

POSTĘPY FIZYKI

Dwumiesięcznik Polskiego Towarzystwa Fizycznego



Nagroda Nobla z fizyki – przedwczesna?

Nagroda Nobla z chemii – kwazikryształy

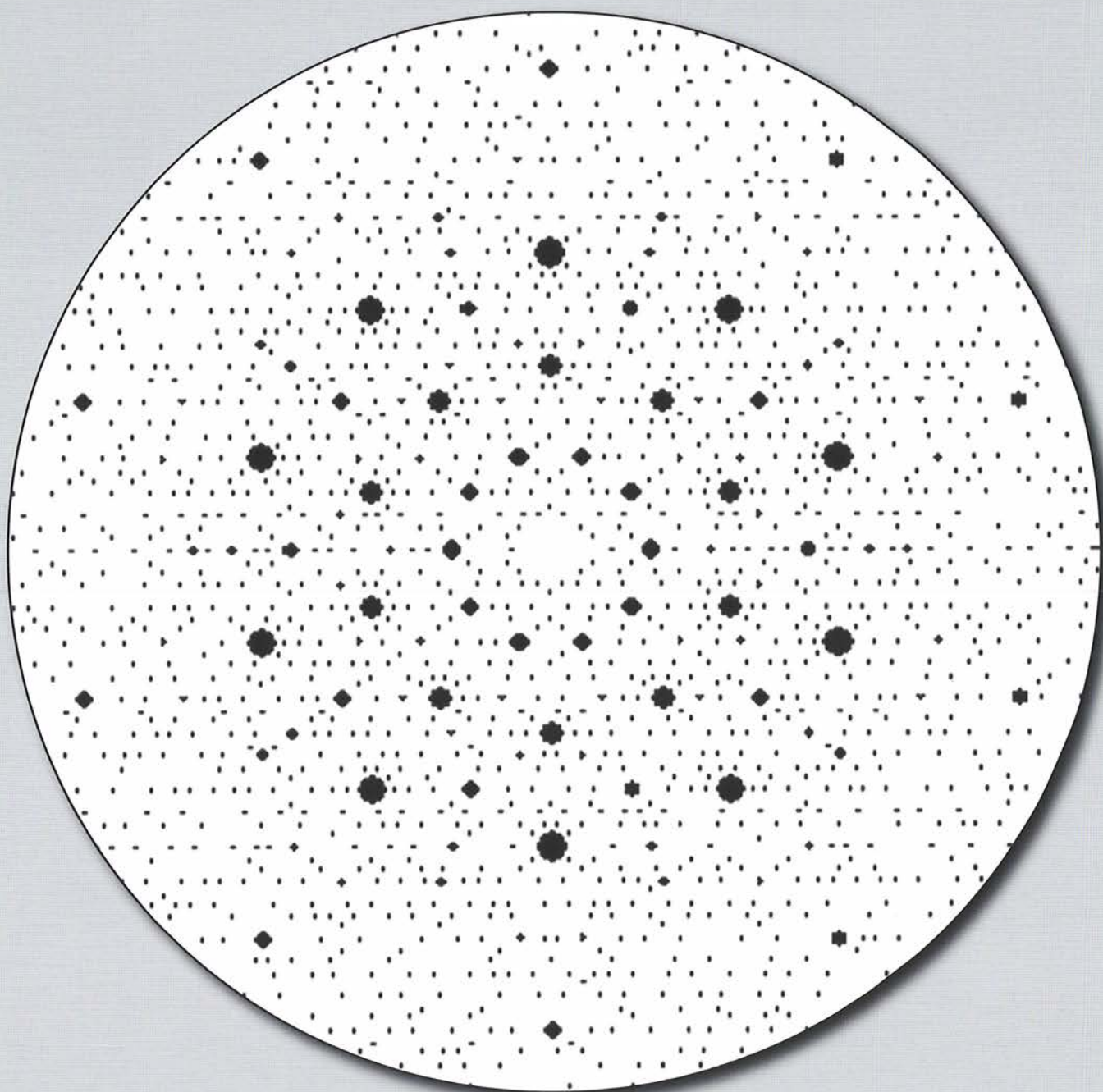
Idee Platońskie

**Słyszenie dźwięków
w kolorach**

ISSN 0032-5430



**Biomineralizacja
mineralnych
składników moczu
w warunkach *in vitro***



Obraz dyfrakcyjny dla dekadonalnego kwazikryształu
Al-Ni-Co uzyskany przy użyciu promieniowania
synchrotronowego (patrz str. 54)

RADA REDAKCYJNA

Andrzej Kajetan Wróblewski (przewodniczący), Mieczysław Budzyński,
Andrzej Dobek, Witold Dobrowolski, Zofia Gołqb-Meyer, Józef Szudy

REDAKTOR HONOROWY

Adam Sobiczewski

KOMITET REDAKCYJNY

Jerzy Warczewski (redaktor naczelny), Maria Matlak (sekretarz redakcji),
Michał Matlak, Magdalena Staszal, Jolanta Kasperek (redaktor techniczny)

Adres Redakcji:

Institut Fizyki UŚ, ul. Uniwersytecka 4, 40-007 Katowice,
e-mail: postepy@fuw.edu.pl oraz jerzy.warczewski@us.edu.pl
Internet: postepy.fuw.edu.pl

KORESPONDENCI ODDZIAŁÓW PTF

Anna Go (Białystok), Aleksandra Wronkowska (Bydgoszcz),
Wojciech Gruhn (Częstochowa), Tomasz Jarosław Wąsowicz (Gdańsk),
Roman Bukowski (Gliwice), Beata Kozłowska (Katowice), Aldona
Kubala-Kukuś (Kielce), Małgorzata Nowina Konopka (Kraków),
Elżbieta Jartych (Lublin), Michał Szanecki (Łódź), Halina Pięta (Opole),
Arkadiusz Ptak (Poznań), Małgorzata Pociąg (Rzeszów), Małgorzata
Kuzio (Ślupsk), Janusz Typek (Szczecin), Winicjusz Drozdowski (Toruń),
Aleksandra Miłosz (Warszawa), Bernard Jancewicz (Wrocław), vacat
(Zielona Góra)

POLSKIE TOWARZYSTWO FIZYCZNE

ZARZĄD GŁÓWNY

Wiesław A. Kamiński (prezes), Bohdan Grządkowski (sekretarz
generalny), Kazimierz Piotrowski (skarbnik), Mariusz Dąbrowski, Jacek
Przemysław Goc, Zofia Gołqb-Meyer i Jerzy Warczewski (członkowie
wykonawczy), Jacek Mściwój Baranowski, Maria Dobkowska, Henryk
Figiel, Bernard Jancewicz, Stefan Kruszewski, Andrzej Ślebarski, Andrzej
Zięba i Elżbieta Zipper (członkowie)

Adres Zarządu:

ul. Hoża 69, 00-681 Warszawa, tel./fax: 22-6212668,
e-mail: ptf@fuw.edu.pl, Internet: ptf.fuw.edu.pl

PRZEWODNICZĄCY ODDZIAŁÓW PTF

Krzysztof Szymański (Białystok), Stefan Kruszewski (Bydgoszcz), Ewa
Mandowska (Częstochowa), Jarosław Rybicki (Gdańsk), Jacek Mazur
(Gliwice), Wiktor Zipper (Katowice), Małgorzata Wysocka-Kunisz
(Kielce), Wojciech Gawlik (Kraków), Jerzy Żuk (Lublin), Tadeusz Wibig
(Łódź), Stanisław Waga (Opole), Alina Dudkowiak (Poznań), Marian
Kuzma (Rzeszów), Włodimir Tomlin (Ślupsk), Mariusz P. Dąbrowski
(Szczecin), Janusz Szatkowski (Toruń), Mirosław Karpierz (Warszawa),
Antoni Mituś (Wrocław), Marian Olszowy (Zielona Góra)

REDAKTORZY NACZELNI INNYCH CZASOPISM
WYDAWANYCH POD EGIDĄ PTF

Witold D. Dobrowolski – Acta Physica Polonica A, Michał Praszal-
owicz – Acta Physica Polonica B, Andrzej Jamiołkowski – Reports on
Mathematical Physics, Marek Kordos – Delta, Zofia Gołqb-Meyer –
Foton, Zbigniew Wiśniewski (redaktor prowadzący) – Fizyka w Szkole

Czasopismo ukazuje się od 1949 roku.

Wydawca: Polskie Towarzystwo Fizyczne

Dofinansowanie: Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego

Druk i oprawa: Drukarnia Archidiecejalna, ul. Wita Stwosza 11
40-042 Katowice, tel. 32 251 38 80, www.drukarch.com.pl

Nakład: 900 egzemplarzy

ISSN 0032-5430

Podpis pod zdjęciem na I stronie okładki: Dan Shechtman patrzy na świat
przez "pryzmat" ikozaedru, czyli dwudziestościanu foremnego - ostatniej
bryły Platonskiej (patrz str. 54).

SPIS TREŚCI

Y. M. Butt – Przedwczesna decyzja o nagrodzie Nobla? tłumaczenie i komentarze: Andrzej Krasinski	50
KRONIKA	53 i 95
J. Wolny – Nagroda Nobla za odkrycie kwazikryształów	54
B. Dembiński – O ideach Platonskich	58
L. Smentek – Kolorowa pocztówka dźwiękowa Colorful and musical postcard	67
J. Prywer – Od bakterii do kamienia moczowego, czyli o biomineralizacji mineralnych składników moczu w warunkach <i>in vitro</i>	78
J. Sworakowski – Prof. dr hab. Jan Kalinowski 1938-2010	89
LISTY OD I DO REDAKCJI	92

Droży Czytelnicy!

Niniejszy numer Postępów Fizyki zawiera artykuły dotyczące fizyki i chemii współczesnej oraz dotyczące fundamentów nauki. Pierwszy artykuł dotyczy Nagrody Nobla z fizyki w roku 2011, którą otrzymali Saul Perlmutter (USA), Brian P. Schmidt (Australia), Adam G. Riess (USA) „za odkrycie przyspieszającej ekspansji Wszechświata poprzez obserwacje odległych supernowych”. Artykuł składa się z listu Yousafa M. Butta do Physics Today przetłumaczonego przez Andrzeja Krasinskiego oraz ze znacznie obszerniejszego komentarza napisanego przez tego ostatniego. Obaj Autorzy uznali przyznanie tej Nagrody za przedwczesne, dyskusja bowiem na temat wielkości pociemnienia supernowych i jego interpretacji kosmologicznej nadal trwa. Głosy obu Autorów są twórczym wkładem do tej dyskusji oraz ukazują i uzasadniają szereg wątpliwości do tej przedwczesnej decyzji Komitetu Noblowskiego. Drugi artykuł, którego Autorem jest Janusz Wolny, dotyczy Nagrody Nobla z chemii w roku 2011, którą otrzymał Dan Shechtman (Izrael) „za odkrycie kwazikryształów” – wykazujących ostre piki dyfrakcyjne, będących zatem strukturami dalekiego zasięgu, ale nieposiadającymi symetrii translacyjnej, posiadają one bowiem osie symetrii, np. pięciokrotną czy dziesięciokrotną, które nie dopuszczają do powstania takiej symetrii, przynajmniej w trzech wymiarach. Autor omawia w artykule współczesne sposoby opisu struktury kwazikryształów, mianowicie analizę wielowymiarową, metodę średniej komórki elementarnej (będącą dziełem Janusza Wolnego!) oraz metodę klastrową. Podkreślając istnienie bardzo rozmaitych i przydatnych człowiekowi własności fizycznych kwazikryształów wspomnę jako ciekawostkę, że emalia zębów człowieka i zębów niektórych drapieżników posiada strukturę kwazikryształów nadającą zębom wielką twardość. W następnym artykule Bogdan Dembiński przedstawia najistotniejsze elementy Platonskiej teorii idei. Porusza podstawowe kwestie związane z epistemologią i ontologią, ale głównym przedmiotem jego zainteresowania są związki między matematyką a ontologią w myśli Platona. Bogdan Dembiński podkreśla, że ostatnia postać nauki Platonskiej, zwana „nauką niepiśaną”, dotyczy koncepcji liczb i figur idealnych, ujętych w świetle dwóch najwyższych bytowych pryncypiów. Autor próbuje przedstawić istotę Platonskiego rozumienia matematyki oraz wyjaśnić status bytowy przypisywany przez Platona przedmiotom matematycznym. Wiele poglądów Autora skrytalizowało się pod wpływem dyskusji z Rogerem Penrose’em. Nie na żaden sposób zdaje sobie sprawę z tego, jak głęboko zakorzeniona jest w filozofii Platona nauka współczesna. Tę myśl zilustruję faktem, że szesnastoletni Heisenberg znał biegle łacinę i grekę i w tych językach czytał dzieła filozofów, w szczególności przestudiował całego Platona. W kolejnym artykule Lidia Smentek zastanawia się nad niezwykłymi związkami dźwięku i koloru i jako fizyk poszukuje wytłumaczenia słyszenia dźwięków w kolorach. Przedstawia – niezwykle prostą zresztą – teorię transpozycji dźwięków na kolory. Daje różne przykłady, nawet osoby Feynmana, słyszenia na kolorowo. Odwiedza prawdopodobnie najnowocześniejsze na świecie studio nagrań i opisuje różne aspekty fizyczne stanowiące tło do nagrań. A wszystko to dzieje się w klimacie i atmosferze muzyki country w Nashville, Music City USA. Jolanta Prywer w swym artykule zajmuje się zjawiskiem biomineralizacji występującym w organizmach bakterii, zwierząt i człowieka (tu np. kamienie moczowe i żółciowe). Podkreśla, że zjawisko to często zachodzi pod wpływem odpowiednich bakterii. Mamy też piękne wspomnienie o Profesorze Janie Kalinowskim pióra Juliusza Sworakowskiego. Wreszcie Listy od i do Redakcji a także Kroniki dopełniają treści niniejszego numeru Postępów Fizyki.

Jerzy Warczewski

Przedwczesna decyzja o nagrodzie Nobla?

Yousaf M. Butt

(ybutt2002@yahoo.com) Cambridge, Massachusetts

(Tekst przetłumaczony za zgodą Wydawcy i Autora z:

Yousaf M. Butt, „Premature Nobel Prize decision?“, *Physics Today*, February 2012, str. 10.

Copyright 2012, American Institute of Physics).

Streszczenie: Nagroda Nobla z fizyki za rok 2011 została przyznana przedwcześnie – dyskusja na temat pociemnienia supernowych nadal trwa. Dyskutowana jest zarówno wielkość pociemnienia, jak też jego kosmologiczna interpretacja. Na tym etapie decyzja komitetu noblowskiego w niekorzystny sposób wpłynie na swobodę dalszej dyskusji. Tezy te przedstawia list czytelnika przetłumaczony z *Physics Today*, poparty bardziej szczegółowymi uwagami tłumacza.

Premature Nobel Prize decision?

Abstract: The Nobel Prize in physics for 2011 was awarded prematurely – the dimming of distant supernovae is still a live matter of discussion. The measure of the dimming and its cosmological interpretation are both being disputed. At this stage, the decision of the Nobel Prize committee will adversely influence the liberty of further discussion. These theses are presented in a reader's letter translated from *Physics Today*, supported by more detailed comments of the translator.

Przyznanie nagrody Nobla z fizyki w r. 2011 „za odkrycie przyspieszającej ekspansji Wszechświata” (patrz *Physics Today*, grudzień 2011, str. 14) było ryzykownym wkroczeniem w zależną od modelu spekulację, opartą na obserwacjach supernowych o dużym redshifcie. Interpretacja odkrycia zrobionego zaledwie 13 lat temu, że światło z odległych supernowych typu Ia wydaje się mniej intensywne niż oczekiwaliśmy, jest nadal bieżącym tematem badań astrofizycznych.

W większościowym nurcie kosmologii supernowe typu Ia są traktowane jako możliwe do skalibrowania świece standardowe. Ponieważ bardziej odległe spośród nich wydają się systematycznie mniej jasne niż oczekiwano, prosta konkluzja mówi, że Wszechświat rozszerza się z coraz większą prędkością. Ale metodologia, która służy do poprawnej kalibracji maksymalnej jasności supernowych typu Ia – a więc do ich zastosowania w kosmologii – jest oparta na podstawach empirycznych i może wprowadzać systematyczne błędy, które prowadzą do fałszywego wrażenia przyspieszającej ekspansji Wszechświata.

Maksymalne jasności absolutne supernowych typu Ia zależą od zawartości niklu 56 w produktach eksplozji i różnią się między sobą o czynnik 3. Tymczasem obserwacje wykazały, że odległe supernowe typu Ia, po empirycznych korektach, są tylko o 25% mniej jasne niż oczekiwano. W roku 2011 nowe korekty, oparte na masach galaktyk zawierających supernowe, wprowadziły nowe poprawki do kalibracji jasności [1] rzędu 10%. Ta dziedzina jest, jak widać, w trakcie ewolucji; nowe systematyczne poprawki być może trzeba będzie wprowadzać w przyszłości.

Różne alternatywy względem przyspieszającego Wszechświata także zostały zaproponowane [2]. Czy te alternatywy nadają się do przyjęcia, okaże się w przyszłości, ale Noblowski Komitet Fizyki być może zadziałał nieco przedwcześnie wybierając uprzywilejowaną interpretację danych zebranych w ramach projektu obserwacji supernowych. Skutkiem, zamierzonym lub nie, jest zastraszenie sceptyków, powodujące ich milczenie, autocenzurę albo ośmieszenie. Tymczasem rzetelna nauka rozwija się przy udziale zdrowej dawki sceptycyzmu i przy otwartych umysłach.

Może okazać się, że Wszechświat rzeczywiście rozszerza się ruchem przyspieszonym. Jednakże, naukowa kwestia losów Wszechświata jest zbyt ważna, aby rozstrzygać ją rozporządzeniem komitetu noblowskiego. Ta kwestia nie jest jeszcze zamknięta, pomimo nagrody Nobla 2011.

Tłumaczył Andrzej Kasiński,
Centrum Astronomiczne im. M. Kopernika,
Polska Akademia Nauk, ul. Bartycka 18,
00 716 Warszawa

Komentarz tłumacza

Autor napomknął tylko o alternatywnych objaśnieniach obserwacji supernowych, a ten temat zasługuje na szersze omówienie. Zacząć należy od podkreślenia, że „przyspieszająca ekspansja” Wszechświata *nie jest* faktem obserwacyjnym. Takim faktem jest mniejsza od oczekiwanej maksymalna jasność absolutna dalekich supernowych typu Ia („pociemnienie supernowych”)¹. Przyspieszająca ekspansja Wszechświata jest elementem teoretycznego objaśnienia tego faktu. Konkluzja o przyspieszającej ekspansji wynika z zastosowania bardzo prostej klasy modeli kosmologicznych do interpretowania obserwacji – mianowicie izotropowych i przestrzennie jednorodnych modeli Robertsona – Walkera (RW). Traktowanie jej jako faktu obserwacyjnego jest błędem metodologicznym.

Alternatywne objaśnienia idą w dwu kierunkach:

I. Wszechświat w skali gromad galaktyk jest niejednorodny (i jeszcze bardziej niejednorodny w mniejszych skalach). Stosując modele ewolucji w wielkiej skali, takie jak RW, wyobrażamy sobie, że dokonaliśmy uśrednienia wszystkich wielkości fizycznych i geometrycznych po objętości. Operacyjne szczegóły i skutki takiego „uśredniania w wyobraźni” są jednak nieznane. Nie istnieje ścisły przepis na uśrednianie geometrii, ale próby, prowadzone metodami przybliżonymi albo metodami dobranymi do przypadków szczególnych, wskazują, że uśrednianie równań pola grawitacyjnego (równań Einsteina) produkuje dodatkowe człony, które w wielkoskalowym równaniu ewolucji ujawniają się jako ujemna poprawka do gęstości masy. Poprawka taka imituje człon kosmologiczny, czyli przyspieszającą ekspansję – bez konieczności wprowadzania „ciemnej energii”. Opis aktualnego stanu wiedzy w tej dziedzinie można znaleźć w poz. [3], pótlelementarne wprowadzenie do tej tematyki zawiera rozdział 8 w poz. [4].

II. Znane są ścisłe rozwiązania równań Einsteina, które, przy pewnych założeniach o rozkładzie

materii i/lub o symetrii czasoprzestrzeni, opisują ewolucję niejednorodnego Wszechświata. Najpopularniejszym z nich jest obecnie model Lemaître’a – Tolmana (LT)², opisujący sferycznie symetryczne zaburzenie nałożone na tło modelu RW z zerowym ciśnieniem. Podkreślam, że mowa jest tu o zaburzeniu *ścisłym*, nie perturbacyjnym, spełniającym równania Einsteina bez żadnych przybliżeń. Zamiast prędkości ekspansji proporcjonalnej do przestrzennej odległości od obserwatora i zmiennej tylko w czasie, występującej w modelach RW, w modelu LT mamy prędkość ekspansji zmienną w przestrzeni w sposób dowolny, nieskorelowany z odległością, i zmienną w czasie w sposób określony przez równania Einsteina. Dobierając odpowiedni przestrzenny rozkład prędkości ekspansji można w tym modelu wyjaśnić obserwacje supernowych Ia bez użycia „ciemnej energii” i przy prędkości ekspansji malejącej z czasem, w zgodzie z prawami grawitacji.

Z powodów trudnych do wyjaśnienia, wszystkie próby poważnego potraktowania modeli kosmologicznych ogólniejszych niż RW budzą wśród astronomów irracjonalny zawzięty opór. Objawia się on, między innymi, w postaci publikacji przygotowanych bez należytej znajomości tematu, zmierzających do udowodnienia, że model LT jest sprzeczny z obserwacjami. Publikacje te stają się następnie źródłami „wiedzy” dla czytelników o poziomie kompetencji porównywalnym z autorami, a zawarte w nich błędne tezy, przez wielokrotne powtarzanie, zyskują status udowodnionych prawd. Oto kilka wątków tej dyskusji:

1. Błędna teza: Użycie modelu LT do wyjaśnienia obserwacji supernowych prowadzi do wniosku, że naszą Galaktykę otacza wielka sferycznie symetryczna pustka, o promieniu różnie ocenianym przez różnych autorów – od 400 do 1500 Mpc [7]. Przyjmując jej istnienie za pewnik, różni autorzy używają wyników obserwacji składowych fourierowskich mikrofalowego promieniowania tła, aby dowieść, że nasza Galaktyka musiałaby znajdować się bardzo blisko środka tej pustki, co przeczy „zasadzie kosmologicznej” (zbyt wiele prac, aby je cytować).

Wyjaśnienie: teza o istnieniu wielkiej pustki jest błędna. Wynika ona tylko wtedy, gdy sztucznie ograniczymy ogólność modelu LT. Model ten zawiera dwie funkcje dowolne zmiennej radialnej, które stanowią dane początkowe dla równania ewolucji. Jedna z nich, $M(r)$, opisuje początkowy rozkład gęstości masy, druga, $t_B(r)$ – rozkład czasowy wybuchu początkowego, który w modelu LT, w naturalnej kosmologicznej synchronizacji, na ogół nie jest równoczesny. Wniosek o istnieniu pustki wynika przy

¹ Autor listu zgłasza wątpliwości nawet co do tego faktu, słusznie podkreślając, że nie jest to czysty rezultat obserwacji. Interpretacja prawie wszystkich obserwacji kosmologicznych wymaga założeń teoretycznych, w tym założeń o modelu Wszechświata.

² Wyprowadzenie tego modelu z równań Einsteina oraz opis jego własności i zastosowań można znaleźć w poz. [5]; został on po raz pierwszy przedstawiony w pracy G. Lemaître’a [6].

założeniu, że funkcja $t_B(r)$ jest stała – jak w modelach RW. Bez narzuconych ograniczeń, model LT można dopasować do wyników obserwacji supernowych i do dowolnego przestrzennego rozkładu gęstości, co zostało udowodnione i zademonstrowane na numerycznych przykładach [7].

2. Błędna teza: modele LT imitujące przyspieszającą ekspansję muszą w środku symetrii zawierać „słabą osobliwość” [8].

Wyjaśnienie: Rzekoma „słaba osobliwość” nie jest osobliwością. Krzywizna w środku symetrii jest w tych modelach ograniczona. To, co autorzy pracy [8] nazwali „słabą osobliwością” jest w rzeczywistości nieciągłością drugiej pochodnej gęstości masy po zmiennej przestrzennej – zupełnie nieszkodliwym zjawiskiem występującym np. na powierzchni Ziemi. Dokładniejsze omówienie tej kwestii zawiera praca [9].

3. Błędna teza: modele niejednorodne z zerową stałą kosmologiczną nie mogą być dopasowane do funkcji $D_L(z)$ wynikającej z obserwacji supernowych. Wielkość D_L jest odległością jasnościową między obserwatorem na Ziemi a badaną supernową, z – obserwowanym dla niej przesunięciem ku czerwieni. Niemożliwość ta ma wynikać z równania [10]:

$$H^2(z) q_4 = 4\pi\rho/3 + 14\sigma^2/15, \quad (1)$$

gdzie H jest współczynnikiem Hubble’a, q_4 – parametrem deceleracji, ρ – uśrednioną w przestrzeni gęstością masy we Wszechświecie, zaś σ – ścinaniem, czyli wielkością opisującą deformację elementu objętości Wszechświata podczas niejednorodnej ekspansji. Definicje tych wielkości można znaleźć w poz. [5]; dla cytowanego rozważania istotne jest to, że (a) $\rho > 0$ z powodów fizycznych i (b) $q_4 > 0$ dla ekspansji ruchem opóźnionym i $q_4 < 0$ dla ekspansji ruchem przyspieszonym, na mocy definicji. Rzeczona niemożliwość ma wynikać z faktu, że obserwacje wskazują, iż $q_4 < 0$, natomiast równanie (1) implikuje $q_4 > 0$.

Wyjaśnienie: równanie (1) jest oparte na przybliżeniach, które autorzy pracy [10] przemilczeli. Używanie przybliżonego równania do określania znaku jakiegokolwiek wielkości jest oczywistym błędem. Jeśli potraktujemy przybliżenia ukryte w wyprowadzeniu (1) jako ścisłe założenia, to model LT redukuje się do rozwiązania próżniowego (Schwarzschilda) i nie jest w tej granicy modelem Wszechświata [9]. Ponadto, obserwacyjny wniosek, że $q_4 < 0$, został wyprowadzony w oparciu o model RW. W modelu LT wielkość q_4 nie jest miarą deceleracji [9]. Do kwestii używania wniosków z modelu RW przy interpretacji modelu LT wrócimy poniżej.

4. Błędna teza: przy obliczaniu funkcji $z(D_L)$ dla modelu LT napotykamy „patologię”: przy pewnej odległości $D_L = \mathcal{H}$ przesunięcie ku czerwieni z dąży do nieskończoności [8].

Wyjaśnienie: w odległości $\mathcal{H}$ napotykamy horyzont widzialny (apparent horizon) – miejsce, w którym przestrzenna średnica przeszłego stożka świetlnego osiąga maksimum i zaczyna maleć przy dalszym oddalaniu się od obserwatora. Efekt ten jest od dawna znany i występuje także w modelach RW. Nieskończona wartość z jest efektem czysto numerycznym: w równaniu, które trzeba scałkować, aby obliczyć $z(D_L)$, wielkość dD_L/dz , równa zero dla $D_L = \mathcal{H}$, występuje w mianowniku [9], tworząc wyrażenie nieokreślone postaci 0/0. Prostopodusznie napisane programy numeryczne nie radzą sobie z takimi wyrażeniami i dają rezultaty nieprzewidywalne. Rozwiązania tego problemu są znane i opublikowane [7, 11].

Obecnie jednym z kierunków ataku przeciwników modelu LT są próby udowodnienia, że funkcja $t_B(r)$ musi być stała, ponieważ nierównoczesny wybuch początkowy prowadzi do sprzeczności z różnymi pomiarami charakterystyk promieniowania tła [12]. Ze stałą funkcją $t_B(r)$ model LT jest okaleczony i rzeczywiście bezradny wobec szeregu problemów. Ten argument nie doczekał się jeszcze szczegółowej repliki. W związku z nim należy jednak podkreślić, co następuje. Aby rzetelnie porównać z obserwacjami model LT (albo jakiegokolwiek inny), należy systematycznie zastosować go na każdym etapie analizy wyników obserwacyjnych. To wymagałoby ponownego przebadania wielkiej ilości danych. Nad takim programem pracuje C. Hellaby ze współpracownikami [11], ale praca ta nie jest bliska zakończenia. Z braku lepszych możliwości, autorzy obecnie publikowanych prac używają wyników obserwacji zinterpretowanych w oparciu o modele RW do wyciągania wniosków dotyczących funkcji $M(r)$ i $t_B(r)$ w modelu LT. Jest to uprawnione, jeśli celem tej działalności jest wskazywanie nowych potencjalnych możliwości, jakie model LT stwarza, przy milczącym założeniu, że wyniki te zostaną w przyszłości poddane ponownej analizie w ramach całościowej rewizji materiału obserwacyjnego w oparciu o model LT. Nakładanie na funkcje $M(r)$ i $t_B(r)$ ścisłych ograniczeń w oparciu o prowizoryczną mieszaninę nieuzgodnionych wewnętrznie danych jest pozbawione sensu. Prosty przykład: przestrzenny obraz struktur takich, jak gromady galaktyk albo pustki, jest otrzymywany w oparciu o prawo Hubble’a, które obowiązuje tylko w modelach RW. Rekonstrukcja przestrzennego rozkładu materii przeprowadzona konsekwentnie w oparciu o model LT mogłaby dać całkiem inne wyniki, o których obecnie nie wiemy nic.

Przedstawione tu omówienie sytuacji ilustruje dwie główne tezy Y. Butta:

1. Wyjaśnienie pociemnienia supernowych poprzez przyspieszającą ekspansję Wszechświata nie jest jedynym możliwym w ramach klasycznej teorii względności Einsteina i dyskusja nad innymi wyjaśnieniami nadal trwa.

2. Przyznając nagrodę Nobla za to „odkrycie” komitet noblowski, chyba po raz pierwszy w swojej historii, wystąpił w roli uczestnika i arbitra dyskusji, zamiast spokojnie zaczekać na rozstrzygnięcie wątpliwości przez autentycznych ekspertów.

Literatura:

- [1] P. L. Kelly i inni, *Astrophys. J.* **715**, 743 (2010).
- [2] Patrz, na przykład, C. Tsagas, *Phys. Rev. D* **84**, 063503 (2011).
- [3] *Classical and Quantum Gravity*, vol. **28** nr 16 (2011) – zeszyt specjalny poświęcony niejednorodnym modelom kosmologicznym i uśrednianiu. Patrz w szczególności:
E. W. Kolb, *Class. Quant. Grav.* **28**, 164009 (2011).
K. Bolejko, M.-N. Célérier, A. Kasiński, *Class. Quant. Grav.* **28**, 164002 (2011).
- [4] A. Kasiński, *Inhomogeneous Cosmological Models*. Cambridge University Press 1997, 317 pp.
- [5] J. Plebański, A. Kasiński, *An introduction to general relativity and cosmology*. Cambridge University Press 2006, 534 pp.
- [6] G. Lemaître, *Ann. Soc. Sci. Bruxelles* **A53**, 51 (1933); angielski przekład z komentarzem historycznym: *Gen. Rel. Grav.* **29**, 637 (1997).
- [7] M.-N. Célérier, K. Bolejko, A. Kasiński, *Astrophysics and Astrophysics* **518**, A21 (2010).
- [8] R. A. Vanderveld, E. E. Flanagan, I. Wasserman, *Phys. Rev.* **D74**, 023506 (2006).
- [9] A. Kasiński, C. Hellaby, K. Bolejko, M.-N. Célérier, *Gen. Rel. Grav.* **42**, 2453 (2010).
- [10] C. M. Hirata, U. Seljak, *Phys. Rev.* **D72**, 083501 (2005).
- [11] M. L. McClure, C. Hellaby, *Phys. Rev.* **D78**, 044005 (2008).
- [12] P. Bull, T. Clifton, P. G. Ferreira, *Phys. Rev.* **D85**, 024002 (2012).

KRONIKA

■ Walne Zebranie Toruńskiego Oddziału PTF

W czwartek 9 lutego 2012 r. o godz. 12:15 odbyło się Walne Zebranie Toruńskiego Oddziału PTF. W wyniku przeprowadzonych wyborów w skład Zarządu TO PTF weszli: dr Janusz Szatkowski (przewodniczący), dr Beata Derkowska-Zielińska (skarbnik), dr hab. Winicjusz Drozdowski (sekretarz), dr Krzysztof Przegiętka (członek) i Piotr Strzelewicz (członek). Powołano też nową Komisję Rewizyjną w składzie: prof. Stanisław Łęgowski (przewodniczący), dr Przemysław Płóciennik i dr Józefina Turło. Bieżącą działalność TO PTF można obserwować za pośrednictwem strony <http://ptf.fizyka.umk.pl>.

■ XXV wykład im. Aleksandra Jabłońskiego

W czwartek 23 lutego 2012 r. o godz. 17:15 w Instytucie Fizyki UMK prof. Włodzisław Duch z Katedry Informatyki Stosowanej Wydziału Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej UMK wygłosił wykład pt. „Mózgi i umysły, czyli co o sobie wiemy”. Był to już dwudziesty piąty z corocznych Wykładów im. Aleksandra Jabłońskiego, organizowanych od 1988 r. w kolejne rocznice urodzin prof. Jabłońskiego, twórcy toruńskiej szkoły fizyki.

Winicjusz Drozdowski,
Toruń, luty 2012

Nagroda Nobla za odkrycie kwazikryształów

Janusz Wolny

AGH w Krakowie, Wydział Fizyki i Informatyki Stosowanej

Streszczenie: Nagrodę Nobla z chemii w 2011 roku otrzymał Dan Shechtman za odkrycie kwazikryształów, którego dokonał niemal trzydzieści lat wcześniej obserwując obrazy dyfrakcyjne o zabronionej symetrii dla szybkochłodzonych stopów Al-Mn. Odkrycie to podważyło paradygmat o periodyczności struktur wykazujących uporządkowanie dalekiego zasięgu. Po kilkuletnich niepowodzeniach publikacyjnych, w końcu udało się Shechtmanowi przekonać innych do istnienia aperiodycznych kryształów – kwazikryształów. W artykule omówione są też współczesne sposoby opisu struktury kwazikryształów, jak: analiza wielowymiarowa, metoda średniej komórki elementarnej oraz podejście klasterowe.

