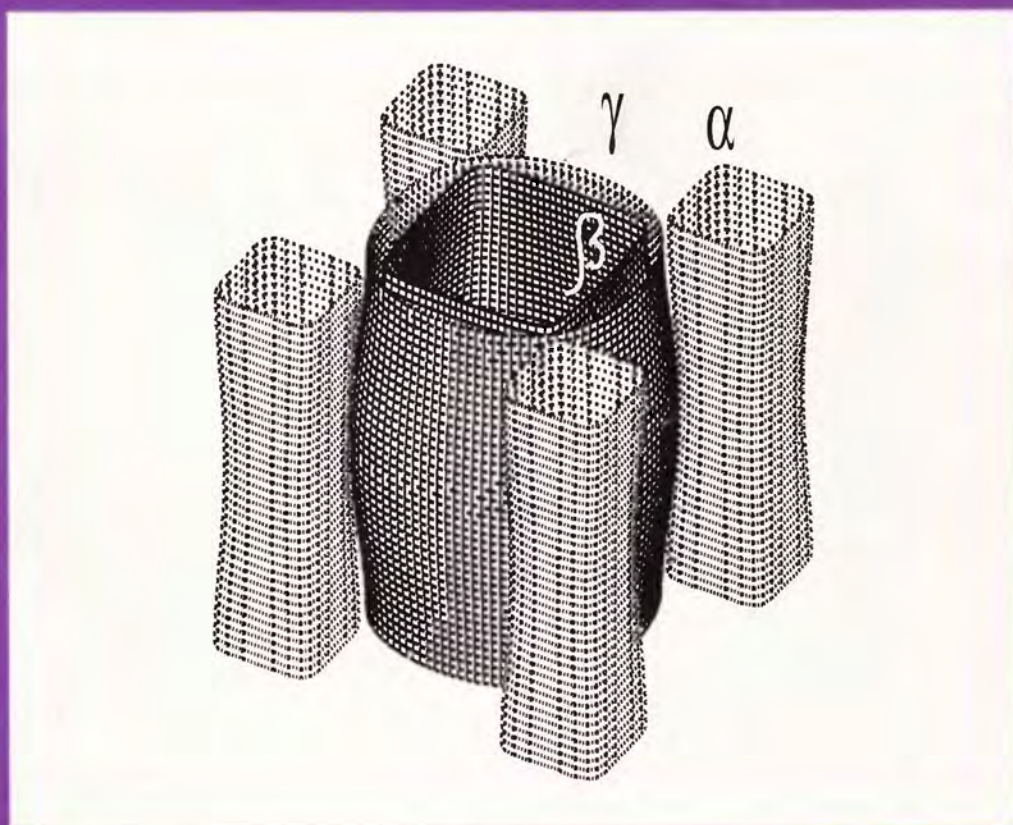


# POSTĘPY FIZYKI

TOM **52** ZESZYT **4** ROK **2001**



DWUMIESIĘCZNIK  
POLSKIEGO TOWARZYSTWA FIZYCZNEGO



**NADPRZEWODNICTWO –  
NIESPODZIEWANE ODKRYCIA**

MASY NEUTRIN  
FILOZOFIA PRZYRODY W ROKU 1000  
NADCHODZI REWOLUCJA W NAUCZANIU FIZYKI

---

---

# POLSKIE TOWARZYSTWO FIZYCZNE

---

---

## ZARZĄD GŁÓWNY

Prezes: Prof. Ireneusz Strzałkowski  
Wiceprezesa: Prof. Krzysztof Ernst  
Prof. Karol I. Wysokiński  
Sekretarz Generalny: Prof. Maciej Kolwas  
Skarbnik: Dr hab. Witold D. Dobrowolski  
Członkowie ZG: Prof. Katarzyna Chałasińska-Macukow  
Prof. Bogdan Cichocki  
Prof. Wojciech Gawlik  
Prof. Jerzy Nowak  
Prof. Jerzy Warczewski  
Mgr Urszula Woźnikowska-Bezak

## REDAKTORZY NACZELNI CZASOPISM PTF

Prof. Adam Sobiczewski – *Postępy Fizyki*  
Prof. Jerzy Prochorow – *Acta Physica Polonica A*  
Prof. Andrzej Staruszkiewicz – *Acta Physica Polonica B*  
Prof. Marek Kordos – *Delta*  
Prof. Andrzej Jamiołkowski  
– *Reports on Mathematical Physics*  
Dr Zofia Gołąb-Meyer – *Foton*

