściowej (c).

BEZ-SENS ŻYCIA



↑ *Skąd przyszliśmy? Kim jesteśmy? Dokąd idziemy?* (org. *D'où venons nous? Que sommes nous? Où allons nous?*) (1897 – 1898), alegoryczny obraz Paula Gauguina
źródło: <http://letrines.net/dotclear/index.php>

Od zarania dziejów ludzi intrygowała przyczyna i cel naszej egzystencji. Tak jesteśmy skonstruowani, że zazwyczaj nie potrafimy przyjąć do wiadomości, iż nasze istnienie może być bezcelowe. Niewykluczone, że to stąd zaszła potrzeba stworzenia religii, która tłumaczyłaby sens naszego życia, głównie poprzez ideę życia pozagrobowego. Lecz po prymitywnym kulcie bogów Słońca i Księżycy przyszła pora na kolejne, bardziej zaawansowane próby wytłumaczenia wspomnianego sensu – próby te stanowiły potężną gałąź kielkującej w starożytnej Grecji filozofii. Wtedy to szukanie odpowiedzi na pytanie o sens dla wielu samo w sobie stało się sensem. I ten stan trwa po dziś dzień.

Poczucie braku sensu niekiedy rodzi smutek i melancholię. Ale również odwrotnie – zła kondycja psychiczna potrafi odsłonić przed nami pewną życiową pustkę. Brak chęci do życia, w depresji, nieodłącznie wiąże się z poczuciem braku sensu czegokolwiek – wszelkich podejmowanych działań, wszelkiej inicjatywy, a nawet prostych przyjemności. Otwartym pozostaje więc pytanie o to, gdzie leży przyczyna, a gdzie skutek. Czy potrzebujemy jakiegoś sensu życia, by czuć się w tym życiu dobrze, czy też zaczynamy poszukiwać sensu dopiero wówczas, gdy z różnych innych powodów czujemy się nieszczęśliwi? Wszak chyba każdy zna ze swego otoczenia co najmniej jednego człowieka, który niemal zawsze sprawia wrażenie szczęśliwego, pełnego życiowej energii i pozbawionego znaczących zmartwień, a jednocześnie wydaje się nie posiadać głębszych, czy wręcz jakichkolwiek przemyśleń na temat istoty egzystencji. Taki człowiek

jakby nie zastanawia się nad sensem życia, bo nie widzi takiej potrzeby, gdyż czuje się po prostu szczęśliwy – tak przynajmniej wygląda to z zewnątrz. A może jednak osoba taka jest w posiadaniu tego wielkiego sekretu sensu życia, tylko sekret ten tkwi głęboko w jej podświadomości, albo po prostu nie daje się wyrazić słowami? Czy mamy gwarancję, że o tym powszechnie poszukiwanym sensie, nawet jeśli rzeczywiście istnieje, na pewno można opowiedzieć w którymś z ludzkich języków?

Jest też możliwość, że czegoś takiego jak „sens życia” po prostu nie ma. Za taką opcją przemawia fakt, że mamy wielką trudność, by choćby w teorii zdefiniować, co mielibyśmy rozumieć pod pojęciem „sensu życia”, i co to tak naprawdę znaczy, że „życie ma sens”, bądź że go nie ma. Innymi słowy – czy dyskutując o „sensie życia”, wiemy w ogóle, co jest przedmiotem dyskusji?

W mojej prywatnej opinii nie ma żadnego absolutnego i obiektywnego celu, dla którego istnieje. Wszelkie działania, jakie w życiu podejmujemy, powodowane są doczesnymi potrzebami, jak na przykład pisanie tego eseju jest motywowane chęcią zaliczenia przedmiotu, co z kolei jest niezbędne do skończenia studiów – i tak dalej... Co jest jednak na samym końcu tego długiego łańcucha? Prawdopodobnie niezależna ode mnie wola przetrwania, wbudowana we mnie przez biologię, będąca instynktem, nad którym człowiek, ani żadna istota żywa, nie panuje. Instynkt ten sprawia, że nie potrzebuję znać rozwiązania filozoficznej zagadki sensu mojego żywota, by mimo wszystko chcieć żyć i walczyć o życie. Poczucie

„Instynkt ten sprawia, że nie potrzebuję znać rozwiązania filozoficznej zagadki sensu mojego żywota, by mimo wszystko chcieć żyć i walczyć o życie”

nieszczęścia związane jest z zaburzeniem funkcjonowania tego instynktu, co się powszechnie zdarza, tak jak zdarzają się zaburzenia wzroku, słuchu, defekty w budowie ciała itd. Żyjemy zatem w ułudzie sensu i celowości naszych działań, ale dopóki ten system samooszukiwania działa sprawnie, nie mamy z tym problemu, nawet jeśli cokolwiek rozumowo dojdziemy (jak ja) do wniosku, że nie ma żadnego obiektywnego sensu istnienia. Wyrażeniem tego osobistego przeświadczenia chciałabym zakończyć mój krótki wywód.