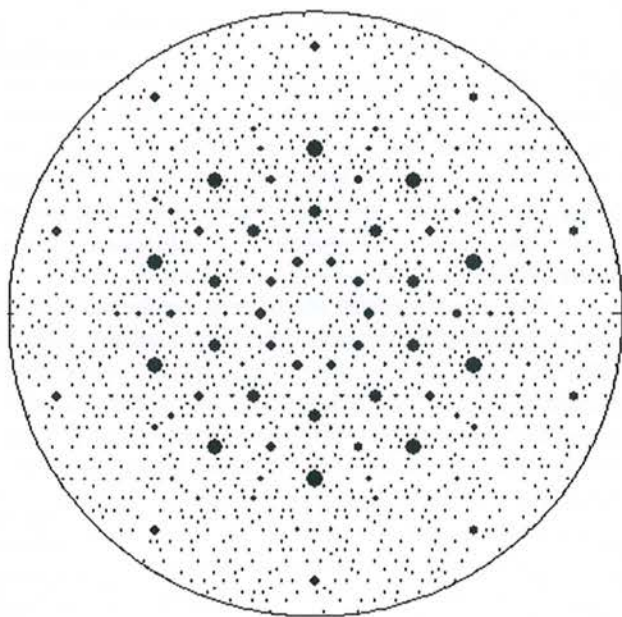
Noble Prize for the discovery of quasicrystals

Abstract: The 2011 Noble Prize in chemistry was given to Dan Shechtman for the discovery of quasicrystals. This famous discovery took place almost thirty years ago, when Dan Shechtman observed the forbidden symmetries of diffraction patterns for rapidly quenched Al-Mn alloys. It contested the paradigm of periodicity for all long-range ordered structures. After several years of publishing failures Shechtman finally managed to persuade the community to the existence of aperiodic crystals – quasicrystals. Some recent approaches to the description of structure of quasicrystals, e.g. higher-dimension analysis and average unit cell or clusters approaches are briefly discussed.

Nagroda Nobla z chemii w roku 2011 została przyznana za odkrycie kwazikryształów, którego dokonał Dan Shechtman (Technion, Haifa, Izrael) blisko trzydzieści lat temu. W latach 1981-82 dr Shechtman przebywał na urlopie naukowym (tzw. sabbatical) w US National Bureau of Standards (NBS, obecnie NIST), gdzie rozwijał opracowaną przez siebie technikę badania proszkowych próbek stopów metalicznych. Mimo iż jego badania w NBS były sponsorowane przez Defense Advanced Research Project Agency, był on w bardzo komfortowej sytuacji, bo mógł prowadzić badania naukowe w wybranej przez siebie tematyce. Jego zainteresowanie ukierunkowane było na tworzenie nowych stopów z wykorzystaniem metody szybkiego chłodzenia. Początkowo badał stopy z układu aluminium-żelazo, a następnie aluminium-mangan. Odkrycia kwazikryształów dokonał przypadkowo w dniu 8 kwietnia 1982 roku, obserwując obrazy powstające w wyniku dyfrakcji i interferencji elektronów na mikroziarnach stopu Al₆Mn. Zaobserwował wyraźne piki dyfrakcyjne, świadczące o dalekozasięgowym uporządkowaniu atomowym, jednak tworzące obraz o symetrii dziesięciokrotnej.



Rys. 1. Dan Shechtman wygłasza referat podczas Srebrnego Jubileuszu Odkrycia Kwazikryształów, Tel Aviv 2007



Rys. 2. Obraz dyfrakcyjny dla dekalnego kwazikryształu Al-Ni-Co uzyskany przy użyciu promieniowania synchrotronowego

Jest powszechnie wiadomym, że periodyczne układy krystaliczne mogą mieć tylko niektóre osie symetrii, a mianowicie 1, 2, 3, 4 i 6-cio krotne. I tak, układy periodyczne nie mają symetrii pięciokrotnej, co najprościej wytłumaczyć niemożliwością pokrycia płaszczyzny pięciokątami foremnymi bez luk i bez nakładania się pięciokątów, ani też symetrii wyższej niż sześciokrotna. W przypadku dyfrakcji dochodzi jeszcze dodatkowy element symetrii jakim jest inwersja (prawo Friedla), która często prowadzi do obrazów o parzysto-krotnych osiach symetrii, co również widział Shechtman w swoim eksperymencie. Po rejestracji „dziwnych” obrazów dyfrakcyjnych Shechtman natychmiast zdał sobie sprawę z tego, że obserwowane przez niego zjawisko łamie reguły klasycznej krystalografii, chyba, że sztucznie utworzymy strukturę z wielu mikrobliźniaków. Przeczucie kierowało go jednak w stronę nieznanych wówczas obiektów strukturalnych, niemających symetrii translacyjnej. Powtarzając wielokrotnie eksperymenty dyfrakcyjne nabrał wewnętrznego przekonania o niezwykłości odkrycia.

Teraz trzeba było jednak przekonać innych, a z tym nie było tak łatwo. Pierwsze próby opublikowania obrazów dyfrakcyjnych o zabronionej symetrii spełzły na niczym – opinie recenzentów były druzgocące i nie zostawiały cienia nadziei na jakąkolwiek publikację. Shechtman jednak się nie poddał i spróbował przekonać innych. W końcu udało mu się utworzyć zespół wybitnych krystalografów, który „przepchnął” publikację w *Physical Review Letters*[1] po ponad dwóch latach beznadziejnej walki z recenzentami. W skład tego zespołu weszli: Ilan Blech (kolega z Technion, który od początku i jako jeden

z nielicznych dyskutował z Shechtmanem na temat obrazów dyfrakcyjnych o zabronionej symetrii), John Cahn (wybitny krystalograf amerykański, który zaraz po odkryciu kwazikryształów odesłał Shechtmana z kwitkiem, twierdząc, że to wielokrotne bliźniaki, a zatem nic nowego w krystalografii) oraz Denis Gratias (wybitny francuski matematyk pracujący w dziedzinie krystalografii). Publikacja tej czwórki była jak wsadzenie kija w mrowisko, zmuszając do rewizji poglądów na temat budowy materii skondensowanej. Zaprezentowane pomiary dyfrakcyjne jednoznacznie wskazywały, że w przestrzeni wektora falowego mamy do czynienia z symetrią ikozaedru (dwudziestościanu foremnego). Ikozaedr jest jedną z pięciu brył platońskich, której symetria wyklucza periodyczność przestrzenną i zawiera pięciokrotne osie symetrii. W środowisku naukowców zawrzało. Szczególnie fizycy teoretycy natychmiast próbowali wyjaśnić obserwowane zjawisko. Niemal w każdym kolejnym wydaniu *Physical Review Letters* czy *Physical Review B* pojawiały się publikacje z tego zakresu. Pierwszą z nich, która ukazała się zaraz po doniesieniu Shechtmana, była publikacja autorstwa Levine’a i Steinhardta [2], w której tytule po raz pierwszy użyto nowej nazwy – „quasicrystals”. Nazwa kwazikryształy, z kilku innych nazw obiegowych, została powszechnie przyjęta i jest używana do opisu struktur aperiodycznych o dalekozasięgowym uporządkowaniu. Od razu jednak pojawił się problem z przestrzennym ułożeniem atomów, co najlepiej oddaje słynne już pytanie Per Baka zadane w 1986 roku: „ikozaedryczne kryształy – gdzie znajdują się atomy?”[3].

Jednak nie wszyscy byli tak entuzjastycznie nastawieni do niestandardowej interpretacji odkrycia Shechtmana. Wyrazicielem opinii „konserwatystów” był jeden z najwybitniejszych chemików XX wieku – Linus Pauling, dwukrotnie uhonorowany Nagrodą Nobla. Położył on na szalę cały swój autorytet naukowy twierdząc, że obserwowane obrazy dyfrakcyjne pochodzą od wielokrotnych bliźniaków[4]. Publicznie twierdził, że „nie ma kwazikryształów, a są tylko kwazi-naukowcy”. Różnica zdań między Shechtmanem i Paulingiem trwała przez wiele lat, a autorytet Paulinga odgrywał w tym sporze pierwszoplanowe znaczenie. (Wiele informacji dotyczących historii odkrycia kwazikryształów zostało zamieszczonych w opracowaniu autorstwa I. Hargittai[5].)

Ostatecznie kwazikryształy zostały powszechnie zaakceptowane, co potwierdziła w 1991 roku Międzynarodowa Unia Krystalograficzna zmieniając definicję kryształu na następującą: „kryształem nazywamy każde ciało stałe o istotnie dyskretnym obrazie dyfrakcyjnym”. W ramach tej nowej definicji zrezygnowano z periodyczności, a kwazikryształy stały się częścią kryształów. Na podstawie obliczeń modelowych można pokazać, że między wielokrotnymi mikrobliźniakami a idealnymi kwazikryształami istnieje ciągłe przejście fazowe; podobnie zachowuje

się opis przejścia struktury kwazikrystalicznej do amorficznej.

Patrząc na odkrycie kwazikryształów nasuwa się kilka refleksji. Pierwsza z nich dotyczy relacji między eksperymentem a teorią: wynik eksperymentalny może zanegować teorię, teoria z kolei stymuluje eksperyment. Shechtman znalazł to czego zabraniała klasyczna krystalografia. Wymóg translacyjnej niezmienniczości układów o dalekozasięgowym uporządkowaniu przestał obowiązywać. Translacyjna niezmienniczość układów uporządkowanych z paradygmatu stała się jedynie wynikiem określonych oddziaływań. Kolejna refleksja dotyczy faktu, że samo odkrycie to dopiero początek długiej drogi do przekonania innych. Walka z „niedowiarkami” jest często o wiele trudniejsza niż odkrycie samego zjawiska. Istnieje powszechne przekonanie, że wielu poprzedników Shechtmana zetknęło się z obrazami dyfrakcyjnymi o zabronionej symetrii, jednak ich wyniki zostały głęboko schowane do szuflady i nigdy nie ujrzały światła dziennego. Ich odkrywcy, a zarazem potencjalnych noblistów, zgubił brak własnego przekonania co do niezwykłości odkrycia.

Krystalografia jest nauką uprawianą zarówno przez chemików, fizyków, matematyków czy biologów, nie wspominając o bardziej zastosowawczych aspektach związanych ogólnie z inżynierią materiałową, geologią itd. Na rewolucyjne zmiany związane z rezygnacją z symetrii translacyjnej najbardziej otwarci byli matematycy. Wystarczy przypomnieć prace Alana Mackay’a [6,7], który już w latach sześćdziesiątych ubiegłego wieku modelował strukturę używając klastrów o zabronionej symetrii. Z kolei Roger Penrose pokazał, jak dwoma elementami można pokryć nieperiodycznie płaszczyznę [8]. Jest to częściowa odpowiedź na pytanie o istnienie wielościanu, którym można pokryć przestrzeń ale tylko w sposób nieokresowy, zadane przez słynnego matematyka Davida Hilberta (między innymi twórcy podstawowych narzędzi matematycznych wykorzystywanych w mechanice kwantowej), który w 1900 roku sformułował 23 podstawowe kierunki badań matematycznych. Z pewnością można uznać Alana Mackay’a i Rogera Penrose’a za twórców matematycznych podwalin pod przyszłe kwazikryształy.

Z kolei, wśród fizyków panowało dość powszechne, niemal dogmatyczne przekonanie o związku periodyczności z dalekozasięgowym uporządkowaniem stabilnych układów skondensowanych. Z drugiej strony, jednak znane były układy modulowane, w tym również o modulacjach niewspółmiernych (opis krystalicznych struktur modulowanych znajduje się w książce J. Warczewskiego [9]). W latach siedemdziesiątych ubiegłego wieku P.M. de Wolff, A. Janner i T. Janssen stworzyli opis struktur modulowanych w przestrzeniach wielowymiarowych [10]. Podejście wielowymiarowe zostało natychmiast zaadaptowane do opisu struktur kwazi-

krystalicznych, którym przywrócono periodyczność w wyższych wymiarach.

Jeżeli natomiast na kwazikryształy popatrzymy z perspektywy Linusa Paulinga, to powstaje wrażenie, że początkowo chemicy odnosili się do odkrycia Shechtmana z dużo większą rezerwą niż pozostałe grupy naukowców. Jednakże, dwadzieścia dziewięć lat po odkryciu kwazikryształów, to właśnie chemicy przyznali Shechtmanowi Nagrodę Nobla.

We współczesnej literaturze naukowej dominują trzy podejścia do opisu struktur kwazikrystalicznych [11,12]. Pierwsze z nich używa przestrzeni wyżeywymiarowych. Podejście to jest oparte na wielowymiarowym opisie struktur modulowanych de Wolffa-Jannera-Janssen. W przestrzeniach wielowymiarowych przywrócona jest periodyczność struktury. Na przykład, periodyczna struktura należąca do układu regularnego w pięciu wymiarach ma wzdłuż głównych przekątnych pięciokrotne osie symetrii. Rzutując wybrany fragment przestrzeni wielowymiarowej na niżeywymiarową podprzestrzeń fizyczną otrzymujemy modelowe układy, zarówno krystaliczne, jak i kwazikrystaliczne. W uzupełniającą ją podprzestrzeni, nazywanej przestrzenią prostopadłą lub wewnętrzną, atomy mają dodatkową strukturę rozciągłą, określaną jako „powierzchnia atomowa”. Użycie dodatkowych wymiarów jest bardzo zgrabnym wybiegiem matematycznym pozwalającym na elegancki opis struktur aperiodycznych o zabronionej symetrii obrazów dyfrakcyjnych. Jest on jednak ograniczony tylko do struktur „periodycznych”, chociaż periodyczność jest w wielu wymiarach, a nie musi być w samej przestrzeni fizycznej. Coraz częściej w literaturze naukowej pojawiają się struktury aperiodyczne, dla których nie można w żaden sposób skonstruować periodycznego obiektu w dowolnie wymiarowej przestrzeni. W dodatku, natężenia pików dyfrakcyjnych takich struktur skalują się fraktalnie.

Innym sposobem opisu dowolnych struktur aperiodycznych jest podejście statystyczne oparte na koncepcji sieci referencyjnej. Sieć tę w sposób umowny wyznaczają węzły określone przez wektor rozproszenia użytego w dyfrakcji promieniowania. Pozycje atomów wyznaczone są względem tychże węzłów, co prowadzi do rozkładów prawdopodobieństwa położenia atomów wewnątrz obszaru nazywanego średnią komórką elementarną. Użycie tej koncepcji prowadzi do obliczenia czynnika strukturalnego, pozwalającego na rozwiązanie struktury atomowej na podstawie zmierzonego obrazu dyfrakcyjnego.

Kolejnym sposobem opisu struktury kwazikryształów jest podejście klastrów. Cegiełką budującą strukturę jest klastr, z tym jednak, że w odróżnieniu od zwykłej komórki elementarnej, sąsiednie klaster mogą się wzajemnie przekrywać. Czynniki strukturalne dla przekrywających się klastrów może być obliczony za pomocą metody średniej

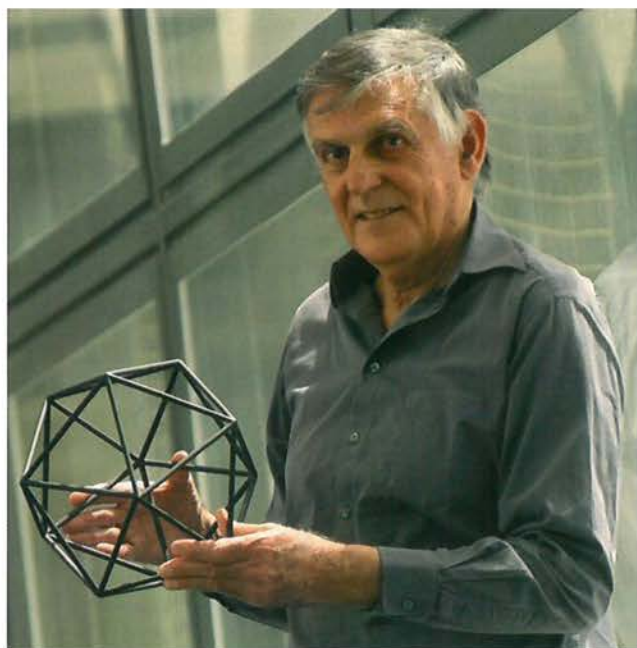
komórki elementarnej, co pozwala na ułożenie położeń atomów tworzących klaster.

Oddzielną sprawą, jeśli chodzi o kwazikryształy, są sposoby ich otrzymywania, własności fizyczne oraz zastosowanie. Wybiega to jednak poza główny cel artykułu, jakim był opis odkrycia kwazikryształów i omówienie ich struktury. Wiele interesujących informacji można znaleźć w książce Mariana Surowca[13] oraz artykule przeglądowym dotyczącym powierzchni kwazikryształów[14].

Spis literatury:

1. D. Shechtman, I. Blech, D. Gratias, J.W. Cahn, Metallic phase with long range orientational order and no translational symmetry, *Physical Review Letters* 53 (1984) 1951–1953.
2. D. Levine, P.J. Steinhardt, Quasicrystals: a new class of ordered structures, *Physical Review Letters* 53 (1984) 2477–2480.
3. P. Bak, Icosahedral crystals - where are the atoms?, *Physical Review Letters* 56 (1986) 861–864.
4. L. Pauling, So-called icosahedral and decagonal quasi-crystals are twins of an 820-atom cubic-crystal, *Physical Review Letters* 58 (1987) 365–368.
5. I. Hargittai, Structures beyond crystals, *Journal of Molecular Structure* 976 (2010) 81–86.

6. A.L. Mackay, A dense non-crystallographic packing of equal spheres, *Acta Crystallographica* 15 (1962) 916–918.
7. A.L. Mackay, Crystallography and the Penrose pattern, *Physica* 114A (1982) 609–613.
8. R. Penrose, The role of aesthetics in pure and applied mathematical research, *Bulletin of the Institute of Mathematics and its Applications* 10 (1974) 266–271.
9. J. Warczewski, Krystaliczne struktury modulowane, Wydawnictwo Naukowe PWN, 1993.
10. P.M. de Wolff, A. Janner, T. Janssen, The superspace groups for incommensurate crystal structures with a one-dimensional modulation, *Acta Crystallographica A* 37 (1981) 625–636.
11. W. Steurer and S. Deloudi, *Crystallography of Quasicrystals. Concepts, Methods and Structures*. Springer, 2009.
12. J. Wolny, B. Kozakowski, P. Kuczera, R. Strzałka, A. Wnęk, Real space structure factor for different quasicrystals, *Israel Journal of Chemistry* (2011) w druku. DOI: 10.1002/ijch.201100144.
13. M.R. Surowiec, Kwazikryształy, WN-T, 2008.
14. R. McGrath, J.A. Smerdon, H.R. Sharma, W. Theis and J. Ledieu, The surface science of quasicrystals. *J. Phys.: Condens. Matter* 22 (2010) 084022.



Rys. 3. Dan Shechtman z modelem ikozaedru



Rys. 4. Dan Shechtman podczas uroczystości Noblowskiej

O ideach Platónskich

Bogdan Dembiński

Uniwersytet Śląski, Instytut Filozofii, Polska

*Nieważne, co pokazuje doświadczenie - oznajmiła.
- Chodzi przecież o zasadę idealną, którą można
sprawdzić tylko w warunkach idealnych, a więc
nigdy. Nie zmienia to faktu, że jest prawdziwa.*

U. Eco: Wahadło Foucaulta

Streszczenie: Przedmiotem mojego zainteresowania czynię najistotniejsze elementy platońskiej teorii idei. Przedstawiam również zasadnicze kwestie związane z epistemologią i ontologią, przede wszystkim jednak staram się ukazać związki między matematyką i ontologią w myśli Platona.

Prezentuję koncepcję idei-miary, która stanowi zasadniczy element interpretacji pojęcia idei. Platońska nauka o ideach odniesiona zostaje do jej ostatniej postaci, która przyjęła nazwę „nauki niepisanej” (agrafa dogmata). Teoria ta dotyczy przede wszystkim koncepcji liczb i figur idealnych, ujętych w świetle najwyższych bytowych pryncypiów: Jedno i Nieokreślona Dyada¹. Staram się jednocześnie przedstawić istotę platońskiego rozumienia matematyki oraz wyjaśnić status bytowy, który przypisywany jest przez Platona przedmiotom matematycznym. Zajmuję również stanowisko wobec tzw. Platońskiej „teorii dwu światów”. Wiele uwagi poświęcam również problematyce epistemologicznej.

Mam nadzieję, że proponowane analizy przyczynią się do dyskusji nad współczesnymi propozycjami rozumienia platońskiej filozofii matematyki, szczególnie tymi, które dotyczą różnych wersji matematycznego platonizmu.

On Platonic ideas

University of Silesia Institute of Philosophy, Poland

Abstract: The subject of my address is a presentation of the crucial threads of Plato's theory of Ideas. Accordingly, this proposal conjoins topics of epistemology and ontology, but foremost allows us to consider the issue of interconnection between mathematics and ontology. I will present Plato's conception of measure-Idea, which has crucial significance for understanding being status of Ideas. The face of Plato's teachings about Ideas that will also be analyzed is linked with his "unwritten doctrine" (agrafa dogmata). This theory refers mainly to teaching about numbers and the ideal figures in addition to tutelage about principles of being: the One and the Undetermined². It will let to depict in precise way the very essence of Plato's understanding of mathematics and explain the being status which he attributed to mathematical objects. It will relate to critique of interpretative stand declaring that in Plato's philosophy we deal with so-called "two worlds" theory. Epistemological topic will also be given much attention. I consider my address as invitation to discussion about contemporary understanding of Plato's philosophy, also this part of it that is accepted in many current versions of mathematical Platonism.

¹Sq to najwyższe zasady organizujące porządek Kosmosu, które stanowią postać zasad pitagorejskich: Granicy i Nieograniczonego. Jedno (Granica) stanowi ostateczne źródło wszelkiej określoności, Nieokreślona Diada jest podstawą wszelkiej wielości i zróżnicowania.

²One and Undetermined Dyad are the highest rules of Cosmic order. They are the form of Pythagorean principles: The Limit and the Limitlessness. The One (Limit) is the reason of any determination, the Undetermined Dyad the reason of any multiplicity and diversity.

Współczesna filozofia matematyki odwołuje się do pojęcia matematycznego platonizmu. Ponieważ pojęcie platonizmu jest tu zasadnicze, uprawnia ono do postawienia pytania o rozumienie filozofii Platona, w kontekście niektórych wątków związanych z jego rozumieniem matematyki. Jako komentator filozofii starożytnej chciałbym skupić uwagę przede wszystkim na problematyce ontologicznej, właściwej myśli Platona. Proponuję analizę treści szóstej księgi „Państwa” Platona oraz interpretację jego oryginalnej propozycji.

Rozpocząć należy od razu od kwestii najistotniejszej. Dotyczy ona platońskiego przekonania o istnieniu wielowarstwowej struktury rzeczywistości. Rzecz w tym, że świat, jako całość, złożony jest, zdaniem Platona, z wielu poziomów, którym odpowiadają różne sposoby istnienia. Mamy zatem do czynienia z poziomem istnienia rzeczy zmiennych, uwarunkowanych czasoprzestrzenią, z poziomem istnienia abstrakcyjnych przedmiotów matematyki, poziomem istnienia bytów-idei, w końcu z poziomem istnienia bytowych zasad: Jedna i Nieokreślonej Dyady. Już z tej klasyfikacji wynika, że przyjmowanie w myśli Platona istnienia jedynie „dwu światów”: obszaru bytów zmiennych oraz idei, jest propozycją zdecydowanie zawężoną i w pewnym określonym sensie nieprawdziwą. Jest ona przede wszystkim tworem neokantysty Emila Laska, który w swoim dziele pt. „Die Logik der Philosophie und die Kategorienlehre” przypisał Arystotelesowi teorię dwu substancji, Kantowi zaś teorię dwu metafizyk, zaś Platonowi teorię „dwu światów”. E. Lask wskazuje na koncepcję „dwu światów” jako konstytutywną dla większości teorii filozoficznych. Utrwaliła się ona mocno w historii filozofii. Dał zresztą ku temu powód sam Platon. Wielokrotnie pojawiają się w jego dialogach wypowiedzi wskazujące na odrębny sposób istnienia idei oraz zjawisk, które mogą sugerować taką koncepcję. Sprawa jest jednak bardziej skomplikowana. Fakt, że mamy do czynienia z różnymi sposobami bycia, z wieloma jego poziomami (pryncypia, idee, przedmioty matematyczne, zjawiska), nie oznacza jeszcze, że mamy oto do czynienia z różnymi, autonomicznymi i niesprowadzalnymi do siebie „światami”. Jest to zawsze jeden świat. Rzecz w tym, że jest on wielorako ustrukturalizowany. To, że przedmioty matematyczne różnią się od krzesel, drzew i kamieni sposobem istnienia, nie oznacza jeszcze, że są to „inne, autonomiczne i niesprowadzalne do siebie „światy”. Konsekwencja nakazywałaby przyjęcie „teorii trzech światów”, gdyż Platon wyróżniał zawsze: zjawiska, przedmioty matematyczne i idee. Gdyby jeszcze uwzględnić „naukę niepisaną” to należałoby przyjąć również bytowe pryncypia (Jedno i Nieokreślone Dyadę). Wtedy mielibyśmy do czynienia z czterema „światami”. Ale w istocie jest on tylko jeden, jak twierdził Platon w „Timajosie”. W jego obrębie istnieją natomiast poziomy, którym przysługują

różne sposoby bycia, inne struktury czasoprzestrzenne, inne przedmioty matematyczne, a jeszcze inne ideom i zasadom bytowym. Te, które wywołują szczególne zainteresowanie Platona, związane zostaną z takim sposobem bycia, któremu przypisana jest niezmiennność, wieczność, nieprzestrzenność i niezależność od stanowienia podmiotu. Są nimi pryncypia, idee i przedmioty matematyki.

Próbując je rozważyć, Platon odwołuje się do całej tradycji greckiej filozofii, koncentrując uwagę przede wszystkim na wystąpieniu Parmenidesa z Elei, który analizując strukturę tego, co będące, przyznał prymat temu, co wieczne i niezmiennie oraz niezależne od stanowienia podmiotu. Nadał im status bytu prawdziwego i oddzielił od świata zmiennych zjawisk, któremu przypisał jedynie status nietrwałości i mniemania. Być może to właśnie w przypadku Parmenidesa z Elei można by mówić o teorii „dwu światów”.

Należy wyraźnie stwierdzić, że teza o primacie tego, co stałe i niezmiennie, wynikała w przypadku Platona przede wszystkim z uznania dla matematyki i jej niezwyklej skuteczności w badaniach nad strukturą świata. Studia u matematyka Teodora i liczne kontakty z wybitnymi matematykami pitagorejskimi, precyzja sokratejskiej metody indukcyjnej i metody definiowania, kontakty w Akademii z rezultatami prac najwybitniejszych matematyków: Eudoksosa, Menaichmosa, Taudiosa, Teajteteta czy Leona; wszystko to sprawiło, że matematyka stała się dla Platona najdoskonalszą egzemplifikacją ontologii. Ontologia zaś miała za zadanie wyjaśnić istotę matematyki. W ten sposób związek między ontologią a matematyką stał się znaczący i ścisły.

Zasadnicze zręby Platónskiej ontologii proponuję przedstawić na przykładzie prezentowanej w „Państwie” metafory odcinka. Twierdzi tam Platon, że najniższy poziom rzeczywistości przedstawia się poznającemu zawsze jako zmienny i nieprecyzyjny. Odpowiada mu rodzaj zmysłowego poznania, które realizuje się w postaci zmysłowych obrazów świata (eikasia). Zmysły tworzą wtedy wyobrażenia, będące rodzajem „odbicia” rzeczywistości struktur realnych. Jak mówi Platon, są to wszelkie odwzorowania, cienie przedmiotów realnych i ich obrazy. Różnią się one statusem, określają stosunek podobizn do pierwowzorów, mniemań do przedmiotów, wedle których zostały one utworzone. I trzeba wtedy obrazy te odróżnić od samych przedmiotów i ich bezpośredniego oglądu, który polegałby na ich badaniu, oglądaniu ich realnych postaci, co prowadziłoby do uwiarygodnienia (pistis) naszych wyobrażeń. Byłby to zatem rodzaj bezpośredniego zmysłowego oglądu rzeczy, który dzisiaj określilibyśmy mianem poznania empirycznego. Ciekawą wydaje się tu koncepcja uwiarygodniania zmysłowych wyobrażeń, które stanowią pierwszy i podstawowy poziom poznania. Re-

zultaty tych sposobów poznania mają jednak wspólną cechę: są poznaniem niepełnym, posiadającym status mniemania. Po nich pojawia się „prawdziwe mniemanie” (*alethes doksa*), rodzaj intuicji poznawczej opartej o dane zmysłowości, która jest podstawą formułowania hipotez, punktu wyjścia w tworzeniu nauki. Prawdziwe mniemanie stanowi, budowany na oglądzie zmysłowym rodzaj „przecucia prawdy”, podejrzenia, mającego na celu uchwycenie istoty rzeczy. Realizacja tej ostatniej dokonuje się na obszarze kolejnej władzy poznawczej, którą Platon określi mianem rozsądku (*dianoia*). Funkcję *dianoia* stanowi rozumowanie przyczynowe, utwierdzone logiką. Sprowadza się ono w istocie do tworzenia inteligibilnych (*racjonalnych, logicznych i dlatego poddających się poznawaniu, po prostu zrozumiałych; przyp. red.*) modeli rzeczy i stanów rzeczy. Wykorzystana jest przy tym specyficzna władza intelektu, którą stanowi zdolność do abstrahowania (*afairesis*). Tworzenie modeli opiera się na umiejętności odczytywania przez podmiot obecnych w realnej strukturze świata wzorców, organizujących porządek i ład kosmosu. Są nimi przykładowo cykle i rytmy dostrzegalne w działaniu natury: pory roku, dnie i noce, obiegi ciał niebieskich, powtarzalne wzorce ubarwienia, zachowań, czy uporządkowana struktura przedmiotów naturalnych. Wzorce te wskazują na występowanie prawidłowości i stałych związków w obrębie rzeczy i stanów rzeczy. Są one zasadniczą cechą organizacji porządku natury. Systemy wzorców tworzą struktury. Zastosowanie abstrakcji pozwala tworzyć modele tych struktur, które w istocie stanowią rodzaj odwzorowania wzorców obecnych w tych strukturach, wyznaczających ich postać. Platon ma początkowo (inspirowany myślą Sokratesa) na myśli wzorce związane z ludzkimi zachowaniami, wzorce etyczne oraz wzorce estetyczne. Później jednak (przede wszystkim pod wpływem pitagorejczyków) koncentruje uwagę na wzorcach wyznaczających porządek kosmosu i będących podstawą jego organizacji. Jest przekonany, że mogą one być precyzyjnie obrazowane za pomocą matematycznych modeli, którym w istocie odpowiadają przedmioty matematyczne. Platon ma tu na myśli przede wszystkim przedmioty geometrii i matematyczne liczby. Jako abstrakcyjne, przedmioty te istnieją poza czasem oraz poza przestrzenią, i pozostają zawsze tylko intelektualnymi formami obrazowania świata przez podmiot, precyzyjnie – formami obrazowania wzorców. Stanowią ich idealizację. Modele powstają na drodze czynności stwierdzających stałe występowanie pewnego zespołu cech w pewnej klasie przedmiotów. Wolno nam badać (na poziomie myślenia) ich wewnętrzną strukturę oraz ich powiązania z innymi modelami. Możemy też analizować, które z nich są możliwe, które konieczne, a które całkowicie wykluczone. Modele te, jak twierdzi Platon i matematycy jego czasów, są konstruowalne (cyrkiel

i linijka), dlatego poddają się różnego rodzaju operacjom. Matematyk może na tym poprzestać. Nie może tego jednak uczynić filozof. Jest on, bowiem obowiązany odpowiedzieć na dalsze pytania: Co jest przyczyną i podstawą istnienia matematycznych przedmiotów? Co stanowi ostateczny fundament prawdziwości matematycznych twierdzeń?

Platon wykluczył tezę, że przedmioty matematyki czerpać mogą swoje uprawomocnienie z poziomu zmysłowości. Tam bowiem, mamy do czynienia tylko z przypuszczeniami i mniemaniami. Wykluczył też twierdzenie, że przedmioty matematyki mogą być niezależne od działań matematyka. Stanowią one przecież skutek abstrahowania i są rezultatem konstrukcji, oraz podlegają różnym operacjom, jak również są utworzone w oparciu o określone założenia. Powiada Platon, że „choć oglądamy je za pomocą rozsądku (*dianoia*), to nie ma w nich jeszcze rozumu, mimo że i tam chodzi o przedmioty myśli” (Państwo 506).