## PRZEWODNICZĄCY ODDZIAŁÓW PTF

Prof. Andrzej Maziewski (Białystok)  
Prof. Ryszard Siuda (Bydgoszcz)  
Prof. Kazimierz Dziliński (Częstochowa)  
Prof. Eugeniusz Czuchaj (Gdańsk)  
Dr Andrzej Klimasek (Gliwice)  
Prof. Jerzy Warczewski (Katowice)  
Prof. Zbigniew Włodarczyk (Kielce)  
Prof. Andrzej Zięba (Kraków)  
Prof. Stanisław Hałas (Lublin)  
Prof. Leszek Wojtczak (Łódź)  
Prof. Stefan Szymura (Opole)  
Prof. Andrzej Dobek (Poznań)  
Prof. Marian Kuźma (Rzeszów)  
Prof. Henryk Wrembel (Słupsk)  
Prof. Adam Bechler (Szczecin)  
Prof. Andrzej Bielski (Toruń)  
Prof. Jacek Baranowski (Warszawa)  
Prof. Jerzy Czerwonko (Wrocław)  
Prof. Andrzej Więckowski (Zielona Góra)

Adres Zarządu: ul. Hoża 69, 00-681 Warszawa, tel./fax: 621 26 68, adres elektroniczny: ptf@fuw.edu.pl.  
Internet: www.fuw.edu.pl/~ptf.

---

---

## POSTĘPY FIZYKI

---

---

### RADA REDAKCYJNA

Andrzej K. Wróblewski (akw@fuw.edu.pl)  
– przewodniczący  
Jerzy Czerwonko (pelstud@netra.ac.pwr.wroc.pl)  
Marek Demiański (mde@fuw.edu.pl)  
Zofia Gołąb-Meyer (meyer@thp1.if.uj.edu.pl)  
Stanisław K. Hoffmann (skh@ifmpan.poznan.pl)  
Franciszek Kaczmarek (efka@vm.amu.edu.pl)  
Józef Szudy (szudy@phys.uni.torun.pl)

### KOMITET REDAKCYJNY

Adam Sobiczewski – redaktor naczelny  
Tomasz Dietl  
Jerzy Gronkowski  
Miroslaw Łukaszewski  
Magdalena Staszal  
Barbara Wojtowicz

### KORESPONDENCI ODDZIAŁÓW PTF

Mgr Maciej Piętka (Białystok)  
Prof. Jerzy J. Wysocki (Częstochowa)  
Dr Stanisław Zachara (Gdańsk)  
Dr Roman Bukowski (Gliwice)  
Prof. Wiktor Zipper (Katowice)  
Dr Małgorzata Suchańska (Kielce)  
Dr Jacek Bieroń (Kraków)  
Dr Elżbieta Jartych (Lublin)  
Dr Urszula Garuska (Łódź)  
Dr Ryszard Czajka (Poznań)  
Dr Małgorzata Klisowska (Rzeszów)  
Mgr Małgorzata Kuzio (Słupsk)  
Dr Janusz Typek (Szczecin)  
Dr Józefina Turło (Toruń)  
Mgr Aleksandra Miłosz (Warszawa)  
Prof. Bernard Jancewicz (Wrocław)

Adres Redakcji: ul. Hoża 69, 00-681 Warszawa, adres elektroniczny: postepy@fuw.edu.pl,  
Internet: www.fuw.edu.pl/~postepy.

---

Ukazuje się od 1949 r.; wydawca: Polskie Towarzystwo Fizyczne  
Zeszyt dofinansowany przez Komitet Badań Naukowych  
Wydano pod patronatem Wydziału Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego  
Skład komputerowy w Redakcji, druk i oprawa: „UNI-DRUK”, Warszawa, ul. Buńczuk 7b

---

# Masy neutrin

Wojciech Królikowski

*Instytut Fizyki Teoretycznej, Uniwersytet Warszawski*

---

## Neutrino masses

*Abstract:* The way masses can be ascribed to neutrinos is discussed at a popular level requiring only an elementary acquaintance with quantum mechanics. In the Appendix, some formulae for neutrino oscillations are derived and neutrino mass matrices constructed, which presumes a more detailed knowledge of quantum mechanics.

---

### 1. Wstęp

Neutrino, najbardziej nieuchwytną z dotąd odkrytych cząstek elementarnych, wymyślił w 1930 r. Pauli, aby wyjaśnić brakujący pęd i energię w rozpadach  $\beta$  (za pomocą nowej cząstki, niewidocznej doświadczalnie). Istnienie neutrina zostało potwierdzone eksperymentalnie przez Reinesa i Cowana dopiero w 1956 r. przy użyciu reaktora jako źródła antyneutrin pochodzących z rozpadów  $\beta$  neutronów. Było to neutrino elektronowe. Później, w 1962 r., Lederman, Schwartz i Steinberger zidentyfikowali doświadczalnie neutrino mionowe. Wreszcie ostatnio, w 2000 r., eksperymenty w Laboratorium Fermiego (Fermilab) potwierdziły istnienie neutrina taonowego. Wcześniej, bo w 1934 r., Fermi oparł na hipotezie neutrina Pauliego swoją teorię rozpadu  $\beta$ , z której wywodzi się w dużej mierze współczesna teoria oddziaływań słabych.