MATEMATYCZNE SPOJRZENIE NA PEWNOŚĆ SIEBIE

Czym jest pewność siebie? Według angielskiej wersji prawdopodobnie najpopularniejszej encyklopedii internetowej, pewność siebie to indywidualna i subiektywna ocena własnej wartości. Definicja ta wydaje mi się dość trafna, jednak generuje ona dużo pytań z nią związanych. Dwa pytania, które najbardziej mnie zastanawiają to:

- Po co nam pewność siebie?
- Skąd bierze się pewność siebie?

Pewność siebie każdego człowieka zależy głównie od kontekstu. Mówienie o byciu pewnym siebie w znaczeniu ogólnym, jest moim zdaniem informacją wnoszącą bardzo mało konkretnych. Jeśli zgodnie z podaną wcześniej definicją potraktujemy pewność siebie jako ocenę, to usłyszenie od kogoś:

"Jestem pewny siebie" jest mniej więcej tak konkretne, jak powiedzenie, że liczba 75 jest pomiędzy 50 a 100. Według mnie, pewność siebie najbardziej wiąże się z zadaniem do wykonania i w tym przypadku pewnością siebie jest nasza ocena, z jakim prawdopodobieństwem możemy takie zadanie wykonać. Mówienie o pewności siebie w znaczeniu ogólnym oznaczałoby, że jesteśmy w takim samym stopniu pewni każdego zadania, jakie może być przed nami postawione, co jest oczywiście bzdurą. Przykładowy nieśmiały student matematyki może być bardzo pewny siebie przed egzaminem ze statystyki, ale gdy przyjdzie mu porozmawiać z nieznaną dziewczyną, jego ocena powodzenia takiej akcji będzie dużo niższa.

Po co nam pewność siebie? Jeśli pewność siebie to nasza ocena prawdopodobieństwa, z jakim poradzimy sobie z danym zadaniem, to bycie pewnym siebie oznacza, że mamy większą szansę na sukces. Ponadto, choć w teorii nasza opinia na temat potencjalnego sukcesu nie powinna wpływać na prawdopodobieństwo, z jakim on nastąpi (tak samo jak w rzucie monetą nie mamy większej szansy na wyrzucenie orła tylko dlatego, że uważamy, że wypadnie orzeł), to jednak bycie pewnym lub niepewnym siebie często ma wymierny wpływ na wynik zadania. Pewność siebie często działa jak samospełniająca się przepowiednia - wiąże się to z naszym nastawieniem i entuzjazmem, z jakim podchodzimy do zadania, gdyż jesteśmy dużo bardziej zmotywani, gdy uważamy, że coś

„... bycie pewnym siebie oznacza, że mamy większą szansę na sukces”

nam się uda (lub mniej zmotywani w przeciwnym przypadku).

Skąd zatem bierze się pewność siebie? Trzymając się matematycznej terminologii, skoro pewność siebie to nasza ocena prawdopodobieństwa, z jakim coś się zdarzy, to jest to zwyczajnie problem klasyfikacji z analizy danych, a skoro jest to problem analizy danych, stąd wnioskuję, że pewność siebie zależy w największym stopniu od danych historycznych, którymi w tym przypadku są nasze wcześniejsze doświadczenia z danym zadaniem lub mu podobnymi. Logicznym jest, że jeśli wykonanie czegoś udało nam się dwadzieścia razy z rzędu, to nie będziemy się spodziewać porażki przy wykonywaniu tego zadania po raz dwudziesty pierwszy.

Powyższe analityczne podejście do źródła pewności siebie narzuca jedno pytanie - co zrobić, gdy nie mamy odpowiedniej ilości danych? Wydaje mi się, że większość rzeczy, których można doświadczyć, lub rzeczy im podobnym, doświadczamy będąc dzieckiem, czyli gdy pewność siebie nie jest jeszcze bardzo nurtującym nas aspektem życia (można uznać, że pewność siebie jest wówczas losowa). Ponadto, w niektórych sytuacjach wystarczy jedna obserwacja, żeby wyrobić sobie opinię na temat przyszłych sukcesów lub porażek - na przykład gdy dziecko dotknie gorącego żelazka, na długo zapamiętuje, że następne próby najprawdopodobniej skończą się również porażką, jaką niewątpliwie jest oparzenie).