Aby to wyjaśnić, Platon odwołuje się do najwyższej władzy poznawczej, rozumu (*noesis*), który wykracza ponad poziom przedmiotów matematycznych, i sięga tego, co nazwie Platon bytem (*to on*). Powie on: „geometrie te tylko przez sen marzą na temat bytu i dojrzeć go nie mogą, jak długo się założeniami posługują. Dlatego stanowią jedynie rozsądne rozważanie, natomiast nie stanowią nauki pierwszej” (Państwo 533be). Są jak malowidła „i śmiesznie byłoby patrzeć na nie poważnie jako na prawdę” (Państwo 529de). Oznacza to, że uzasadnienia matematyki i jej przedmiotów szukać należy poza samą matematyką. Platon twierdzi, że muszą one mieć swoją podstawę w tym, co samo jawi się jako trwałe i niezmiennie oraz niezależne od jakiegokolwiek stanowienia podmiotowego. Warunek ten spełniają jego zdaniem tylko idee definiowane jako byty prawdziwe (*alethes onta*). Udzielają one wzorcom organizującym porządek świata nie tylko określoności, udzielają również istnienia. Dotyczy to także matematycznych przedmiotów, o ile te stanowią modele wzorców. Jak idee te rozumieć? Platon stara się precyzyjnie odpowiedzieć na to pytanie w dialogu „Fileb”, gdzie przyjmuje, że każdy byt jest ściśle określoną postacią (*eidos*) związku granicy (*peras*) i nieograniczonego (*apeiron*), stanowiących szczególną formę związku jedności i wielości. Byt ten określony został przez Platona mianem idei, a więc tego, dzięki czemu możemy poznać (zobaczyć, zrozumieć, że coś jest tym, czym jest (istota rzeczy), oraz uznać w nim podstawę tego, że w ogóle – jest). Idea, bowiem (byt w sensie Platońskim) jest tym, dzięki czemu „coś” jest, jako będące, i jest tym, czym jest (jako istota). Gdyby użyć późniejszych terminów łacińskich, można by powiedzieć, że idea posiada w sobie moment tak esencjalny jak i egzystencjalny. Decyduje ona o tym, że coś „jest” i o tym, że jest tym, czym „jest”. Poznanie zaś „czegoś”, co może

stanowią przedmiot poznania (być myślny, realny bądź idealny wraz z możliwymi zasadami) sprowadza się do uchwycenia samego bytu idei, bądź ich określonej wielości, wyznaczających postać danej struktury (realnej, idealnej bądź myślniej). Wiąże się to zazwyczaj z umiejętnością udzielenia odpowiedzi na pytanie: ile jedności jest w danej wielości i jaka to jest jedność? Platon w „Filebie” twierdzi, że chodzi o poznanie idei, ich rodzaju i ilości w obrębie danej struktury³. Można zauważyć, że kierunek myślenia Platona jest następujący: każda analizowana struktura, myślna, realna czy idealna jest jakimś związkiem jedności i wielości, granicy i nieograniczonego. Należy, zatem dojść do podstawowego rozpoznania tego, czym jest pierwszy skutek oddziaływania jedności i wielości, tj. odpowiedzieć na pytanie, jaka to jedność i ile tej jedności zawiera się w danej wielości. Moment to istotny, i trzeba poświęcić mu więcej uwagi. Można założyć, że każda wielość, niezależnie od tego, z jaką jej postacią mamy do czynienia, charakteryzuje złożoność. Złożoność ta tworzy określoną strukturę. Jeżeli przyjąć, że celem poznania jest to, co będące (bytem myślnym, idealnym czy realnym), okaże się, że związane jest to każdorazowo ze zrozumieniem struktury, z jaką mamy i możemy mieć do czynienia. Trzeba też i można przyjąć, że każdą strukturę wyznacza zawsze określony zespół miar, decydujący o jej określoności. Stanowią one rodzaj „wewnętrznego schematu”, decydującego o układzie elementów i związkach między nimi. Miary te są sposobem, w jaki powiązane są elementy danej struktury. Można powiedzieć, że są tym, co określić można mianem „istoty rzeczy”. Poznać daną rzecz znaczy teraz dotrzeć do jej wewnętrznego schematu, odkryć miary kształtujące ów schemat, decydujące o jego postaci. Miary te same, nie są jednak strukturami. Są natomiast tym, dzięki czemu struktury uzyskują swoją określoność i bycie. Miary są „prawidłowościami”, które wyznaczają rodzaje struktur przez to, że decydują o możliwych związkach i odniesieniach między elementami w obrębie tych struk-

tur. Widać, że sposób bycia samych miar nie da się sprowadzić do sposobu bycia danej struktury, gdyż miara nie jest tu i nie może być pojęta, jako jakiś obiekt czy struktura. Jest, bowiem tą, która obiekt i strukturę dopiero umożliwia. W ten sposób staje się zrozumiałe, że miara (idea) nie może sama mieć żadnego charakteru obiektowego. Miara nie jest obiektem, jest natomiast tym, co każdą możliwą obiektywność czyni możliwą. Jak zatem pojmować ją samą? Pozostaje jedna tylko droga odwołująca się do myślenia, które określiłbym mianem „relacyjnego”. Chodzi w nim o taki rodzaj analizy, który w miejsce „myślenia obiektowego” proponuje „myślenie w związkach” (to prosz ty). Chodzi więc nie tyle o to, jakie obiekty stanowią przedmiot analizy, ale przede wszystkim o to, w jakie rodzaje związków mogą one wchodzić. Dotyczy to pytania o to, które związki są realizowane, które są możliwe, a które w ogóle wykluczone. Nie znaczy to, że tym samym rezygnujemy z myślenia obiektowego, czy też, że wykluczamy obiekty i myślenie o nich z procesu poznania. Chodzi natomiast o świadomy zwrot w stronę badania relacji, w jakie obiekty te są uwikłane. Platon wiązał z takim rodzajem analizy ogromne nadzieje. Definiowało ono postać myślenia, które określił mianem dialektycznego. W istocie polegało ono na badaniu związków i zależności między elementami analizowanej struktury. Wzorcowy przykład takiego myślenia prezentuje w dialogu „Sofista”, gdzie proponowane jest rozważenie możliwych związków między najwyższymi pojęciami rodzajowymi (magista gene)⁴.

Miara, będąc warunkiem określoności struktur, decyduje o rodzajach związków i odniesień między elementami, i jawi się sama jako rodzaj stosunku czy proporcji w obrębie danej struktury. Całość zaś badanej struktury rozumiana być może jako suma miar, które ją tworzą. Dlatego struktura, jako całość, winna być również traktowana, jako suma stosunków i proporcji, które wyznaczają jej postać⁵. Dlatego też rację przyznać można Davidowi Bohmowi,

³ Powiada Platon: „[...] tak mi się to przedstawia; jakiś Prometeusz bogom ją wydarł wraz z jakimś ogniem, bardzo jasnym. I starożytni – oni lepsi byli od nas i bliżej bogów mieszkali – to nam podanie przekazali, że wszystko, co, jak się zawsze mówi, istnieje, składa się z jedności pewnej i wielości i ma w sobie przyrodzony pierwiastek granicy i nieokreślenia. Więc kiedy to tak jest uporządkowane, powinniśmy zawsze jedną postać (ideę) we wszystkim zakładać i szukać jej – znajdziemy, bo ona tam jest w środku – a gdy ją uchwycimy, to po tej jednej dwie – patrzeć, czy może tam są – a jeśli nie, to trzy albo jakaś inna ich liczba się znajdzie, i każdą z tych jedności brać tak samo aż do jedności naczelnej. Tę będzie widać już nie tylko, jako jedność i wielość rzeczy nieokreślonych, ale się pokaże, ile tego jest”. Platon: *Fileb*, 16ce. Platon wyjaśnia tę kwestię za pomocą konkretnych przykładów, które na obszarze analizy języka, czy też badań nad strukturą muzyki wyjaśniają, że chodzi o poszukiwanie idei, tak w obrębie języka (decydując one o tym, jaki jest porządek i układ liter), jak i w obrębie muzyki (interwały, rytmy, takt). Idea staje się miarą określoności i bycia danej struktury, zachowując sposób bycia, który nie ma sam charakteru obiektowego. Jest natomiast wiele podstawowych związków i relacji, jakie zachodzą w jej obrębie. Precyzyjne przedstawienie tej kwestii zostało zaproponowane w pracy: B. Dembiński: *Późna nauka Platona...*, w rozdziale drugim pracy zatytułowanej: *Rozumienie pojęcia bytu w filozofii Platona*, s.23 – 54.

⁴ „No cóż? Skorośmy się zgodzili, że z mieszaniami się rodzajów jest tak samo, to czy nie potrzebuje pewnej wiedzy, żeby się móc posuwać w dyskusji, ten, kto by miał słusznie pokazać, jakie rodzaje zgadzają się z jakimi, a jakie się nawzajem nie znoszą? I w ogóle, czy niektóre z nich nie obejmują innych tak, że te się mogą mieszać, i na odwrót, kiedy się rodzaje trzymają z daleka, czy inne nie są powodem tego rozdzielenia? [...] Dzielić rzeczy na rodzaje i ani tego samego gatunku rzeczy nie brać za inny, ani innego za ten sam, czy nie powiemy, że to rzecz wiedzy dialektycznej? [...] Na tym polega wiedza, która pozwala rozstrzygać o każdym rodzaju, czy i jak on się może wiązać z innymi, czy też i jak nie [...] Platon: *Sofista*, 249cd-260ab. Zob.: B. Dembiński: *Teoria idei...*, s.109-122. Znakomitą w tym względzie jest pozycja K.M. Sayra: *Plato's Late Ontology. A Riddle Resolved*. Princeton 1983.

⁵ Postępowanie Platona wydaje się być zgodne z intuicjami wielu poprzedników, którzy istotę badanych struktur utożsamiali z rodzajem stosunków i proporcji, które struktury te wyznaczały. Można w tym miejscu przypomnieć Anaksagorasa, Empedoklesa, Demokryta czy też pitagorejczyków. Zakładano tam, że to, co decyduje o postaci danej struktury, zależne jest od rodzaju stosunków i proporcji, jakie zachodzą między tworzącymi je elementami.

który poświęcił dużą uwagę starożytnemu pojęciu miary i funkcji, jaką spełniała ona w poznaniu świata. Powiada on: "[...] miara powinna być bardziej szczegółowo wyrażona przez proporcję i stosunek. [...] Ze starożytnego punktu widzenia rozum jest traktowany, jako wgląd w całość stosunku i proporcji, uważanych za związane wewnętrznie z prawdziwą naturą rzeczy (a nie tylko, jako forma porównywania ze standardową jednostką). Ten stosunek nie jest jedynie proporcją liczbową (choć oczywiście zawiera taką proporcję). Jest on pewną ogólną formą uniwersalnej proporcji i stosunku. [...] Kiedy poszukujemy uzasadnienia czegoś, wówczas stosujemy pojęcie stosunku, ponieważ zakładamy, że różne aspekty są powiązane w naszej koncepcji tak, jak są one związane w rzeczy, której nasze wyobrażenie dotyczy. Podstawowym uzasadnieniem lub odniesieniem rzeczy jest więc całość wewnętrznych proporcji jej struktury i procesu, w którym powstaje, utrzymuje się i ostatecznie znika. Z tego punktu widzenia zrozumieć taki stosunek to zrozumieć >>istotę bytu<< tej rzeczy. Wynika z tego, że miara jest formą wglądu w istotę wszystkiego, a ludzkie postrzeganie podążające drogami wskazanymi przez ten wgląd będzie jasne i pociągnie za sobą uporządkowane działanie i harmonijne życie"⁶. Miara, zatem, zdaniem Bohma, jest zdecydowanie czymś więcej, niż tylko standardową jednostką. Jest przede wszystkim formą (ogólną rzecz jasna) wyrażającą rodzaj powiązań w obrębie pewnej struktury. Sieć tych powiązań odpowiada całości wewnętrznych proporcji tworzących tę strukturę i jej dynamikę (kiedy chodzi o obiekt czasoprzestrzenny). Proporcje stanowią nieobiektywne miary, zaś ich całość wyznacza określoną postać struktury. W tym też sensie struktura może być definiowana, jako pewien uporządkowany układ miar. Poznanie zaś struktury jest rodzajem rozumowego wglądu w tworzącą tę strukturę całość wewnętrznych stosunków i proporcji. Poznać owe stosunki i proporcje, to uchwycić miary określające związki i relacje między elementami. W przypadku Platona miary te określone zostają mianem idei. Zaś ich poznanie opiera się na przekonaniu, że zachodzi szczególny związek między aspektami, które wiążemy w naszej koncepcji, będącej modelem rzeczy, a rzeczywistą strukturą rzeczy, która jest analizowana. Jeżeli zatem w modelu, który stworzymy w naszym umyśle, staramy się uchwycić miary, które później potwierdzamy w samej rzeczy, to zakładamy odpowiedniość, która zachodzi między naszą koncepcją a rzeczą, której strukturę analizujemy. Nasz model nie jest rzeczą jasną tym samym, co struktura samej rzeczy, ale docierając do ujawnienia podstawowych miar rzeczy, możemy strukturę

tę uchwycić. Na tym być może polega skuteczność modelowania matematycznego, w którym budowana przez nas matematyczna struktura odpowiada we właściwym sobie zakresie strukturze świata. Dlatego też może powiedzieć D. Bohm, że: „W związku z tym warto przypomnieć starożytne, greckie koncepcje miary w muzyce i sztukach pięknych. Koncepcje te podkreślały, że uchwycenie miary jest kluczem do zrozumienia harmonii w muzyce (to znaczy miara jako rytm, właściwa proporcja intensywności, właściwa proporcja wysokości tonów itp.). Podobnie w sztukach pięknych, właściwa miara była uważana za podstawę ogólnej harmonii i piękna (na przykład „złoty podział”)⁷.

Możemy teraz wrócić do platońskiego dialogu „Fileb”, starając się zrozumieć jego przesłanie. Proponowane tam rozwiązanie problemu stosunku rozumu do rozkoszy, przekształcone zostaje natychmiast w podstawowe dla budowania ontologii pytanie o stosunek jedności do wielości oraz granicy do nieograniczonego, w obrębie każdej struktury. W istocie chodzi jednak o poznanie ilości i rodzaju idei, które w danej strukturze stanowią postać związku jedności i wielości, granicy i nieograniczonego. Protarchos, uczestnik dialogu, nie może pojąć istoty takiego postępowania i domaga się wyjaśnień. Platon, ustami Sokratesa, wyjaśnia problem ze szczególną precyzją.

Rozważając strukturę języka, nie możemy odwołać się tylko do stwierdzenia, że stanowi on związek wielości (litery alfabetu) ukonstytuowanej w pewną całość (jedność – alfabet). Dopiero wiedzieć, jaka to jest wielość i jedność, i jak jest ona z sobą powiązana (pragmatyka, semantyka, syntaktyka), czyni nas znawcami języka. Jeszcze dokładniej wyjaśnia to przykład odwołujący się do struktury muzycznej. Muzyka jest niewątpliwie strukturą najbardziej ulotną i dynamiczną. Jej poznanie nie może ograniczać się do rozpoznawania wysokości głosów (niskich, pośrednich i wysokich). Powiada Platon: „A dopiero mój kochany, jeśli weźmiesz odstępy, ile ich jest pod liczbą – odstępy głosowe, co do wysokości i niskości – i jakie one są, i jak weźmiesz granice odstępow i te układy, które się z nich tworzą, a które starożytni spostrzegli i przekazali je nam, potomnym, pod nazwą harmonii, a znowu w ruchach ciała zauważysz inne tego rodzaju stany, które w nim są, a które się mierzy i w liczbę ujmuje i trzeba je wtedy rytmem i taktami nazwać, a równocześnie weźmiesz pod uwagę, że tak samo należy traktować każdą jedność i wielość, dopiero kiedy tak te rzeczy weźmiesz, dopiero wtedy robisz się mądry”⁸. Platon wyraża przekonanie, że poznawalność jakiegokolwiek struktury będącej związkiem jedna i wielości, granicy

⁶D. Bohm.: Ukryty porządek. Tłum. M. Tempczyk. Warszawa 1988, s.32-38.

⁷Tamże.

⁸Platon.: Fileb. 17ae.

i nieograniczonego sprowadza się do uchwycenia właściwych miar konstytuujących te struktury, w przypadku muzyki są nimi idee muzyczne (interwały, rytmy, takty), w przypadku języka, reguły syntaktyczne, semantyczne i pragmatyczne wyznaczające jego specyficzną postać. Miary te decydują ostatecznie nie tylko o określoności struktur, ale decydują też o ich byciu. Platon przypisuje im miano bytu. Tak rozumiany, byt pozwala bowiem widzieć (*idein*), czym w istocie „coś” jest i że „jest”. Byt taki słusznie nazywany być może – *ideą*. Ma on naturę nieobiektoową, nie jest żadną rzeczą pośród rzeczy. Dzięki *idei*, przedmioty matematyczne, zjawiska są dopiero tym, czym są. Jest idea miarą pewnego stanu i w tym sensie można ją określić mianem „miarodajnej”, tj. nadającej wszystkiemu, co w jakikolwiek sposób będące, określoność i bycie. Z tego też punktu widzenia teorię „dwu światów” należy uznać za absurdalną. Czym byłaby struktura bez miary jej własnej określoności, jaką jest idea, czym byłaby idea bez odniesienia do tego, czego jest *ideą*. Idea jako byt, nie zajmuje żadnego miejsca ani żadnej przestrzeni, i w tym też sensie musi zostać uznana za wieczną i niezmienną. Słusznie, zatem może on powiedzieć: „[...] pierwsza rzecz to miara i umiarkowanie, i trafienie w moment odpowiedni, i cokolwiek trzeba za coś w tym rodzaju uważać, to wszystko przybrało i ma naturę rzeczy wiecznych”⁹.

Stajemy w tym miejscu wobec paradoksu, którego naturę należy koniecznie ukazać. W potocznym rozumieniu przekonani jesteśmy o istnieniu wieczności pojmowanej, jako „obszar” wykraczający poza realną egzystencję, którego istnienie jest zazwyczaj postulowane w kontekście wiary. Wieczność jawi się jako miejsce całkowicie wykraczające poza rzeczywistość realnego świata i mające całkowicie inną i niesprowadzalną do niego naturę. Tymczasem Platon ukazuje nam inną perspektywę. Wieczność nie jest przed nami, czy też poza nami, czy ponad nami (poza światem), lecz tkwi ona u podstawy wszystkiego, co czasowe, tak, że to, co realne w swoim byciu i określoności, zależne jest całkowicie od tego, co wieczne. Wieczne są zasady świata, wieczna jest materia, wieczne miary określające jej postać (jeśli założyć nawet dzisiaj, że w jakimś sensie wszechświat jest wieczny, chociażby poprzez samą osobliwość i jej warunki). W ten sposób wieczność konstytuuje określoność i bycie świata, tworząc jego postać. Dlatego nie wolno nam twierdzić, że żyjemy wobec wieczności, lecz trzeba nam twierdzić, że żyjemy w wieczności. Jest nam ona bezpośrednio dana w postaci zasad i idei określających strukturę świata. Zmienia to zasadniczo perspektywę myślenia o samym świecie i jego rozumienia. Zmienia też perspektywę rozumienia miejsca i sposobu bycia w świecie człowieka. Jeśli uznać, że istotnym momentem

realności świata jest jego czasowa natura (gdzie czas jest miarą zmienności świata), to niezwykle wydaje się przekonanie, że sama zmienność i czasowość są tylko postacią wieczności, w której jesteśmy „zanurzeni”. Dlatego bardzo istotną wydaje się definicja czasu zaproponowana przez Platona w „*Timajosie*”, gdzie definiuje on czas, jako ruchomy obraz wieczności. To samo powiedzieć można o świecie, o ile ten określony jest czasoprzestrzenią. Świat jest również obrazem wieczności. Dzisiaj łatwiej nam zrozumieć intencje i intuicje Platona, kiedy słyszymy, że u podstaw świata mamy do czynienia ze stałymi i niezmiennymi prawami, oraz obiektami (subkwantowymi), których natura nie podlega ujęciom obiektoowym i czasoprzestrzennym. Przyjęcie platońskiego rozwiązania, z propozycją usytuowania u podstawy bytów wiecznych, mających naturę nieobiektoową nie powinno, zatem dziwić. Przeciwnie, wydaje się, że intuicja platońska dopiero dzisiaj znajduje swoje ciekawe uzasadnienie i aktualność, w przeciwieństwie do tych systemów filozoficznych, które upatrywały swojego spełnienia jedynie w obszarze rzeczywistości czasoprzestrzennej.

Platon rozważał różne rodzaje *idei*, nie podejmując się jednak ich wyczerpującej klasyfikacji. Mówił o *ideach* etycznych, estetycznych, artefaktycznych oraz matematycznych. *Idee* etyczne związane były z pojęciem miary określającym podstawę dobrego życia. Miara rozumiana była, jako norma, wzór wyznaczający właściwe postępowanie będące podstawą porządku (*taxis*) i stateczności (*eremia*) w obszarze działania. Było to zgodne z powszechnym greckim przekonaniem, że utrzymanie działania we właściwej mierze jest podstawą dobrego życia, zaś przekroczenie miar postępowania wiedzie do moralnego chaosu (*hybris*). Stąd też właściwa postawa etyczna spełniała się w zachowaniu właściwej miary (umiarkowanie) zabezpieczającej przed działaniami ekstremalnymi. Motyw ten wykorzysta w swojej filozofii Arystoteles, proponując teorię „złotego środka”. W kontekście estetycznym teoria *idei*-miary stała się kluczem do zrozumienia harmonii w muzyce, (jako właściwy rytm, proporcja intensywności czy proporcja wysokości tonów), w sztukach zaś pięknych, właściwe miary były uważane za podstawę ogólnej harmonii i piękna, tworzących reguły estetycznego „kanonu”. Idea artefaktyczna (obiekt utworzony przez człowieka), jak proponowana przez Platona idea leżanki, czy uzdy, daje również szczególne wyobrażenie o sposobie rozumienia samych *idei*. Nie chodzi przecież o jakąś idealnie istniejącą postać leżanki czy uzdy, czy też ich bycie na sposób ogólnego pojęcia. Takie podejście jest uproszczone i mylące. Chodzi o kwestię istotniejszą. W przypadku *idei* leżanki trzeba wskazać na schemat struktury, pozwalający zrozumieć funkcję, rolę i istotę samego

⁹Platon.: *Fileb*, 66ab.

procesu „leżenia” i tego, co sprawia, że w ogóle jest ono możliwe. Spójrzmy też na ideę uzdy, ukazanej jako miara i warunek rozumienia czegoś, co nazywamy jazdą konną. Georgowi Pichtowi zawdzięczamy piękne wyjaśnienie tego przykładu. Powiada on, że jeźdźcowi żyjącemu życiem jeźdźca wiadoma jest ta struktura świata, która pozwala, by koń i człowiek znajdowali się w związku wzajemnym, zwanym przez nas jazdą wierzchem, i wiadomo mu, że to sprzęt, uzda, umożliwia ten związek; słowem, wiadoma mu jest funkcja uzdy. Możliwość takiej funkcji zasadza się na budowie cielesnej oraz dyspozycji psychicznej konia i człowieka. Strukturę tę stworzył Bóg stwórca. Bóg, zatem sprawił możliwość funkcji uzdy, i właśnie tej możliwości Platon nadaje terminologicznie nazwę idei uzdy¹⁰. Rozpoznanie, zatem istoty jazdy konnej jest rozpoznaniem tego, co jazdę tę umożliwia, i co czyni ją zrozumiałą. Jeździec wie, czym jest jazda konna, gdyż żyjąc życiem jeźdźca rozumie, że wynika ona ze wzajemnego związku, jaki zachodzi między koniem i człowiekiem. Ale sama jazda domaga się uznania i rozpoznania tego, co ją samą czyni możliwą. Jest nią uzda, warunkująca właściwe odniesienie między człowiekiem a koniem, w trakcie jazdy wierzchem. Zrozumieć istotę stanu zwanego jazdą wierzchem, znaczy, odwołać się do tego, dzięki czemu możliwa jest sama jazda, tzn. zrozumieć funkcję uzdy. Trzeba przy tym pamiętać, że idea uzdy nie jest żadnym obiektem, nie jest żadną rzeczą czy stanem rzeczy. Jest natomiast określona sposobem odniesienia warunkującym związek między człowiekiem a koniem w trakcie jazdy wierzchem. Odwołując się do „Timajosa” może powiedzieć G. Picht, że to Bóg sprawił możliwość uzdy, a więc sprawił możliwość właściwego odniesienia między strukturą człowieka i strukturą konia. Zrozumieć istotę tego odniesienia, to zrozumieć „istotę rzeczy”, w tym wypadku – istotę tego, co określamy mianem jazdy wierzchem.

Jeszcze jedna kwestia godna jest uwagi. Mimo, że mamy do czynienia z ideą obiektu nie naturalnego (uzda), to przecież w istocie idea ta reprezentuje miarę związku, jaki zachodzi w obrębie obiektywnej (niezależnej od stanowienia podmiotowego) struktury świata, związku między człowiekiem a koniem. Wydaje się, że Platon tylko takie artefakty skłonny jest sytuować w obszarze idei, które wyrażają związki zgodne z naturalną strukturą świata. Ich istota „wyrasta” bowiem i wiąże się całkowicie z tą strukturą. Każda idea wyraża sobą jakiś rodzaj naturalnego porządku świata i porządek ten określa. Dlatego należy zrozumieć, że nie może Platon przyjmować żadnych idei negatywnych (brudu, nieładu). Te bowiem nie mogą w żaden sposób konstytuować porządku świata, nie mogą też stanowić jego ontycznej podstawy. Nie mogą być bytem, w sensie właściwym.

Spośród wielu idei, o których stara się mówić Platon, wyróżniają się idee matematyczne. Dostarczają one najpełniejszego opisu platońskich intuicji związanych z pojmowaniem idei. Przykładem paradygmatycznym jest prezentowana w „Liście VII” analiza idei koła. Spróbujmy ją rozważyć. W zmysłowo obserwowalnej strukturze świata dostrzegamy obiekty mające pewną strukturę, której przypisujemy nazwę koła. Jest to nazwa, którą rzecz jasna możemy zmienić. Później podejmujemy próbę precyzyjniejszego określenia owej struktury za pomocą pewnej definicji (koło to obiekt matematyczny, którego wszystkie punkty skrajne są jednakowo oddalone od środka). W dalszym postępowaniu możemy podjąć próbę zbudowania modelu koła, które zdefiniowaliśmy. Czynimy to zazwyczaj za pomocą rysunków, modeli matematycznych, (nawet czasoprzestrzennych). Badamy w jego ramach wszystkie związki zachodzące w obrębie modelu, tworząc w ten sposób rozbudowaną teorię koła (zawierającą w sobie poprzednie etapy analiz). Wiedza ta stanowi określony etap poznania tego, co jest rezultatem zmysłowych spostrzeżeń, zdolności do abstrahowania, umiejętności budowania precyzyjnych modeli oraz myślenia analitycznego. Jednak poznanie to jest zawsze niepewne i niejasne, obejmuje bowiem sobą wszelkie ograniczenia związane ze zmysłami i intelektem człowieka. Tymczasem poznanie matematyczne nie może i nie powinno takich niepewności i niejasności dopuszczać. Winna je (o czym byli przekonani filozofowie starożytni – „mit euklidesowy”) znamionować konieczność, powszechność, prawdziwość i niezależność od stanowienia podmiotowego. Dlatego należało odwołać się do pozapodmiotowego źródła obowiązywalności twierdzeń matematycznych, gwarantującego spełnienie takich warunków. Źródło to należało jednocześnie traktować, jako ostateczne uzasadnienie bycia i określoności przedmiotów matematycznych oraz matematycznych modeli. Jest nim w przypadku każdego koła (realnego czy będącego modelem), idea koła, jak mówi Platon „piąte ujawnienie”, uzasadniające istnienie wszystkich dotychczasowych stopni poznania. Idea koła jawi się, jako miara wszelkiej kolistości, wewnętrzny schemat, zespół proporcji i odniesień warunkujący bycie i określoność każdego koła. Idea taka nie jest żadnym obiektem, nie jest też matematycznym przedmiotem czy modelem, jest natomiast tym, co wszelką kolistość czyni możliwą i uzasadnia ostatecznie jej poznawalność. Znać miarę kolistości koła, to znać istotę wszystkich kół, jakie w dotychczasowym czasie trwania Wszechświata istniały, istnieją i istnieć będą. W tym sensie znać ideę koła, to znać istotę wszelkiej kolistości, niezależną od czasu, miejsca czy stanowienia podmiotowego, bądź jakiegokolwiek jego zmysłowej realizacji. Idea taka bytuje sama w sobie,

¹⁰Wypowiedź G. Pichta przytaczam za: C.F. von Weizsäcker: Jedność przyrody. Warszawa 1978, s. 449-450

będąc tym, czym jest, niezależna od niczego i nigogo, pierwsza, wieczna i niezmienna.

Podobnie ma się rzecz z liczbami. Liczby naturalne, o których mówi Platon, liczby będące przedmiotami matematyki, definiowane są, jako ograniczona wielość monad. Precyzyjnie wyrazi to później Euklides w VII księdze swoich „Elementów”: „Liczba jest wielością utworzoną z monad” (Aritmos de, to ek monadon sygkeimenon plethos)¹¹. Sama jednak monada nie jest traktowana, jako liczba, lecz jest rozumiana, jako zasada liczby, gdyż z monady powstaje każda liczba. Każda, zatem liczba stanowi określoną wielość monad (dlatego jedność nie jest liczbą, lecz miarą liczby, pierwszą liczbą jest liczba dwa).

Czym jest jednak w istocie owa wielość, będąca liczbą? Jest ona tym, co precyzyjnie daje się wyrazić, jako określony stosunek monad. Ale, sam stosunek nie jest liczbą, liczba bowiem stanowi dopiero jego określoną postać¹². W tym sensie każdą liczbę matematyczną (naturalną) wyznacza ogólny stosunek, warunkujący jej bycie i określoność. Stosunek ten stanowi miarę liczby (podobną koncepcję liczby przyjmie dużo później I. Newton). Miara ta pozwala „widzieć”, czym dana liczba matematyczna w istocie jest, i rozstrzygać w każdym przypadku, z jaką liczbą matematyczną mamy do czynienia. Platon zasadnie określi ją mianem idei. Pragnąc odróżnić ją od innych idei oraz od liczb matematycznych nazwie liczbę tę liczbą idealną. Każda z liczb idealnych stanowi swoistą całość i nie można na liczbach idealnych prowadzić operacji matematycznych, są one bowiem niedodawalne¹³, tożsame z sobą, niezmiennie i niezależne od podmiotowego stanowienia. Uchwytując miarę liczby matematycznej dwa, tzn., liczbę idealną dwa, uchwytujemy istotę każdej matematycznej dwójki. Używając języka opisowego, można powiedzieć, że liczba idealna określa cechy strukturalne każdej liczby matematycznej. W późnym okresie twórczości z liczbami idealnymi wiązał Platon również pojęcie idei geometrycznych. Idee te pojęte zostały, jako dymensjonalna (przestrzenna) postać liczb idealnych. Liczbie idealnej jeden odpowiadała dymensjonalna jej postać – idea punktu, liczbie idealnej dwa, dymensjonalna jej postać – idea linii,

liczbie idealnej trzy, jej dymensjonalna postać – idea powierzchni, liczbie idealnej cztery, jej dymensjonalna postać – idea bryły¹⁴. Idee te są miarami określoności przedmiotów geometrii, takich jak punkty, linie, powierzchnie, bryły i same nie mogą być traktowane, jako przedmioty matematyczne. Idea geometryczna określa cechy strukturalne każdego przedmiotu geometrycznego. Platon wykorzystuje tę koncepcję w wyjaśnianiu struktury świata. W „Timajosie”, odwołując się do konstrukcji stereometrycznych, redukuje cztery podstawowe elementy tworzące rzeczywistość świata – wodę, ogień, ziemię i powietrze oraz eter do pięciu wielościów foremnych (bryły platońskie). Te z kolei sprowadza do powierzchni (trójkątów), utworzonych z linii i punktów¹⁵. Punkty, linie, powierzchnie i bryły swoje ufundowanie znajdują w geometrycznych ideach, będących dymensjonalnymi postaciami liczb idealnych. W ten sposób uzasadnienie konstrukcji kosmicznego porządku znalazł Platon w liczbach idealnych i ideach geometrycznych. Warunkują one istnienie matematycznych przedmiotów – liczb matematycznych i geometrycznych figur odpowiedzialnych za organizację zjawiskowej postaci świata. Ta ostatnia stanowi związek wiecznego tworzywa (postaci niewidzialnej (anoraton eidos) identyfikowanej z wieczną przestrzenią, materią pierwszą *horas aei*)¹⁶ i idei-miar. Może zatem Platon definiować zjawiskową postać świata jako *compositum* idei i wiecznego tworzywa. Demiurg, budowniczy świata skomponował świat z wiecznego tworzywa, wpatrując się w równie wieczny model idei-miar, które tworzywo to organizują¹⁷. W ten sposób świat utworzony został przez Demiurga wedle liczby i miary, przez co stał się uporządkowany i piękny¹⁸.

Trzeba z kolei zapytać: jak poznawalne są idee? W praktyce badań matematycznych czasów Platona, matematyk posługiwał się metodą aksjomatyczną. Inaczej jest w przypadku idei. Do idei, twierdzi Platon, docieramy stosując metodę dialektyczną. Ma ona na celu poszukiwanie racji ostatecznych, niedowodliwych (arche anhypothetos) dla wszelkich przyjmowanych w metodzie aksjomatycznej założeń (hypothesis). Filozof, zobowiązany uzasadnić rację przyjęcia określonego założenia czy

¹¹ Euclidis Elementa. Post I. Heiberg edidit E.S. Stamatis. Leipzig 1969-1977, Libri V- IX cum appendice; III 1972. ks.VII

¹² Można powołać się również na intuicję, które prezentuje w swojej pracy O. Toeplitz: Das Verhältnis von Mathematik und Ideenlehre bei Plato. „Quellen und Studien zur Geschichte der Mathematik, Astronomie und Physik” 1931, Nr.1. Powiada on, że liczbę idealną można pojmować jako jednostkową „kliszę” stanowiącą podstawowy wzorec, będący źródłem określoności liczb matematycznych. „Klisza” ta wyraża się jako proporcja (logos) np. (a: b) jest „nieokreśloną parą”, która może manifestować się pod postacią stosunku jakichkolwiek liczb całkowitych, czy też dwu powierzchni itp.

¹³ Zob. Arystoteles: Metafizyka Ks. XIII, 1081a17

¹⁴ Zob. K. Gaiser: Platos ungeschriebene Lehre. Stuttgart 1963. D. Ross.: Plato's Theory of Ideas. Oxford 1951, s.206-212. Zob. B. Dembiński: Późna nauka Platona..., s.81-109.