Niniejszy artykuł o masach neutrin jest utrzymany w swej głównej części na poziomie popularnym, zakładającym jedynie bardzo wstępne wiadomości z mechaniki kwantowej. Dołączony na końcu Dodatek, o podobnej objętości jak główny tekst, zawiera wyprowadzenie wzorów na oscylacje neutrin oraz konstrukcję mas Diraca i Majorany, dlatego wymaga od Czytelnika trochę bliższej znajomości mechaniki kwantowej.

Uprzedzając szczegóły, o których będzie mowa w dalszym ciągu artykułu, aktualną sytuację w fizyce neutrin można scharakteryzować następująco: doświadczenia z neutrinami docierającymi do nas ze Słońca i z atmosfery wokół Ziemi dostarczają argumentów za tym, że istnieją stany neutrin, w których zachowują się one jak cząstki o bardzo małej, ale niezerowej masie. Z drugiej strony, stany te są „komplementarne” do stanów neutrin powstających i ginących w towarzystwie leptonów naładowanych, w których to stanach masa neutrin okazuje się nieokreślona. Jak zobaczymy, przejawia się w ten sposób kwantowa komplementarność masy neutrin z jednej strony i rodzaju neutrin z drugiej. Jej konsekwencją jest zjawisko oscylacji neutrin, którego występowanie potwierdzają wspomniane eksperymenty neutrinowe.

### 2. Podstawowe rodzaje i właściwości neutrin

Przypomnijmy garść informacji potrzebnych do dalszej dyskusji. Neutrino są to cząstki elementarne o spinie  $1/2$ , zerowym ładunku elektrycznym i znikomej, praktycznie zerowej masie (o ile próbujemy im masę przypisać). Poza pomijalnym oddziaływaniem grawitacyjnym wykazują one jedynie tzw. oddziaływania słabe, bę-

dące przyczyną podstawowych zjawisk promienio-  
twórczych, np. rozpadów  $\beta$ . W rozpadach tych  
neutrino występują z a w s z e łącznie z odpowied-  
nimi leptonami naładowanymi elektrycznie: elek-  
tronem, leptonem  $\mu$  (mionem) lub leptonem  $\tau$   
(taonem), które także są cząstkami elementarnymi  
o spinie  $1/2$ , ale o znacznej masie, odpow-  
iednio ok. 0,5, 100 i 1800 MeV/c<sup>2</sup> (wszystkie  
trzy mają ujemny ładunek elektryczny, a ich an-  
tycząstki – dodatni, i wszystkie wykazują poza  
znikomym oddziaływaniem grawitacyjnym jedy-  
nie oddziaływania słabe i elektromagnetyczne).  
W związku z tym istnieją w przyrodzie trzy różne  
rodzaje neutrin: neutrino elektronowe  $\nu_e$ , neu-  
trino mionowe  $\nu_\mu$  oraz neutrino taonowe  $\nu_\tau$ . Ob-  
serwowane dla neutrin antycząstki nazywamy an-  
tyneutrino i oznaczamy odpowiednio przez  $\bar{\nu}_e$ ,  
 $\bar{\nu}_\mu$  oraz  $\bar{\nu}_\tau$ . Na przykład, w rozpadzie  $\beta$  neu-  
tronu, cząstka ta niosąca spin  $1/2$  i zerowy ład-  
unek elektryczny przechodzi w trzy cząstki o spi-  
nie  $1/2$ : proton, elektron i antyneutrino  $\bar{\nu}_e$ , nato-  
miast w rozpadzie  $\beta$  mionu ujemnego pojawiają  
się na jego miejsce elektron, antyneutrino  $\bar{\nu}_e$  i neu-  
trino  $\nu_\mu$  (podobnie w rozpadzie mionu dodatniego  
czyli antycząstki mionu ujemnego, pojawia się  
pozyton, tzn. antycząstka elektronu, neutrino  $\nu_e$   
i antyneutrino  $\bar{\nu}_\mu$ ). Ze względu na swe słabe od-  
działywania z innymi cząstkami neutrino przeni-  
kają materię Ziemi prawie swobodnie.