Na podstawie takich założeń dotyczących tego, czym jest pewność siebie, można zaproponować następujący matematyczny model pewności siebie:

niech $X_n, n = 1, 2, \dots$ będzie ciągiem zmiennych losowych o rozkładzie zero-jedynkowym, w którym 1 to sukces, a 0 to porażka. Wówczas, prawdopodobieństwo sukcesu to właśnie nasza pewność siebie, którą oznaczę jako θ_n . Skoro nasza pewność siebie zależy od wcześniejszych doświadczeń, niech $\theta_n = \theta_{n-1} + \epsilon_n$, gdy $n - 1$ doświadczenie zakończy się sukcesem, oraz $\theta_n = \theta_{n-1} + \epsilon_n$ w przeciwnym przypadku. ϵ_n dobieramy wówczas tak, by był większy lub równy 0 oraz θ_n była z przedziału $[0, 1]$ dla każdego n .

W takim modelu można zbadać wiele ciekawych problemów, zarówno matematycznych, jak i życiowych. Ja z takiego spojrzenia na pewność siebie wyciągnąłem wnioski w postaci obalenia dwóch często powtarzanych mi zdań, które w świetle tego modelu tracą swoje motywacyjne własności. Pierwszym z nich jest mówienie, że wystarczy być pewnym siebie, żeby coś się udało - gdyby dało się po prostu być pewnym siebie, to wtedy nikt nie miałby z tym problemów. Wówczas każdy byłby pewny siebie, przez co pojęcie pewności siebie straciłoby swój sens. Drugim często powtarzaniem "motywującym" zdaniem jest mówienie, że niczego się nie traci po ewentualnej porażce. W tym modelu wyraźnie widać, że każda porażka może zwiększyć szanse na następną porażkę.

Przedstawiony przeze mnie model to dość banalna próba opisanego prawdziwego życia za pomocą matematyki i wyciągnięcia z takiego opisu pewnych wniosków. Jednakże, uważam że taki model zbudowany na bazie sensownych założeń odzwierciedla w pewnym sensie ludzkie zachowanie (a przynajmniej moje, gdyż głównie na podstawie własnych przemyśleń sformułowałem ów model), a jego ewentualna analiza i rozbudowa mogłaby pomóc kilku nieśmiałym matematykom przezwyciężyć swoje słabości.

{ Michał Hadryś - student Wydziału Matematyki i Nauk Informatycznych Politechniki Warszawskiej }

DYSPUTY PITAGOREJSKIE

Forma rozmów, interakcji i spotkań inspirująca do dostrzegania nowych, ukrytych i zapomnianych aspektów rzeczywistości

Wszelkie myślenie realizuje się w formach narzuconych przez język. Nasze postrzeganie i pojmowanie dokonuje się w ramach świata przez nas rozumianego, interpretowanego i nazwanego. Mowa jest organem poznawczym i przechowuje dla nas to rozumienie. Często mowa nieświadomie zawiera określoną interpretację bytu. Mowa teorii naukowej staje się organem za pomocą, którego tak naprawdę postrzegamy świat: „Dopiero teoria powiada, co się mierzy” (A. Einstein). Jeśli tak rozumie się język, to rozumie się również rolę rozmowy w dochodzeniu do prawdy: „Prawda poczyna się we dwoje” (F. Nietzsche). Chcemy takich rozmów, gdzie dzieje się prawda: „Istotna, byt trafiająca prawda powstaje dopiero w komunikacji” (K. Jaspers). Prawda dzieje się i powstaje między rozmawiającymi ludźmi. W rozmowie myśl nie jest przekazywana do drugiego jako gotowy twór. Jest to raczej zacząć, impuls pobudzający nurt własnych myśli, w sposób niezwykle twórczy wychodzący poza słowa i myśli pierwszego

z rozmówców. Chcemy takich rozmów. Dysputy pitagorejskie to rozmowy. Rozmowy realizujące potęgę języka a w końcu słowa. Coś raz wypowiedziane zmienia rzeczywistość i to w sposób nieodwracalny. Wydaje się, że potęga słowa polega na uformowywaniu, czyli kreowaniu formy z bezkresu bezkształtnej substancji świadomości. Ten stosunek między formą i brakiem uformowania (brakiem formy) jest fundamentem świadomej egzystencji. Być może wypowiedziane, w rozmowie, w niezwykłym zdarzeniu zetknięcia się odrębnych światów (spotkaniu), „wydziela się z mglistego tła i dopiero wtedy staje się w pełni rzeczywiste. Nabiera kształtu i stałości i jako takie ostaje się.” (O.F. Bollnow).