¹⁵ Zob. R.Netz, W.Noel: Kodeks Archimedes. Tłum. W. Jeżewski. Warszawa 2007, s.33-54; Stefan Kulczycki, Z dziejów matematyki greckiej, Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa, 1973.

¹⁶ Platon: Timajos, 51a, 52b.

¹⁷ Tamże, 28a-29d.

¹⁸ Tamże, 28a-29d.

matematycznego modelu, odwołuje się wtedy do badania tych związków, które czynią te założenia bądź modele możliwymi. Bada zatem sposób powiązania elementów w obrębie danej struktury, który decyduje o tym, że mamy oto do czynienia z tą a nie inną strukturą, bada również związki, jakie zachodzą pomiędzy różnymi strukturami czy też elementami różnych struktur. Dlatego, metoda dialektyczna słusznie nazwana być może metodą badania i myślenia – w związkach. Nie chodzi więc jedynie o analizę konkretnych przedmiotów, chodzi o skupienie uwagi na badaniu koniecznych związków (wielu idei – kainonia ton ideon), które wyznaczają postać tych przedmiotów oraz badanie sposobów ich wzajemnego powiązania. Widzenie tych związków jest skutkiem intelektualnej intuicji, intelektualnego „widzenia”, pozwalającego dostrzegać „związki istotne”, decydujące o porządku i ładzie natury. Takiego daru udzielają bogowie tylko niektórym. K. Albert widzenie takie określa mianem „*intuitio mistica*”, twierdząc, że odpowiada mu greckie pojęcie *theoria*: oglądanie (oran) tego, co boskie (theos)¹⁹. Filozof „ogląda” wtedy idee bezpośrednio, mocą samego rozumu. Widzi „związki istotne”, będące miarami określoności wszelkich innych związków, które tworzą wzorce w strukturach realnych, jak i te, które stanowią podstawę związków w obrębie matematycznych modeli, struktur muzycznych, estetycznych i etycznych. „Widzi” (idein) prawdę, oraz „wieczny model” – system idei, stanowiący wzorzec, wedle którego Bóg utworzył i uporządkował ciało kosmosu. Zdolność takiego widzenia wynika z głębokiego związku, jaki zachodzi między strukturą intelektu a strukturą świata. Ponieważ struktura intelektu (mikrokosmos) jest częścią struktury świata (makrokosmos), mamy możliwość, twierdzi Platon, odczytywania tej struktury, gdyż jest ona utworzona wedle tych samych miar i wzorców, wedle których utworzony jest nasz intelekt. To zatem, co stanowi podstawę poznania świata jest jedynie formą przypominania sobie (anamnesis) jego właściwej struktury. Dzisiejsza postać takiego stanowiska mogłaby przyjąć następującą formę. Elementy podstawowe tworzące strukturę naszego intelektu, są takie same, jak elementy tworzące strukturę kosmosu. Zatem każdy z nich niesie z sobą szczególną „pamięć” miar, wedle których utworzony jest cały Kosmos. Zatem, kiedy dzięki sa-

moświadomemu odniesieniu się intelektu do samego siebie, jesteśmy w stanie odtworzyć we właściwym dla skali intelektu zakresie, noetyczny (*filoz. rozumowy; dający się pojąć tylko rozumem, intelektem; intelektualny, abstrakcyjny (o myśleniu)*). *Etym.* – gr. *noētikós* 'poznawczy' od *noētos* dający się poznać, pojąć; *przyp. red.*) model Kosmosu. Władni jesteśmy, jak powiedział Platon, oglądać boski model świata.

W późnej, ostatniej fazie swojej filozoficznej działalności, objętej nazwą „nauki niepisanej” (agrafa dogmata), postanawia jeszcze Platon wyjaśnić istotny problem wielości idei, źródła ich określoności i różnicowania. Odwołując się do intuicji pitagorejskich, twierdzi, że przyczyny tej upatrywać należy w bytowych pryncypiach, zasadach (*archai*): Jedna i Nieokreślonej Dyady. Stanowią one postać podstawowego związku, jakim w strukturze świata jest Jedno i Wielość, Granica i Nieograniczone, będące przyczyną i podstawą wszystkich związków, z jakimi możemy mieć do czynienia. Pierwsza zasada Jedno (określane jeszcze w „Państwie” mianem Dobra), jest przyczyną i źródłem tożsamości i określoności każdej idei, druga (Nieokreślona Diada) jest w niej zasadą wielości i różnicowania. Konsekwencją oddziaływania zasad są idee-miary, wyznaczające postać wzorców organizujących postać świata. Wzorce te możemy obrazować za pomocą matematycznych modeli. W ten sposób świat staje się matematycznie poznawalny. Swoje uzasadnienie uzyskuje matematyczne przyrodoznawstwo. Realizacja tego zadania wymaga jednak spełnienia pewnego warunku. Dusza, zdaniem Platona, winna odwrócić się (*periagoge*) od tego, co zmysłowe i zmienne i skierować się ku temu, co wieczne i niezienne. Dotknie wtedy tego, co boskie, upodabniając się do samego boga (*homoiosis theos*), i uzyska dostęp do poznania wiecznego planu organizacji świata, „wiecznego modelu”, wedle którego utworzony został Wszechświat. Uzyska jednocześnie stan uczestnictwa w najwyższym Dobru i spełni swoje powołanie.

Można zasadnie twierdzić, że dzięki takiej postawie intelektualnej, jaką zaproponował Platon mogliśmy stworzyć matematyczne przyrodoznawstwo i techniczną cywilizację, która jest jej bezpośrednim skutkiem. Wydaje się zatem, że mamy wobec Platona i mieć powinniśmy, szczególnie dług wdzięczności.

¹⁹K. Albert: O Platónskim pojęciu filozofii. Tłum. J. Drewnowski. Warszawa 1991.

*Wszystkie drogi prowadzą do Nashville...
All roads lead to Nashville...*

Kolorowa pocztówka dźwiękowa Colorful and musical postcard

Lidia Smentek

Vanderbilt University, Nashville, Tennessee, USA

Lidia.Smentek@Vanderbilt.edu

Streszczenie: Impresje i nauka nowych działów fizyki w otoczeniu gwiazd muzyki country, za ścianą renomowanego i nowoczesnego studia nagrań w Nashville, Music City USA. Poszukiwania fizyka wytłumaczenia możliwości słyszenia dźwięków gitary w kolorze zielonym.

Abstract: Impressions and study of new chapters of physics while surrounded by the stars of the country music, and behind the walls of the renowned and modern recording studio in Nashville, Music City USA. Search of a physicist for understanding the possibility of hearing the guitar tunes in green.

26 stycznia 2012 roku, Filharmonia w Nashville; w programie I Koncert Fortepianowy e-moll op. 11 Fryderyka Chopina w wykonaniu Garricka Ohlssona z Orkiestrą Nashville Symphony pod dyktando słynnego i historycznego Stanisława Skrowaczewskiego. Polski dyrygent, polska muzyka... a wykonanie? Miękkie, jakby-słowiańskie uderzenie, romantyka, poetyka, a przy tym perlista technika i precyzja. Wspaniała intonacja i wymowa – w wykonaniu Ohlssona; muzyki i konwersacji po polsku! Po prawie 42 latach od zdobycia przez niego pierwszej nagrody w VIII Międzynarodowym Konkursie Chopinowskim w 1970 roku, miałam wreszcie okazję, żeby osobiście złożyć gratulacje. Piękna interpretacja, ten sam uśmiech artysty, choć posiwiata już włosy; moje i bohatera muzycznego wieczoru. Minęło przecież tyle lat od transmisji i wielkich emocji, kiedy prawie wszyscy nad Wisłą śledzili wyłanianie najlepszych pianistów spośród 80 uczestników z 28 krajów. Emocje były silne, zwłaszcza, że wśród uczestników rywalizował Piotr Paleczny (III nagroda) i Janusz Olejniczak (V nagroda).



Dedykacja – po angielsku, ale rozmowa po koncercie, ku mojemu zdumieniu, przeprowadzona była w języku polskim!

Dla Garricka Ohlssona ta nagroda była początkiem jego światowej kariery pianistycznej, a jej wspomnienie w ten jeden wieczór z Chopinem na scenie w Nashville, przepojonym na każdym prawie kroku muzyką country – przywołało obrazy sprzed lat i dodało specjalnego kolorytu tutejszej codzienności.

A codzienne otoczenie Nashville, Music City USA, to faktycznie muzyka country, choć nie jej ładunek emocjonalny, czy artystyczny, jest głównym tematem tej prezentacji, a fizyka rozumiana i stosowana przez inżyniera akustyka i artystów. Przedstawiam więc cztery odsłony tego zagadnienia jako tło staromodnej i kolorowej pocztówki dźwiękowej z nagraniem Johnny'ego Casha, Willi'ego Nelsona, Kenny'ego Rogersa, George'a Jonesa...w towarzystwie Dolly Parton, Loretty Lynn i mojej ulubionej Patty Loveless, wymieniając tylko nazwiska z firmamentu gwiazd stałych.

1. Prosta fizyka w skomplikowanej roli

Atrakcyjne zastosowania podstawowych koncepcji fizyki w kreowaniu świata muzyki to akustyka i harmonia; miła dla ucha i wyciszająca eufonia i szorstka kakofonia na granicy bolesnego hałasu. Akcja spoza ścian profesjonalnego studia nagrań opisana jest przez **Todda Falesa**, mistrza dźwięku pracującego w renomowanej i wielokrotnie nagradzanej firmie Carl Tatz Design na chwałę i światową sławę Nashville, stolicy muzyki country. Oto rozmowa z nim.

1. Czy istnieją różnice w technicznych wymaganiach dla dobrej akustyki w sali koncertowej i małym studiu nagrań?

Warunki akustyczne w salach koncertowych zależą od wielkości i kształtu pomieszczenia. Parametry te muszą być dostosowane w celu łagodzenia wczesnych odbić fal dźwiękowych. Dźwięk zanika z odległością, nierównoległe ściany i wysokie pochylone sufity mają ogromnie pozytywne znaczenie przy projektowaniu pomieszczeń z dobrymi warunkami akustycznymi. Nawet wiszące wewnątrz balkony działają jak deflektory częstotliwości [zmieniające kierunek fal akustycznych, niezależnie od częstotliwości]. Również siedzenia na widowni sali koncertowej spełniają rolę wielkich dyfuzorów rozpraszających dźwięk [w różnych kierunkach w zależności od częstotliwości], który normalnie, w pustej sali, odbijałby się od podłogi. Zapelniona widownia

w czasie koncertu też poprawia warunki akustyczne absorbując fale dźwiękowe¹.

Akustyka małego pomieszczenia jest zupełnie innym zagadnieniem. Wielkość studia nagrań „na żywo” musi być wystarczająca aby tylko pomieścić wykonawców, bo każda dodatkowa przestrzeń byłaby zbyt drogim luksusem. Każde odbicie fali dźwiękowej powoduje zwiększenie SPL (Sound Pressure Level = poziom ciśnienia dźwięku) o 3dB. Małe pomieszczenia narażone są na problemy spowodowane stojącymi falami, które wygaszają niektóre częstotliwości w pewnych miejscach, a w innych je wzmacniają². To wymaga od inżyniera akustyka precyzyjnego wybrania punktów umiejscowienia mikrofonu. Pułapki basów³ [niskich tonów] ustawione w narożach pomieszczenia pozwalają na kontrolowanie niskich częstotliwości. Płyta rezonansowa umieszczona przy suficie, działając jako deflektor, łagodzi mod wysokości. Mody szerokości i długości są wyciszane przez pochłaniające i rozpraszające materiały na ścianach.

Mody pomieszczenia mogą być obliczone jako stosunek prędkości dźwięku do podwojonego wymiaru studia [droga fali w obu kierunkach; każdy następny mod jest podwojoną wartością poprzedniego, aż do momentu, kiedy pogłos jest niesłyszalny]. Te częstotliwości rezonują tam i z powrotem między ograniczającymi barierami, czyli ścianami [wytwarzając fale stojące, czyli węzły i strzałki, a więc wzmocnienia i wyciszenia, przypadające w różnych miejscach studia]. W celu zmniejszenia możliwości powstawania niekorzystnych fal stojących stosuje się specjalnie dostrójone rezonatory wychwytyjące odbijane fale.

W studiu nagrań należy również wyeliminować hałasy dochodzące z zewnątrz, takie jak przelot samolotu, syreny czy odgłosy życia ulicy, a jednocześnie zachować muzykę wewnątrz zamkniętego pomieszczenia. Przecieki dźwięków ze studia muszą być też zminimalizowane. W tym celu stosuje się podwójne, odseparowane od siebie ściany [budując pokój wewnątrz pokoju], aby uniemożliwić transmisję przez sztywne materiały, przenoszące wibracje [jak belki stropowe]; stosuje się też ich izolację, aby zachować wewnątrz studia stały poziom SPL.

2. Jaką rolę odgrywa dekoracja wnętrza sali koncertowej?

Przejdź wzdłuż terminala dużego portu lotniczego, żeby zaobserwować akustyczne zabiegi ukryte

¹Współczynnik absorpcji dźwięku dla ciała człowieka waha się między 2.0-5.0, w zależności od częstotliwości, a jednostką pochłaniania dźwięku jest Sabine (od nazwiska akustyka Wallace'a Clementa Sabine'a, 1868-1919), wyrażony w m² określający całkowite pochłonięcie dźwięku przez powierzchnię 1m², jakby dźwięk ulatywał przez otwarte okno, bez możliwości odbicia, czyli powrotu.

²Mody pomieszczenia, czyli częstotliwości jego naturalnego brzmienia, zależą od jego wymiarów i kształtu; dla prostokątnego pokoju są trzy grupy głównych modów, które zależą od długości, szerokości i wysokości.

³Głównym problemem małego studia nagrań jest pogłos niskich dźwięków i aby teoretycznie zwiększyć pomieszczenie stosuje się absorbery niskich częstotliwości, czyli pułapki basów, które działają tak, jakby ograniczająca ściana nie istniała; dzięki nim zminimalizowane jest powstawanie fal stojących i akustyczna interferencja, czyli procesy które zniekształcają charakterystykę dźwięku w zależności od rozmiaru studia i miejsca przebywania; pułapki te jednocześnie powodują silniejsze i klarowniejsze brzmienie pożądanego tonu.

pod architektonicznymi elementami i zastosowanymi dekoracjami. Dziwnie niesymetryczne kształty i faktura ściany wyciszają głozy i odgłozy stąpania zmęczonych turystów. W teatrach i salach koncertowych według mojego projektu stosujemy ciężkie draperie i zasłony w celu zaabsorbowania dźwięku. Kilimy, swobodnie ukształtowane dzieła artystyczne i wyłaniające się ze ścian rzeźby o okrągłych kształtach – wszystko to ma na celu rozpraszać dźwięk. Wiszący żyrandol jest dyfuzerem, zwłaszcza jeśli jest poprawnie umiejscowiony, w kierunku wierzchołka parabolicznej kopuły. Okna też odbijają fale, ale mogą działać jak membrana (diafragma) w mikrofonie i emitować fale dźwiękowe, mogą być też źródłem dudnienia (tympanicznego dźwięku) wygaszając niskie częstotliwości. Upiększające szkła i witraże są mniej „odbłaskowe”, bo w mniejszym stopniu odbijają fale. Jeśli otwór okienny jest na przykład we wnętrzu w grubym murze ceglanym, te właśnie wnęki mogą pełnić rolę pułapek częstotliwości.

3. Co jest sekretem dobrej akustyki w średniowiecznych kościołach? Proszę ocenić warunki akustyczne w dwóch przykładach: kościół Św. Jakuba Apostoła z XIV wieku w Toruniu (fotografia poniżej), gdzie jest bardzo dobra akustyka i nowoczesna bazylika w Licheniu (fotografia w środku i po prawej), gdzie akustyka jest zła i zamiast miłej dla ucha harmonii, powstaje ostra i bolesna dla ucha kakofonia; co jest powodem, że występuje taka wielka różnica w jakości dźwięku w obu tych miejscach?

KSZTAŁT. Architektoniczne dekoracje na suficie, widoczne na pierwszej fotografii, zaburzają negatywny efekt parabol. W pierwszym przykładzie, ściany boczne w środkowej części są niższe (łuki do naw bocznych) i przechwytyują pierwsze odbicia; w dodatku czarne wystające elementy na ścianach [galeria podokienna drugiego poziomu budowli] również rozpraszają odbicia. Krzywizny na sklepieniu nowego kościoła [w Licheniu] są bardziej płaskie

i bardziej paraboliczne; nawet obszary przyokienne są płaskie. Na trzeciej fotografii widzę też kopułę paraboliczną. Nigdy nie jest to dobry kształt dla jakości dźwięku. Właśnie odwrotna krzywizna paraboli jest kształtem, jaki bardzo często stosujemy w naszej pracy. Taka jest moja skromna ocena tych dwóch przykładów.

4. Jaki jest optymalny wymiar studia nagrań? Ucho ludzkie rozróżnia opóźnienie odbitej fali o 0.1 sek; znaczy to, że w przybliżeniu odległość o 17 m jest krytyczna dla ucha, aby usłyszeć echo – czy te proste obliczenia brane są pod uwagę w projektowaniu studia nagrań?

Istnieje teoria tzw. „**ŻŁOTEGO POMIESZCZENIA**”; jest to pomieszczenie z optymalną długością, szerokością i wysokością, jeśli chodzi o ocenę jego modów. Właściwie nikt jednak nie przestrzega dokładnie tych reguł. Badania przeprowadzone przez BBC wykazały, że około 40m³ jest koniecznych dla krytycznego słuchania. W gruncie rzeczy, pomieszczenie w kształcie sześcienu jest najgorsze z punktu widzenia akustyki. W takim pomieszczeniu wszystkie trzy mody, wyznaczone przez długość, szerokość i wysokość, są o tej samej częstotliwości. Znaczący to, że musiałoby to być ogromne pomieszczenie i wiele zabiegów byłoby koniecznych, żeby nadawało się do nagrywania na żywo.

5. Kiedy echo jest pożądanym efektem w studiu nagrań?

Opóźnienie, echo i pogłos są bardzo ważnymi efektami w studiu nagrań, jeśli rozbrzmiewają poprawnie. JEŚLI TWOJE STUDIO NAGRAŃ BRZMI DOBRZE – WYKORZYSTUJ JE, JEŚLI BRZMI ŹŁE – ZNISZCZ JE; to główna zasada. Najczęściej opóźnienie i echo stosowane są obecnie przy wykorzystaniu elektroniki. Przed rokiem 1970, jedyną praktyczną możliwością opóźnienia sygnału dźwiękowego było zastosowanie taśmy nagrywającej. Efekt taki był osiągnięty przez przesyłanie sygnału do



Po lewej - organy i sklepienie Kościoła Św. Jakuba Apostoła w Toruniu (fot. Sławek Rokicki); w środku i po prawej – wnętrza bazyliki w Sanktuarium Maryjnym w Licheniu (fot. Jan Mielczarek)

głowicy nagrywającej urządzenia taśmowego i kolejne stosowanie sygnału z głowicy „play back”, a odległość między nimi była źródłem opóźnienia. Echoplex jest przykładem takiego urządzenia, które zawiera trzy głowice do regulowania stopnia opóźnienia dźwięku. Obecnie jeszcze niektórzy akustycy stosują Echoplex (lub podobne taśmowe urządzenia) dzięki ich unikalnym charakterystykom. Niektóre studia, jak na przykład Oceanway na 16th Ave w Nashville, są wystarczająco wielkie, żeby nagrywać duże sekcje smyczkowe i stosować naturalne echo jako pozytywny efekt.

6. Kiedy odwiedziłam Ciebie w budowanym nowym studiu [za ścianą mojego domowego gabinetu] pokazałeś mi „studio nagrań”, „control room” i oddzielne pomieszczenie dla komputerów. Jak te miejsca współdziałają ze sobą? Gdzie znajduje się miejsce dla piosenkarza?

W studiu nagrań jest kilka pomieszczeń, które spełniają całkowicie odmienne role.

Pomieszczenie nagrań na żywo (perkusja, gitara basowa i elektryczna), średnie pomieszczenie nagrań na żywo (akustyczne pianino), izolowana kabina (instrumenty akustyczne i wokale) i wreszcie Control Room, albo Mix Room, gdzie właściwie wszystko się dzieje i odbywa się twórcze słuchanie i nagrywanie. Dobrze przygotowany do pracy Control Room powinien mieć wysoki sufit, około 3 m minimum, powyżej 4 m byłoby nawet lepiej. W pomieszczeniu o wysokości 2.4 m, ucho słuchającego w pozycji siedzącej jest na wysokości 1.2 m. To znaczy, że ucho inżyniera dźwięku znajduje się w zerze pierwszej i trzeciej harmonicznej rezonującej częstotliwości (modu). Czyli faktycznie wysokość studia musi być większa niż 2.4 m. Długość pomieszczenia powinna być wystarczająca, żeby umieścić w odpowiednim miejscu monitory, konsolę i stanowisko inżyniera nagrań, i nadal mieć odpowiednią odległość od punktu w połowie między przednią i tylną ścianą studia. Inżynier zajmuje stanowisko w centralnej pozycji modu szerokości, ponieważ on musi słyszeć efekt stereo [pozycja symetryczna względem głośników]. W studiu nagrań głównie zwracamy uwagę na kombinacje wczesnego i późnego odbicia. Prawdziwe echo wymaga odpowiedniej odległości, żeby stać się złym efektem odbijając się od ścian pomieszczenia i wytworzyć słyszalną dźwiękową dezorientację.

W Studiu Monty’ego (Montana Room) [czyli za moją ścianą] zbudowaliśmy ISO BOOTH [sound isolation booth = kabina izolacji dźwiękowej] dla partii wokalnych i instrumentów akustycznych. Wiel-

kie okno z podwójnym szkłem separuje dźwiękowo inżyniera nagrania i wykonawcę, ale pozwala im na wzrokowy kontakt w czasie wspólnej pracy.

7. Jakie sposoby tłumienia dźwięku zostały zastosowane w celu zagwarantowania mi spokojnego snu w czasie, kiedy największe przeboje muzyki country są nagrywane za ścianą?

Izolacja i odseparowanie [ścian] zapobiegają wibracjom i rozprzestrzenianiu się SPL na znacznej odległości od ich źródła. Podwójne ściany z wieloma warstwami izolacyjnymi i szczelne drzwi i okna dobrze się sprawdziły w tej lokalizacji⁴. Niektóre studia nagrań wymagają znacznie większych zabiegów.

8. Ile studiów nagrań skonstruowałeś? Ile znajduje się w Nashville? Ile z nich zdobyło nazwę, czyli ile stało się sławnymi?

Brałem udział w konstrukcji 12 studiów, wszystkie w okolicach Nashville. Pracujemy z tyloma wybitnymi twórcami, że każdy z nich zdobył swoją nazwę! Na przykład „The Panic Room”, „The Grip”, „The Verge” [fotografia poniżej], „The Nest” [fotografia poniżej], „The Blue Grotto”, „Willizounds”, „Montana Room”, „Red Dot Studios” „Red Door Studio”. Wszyscy nasi klienci, dla których budowaliśmy studia nagrań, odnoszą sukcesy w muzycznym świecie, niezależnie od ekonomicznego ochłodzenia, obserwowanego obecnie w gospodarce.

9. Czy byłbyś tak uprzejmy podzielić się swoimi wspomnieniami dotyczącymi najbardziej renomowanych studiów nagrań, jakie skonstruowałeś?

Większość naszych klientów jest bezimienna. To grupa odnoszących sukces autorów tekstów, producentów i muzyków biorących udział w nagraniach, a których nazwiska można znaleźć wydrukowane małym drukiem na płytach, jakie powstały dzięki ich pracy. Nagrywający artysta bardzo rzadko zwraca uwagę na techniczne warunki i detale, które umożliwiają dokonanie dobrego nagrania. W naszej pracy mamy dwa przykłady z zespołu „Rascal Flatts”⁵. Budowaliśmy studio dla Jay’a Demarcusa and Joe’a Don Rooney’a, dwóch artystów tworzących to znane duo. Obaj są zaangażowani w produkcję własnej muzyki, ale również innych artystów.

II. Sztuka czy nowoczesna technologia?

Studio nagrań Montana za ścianą jest własnością Monty Powella, muzyka, autora piosenek i mistrza profesjonalnych nagrań; laureata prestiżowego i najwyższego tytułu w świecie muzyki country

⁴ Faktycznie, tylko jeden raz w trakcie nagrywania kolejnego przeboju muzyki country wspólna nośna belka naszych domów przenosiła niskie dźwięki jako dudnienie, wytłumione po tej próbie dodatkowymi pułapkami basów.

⁵ Znany zespół nie tylko ze względu na muzykę (szczególnie polecam piosenkę „STAND”, która dodaje odwagi w walce z chorobą nowotworową ciała i ducha), ale też z charytatywne akcje; między innymi ostatnio grupa zebrała 3 mln dolarów dla Monroe Carell Jr Children’s Hospital, Vanderbilt University, w Nashville.



„The Verge” i „The Nest” (Carl Tatz Design, Nashville)



Songwriter of the Year, przyznanego w roku 2009 przez SESAC⁶. W tym samym roku jego piosenka „Sweet Thing” została uznana jako Song of the Year, razem z przebojem „Kiss a Girl”, śpiewanym przez Keitha Urbana⁷. Poniżej przedstawiam rozmowę, która pozwala na rozgraniczenie między fizyką, techniką i technologią studia nagrań, a sztuką dokonywania perfekcyjnych nagrań piosenek.

1. Kiedy słyszę miłą dla ucha i serca piosenkę w stylu country, jako fizyk, zastanawiam się ile w nagraniu jest fizyki i technologii, a ile sztuki i talentu wykonawców?

Jakość tego, co można usłyszeć, to wynik akcji fizyki i technologii. Emocjonalny ładunek niesiony przez to medium, to miejsce, gdzie zaczyna się sztuka kompozytorów i wykonawców. Dźwięki wysyłają różne emocjonalne sygnały. Spółgłoski i im podobne fonetycznie dźwięki tekstu piosenki przekazują inne sygnały niż samogłoski itd. Niskie, średnie i wysokie częstotliwości też stymulują emocje. Niektóre nagrania są ciepłe, inne prawie drażniące... celowo... w celu wytworzenia emocjonalnych doznań u słuchacza. W uzupełnieniu oczywistego znaczenia roli słów i melodii, wyniku pracy artysty, występuje ich wspólny taniec z fizyką i technologią.

2. Nie posiadam tzw. dobrego głosu, żeby śpiewać; czy jesteś w stanie, przy wykorzystaniu Twojej rozległej wiedzy i przy pomocy nowoczesnej technologii mistrzowsko zmodyfikować nagranie mojego śpiewu tak, że byłoby ono nie tylko akceptowalne, ale również miłe dla ucha?

Tak... technologia pomaga manipulować wysokością głosu, strojeniem, czasem trwania dźwięku i innymi parametrami, wszystko po to, aby stworzyć miłe dla ucha nagranie w przypadku, gdy oryginalne, w jego surowej formie, nie jest przyjemne do

słuchania. Można stworzyć technicznie poprawne nagranie, ale będzie ono bez charyzmy i nastroju, czyli specyficznych cech wyróżniających poszczególnych wykonawców i świadczących o ich niepowtarzalnym talencie.

3. Widziałam Ciebie całkowicie zanurzonego w mistycznej atmosferze swojego nowego studia nagrań, siedzącego przed ogromnym monitorem na którym współzawodniczyły ze sobą dynamiczne sinusoidy; w otoczeniu głośnej, ale przyjemnej, muzyki. Wtedy nie grałeś na instrumentach, ale grałeś na aparaturze eksponując z nagrania sekcję skrzypiec, na przykład, przyciskając jednocześnie pozostałe instrumenty, albo modyfikując dźwięk gitary brzmiącej miękko lub metalicznie, czy poprawiając harmonię i strojenie głosu wycinając to, co znajdowało się na ekranie poza dopuszczalnym zakresem. Jak tego dokonujesz?

Moimi głównymi narzędziami są następujące parametry:

Głośność: łatwe do zrozumienia... jeśli zwiększysz amplitudę fali dźwiękowej skrzypiec w porównaniu z innymi partiami, bardziej je będziesz słyszeć. A więc względna zmiana głośności poszczególnych komponentów nagrania [zapamiętanych oddzielnie] gra główną rolę w tych modyfikacjach wprowadzanych w celu przyciągnięcia uwagi słuchacza, albo wyciszenia niektórych składowych. To nie jest statyczna operacja i dobre miksowanie składa się z wielu etapów, czy akcji, w celu równoczesnego zachowania świeżości muzyki w odbiorze.

Ujednolicanie (wyrównywanie): polega na wzmacnianiu lub wyciszaniu szczególnych zakresów częstotliwości dźwięku (Hz i kHz).

Bardziej ezoteryczne procesy polegają na elektronicznym dostrojeniu niedostrojonych (fizycznie) instrumentów lub głosów przy użyciu specjalnego

⁶SESAC (kiedyś akronim, obecnie nazwa) został założony w 1930 roku, aby chronić praw europejskich kompozytorów słabo wówczas reprezentowanych na terenie USA.

⁷Najjaśniejsza obecnie gwiazda muzyki country; prywatnie mąż słynnej Nicole Kidman.

oprogramowania... dzięki tzw. kompresji kontroluje się dynamikę zakresu w jakim brzmi dany instrument lub głos.

4. Rysujesz obraz piosenki przy użyciu dźwięków o różnym zabarwieniu, wspierając przesłanie utworu własnymi tekstami – czy to rutyna i zdefiniowana procedura, jaka musi być powtórzona przy tworzeniu każdej piosenki, czy raczej odwrotnie, każda piosenka jest świeżym i nowym doświadczeniem?

Tworzenie każdej piosenki jest świeżym doświadczeniem, podobnym do tego, co odczuwa malarz przystępując do pustej kanwy przyszłego obrazu. Jednocześnie jednak, tak jak malarz, znam dokładnie, wszerz i wzdłuż, paletę dostępnych tonów i wiem, które z nich będą współdziałały w procesie tworzenia w celu osiągnięcia oczekiwanego efektu.

5. Z zaskoczeniem przeczytałam, że eufonia dźwiękowego układu tekstu jest łatwiej osiągnąć przy użyciu słów zawierających samogłoski, które łatwiej wymawia się niż spółgłoski i że dłuższe samogłoski są bardziej melodyjne. Czy istnieje jakaś różnica w akustyce studia nagrań piosenek i takiego, w którym nagrywana jest tylko muzyka instrumentalna? Jak osiągnąć optymalny dźwiękowy układ w przypadku nagrywania piosenek z różnymi tekstami? Czy tylko muzyka jest brana pod uwagę, a fonetyczna jakość tekstu piosenki musi być dostosowana do panujących warunków akustycznych w studiu?

Studia są tak projektowane, aby dźwiękowo nie były obecne w nagraniu. Ważnym celem jest osiągnięcie możliwie płaskiego odbicia częstotliwości, które nie charakteryzuje się silnym wzmocnieniem i głębokim wyciszaniem w zakresie słyszalnego spektrum. Główną ideą jest uniknięcie oszukiwania uszu przez pojawianie się zakłócających dźwięków generowanych przez samo pomieszczenie. Specjalne techniki są stosowane w przypadkach wspomnianych w pytaniu. Na przykład stosuje się pop filter, przypominający drucianą drobną siatkę, którą umieszcza się między śpiewającą osobą i mikrofonem, aby rozproszyć powietrze i wyeliminować odgłos jakby-wystrzału, jaki powstaje, kiedy wyśpiewana jest spółgłoska taka jak „P”. W wyniku tego zabiegu, bardziej miękkie „P” jest słyszane. Chociaż jest to nienaturalne, ale znacznie przyjemniejsze dla ucha... jest mnóstwo właśnie takich technik stosowanych w studiu nagrań.

6. Ernest Lord Rutherford of Nelson, ojciec fizyki jądrowej, który w 1911 roku przedstawił światu koncepcję jądra atomowego powiedział, że „cała nauka to albo fizyka albo zbieranie znaczków”. Jestem pod wielkim wrażeniem Twojej kolekcji

gitar zawierającej 32 instrumenty. Czy źródłem tej kolekcji jest fizyka i różne fizyczne własności każdego instrumentu i dlatego można ją nazwać „naukową”, czy, tak jak zbieranie znaczków (albo biżuterii, w przypadku pań) – powód jej jest bardziej wyszukany, artystyczny i emocjonalny, odczuwany jako przyjemność bycia otoczonym pięknymi obiektami?

Oba powody równo po połowie odegrały rolę. Każda gitara ma swój własny głos i każda brzmi inaczej, dlatego mogą one odgrywać różne role w studiu nagrań. Oczywiście, również estetyka każdego instrumentu jest elementem uroku, jaki przyciąga artystyczną duszę twórcy.

7. Ile piosenek napisałeś? Z której jesteś najbardziej dumny? Kto śpiewa Twoje piosenki? Jaką nagrodę, czy wyróżnienie, najbardziej cenisz?

Hmmm...tysiące piosenek...najbardziej jednak jestem dumny z piosenki, „Dobranoc, z Bogiem”, jaką napisałem dla moich córek, kiedy były małe... dużo ludzi śpiewa moje piosenki, od Keitha Urbana⁷, Lady Antebellum, Anny Wilson [wywiad poniżej], Rascal Flatts⁵, Better Than Ezra... długa lista się ciągnie... a z nagród najbardziej cenię tytuł Autora Piosenek Roku 2009 przyznany mi przez SESAC⁶.

8. Albert Einstein powiedział: „Wszystko w życiu jest wibracją” („Everything in life is vibration”) –czy zgadzasz się z tym stwierdzeniem?

Wprowadziłbym poprawkę mówiąc, że „Wszystko co jest postrzegane w życiu, jest wibracją”.