Dobrze będzie przy okazji dodać, że nukle-  
ony (proton i neutron) nie są, w odróżnieniu  
od neutrin i leptonów naładowanych, cząstkami  
elementarnymi, ale układami złożonymi z trój-  
jek elementarnych kwarków związanych tzw. si-  
łami „kolorowymi”, przenoszonymi przez gluony,  
trochę podobnie, jak atomy są układami złożo-  
nymi z jąder atomowych i elektronów związa-  
nych siłami elektromagnetycznymi przenoszonymi  
przez fotony, zaś jądra atomowe składają się z nu-  
kleonów powiązanych „resztkowymi” siłami „ko-  
lorowymi”, pozostającymi po związaniu trójek  
kwarków w nukleony (podobnie, cząsteczki che-  
miczne składają się z atomów powiązanych „resz-  
tkowymi” siłami elektromagnetycznymi pozostają-

cymi po związaniu jąder atomowych i elektronów  
w atomy).

Tak jak wszystkie cząstki o spinie  $1/2$ , neu-  
trino mogą występować *a priori* w dwóch stanach  
polaryzacji spinowej, w których cząstki jakby wi-  
rują wokół swej osi skierowanej (w myśl znanej re-  
guly śruby prawoskrętnej) równolegle lub przeciw-  
równolegle do kierunku ich pędu: mówi się wtedy  
(w przypadku zaniedbywania masy) o prawo-  
bądź lewoskrętnych<sup>1</sup> stanach cząstek o spinie  $1/2$ .  
Otóż okazuje się, że neutrino mogą oddziaływać  
(słabo) tylko w stanach lewoskrętnych, a anty-  
neutrino – tylko w stanach prawoskrętnych (nie  
istnieje więc symetria „lewo-prawo” w oddziały-  
waniach słabych – powiadamy, że oddziaływania  
słabe są *chiralne*, tzn. „analogiczne do dłoni”,  
a skrętność nazywamy też *chiralnością*, ang. *chira-  
lity*, przy czym doświadczenie pokazuje, że oddzia-  
ływania słabe są „leworęczne”). Ten podstawowy  
fakt empiryczny stał się jednym z filarów jednoli-  
tej teorii oddziaływań słabych i elektromagnetycz-  
nych znanej jako Model Weinberga i Salama. Mo-  
del ten połączono następnie z teorią tzw. oddzia-  
ływań silnych, sprowadzającą je do „kolorowych”  
oddziaływań kwarków oraz gluonów i zwaną chro-  
modynamiką kwantową, co doprowadziło do po-  
wstania Modelu Standardowego oddziaływań fun-  
damentalnych. Opisuje on wszystkie podstawowe  
oddziaływania występujące w przyrodzie (poza  
oddziaływaniami grawitacyjnymi), uzyskując zna-  
komitą zgodność z całością znanych obecnie fak-  
tów doświadczalnych.

### 3. Komplementarność i rodzaje masy neutrin

Neutrino, tak jak wszystkie cząstki elemen-  
tarne (i ogólniej – wszystkie cząstki mikroświata)  
podlegają prawom mechaniki kwantowej, która  
różni się od mechaniki klasycznej, obowiązują-  
cej dla ciał makroskopowych, przede wszystkim  
występowaniem wielkości fizycznych wzajemnie  
komplementarnych, tzn. niemożliwych do jedno-  
czesnego pomiaru. Dla wielkości tych nie można  
więc podać w mechanice kwantowej jednocześnie

<sup>1</sup> Tylko dla cząstek bezmasowych można tę podłużną polaryzację spinową (zwaną też spiralnością, ang. *helicity*) utożsamiać z tzw. skrętnością cząstek o spinie  $1/2$ , która jest zdefiniowana niezależnie od pojęcia spinu i prowadzi do ich stanów prawo- i lewoskrętnych również w przypadku niezerowej masy. Dla Czytelnika znającego swobodne równanie Diraca  $(\alpha \cdot \mathbf{p} + \beta m_D)\psi = E\psi$  zauważmy, że w przypadku masy Diraca  $m_D = 0$  zachodzi rzeczywiście równość  $\gamma_5\psi = (\boldsymbol{\sigma} \cdot \mathbf{p}/|\mathbf{p}|)\psi$ , gdzie  $\gamma_5$  jest operatorem skrętności, zaś  $\boldsymbol{\sigma} \cdot \mathbf{p}/|\mathbf{p}|$  – operatorem spiralności. Tu operator  $\sigma/2 = \gamma_5\alpha/2$  opisuje spin  $1/2$  (używamy tutaj układu jednostek, w którym  $\hbar = 1 = c$ ).

wartości liczbowych. Najlepiej znanym przykładem jest położenie i pęd cząstki (bardziej precyzyjnie: odpowiadające sobie ich składowe), które w mechanice kwantowej nie mogą być jednocześnie zmierzone, a więc przedstawione przez wartości liczbowe, chociaż w mechanice klasycznej ich wartości liczbowe są zawsze jednocześnie określone w czasie ruchu cząstek. Natomiast składowe położenia nie są wzajemnie komplementarne, tzn. mogą być jednocześnie zmierzone, i podobnie ma się sprawa ze składowymi pędami.