Stanisław Janeczko

w cyklu DYSPUTY PITAGOREJSKIE

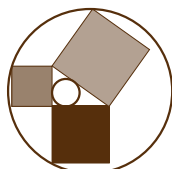
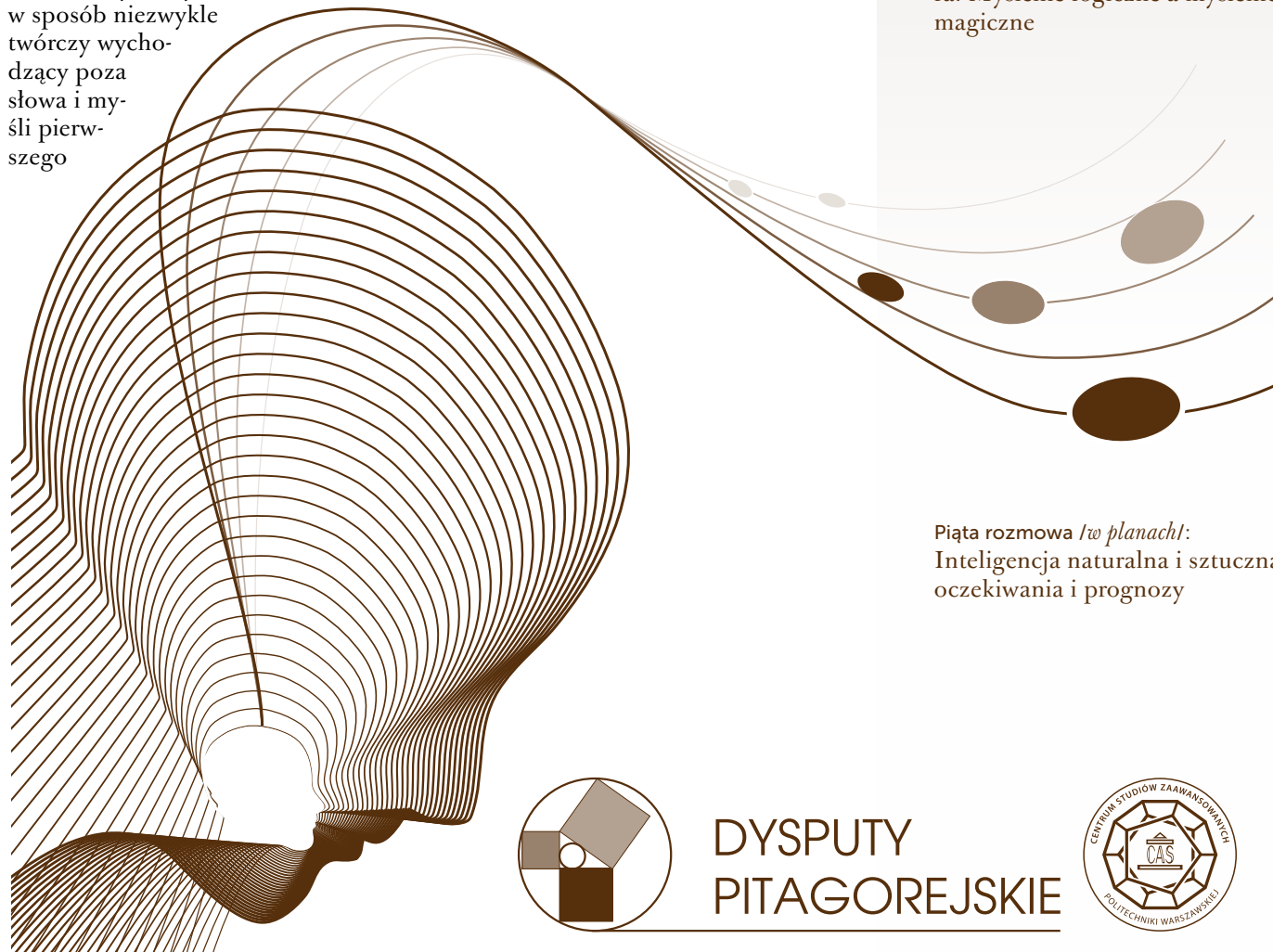
Pierwsza rozmowa /październik 2015/:
Nadzieje i zagrożenia świata wirtualnego. Kiedy jesteś sobą? Wiarygodność informacji w Internecie. Nowe wzorce zachowań. Informacja i człowieczeństwo.