III. Tylko sztuka i talent

Rozmowa z Anną Wilson, uznaną i znaną piosenkarką jazzową i autorką wielu popularnych piosenek muzyki country. Rozmowa z sąsiadką zza ściany o procesie twórczym i wielkich gwiazdach muzyki country, czyli jej partnerach w muzycznej twórczości, sprawiła, że dzięki jej talentowi i sławie, poczułam splendor spływający również na mnie, choć przecież niczym nie zasłużyłam na takie wyróżnienie. Kilka tygodni temu byłam tylko anonimowym melomanem na koncercie Kenny Rogersa w Filharmonii w Nashville. Pamiętam jednocześnie doskonale, kiedy w 1983 roku po rocznym stażu naukowym w Nashville wróciłam do macierzy z płytą długogrającą Kenny Rogersa z nagraniem słynnej Lucille (między innymi); był to powiew wolności i muzyczny obraz tęsknot za nią, zwłaszcza, że nadal wtedy trwał nad Wisłą stan wojenny. Płyta ta, w ciągle niezniszczonej kopercie z fotografią idola, pokutuje teraz gdzieś w zakamarku domowej biblioteki, wyparta przez znacznie lepsze nagrania na CD. Wtedy, przed laty Kenny Rogers był nierealną gwiazdą na firmamencie muzyki country; teraz jest

przyjacielem i współtwórcą przebojów, razem z moimi sąsiadami na wyciągnięcie ręki... **Wszystkie drogi prowadzą do Nashville!**

1. Jesteś autorką piosenek i piosenkarką. Pisziesz piosenki country i śpiewasz jazz: dla ludzi spoza branży to dwa różne style muzyki, kiedy oceniane są w subiektywny sposób; dla fizyka – to dwie różne „wibracje”, ale te same zasady i to samo źródło dźwięku, kiedy analizuje się efekt obiektywnie. Jak to porównanie wygląda w oczach artysty? Jaka jest różnica między tymi dwoma stylami? Jak to jest możliwe: „to *think country*” (myśleć country) i „to *sing jazz*” (śpiewać jazz), i vice versa?

Dla artysty faktycznie są różnice i właśnie te różnice sprawiają, że możliwości muzyki stają się nieograniczone i dogłębnie fascynują. Różne akordy sprawiają, że doświadczasz odmiennych odczuć wywołujących się z liryki, jak również z dźwiękowego krajobrazu. Istnieją podstawowe akordy i wszystkie style muzyczne są stworzone z podstawowych nut. Sztuka polega na tym, jak je ubarwisz za pomocą towarzyszących dźwięków, które nie występują w trytonowym zestawie – to właśnie sprawia, że można wykreować brzmienie country albo jazz, nerwowe albo melancholijne, energetyczne albo delikatne w brzmieniu i wykonaniu.

Tak, w obecnym krajobrazie muzycznym country i jazz są dźwiękowo bardzo różne, wytwarzając wibracje będące źródłem różnych nastrojów. Jakkolwiek, dla mnie, jako dla piosenkarki jazzowej, która połączyła jazz z country, te dwa style nie są tak daleko od siebie, jak może się wydawać. Rzucam światło na muzykę country z lat 1950/1960, z ery nazywanej przez historyków muzyki „The Nashville sound” (Brzmienie Nashville).

Jeśli skoncentrować się na tej erze, wydaje mi się, że jest raczej łatwo zrozumieć jak mogę „think country and sing jazz”. Wtedy, liryka (słowa) wielu piosenek opowiadała historię, podobnie jak zawsze przekazywały to piosenki country, chociaż zwykle według melodii bardziej skomplikowanej niż słyszemy to dzisiaj w country music. Właśnie te skomplikowane akordy i melodie, które były bardziej „jazzy”, dodawały „kolorytu” muzyce i sprawiały, że brzmiała ona bardziej jazzowo i bardziej finezyjnie, zachowując jednocześnie lirykę w stylu country. Przesłanie country-jazz z pewnością nie jest nowoczesnym dźwiękiem, ale bardziej dźwiękiem nostalgicznym. Tworząc muzykę dzisiaj i stosując „kolorowe nuty” akordu, zawsze wykreowane jest nostalgiczne brzmienie, nawet jeśli jest to nowoczesna kompozycja. Z dodatkiem kilku nut do zwykłego akordu natychmiast można przenieść fragment muzyki z jednego nastroju do innego.

2. Co jest pierwotne, kiedy tworzysz piosenkę – liryka (słowa) czy muzyka?

Moje doświadczenia są różne. Stworzyłam piosenki dzięki różnym konfiguracjom. Nieraz słowa są pierwsze, nieraz muzyka, choć zdarza się, że pojawiają się jednocześnie. Chociaż, dziewięć razy na dziesięć muszę przyznać, że właśnie słowa są dla mnie motorem tworzenia. Zwykle zaczynam z pomysłem, frazą lub tytułem, które inspirują kompozycję. W takim momencie staram się znaleźć muzykę, melodię, które wzmocnią przesłanie słów w odpowiednim nastroju i tempie.

3. Oglądałam krótką relację dokumentującą Twoje (razem z Montym) twórcze warsztaty z 60-kilkoma zwykłymi uczestnikami, nie artystami, i po jednym dniu pracy z nimi zaprezentowaliście powstałą piosenkę z wcale niebanalnymi słowami i atrakcyjną melodią... czy stworzyć piosenkę jest tak łatwo, czy po prostu Wasz talent jest tak obywatelski i dominujący, że nawet w takich niecodziennych warunkach jesteście w stanie stworzyć artystyczne dzieło?

Twórcze spotkanie, jakie wspominasz, nazywa się „Song Session”; NIE – to nie jest łatwe! W każdym momencie czujesz ...nóż na gardle. Dzieje się to wszystko w realnym czasie. Te Song Sessions nazywam „intelektualnym kursem wspinania się po sznurze”, który stosuje zasady współtworzenia i współpracy, żeby nadciągnąć twórcze mięśnie poszczególnych osób, które nigdy przedtem nie napisały piosenki. Często organizujemy takie ćwiczenia z osobami z innej branży. Muszę jednak przyznać, że wcale nie jest to łatwe opanować dużą grupę ludzi i ukierunkować ich do wspólnej twórczej wizji.

Jest jednak pewne „rzemiosło” w pisaniu piosenek, tak jak w przypadku każdej innej profesji. Rzemiosło to wynika z wielu lat doświadczeń twórczych. Mamy życiorysy w których zapisane są podstawowe zasady współtworzenia. Przekazujemy te zasady, składając wspólnie kawałki tego puzzle i wszyscy razem tworzymy piosenkę. To jest niesamowite doświadczenie. Na koniec sesji piosenka jest gotowa jako wynik wspólnej pracy i zwykle jest ona oparta na wspólnej wizji albo przestaniu całej grupy. Każdy jest właścicielem i współudziałowcem w jej tworzeniu; jest to inspirujące doświadczenie dla wszystkich uczestników.

4. Twój ostatni album, przyjęty z wielkim entuzjazmem (należę do tłumu jego wielbicieli) ma intrygujący tytuł, nie wspominając jego artystycznej atrakcyjności: COUNTRYPOLITAN. Co jest źródłem tego tytułu i co on znaczy?

Niektórzy uważają, że to ja wymyśliłam ten tytuł, a właściwie ma on historyczne podłoże. Znowu wracamy do ery zwanej „brzmieniem Nashville”. Wtedy tacy artyści jak Chet Atkins, Jim Reeves, Patsy Cline i Eddy Arnold, przywołując tylko kilku, zaczęli włączać bogate sekcje smyczkowe i instrumenty dęte

do swoich piosenek country, żeby wytworzyć bardziej atrakcyjne brzmienie. Zastąpili stalową gitarę i skrzypki [*fiddles*, czyli nie skrzypce] takimi właśnie wzbogaconymi aranżacjami w celu osiągnięcia większego uroku i zdobycia szerszych rzesz słuchaczy. To wytworzyło bardziej finezyjne brzmienie i „kolor”. Nazwa „Countryopolitan” została stworzona jako gra z „Cosmopolitan”. Typowy Countryopolitan zajmuje się delikatnymi niuansami skomplikowanych gier i typowych problemów porozumienia między dwógiem w miłosnym, ale problematycznym związku; pieszczotliwe pianino i nosowe brzmienie wokalne części często jest jedyną pozostałością identyfikującą styl country, albo western.

5. Co się czuje śpiewając w duecie z Keithem Urbanem albo legendarnym Kenny Rogersem?

Śpiewanie w duecie z Keithem, Kenny’em i innymi wspaniałymi artystami, z którymi miałam okazję nagrywać, jest całkowicie niesamowitym przeżyciem i wspomnieniem, które będę zawsze hołubić. Keith jest moim przyjacielem od wielu lat, więc nagrywanie z nim kojarzy mi się z różnymi ciepłymi i fantastycznymi odczuciami, zwłaszcza kiedy wspominam z przeszłości naszą długotrwałą przyjaźń i wszystko to, co razem przeżyliśmy. Wspólnie pisaliśmy piosenki i wspólnie dawaliśmy koncerty, ale możliwość nagrania piosenki z nim była ukoronowaniem wielu wspaniałych wspomnień. Jeśli chodzi o Kenny’ego, to było prawie surrealistyczne i niezwykle przeżycie, ponieważ wzrastałam słuchając jego piosenek. Nagrywanie piosenki z symbolem takim jak Kenny, było wielce nobilitujące. Nauczyłam się od niego wiele w ciągu tej jednej sesji nagraniowej. Z pewnością było to przeżycie, którego nigdy nie zapomnę.

IV. Kolory gamy i gama kolorów

W rozmowie z artystami często pojawiają się określenia łączące muzykę z obrazami, a tworzenie piosenek porównuje się do malowania farbami. **Harmonia** barw, **kompozycja** obrazu, **tonacja** koloru, **gama** kolorów ciepłych i zimnych – to pojęcia łączące doznania słuchowe z wizualnymi. Jest to jakby scenariusz popularnych koncertów światła i dźwięk i spuścizna po Aleksandrze Skriabinie, który chcąc wzmocnić przeżycia artystyczne podczas wykonania własnej kompozycji *Prometeusz*, połączył muzykę z barwami wytwarzanymi przez skonstruowany przez siebie kolorowy fortepian. Takie aranżacje są wspomaganie doznań jednego zmysłu przez inny.

A czy można słyszeć muzykę w kolorach bez stymulowania oczu padającą wiązką światła z zakresu widzialnego? Pytanie to zostało sprowokowane przez Monty Powella (mój rozmówca przedstawiony powyżej), który po wyjaśnieniu fizycznych podstaw

swojej sztuki, zapytał mnie, jako fizyka, dlaczego jego kolega-gitarzysta słyszy dźwięk gitary w kolorze zielonym. Wezwana do odpowiedzi przy przysłowiowej tablicy w szkolnej klasie wykonałam zadanie domowe analizując dwa aspekty tego zagadnienia: psychologiczno-neurologiczny i formalnie fizyczny.

A. Synestezja

Synestezja to specjalna zdolność, dzięki której wrażenia odbierane za pomocą jednego zmysłu, wywołują wrażenia odbierane za pomocą innego. Jest to kojarzenie niskich dźwięków z ciemnymi barwami, a wysokich z jasnymi, jest to odczuwanie ciepła, gdy widzi się gamę ciepłych kolorów, to widzenie cyfr lub liter w różnych barwach, to odczuwanie szczególnego smaku pod wpływem na przykład słyszanej melodii. Doznania te nie są jednak wyobraźnią, tylko autetycznym odczuwaniem. Niektórzy widzą muzykę jako kolorowe wykresy na oscyloskopie, choć osoby doświadczające tego, nie są zgodne, jakiemu dźwiękowi przyporządkowany jest szczególny kolor. W wyniku innej odmiany synestezji osoby kojarzą liczby, daty albo nawet litery z osobowością i cechami charakteru ludzi.

Zdolność taka wcale nie jest rzadkością. Richard Feynman pisał w swoich wspomnieniach⁸, „Kiedy widzę równania, widzę litery w kolorach – nie wiem dlaczego. Kiedy mówię, widzę rozmazane obrazy funkcji Bessela z książki Jahnke i Emde’go, z symbolami j w jasnym kolorze brązowym, lekko fioletowo-niebieskie są litery n i ciemno brązowe symbole x , fruujące wokół. I zastanawiam się jak do licha musi to wyglądać w oczach studentów.”

Mikołaj Rimski Korsakow, Franciszek Liszt i Duke Ellington to przykłady muzyków, którzy słyszeli dźwięki w kolorach, ale jednak komponowali utwory, a nie obrazy. Wspomniany Skriabin też się przyznawał do tej zdolności, chociaż analiza jego ekscentrycznych (początek XX wieku) prac dowodzi, że swój kolorowy fortepian zbudował nie w oparciu o własne odczucia, ale o znajomość koła kwintowego (przedstawienia tonacji muzycznych w postaci okręgu zawierającego gamy ze zwiększającą się kolejno liczbą znaków przykluczowych) i koła barw (graficznego modelu mieszania się barw, gdzie fiolety połączone są płynnie z czerwienią zamykając okrąg).

Z punktu widzenia psychologicznego i neurologicznego synestezja jest możliwa dzięki nowym połączeniom obszarów mózgu, które zwykle połączone nie są; może to się na przykład zdarzyć po przebytym wylewie krwi do mózgu. Tłumaczy się tę zdolność również zaburzeniem procesu trwania i wygaszania impulsów docierających do mózgu, stąd na pewnym odcinku czasu, następuje przekrywanie się sygnałów.

Miedzy wieloma pytaniami dotyczącymi synestezji, jedno jest szczególnie interesujące. Mianowicie,

⁸ Richard P. Feynman, „What Do You Care What Other People Think?”, W. W. Norton & Company, New York, London, (1988), str. 59.

szybko można słyszeć muzykę w kolorach, dzięki przekrywaniu się tras transportu impulsów w mózgu, czy patrząc na różne kolory, można usłyszeć dźwięki? a może transmisja odbywa się tylko w jednym kierunku?

B. Formalne tłumaczenie fal dźwiękowych na barwy tęczy

W artykule przygotowanym dla FIP APS Newsletter (March 2011) pisałam: „Muzyka jest językiem emocji, który wykracza poza ramy nauki. Penetruje przestrzeń i czas, jest słyszana i interpretowana przez umysły i serca. Istnieje muzyka Wszechświata, muzyka ludzkiej duszy, muzyka tworzona przez instrumenty i głosy, zorganizowana jako sekwencja dźwięków; jest też muzyka fizyki”. W obecnej prezentacji przedstawiam jednak elementarną fizykę muzyki i jej formalną transformację do widzialnego zakresu widma elektromagnetycznego.

Wstępne dane są następujące:

1. Ludzkie ucho odróżnia dźwięki z zakresu 16-20 Hz do 16-20 kHz; taki zakres dźwięku posiadają tylko duże organy, podczas gdy fortepian (88 klawiszy) obejmuje więcej niż 7 oktav, między najniższym dźwiękiem o częstotliwości 27.5 Hz i najwyższym – 4186 Hz.
2. Widzialny zakres widma elektromagnetycznego mierzony jest w THz = 10^{12} Hz.

W systemie równomiernie temperowanym (TET) stosunek częstotliwości dwóch kolejnych tonów jest identyczny, a oktawa podzielona jest na 12 półtonów (w logarytmicznej skali różnica częstotliwości między nimi jest równa). Przeskok od danego dźwięku do tego samego, ale w następnej oktawie, wymaga pomnożenia częstotliwości wyjściowej przez czynnik 2. To znaczy, że ruch o jeden półton na takiej skali, w ramach jednej oktawy, sprowadza się do pomnożenia wyjściowej częstotliwości przez $\sqrt[12]{2} \approx 1.059$ (pierwiastek dwunastego stopnia z liczby 2). W tej standardowo stosowanej skali (12-TET), strojenie kolejnych dźwięków odbywa się względem $A_4 = 440$ Hz. Częstotliwość drgań f_n dźwięku, który oddalony jest od ustalonej podstawy strojenia A_4 o n półtonów jest wyrażony prostą zależnością,

$$f_n = f_0 \times x^n \text{ [Hz]}$$

gdzie

$$\begin{aligned} f_0 &= 440 \text{ Hz} \\ x &\approx 1.059 \end{aligned}$$

Gdy dźwięk znajduje się po prawej stronie od A_4 (na klawiaturze fortepianu), n jest dodatnie, a gdy po lewej, n jest ujemne.

Długość fali dźwięku, licząc od wybranej podstawy strojenia, jest wyznaczona przez stosunek

$$\lambda_n = v/f_n$$

gdzie v jest prędkością dźwięku ≈ 340 m/s

Wstawiając f_n mierzoną w Hz, długość fali dźwięku, wyrażona w metrach, jest wyznaczona przez jego odległość od podstawy strojenia,

$$\lambda_n = 340 \text{ [m/s]} / (f_0 \times x^n) \text{ [Hz]}$$

Każdy skok na osi częstotliwości dźwięku o jedną oktavę wymaga pomnożenia częstotliwości wyjściowej (mierzonej w Hz) przez 2. Jednocześnie widzialny zakres promieniowania elektromagnetycznego mierzony jest w THz. Na przykład częstotliwość ciemnego czerwonego koloru wynosi 407 THz, czy żółtego 570 THz. Dopiero wysokie potęgi czynnika 2, czyli hipotetyczne przesunięcia skali dźwięku o wiele oktav osiąga rząd wielkości częstotliwości barw. Faktycznie, $2^{39} = 0.549756 \times 10^{12}$, $2^{40} = 1.099512 \times 10^{12}$ i $2^{41} = 2.199023 \times 10^{12}$. Istnieje więc możliwość formalnego przetłumaczenia dźwięków na kolory przedłużając klawiaturę teoretycznego fortepianu o wiele oktav (w podobny sposób, w jaki analizowany jest nieskończony kryształ). Po prostych rachunkach okazuje się, że przesunięcie o 40 oktav prowadzi do otrzymania kolorowej korelacji dźwięków. Jako przykład wybrane zostały dźwięki pierwszej struny gitary, obejmujące 12 półtonów oktawy zawierającej podstawę strojenia A_4 .

Przepis postępowania jest następujący,

$$f_k(\text{kolor}) = f_n(\text{dźwięk}) \times 2^w \text{ (przesunięcie o } w \text{ oktav)}.$$

Kiedy $w=39$, wtedy przetwarzając 12 półtonów pierwszej struny gitary, otrzymuje się zakres promieniowania od podczerwieni do bliskiej podczerwieni (1655.6 nm – 827.8 nm). Dla $w=41$, widmo się przesuwają i pokrywa fiolet do bliskiego ultrafioletu (413.9 nm – 207.0 nm). Gamę kolorów tęczy dźwięków pierwszej struny gitary otrzymuje się dla przesunięcia o 40 oktav, czyli dla $w=40$.

Długość fal elektromagnetycznych wyznaczona jest przez częstotliwość

$$\lambda_k = c/f_k$$

gdzie c jest prędkością światła $= 3 \times 10^8$ m/s,

$$\text{oraz } f_k = f_n \times 2^{40} \text{ Hz} = f_n \times 1.0995 \text{ THz}$$

W oktawie dźwięków jest siedem tonów, białych klawiszy na klawiaturze fortepianu (ósmą jest powtórzeniem pierwszego, ale o oktavę wyżej, czyli z częstotliwością dwukrotnie wyższą od wyjściowej); jest również siedem podstawowych kolorów:

czerwony, pomarańczowy, żółty, zielony, niebieski, indygo i fiolet.

Wynik uzyskany dla 12 półtonów pierwszej struny gitary przedstawiony jest w poniższej tabeli.

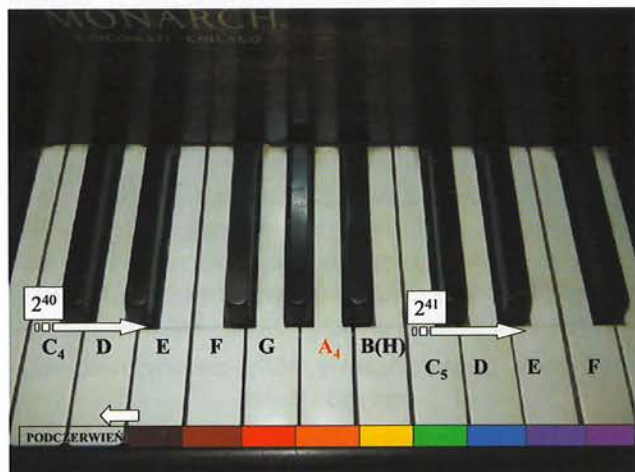
W tym przyporządkowaniu kolorów zastosowana została tradycyjna paleta barw z włączonym kolorem indygo. W nowoczesnej identyfikacji widzialnego zakresu promieniowania elektromagnetycznego fale o długości $\lambda < 450$ nm uznane są jako fiolet. Kolor indygo, jako składowa tęczy, został wprowadzony przez Newtona w jego dziele *Opticks*, opubli-

Gitara	f_n [Hz]	f_k [THz]	λ [nm]	
E	329.6	362.40	827.8	bliska podczerwień
F#	370.0	406.82	737.4	ciemny czerwony
G	392.0	431.01	696.0	czerwony
G#	415.3	456.63	657.0	czerwony 650
A	440	484.88	618.7	pomarańcz. 590
A#	466.1	512.48	585.4	żółty 570
B	493.8	542.93	552.6	żółty 570
C	523.2	575.26	521.5	zielony 510
C#	554.3	609.45	492.2	niebieski 475
D	587.3	645.74	464.6	niebieski 475
D#	622.2	684.11	438.5	indygo 445
E	659.2	724.79	413.9	fiolet 400
				ultrafiolet

Dwanaście półtonów pierwszej struny gitary i przyporządkowane im kolory jako wynik formalnego przesunięcia zakresu częstotliwości dźwięku o 40 oktaw

kowanym w 1704 roku. Uważa się jednak, że czytając uważnie analizę Newtona, można zauważyć błąd w jego przyporządkowaniu kolorów i w zasadzie jego indygo w nowoczesnym rozumieniu to niebieski, a jego niebieski to cyjan (zmieszanie zielonego i niebieskiego, barwa przypominająca turkus). W każdym wypadku, siedem kolorów wyróżnionych w świetle przechodzącym przez pryzmat, Newton przyporządkował siedmiu tonom skali durowej (albo majorowej) posługując się zasadą, że najniższemu tonowi gamy, C₄, odpowiada najdłuższa fala promieniowania, czyli kolor czerwony. Znaczący to, że barwne słyszenie nie jest nową ideą i ma długą i głęboko naukowo udokumentowaną historię, popartą choćby takim autorytetem jak Newton.

Ta sama gama kolorów jest przyporządkowana gamie muzycznej oznaczonej na klawiaturze fortepianu,



Gama barw przyporządkowanych gamie dźwięków na klawiaturze fortepianu po translacji częstości poszczególnych tonów o 40 (C₄-B(H)) i 41 (C₅-B(H)) oktaw

Ucho odbiera sygnały z zakresu od dziewięciu do jedenastu oktaw dźwięku, podczas gdy oko odróżnia siedem podstawowych kolorów, czyli jakby

jedną oktawę. Fakt ten, w odniesieniu do przyporządkowania dźwięków kolorom i vice versa, skomentował Edwin D. Babbitt, autor „The Principles of Light and Color” z 1878 roku. W swoim dziele Babbitt potwierdza korelację barw z tonami muzycznej skali tłumacząc:

„Kiedy jedna muzyczna oktawa się kończy, następna się zaczyna i rozwija się z podwójną ilością vibracji w porównaniu z tymi, jakie występują w pierwszej oktawie i dlatego te same nuty są powtórzone, tylko w subtelniejszej skali. W taki sam sposób, kiedy skala kolorów widocznych dla zwykłego oka jest kompletna po stronie fioletu, następna oktawa z subtelniejszymi niewidzialnymi kolorami, tylko z podwojoną ilością vibracji, pojawi się i rozwinie według dokładnie tych samych praw.”

To rozróżnienie możliwości percepcji doznać za pomocą dwóch różnych zmysłów, słuchu i wzroku, jest trafnym opisem ilustracji klawiatury fortepianu z przypisanymi kolorami poszczególnym klawiszom. Poniżej czerwieni, czyli w podczerwieni i powyżej fioletu, czyli w zakresie nadfioletu, też istnieją kolory, ale niestety oko ludzkie ich nie dostrzega; są po prostu niewidzialne. A może te subtelniejsze vibracje z zakresów widma opisanych przez Babbitta, skoro nie są widoczne dla ludzkiego oka, są tłumaczone w mózgu na smaki i zapachy i stąd pojawiają się nowe umiejętności nazwane synestezją?

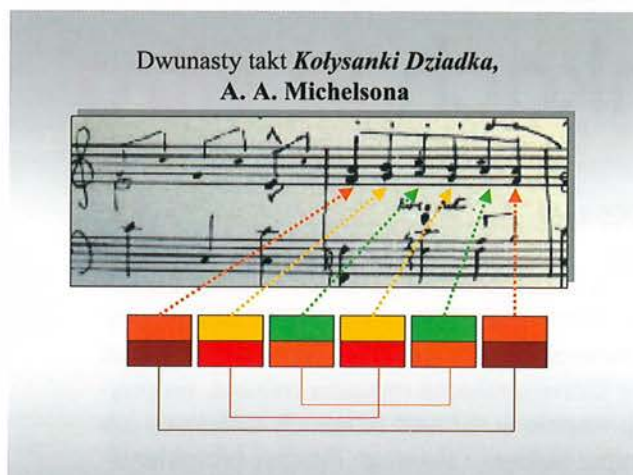
Po opublikowaniu mojego artykułu o A. A. Michelsonie i korzeniach jego geniuszu w Postęпах Fizyki (tom 62, zeszyt 5, tok 2011), w odpowiedzi, dzięki uprzejmości naczelnego redaktora, Profesora J. Warczewskiego, dotarło do mnie nagranie wariacji na temat *Kołysanki Dziadka*, skomponowanej przez wielkiego Michelsona. Wariacje te zostały opracowane przez innego fizyka, Profesora Piotra Zielińskiego z Instytutu Fizyki Jądrowej PAN w Krakowie i z Politechniki Krakowskiej, który przyznaje, że od kilku lat temat ten jest niwą Jego muzycznej twórczości. Właśnie to echo mojego artykułu było dla



Początek nut *Kołysanki Dziadka*, kompozycji A. A. Michelsona (kopia rękopisu z Naval Academy w Annapolis); poniżej nut prawej ręki kolory przyporządkowane według kodu prezentowanego na klawiaturze fortepianowej powyżej; kolory nut z pierwszego taktu nie są widoczne dla ludzkiego oka, ponieważ przypadają na zakres podczerwieni

mnie dodatkowa inspiracją w wyniku której poniżej dorzucam do muzycznych wariacji Profesora Zielińskiego moją kolorystyczną wersję Kołysanki. Pierwszy takt to niewidzialny dla oczu ludzkich wstęp (zakres podczerwieni), dwa następne są raczej monotonne i usypiające dźwiękowo jak i kolorystycznie, ale widoczne i odczuwalne; dopiero w czwartym takcie słysząc i widząc urozmaicenie, jakby rozjaśnienie wzbogacające melodię.

Ciekawy jest dwunasty takt Kołysanki, gdzie kolory się przeplatają i wyraźnie widać symetrię skomponowanych dwudźwięków; czy tę symetrię również słysząc?



Dwunasty takt Kołysanki Dziadka i jego kolorystyka, słoneczna, spokojna i bez zgrzytów dźwiękowych i barwnych!

Z punktu widzenia formalnej korelacji dźwięków z barwami pojawia się ogólne pytanie: czy kolor różowy, jako kombinacja czerwieni i bieli to kolorystyczna interpretacja hałasu i dźwiękowego chaosu,

skoro białe światło jest mieszaniną wszystkich kolorów tęczy? Wprawdzie istnieje pojęcie kolorowych zakresów szumów i brzmienia hałasu (różowy, niebieski, fioletowy,...biały), jednak temat ten wykracza poza prezentację elementów harmonii, melodii i miłych doznań słuchowych i wzrokowych, będących przedmiotem tej analizy.

Fizyka muzyki i muzyka fizyki! „Muzyka i fizyka (i poezja) są sformułowane w subtelny języku, a język jest wytworem społecznym, co oznacza, że muzyka i nauka mają taki sam, społeczny charakter. [...] Tak, nauka i sztuka mają wiele wspólnego; obie dziedziny naświetlają to, co jest poza powierzchnią, obie dążą do dalszego widzenia zgłębiającego zawiłe struktury, czy to w fizycznym wszechświecie czy w ludzkiej duszy. Obie mają na celu uprościć zawiłość w elegancki sposób, niezależnie od tego, czy to jest teoretyczne równanie, namalowany obraz, czy piosenka.”⁹

Lidia Smentek
Vanderbilt University
Lidia.Smentek@Vanderbilt.edu
2 marca 2012

P.S. Koncert fortepianowy e-moll w wykonaniu Garricka Ohlssona, wspomniany na początku, słyszałam w kolorze jasno-niebieskiego, wartkiego górskiego potoku ze srebrnymi refleksami. Czyżby polska muzyka, polski dyrygent i po polsku wykonany koncert sprawiły, że moje doznania dwóch zmysłów zostały połączone, a dzięki temu przeżycia były wzmocnione głębią dodatkowego wymiaru?

⁹ „Einstein’s Violin”, A Conductor’s Notes on Music, Physics and Social Change”, Joseph Eger, Penguin Group (2005).

Od bakterii do kamienia moczowego, czyli o biomineralizacji mineralnych składników moczu w warunkach *in vitro*

Jolanta Prywer

Instytut Fizyki, Politechnika Łódzka, ul. Wólczańska 219, 93-005 Łódź

Streszczenie: Mineralem jest każda faza krystaliczna lub amorficzna powstała w naturze o ściśle określonej i powtarzalnej charakterystyce fizykochemicznej. Natomiast minerał będący produktem przyrody ożywionej nazywamy biomineralem, a proces jego powstawania biomineralizacją. W tym rozumieniu do procesów biomineralizacji możemy zaliczyć, na przykład, proces tworzenia się kryształów szczawianu wapnia w różnych tkankach roślinnych lub proces mineralizacji kryształów magnetytu wewnątrz bakterii i zwierząt. Procesy biomineralizacji zachodzą również w organizmie człowieka. Do procesów fizjologicznych możemy zaliczyć proces tworzenia się minerałów fosforanowych, które stanowią zasadniczy budulec układu kostnego. Przykładem patologicznej mineralizacji jest niebezpieczna dla człowieka biomineralizacja naczyń krwionośnych, czy powstawanie kamieni żółciowych i moczowych. W niniejszym artykule staramy się przybliżyć procesy biomineralizacji ze szczególnym uwzględnieniem biomineralizacji infekcyjnych kamieni moczowych. Omawiamy kilka z najciekawszych zjawisk towarzyszących powstawaniu tych kamieni. Niektóre z nich wydają się występować tylko w obecności odpowiednich bakterii.

From bacterium to urinary stone, that is about biomineralization of mineral components of urine in *in vitro* conditions

Abstract: Mineral is defined as every crystalline or amorphous phase created in nature with strictly determined and repeatable physicochemical characterization. However, mineral being a product of the animated nature we denote biomineral, and the process of its formation we denote biomineralization. According to this understanding the biomineralization processes include, for example, the formation of calcium oxalate crystals in different plant tissues or the mineralization process of magnetite crystals inside different bacteria and animals. Biomineralization processes occur also in human organisms. Such physiological processes include the formation of phosphate minerals in human body, which are the main building material of bone system. There exist also the so called pathological biomineralization. The dangerous for people biomineralization of blood vessels or urinary and gall stones are the examples of pathological biomineralization. In the present article we try to explain biomineralization processes paying particular attention to biomineralization infectious urinary stones, and we discuss some of the most interesting phenomena accompanying the formation of these stones which seem to appear only in the presence of appropriate bacteria.

1.1 Wprowadzenie w zagadnienia biomineralizacji

Proces biomineralizacji jest procesem tworzenia minerałów przez organizmy żywe. Minerale te, zwane też biomineratami, o ściśle określonej i powtarzalnej charakterystyce fizykochemicznej mogą występować w postaci fazy krystalicznej lub amorficznej. Proces biomineralizacji jest procesem złożonym i nie do końca poznany, chociaż szeroko rozpowszechnionym. Dotychczas wykryto ponad 60 minerałów, które są wytwarzane przez organizmy żywe [1,2].

Jednym z częściej występujących biominerałów są szczawiany wapnia, które w postaci krystalicznej występują w ponad 200 rodzinach roślin [3,4]. Kryształy te występują w różnych organach i tkankach roślinnych takich jak: liście, łodygi, korzenie, nasiona czy organy kwiatowe [5,6,7,8,9]. Bardzo ciekawą cechą biomineralizacji kryształów szczawianu wapnia jest fakt, że poszczególne gatunki roślin tworzą kryształy o określonej morfologii. Morfologia danego kryształu jest charakterystyczna dla określonej grupy taksonomicznej, dlatego morfologia kryształu jest często używana jako cecha taksonomiczna danej rodziny roślin. Jest więc oczywiste, że proces wzrostu kryształów w tkankach roślinnych jest nie tylko procesem fizykochemicznym, ale również podlega złożonym mechanizmom regulacji biologicznej. Dla przykładu, rysunek 1a przedstawia morfologię kryształów szczawianu wapnia charakterystyczną dla roślin z rodziny *Solanaceae*. Ściana (101) nigdy nie występuje w kryształach szczawianu wapnia otrzymywanych syntetycznie [10,11]. Charakterystyczna dla kryształów syntetycznych centro-symetryczna morfologia jest przedstawiona na rysunku 1b. Ogólnie, morfologia tych kryształów jest bardzo zróżnicowana w zależności od rodzaju rośliny, od prostych regularnych kryształów pryzmatycznych poprzez sferyczne agregaty aż do pojedynczych igieł o ostrych zakończeniach. Pomimo szerokiego występowania tego kryształu w roślinach, funkcje jakie spełnia w roślinie nie są do końca poznane i zrozumiałe. Jednakże wydaje się, że kryształy te odgrywają różnorodne role. Szczawiany wapnia prawdopodobnie służy roślinie jako rezerwuuar wapnia [12,13] oraz również pozwalają utrzymać prawidłową równowagę jonową pomiędzy jonami sodu i potasu. Ponadto, rośliny wytwarzają kryształy szczawianu wapnia w celu utrzymania niskiego poziomu rozpuszczalności potencjalnie toksycznych substancji, takich jak kwas szczawiowy [3,14,15]. W wielu przypadkach kształt kryształu i jego występowanie w określonych tkankach rośliny determinuje jego funkcje. Na przykład kryształy w postaci igieł występujące w liściach mogą odgrywać rolę obronną przed roślinożercami [4,12, 16,17,18]. W niektórych przypadkach te krystaliczne igły posiadają

bruzdy, które prawdopodobnie usprawniają transport toksyn do nadgryzionych części roślin.