Dla cząstki o spinie  $1/2$  innym przykładem komplementarnych wielkości fizycznych jest jej skrętność (chiralność) z jednej strony i energia związana z jej tzw. masą Diraca określoną dla sumy neutrin lewo- i prawoskrętnych<sup>2</sup> z drugiej strony, które według mechaniki kwantowej nie mogą być jednocześnie zmierzone, jeśli masy Diraca są niezerowe<sup>3</sup>. Gdyby więc istniały w przyrodzie tylko neutrina lewoskrętne, tzn. takie, jakie (przynajmniej obecnie) obserwujemy doświadczalnie dzięki ich słabym oddziaływaniom z innymi cząstkami, neutrina nie mogłyby mieć mierzalnej energii związanej z niezerowymi masami Diraca. Wtedy neutrina musiałyby być ściśle bezmasowe (w sensie masy Diraca). W początkowej swej fazie model Weinberga i Salama zawierał właśnie tylko takie bezmasowe neutrina lewoskrętne.

Okazuje się jednak, że neutrina (jako elektrycznie obojętne cząstki elementarne o spinie  $1/2$ ) mogą mieć inne jeszcze niż masa Diraca rodzaje masy, mianowicie dwie tzw. masy Majorany, lewą oraz prawą, określone odpowiednio dla sumy neutrin lewoskrętnych i ich (prawoskrętnych) antyneutrin oraz sumy neutrin prawoskrętnych i ich (lewoskrętnych) antyneutrin (antyneutrina są też elektrycznie obojętne, nie różnią się więc od neutrin ładunkiem elektrycznym)<sup>4</sup>. Chociaż – podobnie jak dla masy Diraca – ener-

gie związane z obu masami Majorany nie mogą być zmierzone jednocześnie ze skrętnością, to jednak do ich wprowadzenia wystarczają odpowiednio neutrina lewo- i prawoskrętne (wraz ze swoimi antycząstkami). Można więc wprowadzić niezerową lewą masę Majorany nawet w przypadku nieistnienia neutrin prawoskrętnych, natomiast niezerowa masa Diraca nie daje się wtedy zdefiniować. Gdyby jednak poza neutrinami lewoskrętnymi istniały w przyrodzie neutrina prawoskrętne nieoddziałujące (słabo) z innymi cząstkami (przynajmniej w zakresie energetycznym obecnie dostępnym doświadczalnie), poza masami Majorany, lewą i prawą, byłaby również określona masa Diraca dla sumy neutrin lewoskrętnych i prawoskrętnych. Ważną własnością wyżej wprowadzonych obu mas Majorany i masy Diraca jest to, że neutrina znajdujące się w stanach o określonych masach Majorany są identyczne z ich antyneutrinami w tych stanach, podczas gdy neutrina w stanach o określonych masach Diraca są różne od ich antyneutrin w tych stanach. Z powyższych rozważań widać, że pytanie o istnienie niezerowej masy dla neutrin musi z konieczności dotyczyć masy Diraca i dwóch mas Majorany (konstrukcja tych mas podana jest *explicite* w Dodatku).

W przypadku neutrin innym jeszcze przykładem komplementarnych wielkości fizycznych jest ich rodzaj<sup>5</sup>  $\nu_e, \nu_\mu$  lub  $\nu_\tau$  z jednej strony i ich masa (Diraca lub Majorany) z drugiej: nie mogą one być jednocześnie zmierzone w mechanice kwantowej, jeśli masa jest niezerowa<sup>6</sup>. Komplementarność ta przejawia się w doświadczeniach neutrinowych, które doprowadziły w ostatnich latach do odkrycia niezerowej masy neutrin.

#### 4. Oscylacje neutrin

W ciągu kilku ostatnich lat przeprowadzono szereg doniosłych eksperymentów, których wyniki

<sup>2</sup> Tutaj przez sumę rozumie się kwantową superpozycję stanów neutrin lewo- i prawoskrętnych.

<sup>3</sup> Komplementarność ta jest konsekwencją niekomutowania operatora  $\gamma_5$  opisującego skrętność z operatorem  $\beta m_D$  odpowiedzialnym za energię związaną z masą Diraca.

<sup>4</sup> Chodzi tu o superpozycje stanów neutrin i antyneutrin, możliwe w przyrodzie ze względu na to, że cząstki te nie różnią się od siebie ładunkiem elektrycznym (ani innymi wielkościami fizycznymi ściśle zachowanymi w procesach dynamicznych). Przyпуска się, że obserwowane w doświadczeniu zachowanie liczby leptonowej nie jest ściśle.