Druga rozmowa /kwiecień 2016/:
Samodzielność w świecie nauki. Na czym polega samodzielność? W czym się przejawia? Samodzielność badawcza a niezależność życiowa. Odwaga i indywidualizm w nauce.

Trzecia rozmowa /czerwiec 2017/:
Czy istnieje przeszłość i przyszłość czy tylko teraźniejszość? Świat myśli i przeżyć. Czy czas i świadomość są tożsame? Jak poradzić sobie z sensem życia?

Czwarta rozmowa /marzec 2018/:
Moc myślenia - Racje, lęk, kultura. Myślenie logiczne a myślenie magiczne

Piąta rozmowa /w planach/:
Inteligencja naturalna i sztuczna - oczekiwania i prognozy



DYSPUTY
PITAGOREJSKIE



Celem Uczelnianej Oferty Dydaktycznej Centrum Studiów Zaawansowanych PW (UOD CSZ PW) jest poszerzenie wiedzy w wybranych kierunkach, a także pomoc i inspiracja w planowanej działalności naukowej. Program oferty adresowany jest do całego środowiska akademickiego Politechniki Warszawskiej, oraz chętnych spoza Uczelni. Na propozycję UOD CSZ PW składają się m.in. cykle interdyscyplinarnych wykładów podstawowych i specjalnych.

Merytoryczną opiekę nad UOD CSZ PW sprawuje Rada Programowa Centrum, którą tworzą naukowcy z Politechniki Warszawskiej, Uniwersytetu Warszawskiego, a także Polskiej Akademii Nauk.

Uczelniana Oferta Dydaktyczna Centrum Studiów Zaawansowanych

2018/2019

wykłady podstawowe
(30 h)



- Z1: Przetwarzanie i analiza danych w języku Python - prof. Marek Gągolewski (PW)
- Z3: Wybrane Zagadnienia Termodynamiki Technicznej - prof. Tomasz Wiśniewski (PW)
- Z4: Wstęp do analizy geometrycznej - prof. Stanisław Janeczko (PW)
- L1: Równania różniczkowe zwyczajne - prof. Wojciech Domitrz (PW)
- L2: Zaawansowane materiały - prof. Małgorzata Lewandowska (PW)

wykłady specjalne
(15 h)



- SZ1: Czy mogliśmy zrobić coś innego, niż uczyniliśmy? Analityczne wprowadzenie do filozoficznego sporu o wolność, determinizm i realność przyszłości - dr hab. Adrian Kuźniar (UW)
- SZ2: Wstęp do mechaniki kwantowej - dr hab. Andrzej Dragan (UW)
- SZ3: Elementy współrzędnościowych systemów pomiarowych - prof. Adam Woźniak (PW)
- SZ4: Laboratorium doskonalenia skuteczności i satysfakcji w relacjach z innymi ludźmi - grupa I
dr Leszek Mellibruda (Active Business Mind Psychologia biznesu)
- SZ5: Laboratorium doskonalenia skuteczności i satysfakcji w relacjach z innymi ludźmi - grupa II
dr Leszek Mellibruda (Active Business Mind Psychologia biznesu)
- SZ6: Wspomaganie decyzji przy wielorakości celów w praktyce inżynierskiej - wybrane zagadnienia
prof. Marianna Jacyna (PW)
- SL1: Konstrukcja Modeli Statystycznych z Pakietem R (KMS) - dr hab. inż. Anna Dembińska (PW)
- SL2: Wnioskowanie Statystyczne z Pakietem R - dr hab. inż. Anna Dembińska (PW)
- SL4: Jak wydobyć potencjał twórczy grupy? Techniki pracy twórczej w grupie
dr Bartłomiej Skowron (PW)

Uaktualniona lista przedmiotów znajduje się na stronie internetowej Centrum
wykłady podstawowe: http://www.konwersatorium.pw.edu.pl/oferta/w_podstawowe.html
wykłady specjalne: http://www.konwersatorium.pw.edu.pl/oferta/w_specjalne.html

Biuletyn Centrum Studiów Zaawansowanych „Profundere Scientiam”

Pl. Politechniki 1, p.152-154, 00-661 Warszawa; e-mail: csz@pw.edu.pl, www.csz.pw.edu.pl

Zespół redakcyjny: Małgorzata Zielińska – redaktor naczelna, Jowita Krakowiecka, Ilona Sadowska

Opieka merytoryczna: prof. Stanisław Janeczko

Projekt graficzny: Emilia Bojańczyk / Podpunkt | Opracowanie i skład: Małgorzata Zielińska / CSZ