Innym przykładem obrony rośliny przed atakiem roślinożerców jest wydzielanie odpowiednich substancji, tzw. antyfidantów, które hamują apetyt roślinożerców. Mechanizm ten wykorzystuje się obecnie w gospodarce leśnej między innymi przy opryskach sadzonek sosny przeciwko niektórym gatunkom ryjkowców [19]. Znane są również przypadki gatunków roślin, które po zaatakowaniu przez roślinożerców wydzielają inny rodzaj związków, tzw. semiozwiązki, zwabiające ich naturalnych wrogów [20]. Odkrycia te są bardzo interesujące, jednak zbyt odległe od tematyki tego artykułu. Możemy jednak stwierdzić, że zarówno komunikacja za pomocą sygnałów chemicznych jak i biomineralizacja w tkankach roślinnych wydaje się być powszechna, a procesy te są ciągle mało poznane i stanowią wyzwanie dla interdyscyplinarnych zespołów badawczych.

Jest wiele innych przykładów kryształów będących rezultatem biomineralizacji. Na przykład kryształy magnetytu są używane przez wiele bakterii i zwierząt do orientacji względem ziemskiego pola magnetycznego [21]. Każdy rodzaj bakterii ma tylko sobie właściwą morfologię i pokrój tych kryształów. Oznacza to, że podobnie jak morfologia i pokrój szczawianów wapnia są charakterystyczne dla danej rodziny roślin, tak morfologia i pokrój magnetytu są cechą charakterystyczną danego rodzaju bakterii. Może to oznaczać, że biomineralizacja magnetytu jest kontrolowana przez każdy rodzaj bakterii w nieco inny sposób, prawdopodobnie przy współudziale enzymów charakterystycznych dla tego rodzaju bakterii.

Innym przykładem biomineralizacji są kryształy węglanu wapnia i fosforanu wapnia wchodzące w skład szkieletów wielu organizmów żywych [22]. Przykładem szkieletu zewnętrznego są muszle mięczaków, które stanowią najczęściej ich ochronę przed czynnikami zewnętrznymi, głównie drapieżnikami. Istnieją również szkielety wewnętrzne, które oprócz innych funkcji, służą organizmom morskim przeciwstawieniu się bardzo wysokiemu ciśnieniu hydrostatycznemu panującemu w głębinach oceanów i mórz. Z kolei, hydroksyapatyt jest głównym, z punktu widzenia ilościowego, składnikiem mineralnym kości i szkieletu człowieka [23]. W tym przypadku hydroksyapatyt warunkuje twardość mechaniczną kości. Kryształy hydroksyapatytu dominują również w budowie szkliwa zębów człowieka, które jest najtwardszą tkanką całego organizmu. Największą częścią tworzącą ząb jest zębina, która jest tkanką leżącą pod szkliwem. Zbudowana jest w większości z kryształów dwuhydroksyapatytu. Tak jak szkliwo, zębina jest produktem biomineralizacji.

Powyższe przykłady odnoszą się do procesów biomineralizacji związanych z fizjologią danego organizmu. Z drugiej jednak strony mamy również do

czynienia z patologiczną mineralizacją organizmów. Przykładem patologicznej mineralizacji jest niebezpieczna dla człowieka biomineralizacja naczyń krwionośnych, czy powstawanie kamieni żółciowych i moczowych.

Powyższe wprowadzenie w zagadnienia biomineralizacji wskazuje na dużą różnorodność procesów biomineralizacji. Spośród tej wielości do dokładniejszego omówienia w niniejszym artykule wybraliśmy zagadnienia związane z biomineralizacją mineralnych składników moczu, czyli z badaniami zjawisk prowadzących do powstania infekcyjnego kamienia moczowego.

1.2 Rodzaje kamieni moczowych

Kamica moczowa jest jedną z najczęstszych chorób układu moczowego [24]. Badania wskazują na ciągły wzrost zachorowań na tę chorobę, dlatego prowadzone są intensywne badania mechanizmów powstawania kamieni moczowych. Powstawanie kamieni moczowych jest związane z krystalizacją składników mineralnych moczu. Następstwem takiego procesu jest powstawanie a następnie agregacja coraz większych złożeń związków mineralnych. Kamienie moczowe możemy ogólnie podzielić na dwie grupy. Do pierwszej z nich zaliczamy kamienie powstające w wyniku zaburzeń metabolicznych organizmu. W kamieniach takich oprócz macierzy organicznej występują najczęściej kryształy fosforanu wapnia i szczawianu wapnia w formie jednowodnej (wewelit) i dwuwodnej (wedelit) [25]. Część z tych komponentów jest łatwa do rozpuszczenia, inne mogą przybierać postać kryształów o ostrych krawędziach i narożach uszkadzających tkanki pacjenta. Dla przykładu, rysunek 2a przedstawia obraz wewnętrznej struktury kamienia moczowego ujawniony po jego rozłupaniu. Widoczne na rysunku 2a formy krystaliczne w postaci podwójnych piramid tetragonalnych z ostrymi krawędziami i narożami są charakterystyczne dla kryształów wedelitu. Rysunek 2b przedstawia wewnętrzną strukturę innej części tego samego kamienia. Tutaj możemy zobaczyć, że kryształy w postaci płaskich płatków tworzą agregat podobny w kształcie do kwiatu róży. Zwykle takie agregaty powstają kiedy wzrost zachodzi w suchym środowisku. Dlatego taka struktura może świadczyć o niedostatecznym przyjmowaniu płynów przez pacjenta. Charakterystyczną cechą budowy wewnętrznej kamieni moczowych jest warstwowe odkładanie się różnych komponentów krystalicznych. Taką strukturę warstwową tego samego kamienia przedstawia rysunek 2c. Znajomość składu poszczególnych warstw kamienia jest niezwykle ważna, ponieważ taka wiedza przyczynia się do odtworzenia warunków fizykochemicznych ich biomineralizacji, więc pośrednio do określenia przyczyny powstawania kamienia moczowego.

Osobną grupę kamieni stanowią tzw. kamienie infekcyjne powstające w wyniku zakażenia dróg

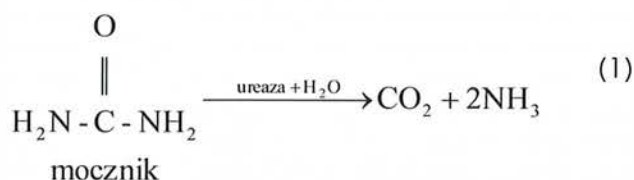
moczowych odpowiednimi drobnoustrojami [26]. Rysunek 2d przedstawia strukturę wewnętrzną innej części diskutowanego kamienia. Widzimy tutaj sferyczne formy, które najprawdopodobniej są typowymi dla kamieni moczowych kuleczkowymi formami węglanu wapnia [27]. Z drugiej jednak strony, formy te są podobne w kształcie do sferycznych bakterii i biorąc pod uwagę ich rozmiar możemy przypuszczać, że jest to pewien rodzaj bakterii. Z kamieni moczowych izoluje się głównie drobnoustroje z rodzaju *Proteus*. Ten rodzaj drobnoustrojów jest izolowany w przypadku 70% tzw. kamieni infekcyjnych [28]. W pozostałych 30% kamieni infekcyjnych izoluje się drobnoustroje z rodzajów *Pseudomonas*, *Klebsiella*, *Providencia*, *Serratia* czy *Staphylococcus* [29]. Są to drobnoustroje produkujące ureazę – enzym, który ma główny udział w procesie krystalizacji infekcyjnych kamieni moczowych i stanowi ważny czynnik chorobotwórczości tych drobnoustrojów.

Wszystkie rodzaje kamieni mogą powodować bolesne dolegliwości, zwłaszcza w sytuacji utrudnionego odpływu moczu. Dotychczasowe badania poświęcone kamieniom moczowym dotyczą w większości pierwszej grupy kamieni (np. [30]). Kamieniom infekcyjnym poświęcono znacznie mniej uwagi. Wydaje się, że głównie z powodu złożoności zachodzących procesów. Krystalizacja komponentów kamieni infekcyjnych zachodzi tylko w obecności odpowiednich drobnoustrojów, a więc układ odtwarzający takie warunki jest złożonym układem biologicznym. Kamienie infekcyjne stanowią od 15 do 20% wszystkich kamieni moczowych i stanowią znacznie poważniejszy problem zdrowotny od pozostałych kamieni. W przypadku kamieni infekcyjnych nie wystarczy zlikwidować samą infekcję. Drobnoustroje potrafią przetrwać we wnętrzu już powstałego kamienia, co skutkuje nawrotem choroby po leczeniu w 60% przypadków [31]. Dotychczasowe wyniki wskazują, że nawet martwe drobnoustroje mogą stanowić centra zarodkowania heterogenicznego przyspieszając ponowną krystalizację [32]. W przypadku nieleczzonej infekcji kamienie infekcyjne narastają bardzo szybko wypełniając miedniczkę i kielichy nerkowe. Do powstania infekcyjnych kamieni moczowych o klinicznym znaczeniu wystarczy od 4 do 6 tygodni. Pozostawienie tego typu kamicy nieleczzonej prowadzi u 50% chorych do utraty nerki, a 25% do śmierci w ciągu 5 lat [33]. Potrzebne są więc badania ukierunkowane na zapobieganie powstawania tych schorzeń. Dlatego intencją prowadzonych badań jest poznanie i analiza zjawisk fizycznych odpowiedzialnych za wzrost kamieni infekcyjnych. Analiza taka pozwoli określić czynniki mające wpływ na zarodkowanie, wzrost i końcowy kształt krystalicznych komponentów kamieni infekcyjnych. Pomyślnie rozwiązanie postawionych celów badawczych rodzi nadzieje na opracowanie nowych metod spowalnia-

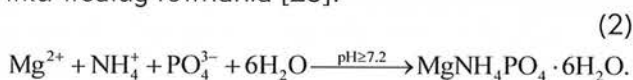
nia lub zapobiegania wzrostowi komponentów krystalicznych wchodzących w skład kamieni moczowych.

2.1 Mechanizm powstawania infekcyjnego kamienia moczowego

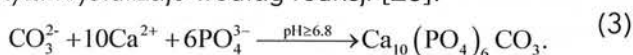
W przypadku kamieni infekcyjnych głównym komponentem są kryształy sześciowodnego fosforanu amonowo-magnezowego, $\text{NH}_4\text{MgPO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, znanego jako struwit, któremu towarzyszy występowanie węglanu fosforowo-wapniowego, $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{CO}_3$, zwanego częściej węglanem apatytu. Jak już wspominaliśmy, zarodkowanie i wzrost komponentów kamieni infekcyjnych są uzależnione od istnienia w drogach moczowych drobnoustrojów, głównie z rodzaju *Proteus* [26]. Drobnoustroje te wytwarzają ureazę, która jest głównym czynnikiem inicjującym powstawanie kamieni moczowych. Ureaza to enzym bakteryjny występujący w postaci białka, którego centrum katalityczne stanowią atomy niklu. Ureaza rozkłada mocznik, $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$, do końcowych produktów: ditlenku węgla, CO_2 , i amoniaku, NH_3 , według równania [34]:



Uwolniony amoniak powoduje wzrost pH moczu, co w konsekwencji prowadzi do wzrostu koncentracji następujących jonów: NH_4^+ , CO_3^{2-} i PO_4^{3-} . Jony te razem z jonami magnezu Mg^{2+} , które normalnie występują w moczu prowadzą do krystalizacji struwitu według równania [26]:



Krystalizacji struwitu zwykle towarzyszy występowanie węglanu apatytu. Dzieje się tak dlatego, że w moczu występują jony wapnia Ca^{2+} . Węglan apatytu krystalizuje według reakcji [26]:



Komponent ten występuje w formie amorficznej. Struwit razem z węglanem apatytu są produktami biomineralizacji i tworzą tzw. infekcyjne kamienie moczowe zwane też kamieniami struwitowymi. Zwykle kamienie struwitowe zawierają do 10% węglanu apatytu. Ten rodzaj kamieni stanowi do 20% wszystkich rodzajów kamieni [26,33,35]. Kamienie struwitowe mogą rosnąć bardzo szybko, w ciągu kilku tygodni wypełniając miedniczkę i kielichy nerkowe. Jak już wspominaliśmy, pozostawienie tego typu kamicy nieleczonej prowadzi u 50% chorych do utraty nerki.

Jedną z szeroko stosowanych procedur leczniczych stosowanych w przypadku kamieni infekcyj-

nych jest kruszenie kamieni w układzie moczowym, na przykład wysokoenergetycznymi falami ultradźwiękowymi. Kruszenie kamieni nie jest równoznaczne z całkowitym wyleczeniem, ponieważ nie likwiduje przyczyn ich powstawania. Stąd też często ma miejsce ponowne tworzenie się kamieni. Zwykle kruszenie kamieni jest stowarzyszone z długoterminową terapią antybiotykową. Jednakże, taka terapia może się wiązać z wieloma niekorzystnymi zjawiskami, takimi jak powstawanie oporności bakteryjnej. Dodatkowo, terapia antybiotykowa nie daje gwarancji całkowitego wyleczenia, ponieważ nawet martwe bakterie mogą być aktywnymi centrami heterogenicznego zarodkowania [36,37]. Dlatego nawrót choroby po leczeniu antybiotykami jest na poziomie 50%.

To jest powód, dla którego w ostatnim czasie kilka grup badaczy prowadziło poszukiwania związków fitoterapeutycznych, które byłyby zdolne leczyć i zapobiegać powstawaniu infekcyjnych kamieni moczowych. Dla przykładu badano aktywność kilku ekstraktów ziołowych: *Boerhaavia diffusa* Linn. [38,39], *Commiphora wightii* [40]. Chauhan i Joshi w pracy [40] sugerują, że sok z drzewa *Citrus medica* Linn. hamuje wzrost struwitu w warunkach *in vitro*.

Powyższe argumenty wskazują, że badania zarówno eksperymentalne jak i teoretyczne procesu wzrostu struwitu i formowania się kamienia infekcyjnego są niezwykle ważne.

2.2 Metodyka badań eksperymentalnych w warunkach *in vitro*

Pierwszym etapem badań są badania biomineralizacji struwitu i węglanu apatytu prowadzone w środowisku sztucznego moczu w obecności odpowiednich drobnoustrojów. Infekcyjne kamienie moczowe powstają głównie w przypadku zakażenia dróg moczowych drobnoustrojami z rodzaju *Proteus*. Dlatego badania eksperymentalne prowadzi się przy użyciu właśnie tych drobnoustrojów, które izoluje się z ludzkich kamieni moczowych. Wyizolowane szczepy namnaża się, a następnie zamraża i przechowuje w temperaturze -75°C . Przez noc poprzedzającą eksperyment drobnoustroje te utrzymywane są na podłożu agarowym tryptozowo-sojowym w temperaturze 37°C . Następnie drobnoustroje są zawieszane w sztucznym moczu aż do uzyskania koncentracji na poziomie $5 \cdot 10^5$ CFU/ml.

Sztuczny mocz jest przygotowywany według metody opisanej przez Griffith'a i współpracowników [34]. Skład takiego moczu jest następujący [34] (g/l): $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, 0.651; $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, 0.651; NaCl , 4.6; Na_2SO_4 , 2.3; KH_2PO_4 , 2.8; KCl , 1.6; NH_4Cl , 1.0; mocznik, 25.0; kreatyna, 1.1; i bulion tryptozowo-sojowy, 10.0. Wskaźnik pH sztucznego moczu utrzymuje się w granicach $5.6 \div 5.8$. Zawartość mineralnych

składników moczu odpowiada stężeniu dobowemu w naturalnym moczu. Krystalizacja struwitu i węglanu apatytu zachodzi po dodaniu do tak przygotowanego roztworu sztucznego moczu zawiesiny bakterii i inkubowaniu w temperaturze 37°C. Zastosowany układ odtwarza warunki naturalnie panujące w organizmie ludzkim w czasie zakażenia bakteriami z rodzaju *Proteus*.

2.3 Charakteryzacja procesu wzrostu struwitu w warunkach *in vitro* w obecności drobnoustrojów z rodzaju *Proteus*

Struwit krystalizuje w grupie przestrzennej $Pmn2$ i posiada następujące parametry komórki elementarnej: $a = 6.955 \text{ \AA}$, $b = 6.142 \text{ \AA}$, $c = 11.218 \text{ \AA}$ [41]. Przebieg procesu wzrostu kryształów struwitu (węglanu apatytu występuje w formie amorficznej) w zainfekowanym sztucznym moczu ilustruje rysunek 3 [42]. Morfologia kryształów struwitu i przebieg procesu wzrostu ściśle zależy od pH, którego wartość wzrasta z czasem ze względu na aktywność ureazy bakteryjnej. Ureaza jest siłą napędową procesu krystalizacji i ze względu na jej aktywność drobnoustroje *Proteus* ułatwiają proces zarodkowania. Na rysunku 3-A2 widzimy, że zarodkowanie przebiega w miejscach występowania skupisk drobnoustrojów. Proces zarodkowania jest zwykle charakteryzowany poprzez pomiar czasu indukcji, t_{in} . Wyznaczenie czasu indukcji jest związane z pomiarem absorbancji światła o zdefiniowanej długości. Zwykle takich pomiarów dokonuje się przy użyciu spektrofotometru dla światła o długości rzędu 630 nm. Rysunek 5 przedstawia przykładowy wykres zależności absorbancji od czasu wzrostu [42]. Czas indukcji jest czasem, dla którego następuje nagły wzrost absorbancji. Czas indukcji dla eksperymentu, dla którego wyniki są prezentowane na rysunku 5a wynosi 1.5h. W przeprowadzonych seriach eksperymentalnych dokładniej opisanych w pracy [42,43] czas ten nie przekracza 2h. Pierwsze monokryształy struwitu są obserwowane około trzeciej godziny eksperymentu dla $pH = 7.2$. Z czasem i ze wzrostem pH liczba kryształów jest coraz większa. Wielkość największych kryształów wynosi około 60 μm wzdłuż osi b (kierunki krystalograficzne są zdefiniowane na rys. 3-B2 i rys. 4). Na tym etapie wzrostu kryształy są na tyle małe, że mogłyby być łatwo usunięte z układu moczowego wraz ze strumieniem moczu. Ich „trumienkowaty” kształt (rys. 3-B2 i rys. 4) jest typowy dla kryształów rosnących *in vivo* w ludzkich jak i zwierzęcych organizmach [44,45]. Z dalszym wzrostem pH, który następuje pod wpływem aktywności bakterii, kształt monokryształów pozostaje taki sam, ale pojawiają się zbliżnienia. Początkowo zbliżnienia są typu kontaktowego, a następnie pojawiają się zbliżnienia penetracyjne (rys. 3-C1 i C2). Dla naj-

wyższych wartości pH równej 9.5 pojawiają się dendryty (rys. 3-D1 i D2). Takie dendryty z łatwością pozostają w drogach moczowych i fizycznie uszkadzają nabłonek dróg moczowych. Miejsca uszkodzonego nabłonka są miejscami, w których szczególnie łatwo następuje zarodkowanie. Dlatego dendryty uszkadzając nabłonek promują krystalizację i agregację struwitu w kamień moczowy. Na rys. 3-B1, B2, C1, C2, D1 i D2 widoczny jest również węglan apatytu w postaci amorficznej (na rys. 3-B2 węglan apatytu wskazuje żółta strzałka).

Podczas pierwszych trzech godzin eksperymentu koncentracja drobnoustrojów podwaja się i pozostaje stała do końca eksperymentu. Wartość pH jest związana z żywotnością drobnoustrojów. Wartość pH większa od 8 działa bakteriobójczo. Podczas eksperymentu pH osiąga najwyższą wartość równą 9.5 po około 8 godzinach inkubacji (zmiany pH moczu podczas eksperymentu przedstawia rys. 5b). Oznacza to, że liczba żywych bakterii systematycznie maleje. Martwe bakterie są aktywnymi centrami heterogenicznego zarodkowania i, prawdopodobnie, odgrywają ważną rolę w procesie formowania się dendrytów. Jest to związane z tym, że zwykle formowanie się dendrytów jest związane z rosnącą liczbą trójwymiarowych zarodków, jakimi w tym przypadku są martwe drobnoustroje. Poza tym, z doniesień literaturowych wynika, że różne drobnoustroje tworzą mikrośrodowisko zróżnicowane pod względem koncentracji jonów wapniowych Ca^{2+} i magnezowych Mg^{2+} , wpływając w ten sposób na krystalizację różnych komponentów infekcyjnych kamieni moczowych [46]. Oznacza to, że drobnoustroje są nie tylko biernymi centrami zarodkowania, ale aktywnie pośredniczą w procesach wzrostu.

Przedstawiony przykładowy przebieg procesu wzrostu, który jest reprezentatywny dla tego rodzaju badań eksperymentalnych wskazuje, że dla zahamowania rozwoju infekcyjnego kamienia struwitowego powinniśmy poszukiwać czynników hamujących: (i) aktywność ureazy – enzymu produkowanego przez bakterie i będącego siłą napędową procesu krystalizacji; (ii) wzrost na etapie małych kryształów, ponieważ małe kryształy mogą być łatwo usuwane z dróg moczowych ze strumieniem moczu; (iii) wzrost dendrytów, ponieważ głównie one są odpowiedzialne za uszkodzenia nabłonka dróg moczowych, a uszkodzony nabłonek sprzyja zarodkowaniu i powstawaniu kamienia; (iv) proces agregacji małych kryształów prowadzący do formowania się kamienia moczowego.

2.4 Hemimorfizm struwitu

Jednym z ciekawych przykładów własności struwitu jest jego hemimorficzna natura. Hemimorfizm struwitu objawia się tym, że przeciwległe (równoległe) ściany (001) and (00 $\bar{1}$) (rys. 3-B2, pomarańczowe strzałki; rys. 4) nie są symetrycznie

równoważne. To są jednościany, a nie dwuściany powiązane relacjami symetrii. Występowanie innych ścian, na przykład ścian (012) (rys. 4), tylko z jednej strony kryształu również świadczy o hemimorficznej naturze struwitu. Oznacza to, że oś c jest osią polarną. Ponadto, hemimorfizm oznacza, że ściany (001) i (00 $\bar{1}$) nie są atomowo takie same, mają różne własności i zwykle rosną w inny sposób. Wynika z tego, że hemimorfizm jest związany z budową wewnętrzną struwitu przedstawioną na rysunku 6. Struktura ta składa się z czworościanów zbudowanych z jonów PO_4^{3-} i NH_4^+ oraz z ośmiościanów zbudowanych z jonów $\text{Mg}[\text{H}_2\text{O}]_6^{2+}$ (odpowiednio kolory: pomarańczowy, niebieski i zielony). Te jednostki są związane ze sobą za pomocą wiązań wodorowych. Natura hemimorficzna struwitu jest najłatwiej dostrzegalna kiedy patrzymy na czworościany zbudowane z jonów PO_4^{3-} . W całej strukturze wierzchołki tych czworościanów są zorientowane w stronę dodatniego kierunku osi c , podczas gdy trójkątne podstawy tych czworościanów są zorientowane w kierunku ujemnym osi c . Dlatego ściany (001) i (00 $\bar{1}$) nie są takie same i nie są symetrycznie równoważne. Ściany te mają różne własności i rosną w różny sposób. Taka nierównowaga często przenosi się z ułożenia atomowego na fizyczne i chemiczne własności takich ścian. Może to prowadzić do tego, że ściany przeciwległe będą miały inne energie aktywacji i dlatego ich wielkość w pokroju będzie różna. Dodatkowo, różna struktura płaszczyzn przeciwległych może wpływać na różny wychwyt domieszek prowadząc do promowania lub hamowania procesu krystalizacji. Dotyczy to takich domieszek jak cytryniany [47], siarczan heparyny [48] lub albumina [49], uważanych za odgrywające ważną rolę w procesie krystalizacji struwitu. Dotyczy to również polisacharydów bakteryjnych zawierających ujemnie naładowane rezidua, które są zdolne wiązać jony wapnia Ca^{2+} i magnezu Mg^{2+} . Jony te gromadzą się dookoła komórek bakteryjnych i wydaje się, że dochodzi do specyficznych oddziaływań molekularnych pomiędzy strukturą atomową powierzchni krystalicznej i strukturą molekularną warstwy utworzonej wokół komórek bakteryjnych. Oddziaływania te wydają się mieć wpływ na przebieg procesu krystalizacji. Poza tym, polisacharydy, występujące na zewnętrznych powłokach komórek bakteryjnych, sprzyjają agregacji poszczególnych kryształów oraz adhezji bakterii do nabłonka dróg moczowych, co w konsekwencji prowadzi do powstania kamienia.

Hemimorfizm jest ściśle związany z polaryzacją spontaniczną występującą w tym kryształ. Wykonane w ostatnim czasie obliczenia *ab initio* [50] za pomocą metody funkcjonału gęstości (DFT) wskazują, że wartość polaryzacji spontanicznej w kryształ struwitu wzdłuż osi c wynosi: $-8.8 \mu\text{m}/\text{cm}^2$. Obliczona polaryzacja spontaniczna potwierdza polarny charakter tego kryształu. Zarówno hemimor-

fizm jak i polaryzacja spontaniczna mogą odgrywać istotną rolę podczas krystalizacji struwitu wpływając na wychwyt domieszek oraz agregację drobnych kryształów w duży kamień.

2.5 Struktura mezoskopowa struwitu

Przyglądając się uważnie kryształowi przedstawionemu na rysunku 3-B1, możemy zauważyć, że jest on zbudowany z drobnych kryształitów. Jest to łatwiej zauważalne w przypadku kryształu przedstawionego na rysunku 7. Widzimy tutaj, że ściany kryształu są dobrze wykształcone, ale kryształ jest zbudowany z małych jednostek o wielkości w granicach od 1 do 3 μm . To spostrzeżenie może sugerować, że mamy do czynienia z polikryształem. Jednakże, wykonane badania dyfrakcji rentgenowskiej [42] wskazują na monokrystaliczny charakter tej struktury. Na podstawie rysunku 7 możemy stwierdzić, że pomiędzy małymi jednostkami tworzącymi kryształ występują szczeliny, co sugeruje porowaty charakter struwitu. Wielkość tych szczelin jest z przedziału od dziesiątek do setek nanometrów. Wielkość największych szczelin dochodzi do 500 nm. Porowatość materiału jest klasyfikowana na podstawie wielkości porów. Wielkość porów powyżej 50 nm oznacza, że materiał jest makroporowaty [51]. Opierając się na tym kryterium należy przyjąć, że struwit jest materiałem makroporowatym. Porowatość i budowa z małych jednostek może sugerować, że struwit jest tzw. meзокryształem [52]. Meзокryształ jest zdefiniowany jako superstruktura zbudowana z niesferycznych jednostek ułożonych w sposób wysoce uporządkowany i jednocześnie z dobrze wykształconymi ścianami zewnętrznymi w skali od setek nanometrów do mikrometrów [52]. Meзокryształy są strukturami samoorganizującymi się. Wygląda więc na to, że w tym przypadku proces wzrostu nie przebiega według klasycznego mechanizmu wzrostu poprzez przyłączanie jednostek wzrostu do stopni (ściany typu S), czy załamów (ściany typu K) istniejących na powierzchniach krystalicznych. Nie zachodzi również mechanizm narożin i rozprzestrzeniania charakterystyczny dla powierzchni atomowo-gładkich (typ F). W tym przypadku najprawdopodobniej wzrost zachodzi przez zorientowaną agregację pierwotnie wytrąconych kryształitów. Mechanizm ten polega na zorientowanej samoorganizacji tych kryształitów, które następnie ulegają nieodwracalnej agregacji. Wydaje się, że taka dobrze ukierunkowana agregacja małych jednostek, występująca w przypadku struwitu jest wynikiem różnej polaryzacji ścian przeciwległych związanych z osią c . Jeśli te wstępne sugestie zostaną potwierdzone dalszymi badaniami to polarny charakter i polaryzacja spontaniczna struwitu odgrywałyby istotną rolę w tej ukierunkowanej agregacji. Wyniki badań sugerują również, że bakterie odgrywają istotną rolę w formowaniu się takiej mezoskopowej struktury. Wydaje się też, że struktura

mezoskopowa jest fazą pośrednią, która zmienia się w monokryształ poprzez połączenie się jednostek tworzących fazę mezoskopową. Struktura porowata widoczna na rysunku 5 jest reprezentatywna dla wszystkich serii eksperymentalnych opisanych w pracy [42] i w przypadku prezentowanych tam badań nie jest związana z procesem starzenia jak sugerują autorzy pracy [53].

Wpływ kurkuminy na proces biomineralizacji struwitu

Spośród wielu naturalnych substancji mających wpływ na krystalizację struwitu na szczególną uwagę zasługuje kurkumina, $C_{21}H_{20}O_6$. Jest to żółto-pomarańczowy pigment – wyciąg z korzenia kurkumy znanej jako przyprawa dodawana do różnych potraw. Badania różnych autorów wskazują, że kurkumina posiada własności przeciwzapalne [54], przeciwnowotworowe [55,56], przeciwbakteryjne [57,58], przeciwgrzybicze [59,60] i przeciwwirusowe [61,62]. Własności te spowodowały, że zbadano wpływ kurkuminy na proces biomineralizacji struwitu w środowisku sztucznego moczu w obecności drobnoustrojów z rodzaju *Proteus* [63].

Wyniki badań wskazują, że proces biomineralizacji struwitu w obecności kurkuminy przebiega inaczej niż bez kurkuminy. W szczególności, obecność kurkuminy powoduje, że pH moczu wzrasta znacznie wolniej w porównaniu z badaniami kontrolnymi bez kurkuminy. Powoduje to, że pierwsze kryształy struwitu pojawiają się później w obecności kurkuminy. Dodatkowo, wielkość i liczba kryształów jest mniejsza w obecności kurkuminy. Większość kryształów przybiera typową, „trumienkowatą” morfologię, taką samą jak bez dodatku kurkuminy. To sugeruje, że kurkumina nie wpływa na morfologię i pokrój kryształów struwitu. Ze wzrostem pH pojawiają się bardzo duże dendryty, dendryty te są większe niż w przypadku braku kurkuminy.

Dokładna analiza oraz dodatkowe pomiary eksperymentalne (szczegóły w [63]) wskazują, że czas indukcji jest znacznie dłuższy w obecności kurkuminy w porównaniu z testem kontrolnym. Dlatego zarodkowanie w obecności kurkuminy zachodzi później. Ponadto, dodatkowe badania wskazują, że kurkumina hamuje aktywność ureazy, nie wpływając na żywotność bakterii. W konsekwencji, pH moczu wzrasta znacznie wolniej w obecności kurkuminy w porównaniu z testem kontrolnym bez kurkuminy. Dlatego mocz osiąga odpowiednie przesycenie znacznie później, co powoduje, że struwit krystalizuje znacznie później w obecności kurkuminy w porównaniu z testem kontrolnym bez kurkuminy. Wyniki te mogą sugerować, że kurkumina wykazuje obiecujące własności odnośnie biomineralizacji struwitu w obecności drobnoustrojów *Proteus*.

Z drugiej strony, wraz ze wzrostem pH rosną duże dendryty w kształcie litery X. Dendryty te są

większe niż w przypadku braku kurkuminy. Takie duże dendryty mogą z łatwością pozostać w drogach moczowych i stymulować proces krystalizacji i agregacji struwitu i węglanu apatytu.

Wyniki badań wskazują, że kurkumina może być dobrą substancją fitoterapeutyczną, jednakże ciągle istnieje potrzeba przeprowadzenia dalszych badań mających na celu pełne zrozumienie własności kurkuminy i jej oddziaływania na proces biomineralizacji.

Podsumowanie

W artykule przedstawiliśmy główne zagadnienia będące istotą biomineralizacji. Procesy biomineralizacji zachodzą zarówno w komórkach roślinnych jak i zwierzęcych. W organizmie ludzkim również mamy do czynienia z biomineralizacją, która może zachodzić w przebiegu procesów fizjologicznych jak i patologicznych. Szczególną uwagę zwróciliśmy na proces formowania się struwitowego kamienia moczowego powstającego w przebiegu zakażenia dróg moczowych drobnoustrojami z rodzaju *Proteus*. W szczególności przedstawiliśmy wyniki eksperymentu polegającego na biomineralizacji kryształów struwitu w sztucznym moczu. Wzrost kryształów był indukowany przez bakterie właśnie z rodzaju *Proteus*. Eksperyment został zaprojektowany tak, aby jak najwierniej odtwarzał prawdziwą infekcję dróg moczowych. Na podstawie przebiegu procesu mineralizacji wskazaliśmy aspekty tego procesu, na których należy się koncentrować poszukując czynników hamujących rozwój infekcyjnego kamienia struwitowego. Przedstawiliśmy również ciekawe własności struwitu takie jak hemimorfizm i polaryzacja spontaniczna. Własności polarne, zarówno hemimorfizm jak i polaryzacja spontaniczna, mogą wywierać duży wpływ na wychwyt domieszek hamując lub przyspieszając proces krystalizacji. Z tego względu własności te powinny być brane pod uwagę w przypadku poszukiwań odpowiednich substancji aktywnych hamujących wzrost struwitu. Ciekawym aspektem jest również budowa struwitu z małych kryształitów dająca w rezultacie dobrze uporządkowaną wolumetryczną strukturę w skali mezoskopowej. Mechanizmy formowania się takiej struktury wymagają dalszych badań. Opisaaliśmy również badania dotyczące kurkuminy i jej hamującego wpływu na aktywność ureazy produkowanej przez drobnoustroje *Proteus*.