<sup>5</sup> W polskiej terminologii fizycznej rodzaj ten nazywa się „zapachem”, co jest niezbyt udanym tłumaczeniem angielskiego słowa „flavour” (oczywiście jest to umowna, formalna nazwa; podobnie umowną nazwą jest „kolor” kwarków i gluonów występujący w oddziaływaniach silnych).

<sup>6</sup> Czytelnik zaznajomiony z podstawami mechaniki kwantowej domyśli się, że dla neutrin masa będąca liczbą musi być zastąpiona przez macierz masy (w ogólności niediagonalną) o wymiarze  $3 \times 3$ .

świadczą o tym, że neutrina mogą występować w stanach o określonych niezerowych masach. Doświadczenia te wskazują na to, że w przyrodzie zachodzi zjawisko tzw. oscylacji neutrin, spowodowane występowaniem dwóch „komplementarnych” rodzajów stanów neutrinowych:

1) trzech stanów lewoskrętnych o określonym rodzaju  $\nu_e$ ,  $\nu_\mu$  lub  $\nu_\tau$ , ale nieokreślonej masie, powstających w wyniku słabych oddziaływań z innymi cząstkami, zachodzących w źródle wiązki neutrin,

2) trzech stanów o określonej masie, ale nieokreślonym rodzaju  $\nu_e$ ,  $\nu_\mu$  lub  $\nu_\tau$ , wędrujących w przestrzeni między źródłem wiązki a jej detektorem, gdzie stany o określonej masie są z powrotem przekształcane w stany lewoskrętne o określonym rodzaju dzięki słabym oddziaływaniom (z innymi cząstkami).

Kwantowa natura falowa propagacji stanów neutrinowych w przestrzeni sprawia, że (przy określonej energii) między źródłem a detektorem wędruje paczka falowa, będąca pewną superpozycją trzech stanów masowych o różnych masach i różnych (równoległych) pędach, w której udział poszczególnych stanów zmienia się z odległością. Paczkę tę, będącą na początku (w źródle) czystym stanem  $\nu_e$ ,  $\nu_\mu$  lub  $\nu_\tau$ , można również analizować inaczej (co właśnie czyni detektor) jako pewną superpozycję trzech stanów  $\nu_e$ ,  $\nu_\mu$  oraz  $\nu_\tau$ , których udział zmienia się z odległością. Detektor, zliczając poszczególne rejestracje stanów  $\nu_e$ ,  $\nu_\mu$  oraz  $\nu_\tau$ , mierzy ten udział przy danej odległości od źródła.

Przewidywania teoretyczne dają w tym przypadku oscylacje udziału poszczególnych stanów lewoskrętnych  $\nu_e$ ,  $\nu_\mu$  oraz  $\nu_\tau$  w wiązce neutrin wraz ze zmianą odległości źródło-detektor (przy ustalonej energii neutrin w wiązce) oraz charakterystyczną zależność od różnic kwadratów mas propagujących się stanów masowych neutrin. Zależność ta, opisana oscylującą funkcją sinus do kwadratu (a ogólniej – kombinacją liniową kilku takich funkcji, zob. Dodatek), w wyniku rozmycia energii wiązki neutrin (występującego zawsze w eksperymentach) zaczyna po niewielu oscylacjach ulegać tłumieniu, dążąc do swej wartości średniej. W efekcie teoria przewiduje, że czysty stan  $\nu_e$ ,  $\nu_\mu$  lub  $\nu_\tau$  wytwarzany początkowo w źródle, wędrując w kierunku detektora wykonuje tłumione oscylacje, słabnąc asymptotycznie do połowy swej początkowej amplitudy (tzw. „za-

nikanie”, ang. „disappearance”, danego rodzaju neutrin  $\nu_e$ ,  $\nu_\mu$  lub  $\nu_\tau$ ), zaś dwa pozostałe stany ogólnie biorąc wzmacniają się, startując od zerowych amplitud początkowych (tzw. „pojawianie się”, ang. „appearance”, pozostałych dwóch rodzajów neutrin). Oczywiście, przewidywania teoretyczne, z którymi należy porównywać odczyty detektora, zależą od tego, w jakim punkcie ewolucji wiązki został on umieszczony, czy np. w obrębie pierwszej oscylacji, czy też po wielu oscylacjach (gdzie zostały one już stłumione do wartości średniej). W porównaniu tym istotną rolę odgrywa wiarygodna ocena początkowej sytuacji wiązki neutrinowej, a zwłaszcza jej natężenia. Osiągnięta spójność powyższych przewidywań teoretycznych z wynikami wykonanych dotąd eksperymentów neutrinowych pozwoliła potwierdzić występowanie zjawiska oscylacji neutrin, a więc istnienia stanów masowych neutrin, oraz wyciągnąć pewne szacunkowe wnioski o wartościach mas tych stanów. Na przykład, tak oceniona najcięższa z trzech występujących mas nie przekracza prawdopodobnie paru eV/c<sup>2</sup>. Dotychczasowe wyniki nie dają jeszcze zdecydowanej informacji, czy masa neutrin jest masą Diraca, czy Majorany, czy też pewną ich kombinacją.