Niniejszy artykuł nie obejmuje wszystkich aspektów biomineralizacji, ale powinien pokazać jak ciekawe perspektywy otwierają się przed dalszymi badaniami powszechnie występujących procesów biomineralizacji. Należy jednak podkreślić, że jeśli chodzi o znajomość mechanizmów wielu procesów biomineralizacji pozostajemy nadal na poziomie głębokiej niewiedzy. Ze względu na różnorodność procesów biomineralizacji szanse ich wytłumaczenia powinniśmy upatrywać w ścisłej współpracy badaczy

najróżniejszych specjalności: fizyków, chemików, biologów, mikrobiologów, lekarzy czy inżynierów. Dodatkowo, dzięki dzisiejszym technikom eksperymentalnym i teoretycznym otwiera się obfitość zupełnie nowych możliwości, z których można korzystać.

Podziękowanie:

Współautorem badań naukowych będących podstawą tego artykułu jest dr Agnieszka Torzewska z Zakładu Immunologii Bakterii Uniwersytetu Łódzkiego w Łodzi.

Prezentowane badania zostały sfinansowane przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego w ramach projektu badawczego Nr N N202 033437.

Jeśli chcesz wiedzieć więcej

W ostatnim czasie w ramach Polskiego Towarzystwa Wzrostu Kryształów (<http://www.ptwk.org.pl/>) powstała sekcja Biokryształizacji. Celem tej sekcji jest badanie podstawowych mechanizmów leżących u podstaw procesów biokryształizacji oraz ich możliwych zastosowań. Ideą sekcji jest również sprowokowanie dyskusji o podstawowych i stosowanych aspektach biokryształizacji poprzez zintegrowanie środowiska fizyków, chemików, biologów, mikrobiologów, lekarzy i inżynierów oraz promowanie nowych, interdyscyplinarnych wyzwań.

W internecie można znaleźć kilka ciekawych stron prezentujących różne aspekty biomineralizacji. Szczególnie godne polecenia są następujące strony:

<http://www.biophysics.uwa.edu.au/STAWA/>

Tutaj można obejrzeć całą serię zdjęć z transmisyjnego mikroskopu elektronowego przedstawiające kryształy magnetytu i bakterie produkujące te kryształy, tzw. bakterie magnetotaktyczne.

<http://www1.chem.leeds.ac.uk/FCM/resoverview.html>

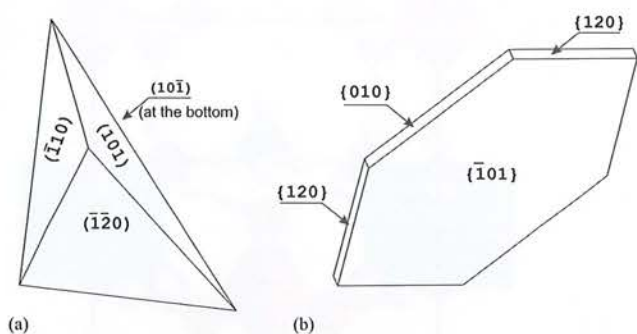
Strona grupy badawczej Fiony Meldrum z University of Leeds, poświęcona różnym procesom biomineralizacji i materiałom powstałym dzięki zainspirowaniu biominerałami, a mającymi zastosowanie na przykład w medycynie.

Literatura

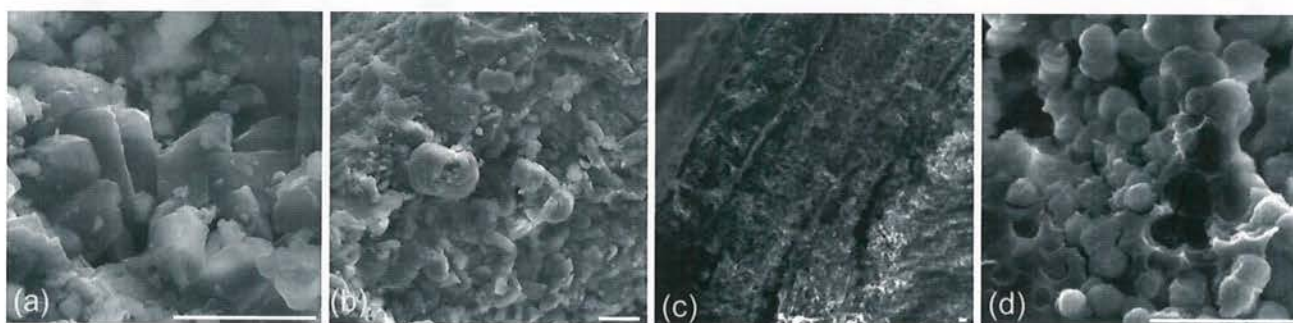
- [1] E. Baeuerlein, eds. 2000. Biomineralization: From biology to biotechnology and medical application. Weinheim: Wiley-VCH.
- [2] S. Mann, ed. 2001. Biomineralization: Principles and Concepts in Bioinorganic Materials Chemistry. New York: Oxford University Press.
- [3] P.A. Nakata, *Plant Science*, 2003, **164**, 901.
- [4] K.L. Korth, S. J. Doege, S.H. Park, F.L. Goggin, Q. Wang, S.K. Gomez, G. Liu, L. Jia, and P.A. Nakata, *Plant Physiology*, 2006, **141**, 188.
- [5] N.R. Lersten, H. T. Horner, *Plant Syst. Evol.*, 2000, **224**, 83.
- [6] M.J. Grimson, H. J. Arnott, *Scan Electron Micros. IV*, 1983, 1771.
- [7] H.T. Horner, A.P. Kausch, B.L. Wagner, *Int. J. Plant Sci.*, 2000, **161**, 861.
- [8] H. Ilarslan, R.G. Palmer, J. Imsande, H.T. Horner, *Am. J. Bot.*, 1997, **84**, 1042.
- [9] C. Meric, F. Dane, *Acta Biologica Szegediensis*, 2004, **48**, 19.
- [10] N. Bouropoulos, S. Weiner, L. Addadi, *Chem. Eur. J.*, 2001, **7**, 1881.
- [11] J. Prywer, *Cryst Eng Comm*, 2009, **11**, 196.
- [12] E. Zindler-Frank, R. Honow, A. Hesse, *J. Plant Physiol.*, 2001, **158**, 139.
- [13] P.V. Monje, E.J. Baran, *Plant Physiol.*, 2002, **128**, 707.
- [14] V. R. Franceschi, P. A. Nakata, *Annu. Rev. Plan. Biol.* 2005, **56**, 41.
- [15] H. Demiray, *Biologia*, 2007, **62**, 46.
- [16] W.S. Sakai, S.S. Sherona, M. A. Nagao, *Scan. Electron Microsc.*, 1984, **2**, 979.
- [17] B. Kuballa, A.J. Lugnier, R. Anton, *Toxicol. Appl. Pharm.*, 1981, **58**, 444.
- [18] A. Doaigey, *Amer. J. Bot.*, 1991, **78**, 1608.
- [19] J. Chrostowski, *Wiedza i życie*, 2011, **1**.
- [20] L. Sukovata, A. Kolk, M. Cieslak: Proceedings of IOBC/WPRS Conference, Working Group "Pheromones and Other Semiochemicals in Integrated Control", 23-27 September 2002, Erice (Sicily), 2002: 27.
- [21] R.P. Blakemore and R.B. Frankel, *Scientific American*, 1981, **245**, 58.
- [22] S.M. Porter, *Science*, 2007, **316**, 1302.
- [23] S. Bandyopadhyay-Ghoshszkielet, *Trends Biomater. Artif. Organs*, 2008, **22**, 116.
- [24] N. Ciftcioglu, M. Bjorklund, K. Kuorikoski K, K. Bergstrom, E. O. Kajander: *Kidney Int.* 1999, **56**, 1893.
- [25] C.F. Verkoelen, B.G. Van Der Boom, F.H. Schroder, J. C. Romijn: *World J. Urol.* 1997, **15**, 229.
- [26] K.H. Bichler, E. Eipper, K. Naber, V. Braun, R. Zimmermann, S. Lahme, *International Journal of Antimicrobial Agents* 2002, **19**, 488.
- [27] J. Martel, J.D.E. Young, *PNAS* 2008, **105**, 5549.
- [28] A. Torzewska, *Postępy Mikrobiologii* 2003, **42**, 39.
- [29] M. J. Gleeson, D. P. Griffith, *Struvite calculi*, *Br. J. Urol.* 1993, **71**, 503.
- [30] Taesung Jung, Xiaoxia Sheng, Chang Kyun Choi, Woo-Sik Kim, Jeffrey A. Wesson, Michael D. Ward, *Langmuir* 2004, **20**, 8587.
- [31] L. Benramdane, M. Bouatia, M. O. B. Idrissi, M. Draoui; *Spectroscopy Letters* 2008, **41**, 72.
- [32] N.B. Omar, M. Martinez-Canamero, T. Gonzales-Munoz, J.M. Arias, F. Huertas; *Chemosphere* 1995, **30**, 2387.
- [33] S. Vupputuri, J.M. Soucie, W. McClellan, D.P. Sandler; *Ann. Epidemiol.* 2004, **14**, 222.
- [34] D.P. Griffith, D.M. Musher, and C. Itin, *Invest. Urol.* 1976, **13**, 346.

- [35] R.J.C. McLean, J. C. Nickel, K. J. Cheng, J. W. Costerton, *CRC Crit. Rev. Microbiol.* 1988, **16**, 37.
- [36] N.B. Omar, M. Martínez-Cañamero, M.T. González-Muñoz, J.M. Arias, F. Huertas, *Chemosphere* 1995, **12**, 2387.
- [37] D.B. Leusmann, F. Sabinski, *Urol. Res.* 1996, **24**, 73.
- [38] C.K. Chauhan, M.J. Joshi, A.D.B. Vaidya, *Am. J. Infectious Diseases* 2009, **5**, 170.
- [39] C. K. Chauhan, M. J. Joshi, *Urol Res.* 2008, **36**, 265.
- [40] C.K. Chauhan, M.J. Joshi and A.D.B. Vaidya, *J. Mater Sci: Mater Med.* 2009, **20**, S85.
- [41] F. Abbona, R. Boistelle, *J. Cryst. Growth* 1979, **46**, 339.
- [42] J. Prywer, A. Torzewska, *Crystal Research and Technology* 2010, **45**, 1283.
- [43] J. Prywer, A. Torzewska, *Cryst. Growth Des.* 2009, **9**, 3538.
- [44] M.A. Dominick, M.R. White, T.P. Sanderson, T. Van Vleet, S.M. Cohen, L.E. Arnold, M. Cano, S.Tannehill-Gregg, J.D. Moehlenkamp, C.R. Waites, B.E. Schillin, *Toxicologic Pathology* 2006, **34**, 903.
- [45] A. Wierzbicki, J.D. Sallis, E.D. Stevens, M. Smith, C.S. Sikes, *Calcif Tissue Int.* 1997, **61**, 216.
- [46] M. Sánchez-Román, M. A. Rivadeneyra, C. Vasconcelos, J.A. McKenzie, *FEMS Microbiol Ecol* 2007, **61**, 273.
- [47] Y.H. Wang, L. Grenabo, H. Hedelin, R.J.C. McLean, J.C. Nickel, S. Pettersson *Urol. Res.* 1993, **21**, 109.
- [48] R.J.C. McLean, J. Downey, L. Clapham, J.C. Nickel *J. Urol.* 1990, **144**, 1267.
- [49] J. Hugosson, L. Grenabo, H. Hedelin, S. Pettersson *Urol. Res.* 1990, **18**, 407.
- [50] Z. Romanowski, P. Kempisty, J. Prywer, S. Krukowski, A. Torzewska, *J. Phys. Chem. A* 2010, **114**, 7800.
- [51] M.E. Davis, *Nature* 2001, **417**, 813.
- [52] H. Cölfen, M. Antonietti, *Angew. Chem. Int. Ed.* 2005, **44**, 5576.
- [53] L. Chen, Y. Shen, A. Xie, F. Huang, W. Zhang, S. Liu, *Cryst. Growth Des.* 2010, **10**, 2073.
- [54] B.B. Aggarwal, K.B. Harikumar, *Int. J. Biochem. Cell Biol.* 2009, **41**, 40.
- [55] K. Ozaki, Y. Kawata, S. Amano, S. Hanazawa, *Biochemical Pharmacology* 2000, **59**, 1577.
- [56] S. Pal, T. Choudhuri, S. Chattopadhyay, A. Bhattacharya, G.K. Datta, T. Das, et al. *Biochemical and Biophysical Research Communications* 2001, **288**, 658.
- [57] P.S. Negi, G.K. Jayaprakasha, L. Jagan Mohan Rao, K.K. Sakariah, *Agricultural and Food Chemistry* 1999, **47**, 4297.
- [58] G.K. Jayaprakasha, L. Jagan Mohan Rao, K.K. Sakariah, *Trends in Food Science & Technology* 2005, **16**, 533.
- [59] D.A. Dickinson, A.L. Levonen, D.R. Moellering, E.K. Arnold, H. Zhang, V.M. Darley-Usmar, H.J. Forman, *Free Radic. Biol. Med.* 2004, **37**, 1152.
- [60] B.B. Aggarwal, A. Kumar, A.C. Bharti, *Anticancer Res.* 2003, **23**, 363.
- [61] E.S. Jankun, N.P. McCabe, S.H. Selman, J. Jankun, *Int. J. Mol. Med.* 2000, **6**, 521.
- [62] K. Ono, K. Hasegawa, H. Naiki, M. Yamanda, *J. Neurosci. Res.* 2004, **75**, 742.
- [63] J. Prywer, A. Torzewska: "Effect of curcumin against *Proteus mirabilis* during crystallization of struvite from artificial urine" Evidence-Based Complementary 2and Alternative Medicine, Volume 2012, Article ID 862794, 7 pages.

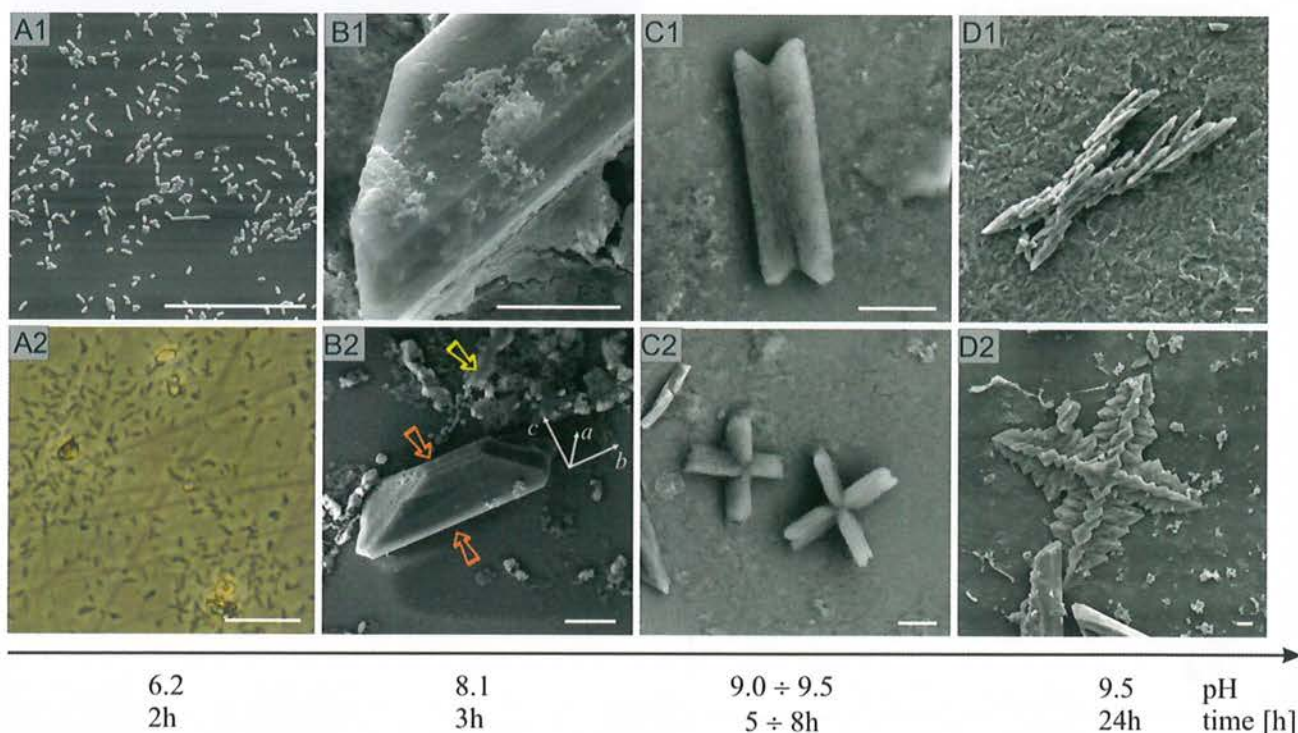
Rysunki



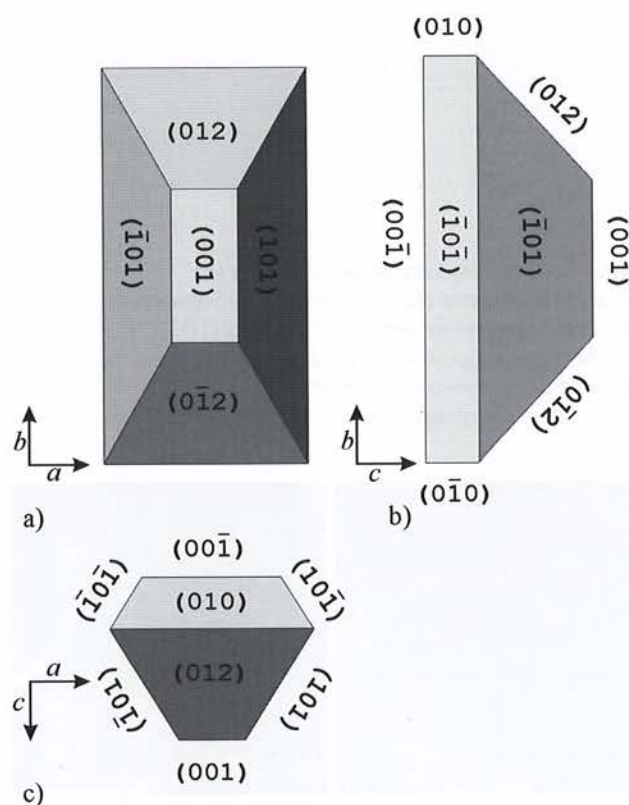
Rys. 1. Kryształy szczawianu wapnia (a) charakterystyczne dla roślin z rodziny *Solanacea*; (b) otrzymywane syntetycznie. Ściana (101) nigdy nie występuje w kryształach szczawianu wapnia otrzymywanych syntetycznie. Rysunek zaczerpnięty z pracy [11]



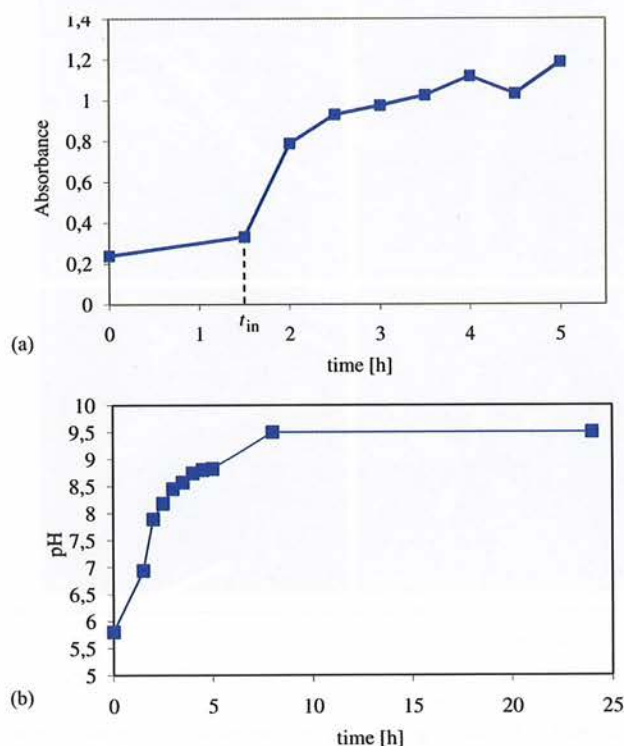
Rys. 2. Struktura krystaliczna kamienia moczowego ujawniona po rozłupaniu: (a) kryształy szczawianów wapnia, (b) płaskie płatki krystaliczne tworzą agregat podobny do kwiatu róży, (c) struktura warstwowa kamienia, (d) sferyczne formy węglanu wapnia lub bakterie o kulistym kształcie. Obrazy uzyskane za pomocą skaningowego mikroskopu elektronowego. Skala: 20 μm . Rysunek zaczerpnięty z pracy [42]



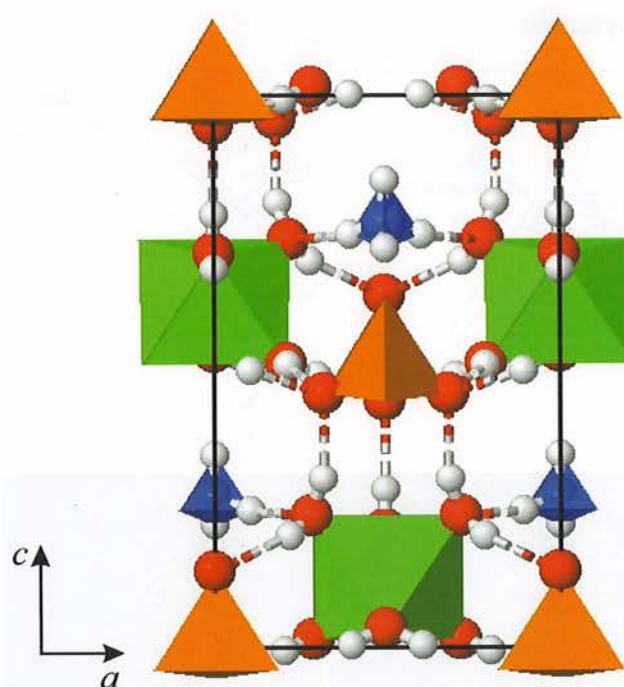
Rys. 3. Zależność pokroju kryształów struwitu rosnących w środowisku sztucznego moczu w obecności drobnoustrojów z rodzaju *Proteus* od pH moczu (od czasu wzrostu). A1 i A2 – drobnoustroje ułatwiające zarodkowanie; B1 i B2 – hemimorficzny pokrój struwitu – ściany zaznaczone strzałkami (kolor pomarańczowy) nie są sobie równoważne; żółta strzałka – amorficzna postać węglanu apatytu; B1 – kryształ jest skolonizowany przez drobnoustroje; C1 i C2 – zbliżenie kontaktowe i penetracyjne; D1 i D2 – dendryty. Skala: 20 μm . Rysunek zaczerpnięty z pracy [42]



Rys. 4. Schematyczny pokrój kryształów struwitu ujawniający jego morfologię hemimorficzną, płaszczyzna obserwacji: (a) (001); (b) (100) i (c) (010). Ściany (001) i (00 $\bar{1}$) nie są związane relacjami symetrii i oś c jest polarna. Rysunek zaczerpnięty z pracy [43]



Rys. 5. (a) Zależność absorbancji od czasu wzrostu; (b) kinetyka zmian pH sztucznego moczu zainfekowanego drobnoustrojami Proteus. Rysunek zaczerpnięty jest z pracy [42]



Rys. 6. Struktura struwitu: czworosciany PO_4^{3-} i NH_4^+ oraz ośmiościany $\text{Mg}[\text{H}_2\text{O}]_6^{2+}$; odpowiednio kolory: pomarańczowy, niebieski i zielony; atomy O i H – odpowiednio czerwone i białe sfery; oś c – polarna; płaszczyzna obserwacji: (010). Rysunek zaczerpnięty z pracy [50]

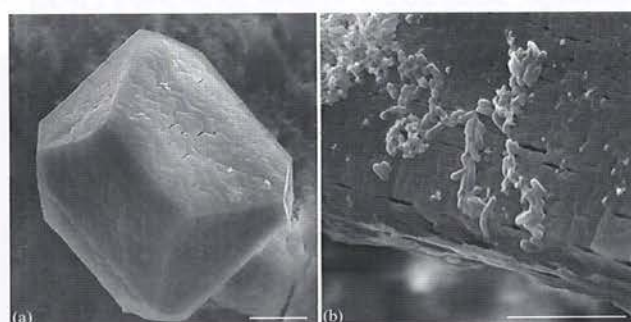


Fig. 7. Kryształy struwitu rosnące ze sztucznego moczu w obecności drobnoustrojów z rodzaju *Proteus* ujawniające (a) i (b) porowatą strukturę; Na rys. (b) widoczne są drobnoustroje w postaci struktur pałeczkowatych; Skala: 10 μm . Rysunek zaczerpnięty z pracy [42]

Prof. dr hab. Jan Kalinowski

1938-2010

Juliusz Sworakowski

Instytut Chemii Fizycznej i Teoretycznej Politechnika Wrocławska

Streszczenie: Profesor dr hab. Jan Kalinowski wybitny fizyk, specjalista w dziedzinie fotoprzewodnictwa i luminescencji materiałów organicznych, był profesorem Wydziału Fizyki Technicznej i Matematyki Stosowanej Politechniki Gdańskiej. Był on szeroko ceniony za swe zdolności organizacyjne, oraz wkład jaki wniósł w rozwój w dziedzinie badań elektronowych własności układów molekularnych.

In memory Professor dr hab. Jan Kalinowski (1938-2010)

Abstract: Professor dr hab. Jan Kalinowski the outstanding Polish physicist in the field of organic photoconductivity and luminescence of organic materials was Professor of Faculty of Applied Physics and Mathematics of Gdansk University of Technology. He was widely recognized for his leadership skills and innovative contributions to teaching, research and new technology development in physics and optoelectronics of molecular systems.



Prof. dr hab. Jan Kalinowski 1938-2010

W grudniu 2010 roku odszedł od nas na zawsze Profesor doktor habilitowany Jan Kalinowski, wybitny fizyk – specjalista w dziedzinie badań elektronowych właściwości układów molekularnych, wieloletni pracownik Politechniki Gdańskiej (PG), ceniony naukowiec, nauczyciel i wychowawca młodzieży akademickiej.

Prof. dr hab. Jan Kalinowski urodził się w 1938 roku w Grodnie. Studia fizyki rozpoczął na Uniwersytecie Warszawskim w 1956 roku, po czym kontynuował je na Uniwersytecie Jagiellońskim w Krakowie i w Wyższej Szkole Pedagogicznej w Gdańsku, gdzie w 1962 uzyskał magisterium. Po studiach przez krótki okres pracował w Zakładzie Filozofii WSP w Gdańsku, a następnie rozpoczął pracę naukową na Politechnice Gdańskiej, z którą związany był przez czterdzieści sześć lat, czyli przez cały okres swej działalności naukowej. Doktorat obronił na Uniwersytecie Mikołaja Kopernika w Toruniu w roku 1968, a stopień doktora habilitowanego uzyskał na Uniwersytecie Wrocławskim w 1979 roku. Zarówno doktorat jak i habilitacja zostały nagrodzone nagrodami Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego. W roku 1983 został mu przyznany tytuł naukowy profesora. Na Politechnice Gdańskiej profesor dr hab. Jan Kalinowski przeszedł kolejne szczeble kariery: od asystenta (1962), przez adiunkta (1969), docenta (1975) aż do stanowiska profesora zwyczajnego. W latach 1974-1981 pełnił funkcję dy-

rektora Instytutu Fizyki Politechniki Gdańskiej. Był współorganizatorem powstałego w roku 1983 Wydziału Fizyki Technicznej i Matematyki Stosowanej PG, oraz dziekanem tego Wydziału w latach 1986–1990. W latach 1983–1990 oraz 1996–2008 był też kierownikiem Katedry Fizyki Molekularnej.

W latach 1970–1971 Profesor Jan Kalinowski odbył post-doktorski staż naukowy w New York University u prof. Martina Pope’a, wybitnego specjalisty w dziedzinie badań elektrycznych właściwości kryształów organicznych, jednego z „ojców” badań półprzewodników organicznych. Nawiązane wówczas kontakty okazały się bardzo owocne w późniejszych latach. W 1977 roku przebywał na krótkotermiowym stażu na Philipps-Universität w Marburgu u prof. Heinza Bässlera, gdzie wykonał szereg ciekawych prac poświęconych elektrycznym własnościom kryształów polidiacetyleny.

W następnych latach, jako profesor wizytujący, odwiedził ośrodki naukowe w Japonii, USA, Kanadzie, Włoszech, Wielkiej Brytanii i Francji, prowadząc wykłady, seminaria oraz prace dyplomowe. Wśród wizytowanych instytucji naukowych były renomowane uniwersytety (m. in. University of Tokyo i New York University), oraz laboratoria państwowe (Tsukuba i Okazaki w Japonii, Frascati we Włoszech, Naval Research Laboratory w USA) i prze-

mysłowe (IBM, Kodak, Xerox). W latach 1990–1996 Jan Kalinowski pracował jako profesor w Instytucie Fotochemii i Promieniowania CNR (Centro Nazionale delle Ricerche) w Bolonii.

Do istotnych osiągnięć Profesora, uzyskanych wspólnie z polskimi i włoskimi współpracownikami, należą:

- odkrycie i wyjaśnienie pochodzenia stref świecenia elektroluminescencyjnego w kryształach molekularnych (1984),
- konstrukcja w kierowanym przez Niego zespole w Bolonii jednej z pierwszych organicznych diod elektroluminescencyjnych (1992),
- konstrukcja organicznych diod elektroluminescencyjnych o barwie zależnej od koncentracji organicznego fosforu w emiterze (2007),
- wykazanie, że fotoluminescencja w materiałach organicznych może być wzmocniona lub osłabiona działaniem pola elektrycznego (2007),
- konstrukcja jednej z najbardziej wydajnych diod elektroluminescencyjnych w bliskiej podczerwieni o wydajności konwersji energii elektrycznej na promieniowanie równej 50% (2007).

W ciągu ponad 46-letniej pracy w Politechnice Gdańskiej prof. Jan Kalinowski zgromadził ogromny dorobek naukowy. Był autorem i współautorem ponad 140 prac oryginalnych, które ukazały się



Prof. dr hab. Jan Kalinowski w otoczeniu pracowników Katedry Fizyki Molekularnej Wydziału Fizyki Technicznej i Matematyki Stosowanej Politechniki Gdańskiej

w czasopiśmie o obiegu międzynarodowym (z „Listy Filadelfijskiej”), kilkudziesięciu prac ogłoszonych w periodykach lokalnych, rozdziałów w 4 książkach opublikowanych w renomowanych wydawnictwach zagranicznych (CRC Taylor and Francis, Gordon and Breach) i krajowych (PWN), podręcznika dla młodzieży szkolnej, (wydanego 1975 roku, a następnie dwukrotnie wznawianego), licznych doniesień konferencyjnych....

W zawierającym w sumie 367 pozycji wykazie dorobku należy wyróżnić opus magnum Profesora: monoautorską książkę „*Organic Light-Emitting Diodes: Principles, Characterization, and Processes*”, która ukazała się w wydawnictwie Marcel Dekker w 2005 roku. Książka ta, jedna z pierwszych monografii w literaturze światowej dotyczących elektroluminescencji materiałów organicznych, jest do dzisiaj cennym źródłem informacji. Za tę monografię Profesor Jan Kalinowski otrzymał nagrodę Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego.

Profesor Jan Kalinowski był promotorem 12 prac doktorskich w Polsce i Włoszech, oraz opiekunem licznych prac magisterskich. Był przewodniczącym i członkiem wielu komitetów naukowych wydawnictw oraz konferencji międzynarodowych i krajowych. W szczególności należy tu wymienić cykl „*Electrical and Related Properties of Organic Solids*” (ERPOS): Profesor był członkiem komitetów naukowych konferencji organizowanych w latach 1978, 1981, 1984, 1987, 1996 i 1999. Był przewodniczącym Komitetu Naukowego i Organizacyjnego konferencji ERPOS-6, zorganizowanej 1992 roku na Capri, a także redaktorem tomu czasopisma „*Molecular Crystals and Liquid Crystals*”, zawierającym ar-

tykuły pokonferencyjne. Na wymienienie zasługuje również cykl ogólnopolskich konferencji „*Kryształ Molekularne*”, organizowanych co dwa lata od roku 1977; Profesor Kalinowski był członkiem komitetów naukowych wszystkich konferencji z tego cyklu, był także przewodniczącym komitetów naukowych i organizacyjnych dwóch z nich (w latach 1981 i 1998). Był też redaktorem działu „*Fizyka i Matematyka*” Zeszytów Naukowych Politechniki Gdańskiej (1979–1990) oraz członkiem Komitetu Naukowego czasopisma „*Postępy Fizyki Molekularnej*” wydawanego przez Instytut Fizyki Molekularnej PAN (1975–1993).

Był członkiem Polskiego Towarzystwa Fizycznego, Europejskiego Towarzystwa Fizycznego, oraz Amerykańskiego Towarzystwa Elektrochemicznego (American Electrochemical Society).

We wspomnieniach współpracowników i przyjaciół Profesor dr hab. Jan Kalinowski pozostanie jako człowiek wiele wymagający zarówno od siebie jak i od pracowników, który jednak zawsze potrafił docenić i nagrodzić dobrze wykonane zadanie. Dzięki swym liczным kontaktom naukowym umożliwił swoim współpracownikom odbycie krajowych i zagranicznych staży naukowych, oraz zdobycie stypendiów i nagród.

Pomimo przejścia na emeryturę w roku 2008, Profesor Jan Kalinowski nie zaprzestał swej działalności naukowej aż do ostatnich dni życia. Brał czynny udział w konferencjach naukowych oraz pisał i publikował kolejne prace. Jego odejście stanowi dotkliwą stratę dla nauki. Niech pozostanie w naszej pamięci jako wybitny uczony, zasłużony dla Polski i dla światowej nauki.

Katowice, 15 marca 2012

W Pani

Prof. dr hab. Lidia Smentek

Professor of Physics, Professor of Chemistry

Department of Chemistry, Vanderbilt University

Nashville, TN 37 235 U. S.A.