## 5. Zakończenie

Doświadczenia nad oscylacjami neutrin dotyczyły i będą w przyszłości dotyczyć:

1) neutrin  $\nu_e$  emitowanych przez Słońce i docierających do Ziemi („neutrina słoneczne”),

2) neutrin  $\nu_\mu$  pochodzących z rozpadów zachodzących w atmosferze Ziemi („neutrina atmosferyczne”),

3) neutrin  $\nu_e$  produkowanych w reaktorach („neutrina reaktorowe”),

4) neutrin  $\nu_\mu$ , powstających w akceleratorach („neutrina akceleratorowe”) i analizowanych przez detektory znajdujące się albo w pobliżu („eksperymenty o krótkiej bazie”), albo w odległości setek kilometrów wzdłuż cięciwy przez skorupę Ziemi („eksperymenty o długiej bazie”),

5) sporadycznie – neutrin wyprodukowanych w wyniku wybuchu supernowej SN1987A.

Podstawowym wynikiem eksperymentów z neutrinami słonecznymi  $\nu_e$  i atmosferycznymi  $\nu_\mu$  jest odkrycie niedoboru tych neutrin docierających do detektorów na Ziemi w porównaniu

z ocenami zakładającymi ich niezakłóconą propagację. W wyniku postępowania naszkicowanego w poprzednim paragrafie, niedobór ten, wynoszący w obu przypadkach z grubsza po 50%, okazał się spójny z hipotezą zanikania neutrin  $\nu_e$  i  $\nu_\mu$  wskutek ich oscylacji na drodze od źródeł do detektorów<sup>7</sup> (przy tym wniosek ten dla neutrin atmosferycznych jest w tej chwili mocniej ugruntowany niż dla słonecznych<sup>8</sup>).

Widać, że zakres wchodzących w grę odległości źródło-detektor jest ogromny; również przedział badanych energii neutrin jest bardzo duży. Zakres badań neutrinowych jest już w tej chwili szeroki i będzie w nadchodzących latach systematycznie się poszerzał, stając się prawdopodobnie jedną z głównych dziedzin działalności fizyki cząstek. W budowie jest tzw. fabryka neu-

trín  $\nu_\mu$  w Fermilabie k. Chicago oraz przygotowywane są trzy eksperymenty o długiej bazie z akceleratorowymi neutrinami  $\nu_\mu$ : KEK-Kamioka (Japonia, baza 250 km), Fermilab-Soudan (USA, baza 730 km) i CERN-Gran Sasso (Szwajcaria-Włochy, baza 732 km), planuje się również sieć eksperymentów o długiej bazie z reaktorowymi neutrinami  $\nu_e$  wokół detektora Super-Kamiokande (Japonia), tzw. Kamland. W Polsce badania doświadczalne nad oscylacjami neutrin zainicjowała Danuta Kielczewska (Instytut Fizyki Doświadczalnej Uniwersytetu Warszawskiego) w ramach współpracy naukowej z ośrodkami w Stanach Zjednoczonych i Japonii. Ostatnio kilka polskich ośrodków fizyki doświadczalnej rozpoczęło wspólne przygotowania do udziału w projekcie CERN-Gran Sasso.

### Dodatek:

#### Matematyczny opis oscylacji neutrin i macierzy masy

W Dodatku tym, przeznaczonym dla Czytelnika zaznajomionego z podstawami mechaniki kwantowej, wyprowadzone są wzory opisujące oscylacje neutrin oraz skonstruowane macierze masy Diraca i Majorany. W tym celu rozważa się dwa „komplementarne” układy trzech stanów neutrinowych:

1)  $\nu_\alpha = \nu_e, \nu_\mu, \nu_\tau$ , gdzie określony jest rodzaj neutrin (a masa nie),

2)  $\nu_i = \nu_1, \nu_2, \nu_3$ , gdzie masa neutrin  $m_i = m_1, m_2, m_3$  jest określona (a rodzaj nie), przy czym zgodnie z umową  $m_1^2 \leq m_2^2 \leq m_3^2$ .