Szanowna Pani Profesor,

Powołując się na starorzyską zasadę sądową "Audiat et altera pars (Niech będzie wysłuchana i druga strona)" zwracam się z uprzejmą prośbą o wypowiedzenie się na temat poniższego tekstu Przewodniczącego Rady Redakcyjnej Postępów Fizyki prof. Andrzeja K. Wróblewskiego.

Łączę wyrazy najwyższego uszanowania

Jerzy Warczewski,

Redaktor Naczelny, Postępy Fizyki

----- Original Message -----

From: "Andrzej K. Wróblewski"

To: Jerzy Warczewski

Sent: Thursday, January 05, 2012 2:25 PM

Subject: Fwd: Postępy Fizyki nr 5/2011

----- Original Message -----

Subject: Postępy Fizyki nr 5/2011

Date: Thu, 05 Jan 2012 13:23:47 +0100

From: "Andrzej K. Wróblewski"

<akw@fuw.edu.pl>

To: budzyn@poczta.umcs.lublin.pl,
dobek@fizyka.amu.edu.pl, dobro@ifpan.edu.pl,
zofiagm@gmail.com, szudy@fizyka.umk.pl

Szanowni Członkowie Rady Redakcyjnej

"Postępów Fizyki",

wczoraj otrzymałem nr 5/2011 "Postępów Fizyki". Na wstępie są tam dwa artykuły pani prof. Lidii Smentek. Oba budzą moje zastrzeżenia, gdyż słabo pasują do oczekiwanego profilu naszego czasopisma. Skupię się jednak na pierwszym pt. "Korzenie", w którym autorka opisuje wrażenia z wizyty w Annapolis, mieście Michelsona.

Trochę razi aż 30 fotografii przy płytkim tekście, ale prawdziwy skandal mamy na końcu, gdzie autorka pisze "Podaję poniżej tylko trzy adresy internetowe, pod którymi można znaleźć ciekawą opowieść, jeśli nie źródło naukowych informacji, skłaniających do weryfikacji współczesnego rozumienia światła i świata." Następują trzy adresy.

Zajrzałem tam i stwierdziłem z przerażeniem, że są to strony internetowe ludzi, którzy wierzą w spisek mający utrzymać teorię względności Einsteina, który był "plagiatozem stulecia" - to tytuł tekstu tam umieszczonego. A jak wiadomo, teoria względności

jest błędna, ponieważ Dayton Miller wykrył przecież "ether-drift" tylko, że jego wyniki skwapliwie schoowano, itd, itd.

Otóż autorka artykułu może nie wierzyć w teorię względności i nie znać wyników dziesiątków eksperymentów, w których próbowano wykryć "ether-drift", aż do czasów najnowszych (polecam np. lekturę rozdziału 2 w tomie 1 "Wstępu do fizyki", który napisaliśmy z prof. Januszem Zakrzewskim). To jest prywatna sprawa autorki. Z jej artykułu wynika, że nie zna ani historii fizyki, ani też nie zna podstaw, na których opiera się teoria względności.

Uważam jednak za skandaliczne, żeby w "Postępach Fizyki", piśmie Polskiego Towarzystwa Fizycznego, były propagowane takie bzdury. Najwidoczniej Redaktor Naczelny nie sprawdził co się kryje pod podanymi adresami, bo inaczej, jak sądzę, zareagowałby domagając się od autorki skreślenia tego akapitu. Jest to poważny błąd Redaktora, który nie dopatrzył swoich obowiązków dbania o stronę merytoryczną publikowanych treści. Sądzę, że powinien się wytłumaczyć przed czytelnikami i przed naszą Radą.

Pozdrawiam,
akw

PS. Ten list przekazuję także do wiadomości prof. Warczewskiego, Redaktora Naczelnego.

Prof. dr hab. Jerzy Warczewski

Redaktor Naczelny, Postępy Fizyki

Szanowny Panie Profesorze,

Dziękuję Panu Profesorowi za umożliwienie mi zapoznania się z opinią Pana Profesora A. K. Wróblewskiego, Przewodniczącego Rady Redakcyjnej PF, o moim artykule *Korzenie*, opublikowanym w *Postępach Fizyki* 5/2011. Z pokorą przyjmuję krytyczną ocenę mojej popularno-naukowej twórczości, a jednocześnie cieszę się wiedząc, że mój artykuł przeczytał choć jeden czytelnik i nie potraktował go obojętnie; zwłaszcza, że czytelnikiem jest fizyk; zwłaszcza, że jest też profesorem, a w dodatku Magnificencją.

Dziwne jest dla mnie jednak to, że Pan Profesor Wróblewski nie skierował swojej krytyki bezpośrednio do mnie, autora artykułu, mimo, że w swoim liście do Rady Redakcyjnej i do Pana wymienia moje nazwisko; czyżby dlatego, że nie jest to twórcza krytyka tylko krytykanctwo? Tym głębsza jest moja wdzięczność dla Pana, Redaktora Naczelnego PF, za włączenie mnie do tej jednostronnej gry, dzięki czemu mam okazję zrównoważyć słowa Profesora Wróblewskiego - niby zaadresowane do mnie, ale przesłane tylko pośrednio.

Dziwi mnie również fakt, że Pan Profesor Wróblewski w swojej opinii z taką lekkością przekracza granice dobrego smaku i szacunku dla samego siebie oceniając nie tylko mój artykuł (każdy czytelnik

ma przecież prawo do własnych opinii o przedstawianym materiale), ale mnie, moją wiedzę i w dodatku wiarę! Dodam, że nigdy nawet nie miałam przyjemności spotkać Pana Profesora Wróblewskiego, nie wiem więc na jakich źródłach (historycznych?) Pan Profesor oparł swój osąd.

Muszę jednak przyznać, że z jednym punktem tej opinii całkowicie się zgadzam. Pan Profesor Wróblewski ma rację twierdząc, że **nie wierzę** w teorię względności, bowiem faktycznie nie wyznaję zasady „wierzę, bo pojąć nie mogę”. Jednocześnie, oddzielam wiarę od wiedzy, zgodnie z przesłaniem Naszego Papieża, które jest drogowskazem dla wiernego swojej wierze badacza Przyrody.

Jako fizyk z przeszło czterdziestoletnim stażem (zresztą dwujęzycznym, bo od 1994 roku jestem profesorem na renomowanej uczelni amerykańskiej) wiem, że do Prawdy nie dochodzi się wykreślając lub eliminując istniejące doniesienia z różnorodnych eksperymentalnych i teoretycznych weryfikacji zjawisk Przyrody. Oczekiwanie Profesora Wróblewskiego od Pana, Redaktora Naczelnego PF, prowadzenia sumiennej cenzury jest zabarwione archaicznym pojęciem aktualnym w minionym okresie i kłóci się z zasadami wolności akademickiej, zwłaszcza w demokratycznym kraju. Jednocześnie, opinia jednego uczonego, nawet jeśli jest to Profesor Wróblewski, nie może nadawać tonu i wytyczać zakresu aktywności tych, którzy wykraczają poza sztywne ramy skostniałego stosunku do nauki i jej *śluszej*, (według własnego uznania) wersji.

A może faktycznie ci, którzy tylko „wierzą” w teorię względności, bez jej zrozumienia, są przekonani, że sama się nie obroni i wezwani są przez los do heroicznych aktów przeciwko zapisom historycznym, które są przecież dla wszystkich dostępne? Czy na tym polega historia nauki, żeby przedstawiać tylko własną jej wersję? Dziwny jest ten świat, ale tylko ta jego część, która jest wykreowana przez dziwnych ludzi; obie zaś jego części są ciekawe!

W zdyskredytowanym przez Profesora Wróblewskiego artykule przedstawiłam rozwój geniuszu i młodzieńczych fascynacji i pasji Michelsona na tle niewolnictwa i targów ludzi. Geniusz Michelsona nie wrzucił Pana Profesora Wróblewskiego i nawet mimo opisu czarnej plamy na mapie rozwoju cywilizacji, Pan Profesor Wróblewski niespodziewanie ocenia artykuł po prostu jako „płytki tekst”. Z taką osobistą oceną nie można dyskutować. Zwierzenie się z wewnętrznych odczuć dotyczy charakterystyki osobowości zwierającego się, a nie czytanego artykułu, ponieważ głębię doznań każdy przecież odczuwa na matrycy własnej wrażliwości.

Mój „płytki tekst”, czyli artykuł, zakończyłam alertem skierowanym do wszystkich fizyków w celu

połączenia sił i możliwości, aby wreszcie uhonorować geniusz Alberta Abrahama Michelsona w jego Ojczyźnie. Niestety moje przesłanie nie odbiło się echem dobrej woli i chęci pomocy. Każdy, kto jest autentycznie oddany prawdzie historycznej i sprawie historii polskiej nauki podjąłby kroki w celu – choćby sprawdzenia istniejących możliwości. Zamiast tego – prościej jest być krytykiem, w dodatku na zupełnie inny temat. Tak odbieram list Pana Profesora Wróblewskiego, od którego właśnie oczekiwałam wsparcia, choćby moralnego!

Na koniec mojej rozmowy z Profesorem Wróblewskim, choć tylko niemej, bo pisanej i w dodatku pośredniej, jako przekazanej na ręce Pana Redaktora, zastanawiam się według kanonu szkolnych analiz utworów literackich: „co autor miał na myśli?” Co w zamiśle autora miało być celem tego listu skierowanego do Rady Redakcyjnej i do Pana Redaktora? Nie rozumiem też dlaczego, według osądu Profesora Wróblewskiego, Pan Profesor, jako Redaktor Naczelnny PF „powinien się wytłumaczyć przed czytelnikami i przed naszą Radą”, skoro pod wszystkimi artykułami podpisuję się pełnym imieniem i nazwiskiem, więc biorę odpowiedzialność za przekazywany materiał? Przyznam, że nawet nie chcę znać odpowiedzi na te pytania, a list Profesora Wróblewskiego zachowuję w prywatnym archiwum jako swoiste *curiosum* świadczące o kondycji rodzimego środowiska akademickiego, mając jednak cichą nadzieję, że jest to obraz tylko małej jego części!

Mimo wszystko, nadal odczuwam satysfakcję, że Pan Profesor Andrzej Kajetan Wróblewski przeczytał mój artykuł i poświęcił tyle uwagi jego treści. Bolesna jest obojętność czytelników, a każdy ich głos, nawet negatywny, jest cenny dla autora. Jakkolwiek dokonywanie krytycznej oceny autora przeczytanego artykułu wykracza poza ramy przyjęte w eleganckim świecie i pozostawia niesmak podważający autorytet krytyka.

Jednocześnie dziękuję Panu Redaktorowi za otwartą i nowoczesną formułę Postępów Fizyki godnych w obecnej szacie do włączenia ich do kolekcji wzorcowych magazynów Towarzystw Fizycznych, jakie okrążają Świat; dziękuję za możliwość publikowania moich artykułów pod Pańską redakcją.

Z poważaniem,
Nashville, 26 maja, 2012 Lidia Smentek
e-mail: Lidia.Smentek@Vanderbilt.edu

I jeszcze kilka słów Redaktora Naczelnego.

Po pierwsze, zgadzam się z Panią Profesor Lidia Smentek, że nie mam z czego tłumaczyć się PT Czytelnikom i Radzie Redakcyjnej, jak chciałby jej Przewodniczący, a po drugie, moją bardzo wysoką ocenę obu artykułów Pani Profesor wyraziłem w artykule wstępnym Redaktora Naczelnego na str. 189

tego numeru (nr 5/2011) Postępów Fizyki. Co więcej, przedstawiłem tam mój pogląd dotyczący problemu „Einstein - Michelson - błędy pomiarowe”, pogląd całkowicie zgodny z poglądem Autorki, a przede wszystkim będący poglądem powszechnym. Wspomnę jeszcze o wysokiej ocenie tych artykułów i całego numeru 5/2011 przez licznych czytelników. Powyższy tekst Prof. Wróblewskiego ma

znamiona paszkwilu (podobnie zresztą jak jego tekst w „Wiedzy i Życiu”, nr 2/2012, na temat prof. Jerzego Przystawy i jego znakomitej książki „Odkryj Smak Fizyki”). Ubolewam, że Prof. Wróblewski podważa w ten sposób autorytet swój i Rady Redakcyjnej Postępów Fizyki, a przez to autorytet Polskiego Towarzystwa Fizycznego.

Jerzy Warczewski

Instytucje wspierające (Członkowie Wspierający)

Polskie Towarzystwo Fizyczne

(stan na dzień 11.01.2011)

Wydział Fizyki UW

Instytut Fizyki PAN

Centrum Fizyki Teoretycznej PAN

Instytut Fizyki Jądrowej PAN

im. H. Niewodniczańskiego

Uniwersytet Mikołaja Kopernika

Instytut Fizyki Molekularnej PAN

Międzynarodowe Laboratorium

Silnych Pól Magnetycznych i Niskich Temperatur

Wydział Fizyki PW

Wydział Fizyki i Informatyki Stosowanej AGH

Uniwersytet Szczeciński

Uniwersytet Śląski

Wydział Fizyki i Astronomii

Uniwersytet Wrocławski

Wydziału Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej

Uniwersytet Jagielloński

Uniwersytet Kardynała Stefana Wyszyńskiego

Wyróżnienia dla trójmiejskich popularyzatorów fizyki

Wśród nauk przyrodniczych fizyka zajmuje wyjątkowe miejsce. Tłumaczy podstawowe zjawiska i zależności istniejące w przyrodzie. Wymaga analitycznego podejścia i dogłębnego zrozumienia różnorodnych problemów. Toteż, przeciętny uczeń ma duże trudności z przyswojeniem sobie treści tego przedmiotu. Są jednak nauczyciele szczególnie utalentowani, którzy w myśl słów Kartezjusza, że „nie ma nic tak odległego, by było poza naszym zasięgiem”, w przystępny i zrozumiały sposób objaśniają fascynujący świat zjawisk fizycznych i to niezależnie od stopnia trudności poruszanych zagadnień. Ich pasją jest nauczanie i popularyzacja fizyki.

W celu ich uhonorowania, Oddział Gdański Polskiego Towarzystwa Fizycznego przyznał w 2011 roku nagrody za krzewienie wiedzy fizycznej w szerokich kręgach społeczeństwa. Zgodnie ze statutem, najwyższym wyróżnieniem Oddziału Gdańskiego jest Medal im. Prof. Ignacego Adamczewskiego przyznawany szczególnie zasłużonym popularyzatorom fizyki z Pomorza. Dnia 22 czerwca 2011 roku Kapituła Medalu przyznała to zaszczytne wyróżnienie doktorowi Stanisławowi Zacharze w uznaniu jego wyjątkowych zasług w dziedzinie nauczania i upowszechniania fizyki wśród młodzieży szkolnej, studentów i nauczycieli. Wręczenie Medalu odbyło się 5 listopada 2011 roku podczas zwyczajowej uroczystości upamiętniającej wygłoszenie przez profesora Adamczewskiego pierwszego wykładu w powojennej historii Politechniki Gdańskiej.

Dr Stanisław Zachara urodził się 5 maja 1940 roku w Ćwikowie w województwie Małopolskim. Choć pracę doktorską obronił z zakresu fizyki atomowej i cząsteczkowej to od początku swojej aktywności zawodowej poświęcił się dydaktyce fizyki – najpierw, jako pracownik Zakładu Dydaktyki Fizyki WSP w Gdańsku, a od roku 1996, przez trzy kolejne kadencje, jako dyrektor ds. dydaktycznych w Instytucie Fizyki Doświadczalnej Uniwersytetu Gdańskiego. Laureat głosił tezę, że uprawianie fizyki, uczenie się jej i nauczanie pozwala na kształtowanie społeczeństwa ludzi mądrych w skutecznym myśleniu i działaniu. Dlatego też jego starania nakierowane były głównie na kształtowanie efektywnej dydaktyki fizyki wśród kandydatów na przyszłych nauczycieli fizyki. Pracował także nad opracowaniem metod wpływania na zwiększenie zainteresowania uczniów przedmiotami ścisłymi. Ponadto dr Zachara wiele wysiłku włożył w organizację i prowadzenie wykładów popularnych z fizyki dla uczniów szkół średnich. Wykłady te ilustrowane licznymi demonstracjami cieszyły się ogromnym zainteresowaniem wśród młodzieży szkolnej Trójmiasta. Równolegle, dr Stanisław Zachara zaangażowany był w działalność Oddziału Gdańskiego PTF, jako wielo-



Przewodniczący Oddziału Gdańskiego PTF dr hab. Jarosław Rybicki, prof. nadzw. PG (z prawej) oraz prof. dr hab. J. Sienkiewicz, dziekan WFTiMS PG (z lewej), wręczając Medal im. Profesora Ignacego Adamczewskiego tegorocznemu laureatowi (w środku) (fot. Tomasz Wąsowicz)

krotny członek zarządu, sekretarz i korespondent do „Postępów Fizyki”. Brał też czynny udział przy organizacji XXVIII i XXXVII Zjazdu Fizyków Polskich. Dorobek naukowy laureata obejmuje jedną książkę, 16 publikacji, szereg komunikatów na zjazdach i konferencjach oraz 39 patentów.

Oprócz Medalu, Oddział Gdański PTF przyznaje wyróżnienia za popularyzację fizyki. W 2011 roku dyplomy uznania i nagrody książkowe otrzymali: profesor UG, dr hab. Jerzy Sikorski „za ogromne zaangażowanie w proces dydaktyczny studentów Wydziału Matematyki, Fizyki i Informatyki Uniwersytetu Gdańskiego oraz za całokształt działalności związanej z popularyzacją fizyki, a w szczególności za wygłoszenie cyklu wykładów popularno-naukowych z fizyki dla młodzieży szkolnej organizowanych przez WMFiL UG oraz podczas kolejnych Bałtyckich Festiwali Nauki w Gdańsku”, dr Andrzej Kuczkowski „za jego wyjątkowe zasługi dla trójmiejskiego środowiska fizyków, a w szczególności za wytrwałą popularyzację fizyki wśród młodzieży szkolnej oraz studentów, przygotowanie i prowadzenie ilustrowanych licznymi doświadczeniami sobotnich wykładów z fizyki dla uczniów szkół średnich oraz za wieloletnią pracę w zarządzie Oddziału Gdańskiego Polskiego Towarzystwa Fizycznego”, oraz mgr inż. Mściśław Nakonieczny, dyrektor CI TASK, „za nieustanne wspieranie i pomoc w realizacji wszelkich naukowych i dydaktycznych inicjatyw fizyków ze środowiska gdańskiego, a szczególnie za współorganizację kilkunastu konferencji międzynarodowych, m.in. Functional and Nanostructured Materials (FNMA 2007, 2008, 2009, 2010, 2011) oraz Physics of Disordered Systems (PDS 2005, 2010) oraz współorganizację szkół letnich CoNan – Computational Nanotechnology (LLP/IP ERASMUS) w latach 2009, 2010 i 2011”.

WFTiMS Politechnika Gdańska
Tomasz Jarosław Wąsowicz

POSTĘPY FIZYKI W INTERNECIE

<http://postepy.fuw.edu.pl>

ARCHIWUM

spisy treści wszystkich zeszytów

ARTYKUŁY DO POBRANIA

m.in. przekłady wykładów noblowskich (Wolfgang Ketterle, Raymond Davis Jr., Masatoshi Koshihba, Riccardo Giacconi, Aleksiej A. Abrikosow, Anthony J. Leggett, Witalij Ł. Ginzburg, Frank Wilczek, David J. Gross, David Politzer, Roy J. Glauber, Theodor W. Hänsch, John L. Hall, John C. Mather, George F. Smoot III, Albert Fert, Peter A. Grünberg) oraz wykłady z ostatnich Zjazdów Fizyków Polskich (Białystok 1999, Toruń 2001, Gdańsk 2003, Warszawa 2005, Szczecin 2007)

MATERIAŁY DODATKOWE

uzupełnienia niektórych artykułów

NOWE KSIĄŻKI

Wydawnictwa Naukowego PWN Warszawa

Lew D. Landau, Jewgienij M. Lifszyc
ELEKTRODYNAMIKA OSRODKÓW CIĄGŁYCH, 2011

Jewgienij M. Lifszyc, Lew P. Pitajewski
FIZYKA STATYSTYCZNA, część 2, 2011

Władimir B. Bierestecki, Jewgienij M. Lifszyc, Lew P. Pitajewski
ELEKTRODYNAMIKA KWANTOWA, 2011

Lucjan Pielą
IDEE CHEMII KWANTOWEJ, 2011

Ludovico Cademartiri, Geoffrey A. Ozin
NANOCHEMIA, PODSTAWOWE KONCEPCJE, 2011

WKRÓTCE W POSTĘPACH

Andrzej Kajetan Wróblewski opowie o wielkości Marii Skłodowskiej-Curie i o znaczeniu naukowym jej badań, a także o prawdzie i o mitach na jej temat

Łukasz Rypina z Politechniki Koszalińskiej kierownik wielomilionowego projektu „Wirtualna Fizyka – Wiedza Prawdziwa” dotyczącego innowacyjnego systemu nauczania w szkołach ponadgimnazjalnych przedstawi główne założenia tego projektu

Jerzy Żuk opowie o programie i przebiegu ostatniego Zjazdu Fizyków Polskich – Lublin 2011

Krzysztof Pomorski – laureat Medalu Mariana Smoluchowskiego 2011 opowie o swoich osiągnięciach w dziedzinie teorii dynamiki jądrowej

PRENUMERATA

Postępy Fizyki można zaprenumerować w jeden z następujących sposobów.

PRZEZ ODDZIAŁY PTF: Jak wiadomo, od 2012 roku członkowie PTF po wpłaceniu składki członkowskiej na konto ZG PTF (patrz niżej) otrzymują bez żadnej dodatkowej opłaty kolejne zeszyty Postępów Fizyki. Prosimy o zaznaczenie przy płatności przynależności do Oddziału PTF. A oto wysokość składek członkowskich: osoby nieposiadające stopnia naukowego doktora, w tym studenci: **40 zł**; osoby posiadające stopień naukowy doktora: **80 zł**; osoby posiadające stopień naukowy dr hab. lub tytuł profesora: **120 zł**; emeryci: **40 zł**. Aby nie opóźniać procesu wydawniczego PF składka członkowska powinna być opłaconą jednorazowo każdego roku do końca lutego.

PRZEZ ZARZĄD GŁÓWNY PTF (tylko prenumerata krajowa): Wpłaty należy dokonać na konto Zarządu Głównego PTF: 19 1020 1097 0000 7802 0001 3128 (PKO BP IX O/Warszawa) lub w Biurze Zarządu Głównego PTF. Cena rocznej prenumeraty krajowej w 2012 r. wynosi 72 zł. Dostawa Postępów Fizyki następuje drogą pocztową pod wskazany adres.

PRZEZ PRZEDSIĘBIORSTWA KOLPORTAŻU PRASY: RUCH (<http://www.prenumerata.ruch.com.pl>) KOLPORTER (<http://sa.kolporter.com.pl>) GARMOND PRESS (<http://www.garmond.com.pl>) Cena rocznej prenumeraty krajowej w 2012 r. wynosi 72 zł.

Prenumerata ze zleceniem dostawy za granicę – patrz <http://www.ruch.pol.pl>.

Dostępne są również zeszyty archiwalne – prosimy o kontakt z redakcją.

INFORMACJE DLA AUTORÓW

Czekamy na artykuły przeglądowe i monograficzne pod warunkiem, żeby były przystępne dla ogółu fizyków. Układ pracy (tytuł, autor(zy), afiliacja(e), streszczenie po polsku, tytuł angielski, streszczenie po angielsku, tekst, odnośniki literaturowe, podpisy pod ilustracjami itd.) powinien odpowiadać formie przyjętej w *Postęпах Fizyki* (patrz artykuły w ostatnich zeszytach). Prace w edytorze WORD z ilustracjami w jpg o rozdzielczości co najmniej 300 dpi prosimy nadsyłać e-mailem równocześnie na dwa adresy: *Postępów Fizyki* postepy@fuw.edu.pl oraz Redaktora Naczelnego jerzy.warczewski@us.edu.pl. Wszystkie prace są recenzowane. Patrz również strona internetowa *Postępów Fizyki*.

REKLAMA W POSTĘPACH FIZYKI

Zapraszamy – szczególnie przedstawicieli producentów aparatury oraz sprzętu i oprogramowania komputerowego, wydawców podręczników i książek naukowych oraz popularnonaukowych – do zamieszczania ogłoszeń reklamowych w *Postęпах Fizyki*. Nasze czasopismo dociera do większości polskich fizyków, z których wielu decyduje o bieżących zakupach uczelni, instytutów i szkół. Zainteresowanych prosimy o kontakt e-mailowy równocześnie na dwa adresy: *Postępów Fizyki* postepy@fuw.edu.pl oraz Redaktora Naczelnego jerzy.warczewski@us.edu.pl

POSTĘPY FIZYKI (ADVANCES IN PHYSICS)

Founded in 1949, published bimonthly in Polish with titles and abstracts both in Polish and English by the Polish Physical Society with a support of the Ministry of Science and Higher Education, the Physics Faculty of the Warsaw University and the Institute of Physics of the University of Silesia.

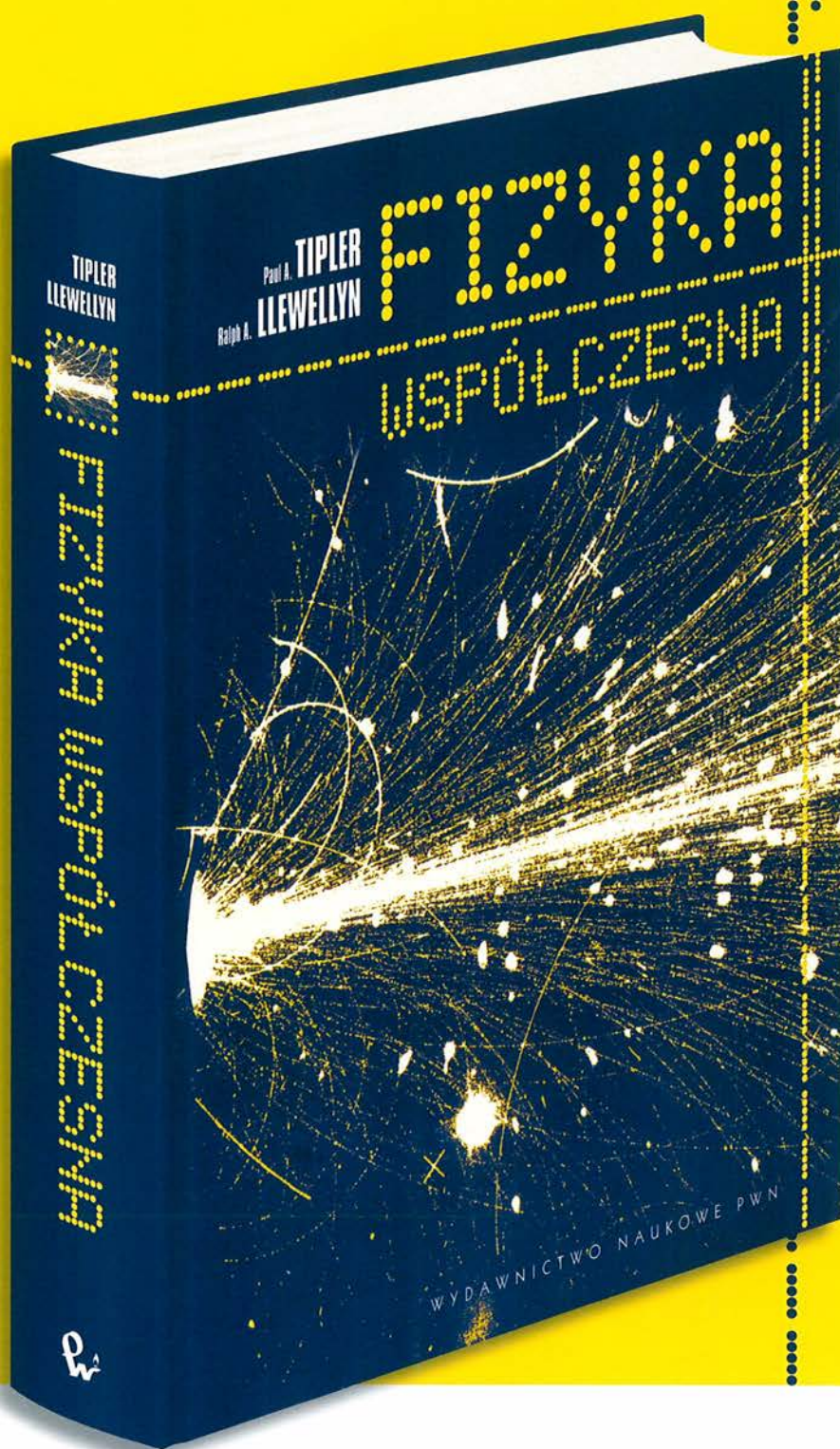
INFORMATION FOR SUBSCRIBERS

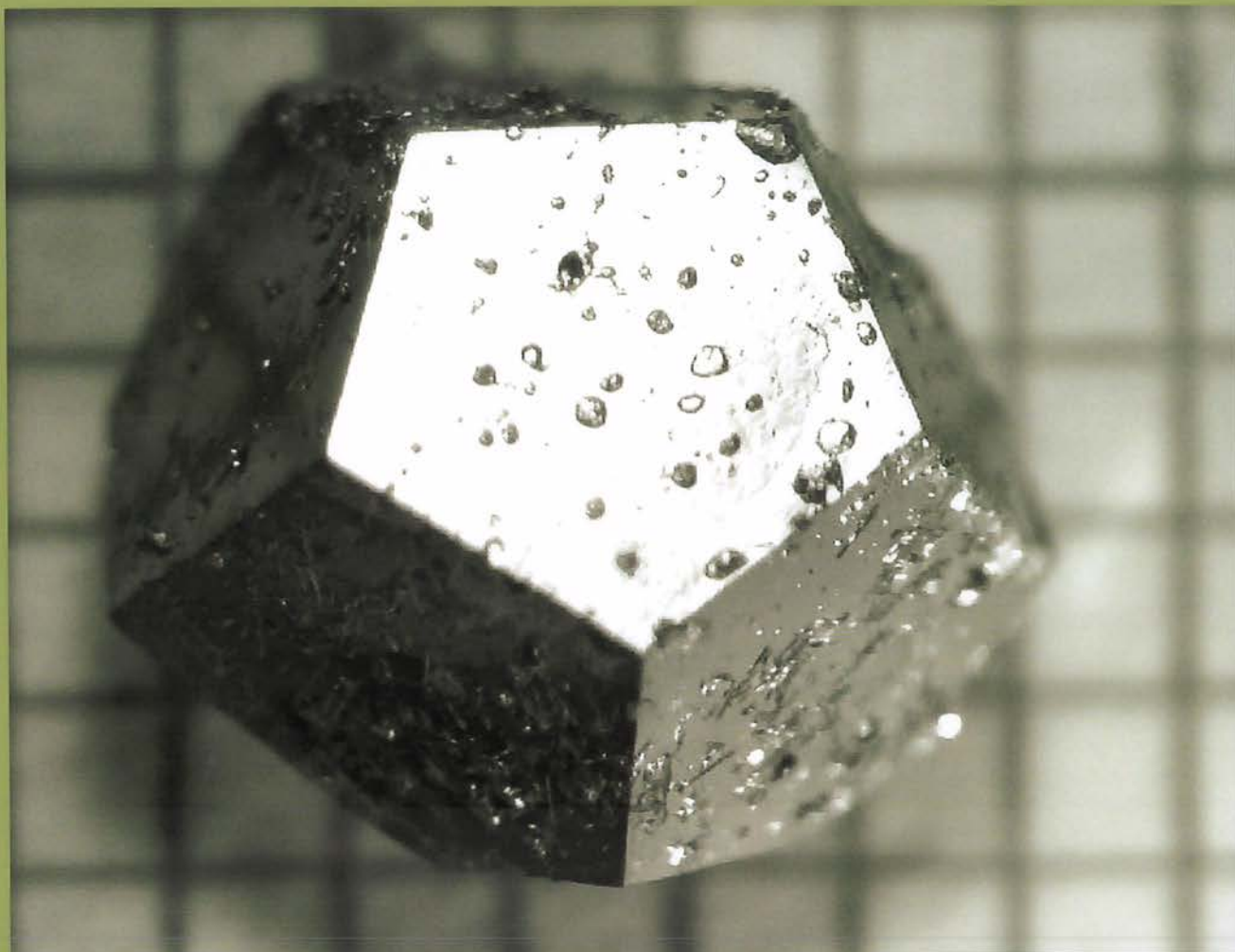
A subscription order can be sent through the local press distributor or directly to „RUCH” S.A. Oddział Krajowej Dystrybucji Prasy, ul. Jana Kazimierza 31/33, skrytka pocztowa 12, 00-958 Warszawa, Poland (for details see <http://www.ruch.pol.pl>).

Paul A. TIPLER
Ralph A. LLEWELLYN

Nowoczesny podręcznik ujmujący w sposób jednolity fizykę współczesną. Autorzy zaczynają od wprowadzenia do teorii względności oraz fizyki kwantowej, a następnie przechodzą do zastosowań. Przedstawiają najbardziej aktualny stan wiedzy z takich dziedzin, jak fizyka ciała stałego (wiązania metaliczne, magnetyzm oraz nadprzewodnictwo), fizyka jądrowa (budowa jąder oraz ich właściwości, promieniotwórczość i zastosowania reakcji jądrowych), fizyka cząstek elementarnych (oddziaływania fundamentalne i ich nośniki, Model Standardowy) oraz astrofizyka i kosmologia (najnowsze obserwacje gwiazd i galaktyk, teorie dotyczące powstania i ewolucji Wszechświata od Wielkiego Wybuchu do ciemnej energii).

FIZYKA WSPÓŁCZESNA





Makroskopowy kwazikryształ stopu AlPdRe

Świątynia
w Darb-i Imam
Isfahan w Iranie
(1453 r).
Artyści
muzułmańscy
odkryli i użyli
dla pokrycia
płaszczyzn
(ściany, podłogi)
geometrię
dwuwymiarowych
kwazikryształów
500 lat wcześniej,
niż były one
odkryte przez
Świat Zachodni
(Penrose i in.)