Te dwa zupełne (z założenia) i ortonormalne układy stanów neutrinowych są powiązane transformacją unitarną

$$\nu_\alpha = \sum_i U_{\alpha i} \nu_i, \quad U_{\alpha i}^* = (U^\dagger)_{i\alpha} = (U^{-1})_{i\alpha}, \quad (1)$$

kóra diagonalizuje macierz masy dla neutrin:

$$U^\dagger M U = \text{diag}(m_1, m_2, m_3), \quad (2)$$

gdzie  $U = (U_{\alpha i})$  oraz  $M = (M_{\alpha\beta})$ . Stąd, przy użyciu notacji Diraca na poziomie drugiej kwantyzacji, otrzymuje się wzór

$$|\nu_\alpha\rangle = \nu_\alpha^\dagger |0\rangle = \sum_i U_{\alpha i}^* \nu_i^\dagger |0\rangle = \sum_i U_{\alpha i}^* |\nu_i\rangle, \quad (3)$$

<sup>7</sup> W przypadku neutrin słonecznych istnienie potężnego ośrodka materii słonecznej, przez którą wędrują neutrina  $\nu_e$  wyprodukowane we wnętrzu Słońca, może wskutek oddziaływania (słabego) z elektronami ośrodka powodować znaczne wzmocnienie ich oscylacji w porównaniu z oscylacjami w próżni. Wzmocnienie to ma charakter rezonansowy i występuje przy określonych różnicach kwadratów mas neutrin.

<sup>8</sup> Niektórzy fizycy dopuszczają nawet możliwość, że w rzeczywistości oscylacje neutrin nie wyjaśniają w pełni niedoboru neutrin słonecznych  $\nu_e$ .

przy czym  $\langle \nu_\beta | \nu_\alpha \rangle = \delta_{\beta\alpha}$  i  $\langle \nu_j | \nu_i \rangle = \delta_{ji}$  ( $\alpha, \beta = e, \mu, \tau$  oraz  $i, j = 1, 2, 3$ ). Jeśli pominąć możliwy mały wpływ niezachowania w słabych oddziaływaniach parzystości kombinowanej CP, to elementy unitarnej macierzy transformacji  $U$  są rzeczywiste:  $U_{\alpha i}^* = U_{\alpha i}$ .

Następnie, posługując się opisem na powłoce energii, oblicza się prawdopodobieństwo zarejestrowania przez detektor neutrin o rodzaju  $\nu_\beta$  w wiązce liniowej wysyłanej przez źródło w próżni jako czysta wiązka neutrin o rodzaju  $\nu_\alpha$ . Jest to kwadrat modułu elementu macierzowego dla przejścia  $\nu_\alpha \rightarrow \nu_\beta$  z operatora przesunięcia przestrzennego  $\exp(iPL)$  o odległość  $L$  od źródła do detektora, gdzie  $P$  jest operatorem pędu neutrina w wiązce. Jako wynik otrzymuje się po prostym rachunku

$$P(\nu_\alpha \rightarrow \nu_\beta) = |\langle \nu_\beta | \exp(iPL) | \nu_\alpha \rangle|^2 = \delta_{\beta\alpha} - 4 \sum_{j>i} U_{\beta j}^* U_{\beta i} U_{\alpha j} U_{\alpha i}^* \sin^2 x_{ji}, \quad (4)$$

jeśli założy się, że liczby  $U_{\beta j}^* U_{\beta i} U_{\alpha j} U_{\alpha i}^*$  są rzeczywiste. Jeśli możliwe dla neutrina masy  $m_i$  są wyrażone w eV, jego energia  $E$  w GeV, zaś odległość  $L$  w km ( $\hbar = c = 1$ ), to

$$x_{ji} = 1,27 \frac{(m_j^2 - m_i^2)L}{E}. \quad (5)$$

Wykorzystane tu zostało przybliżenie ultrarelatywistyczne dla neutrina, według którego jego pędy (wartości własne operatora  $P$ ) wyrażają się na powłoce energii wzorem

$$p_i = \sqrt{E^2 - m_i^2} \approx E - \frac{m_i^2}{2E}, \quad (6)$$

ponieważ z założenia  $m_i \ll E$ . Oczywiście  $P(\nu_\alpha \rightarrow \nu_\beta) = P(\bar{\nu}_\alpha \rightarrow \bar{\nu}_\beta) = P(\nu_\beta \rightarrow \nu_\alpha)$ , jeśli pominąć mały wpływ niezachowania parzystości kombinowanej CP, a więc również odwrócenia czasu T (bo twierdzenie CPT implikuje równoważność CP i T: zawsze

$P(\nu_\alpha \rightarrow \nu_\beta) = P(\nu_\alpha \rightarrow \nu_\beta)^{\text{CPT}} \equiv P(\bar{\nu}_\beta \rightarrow \bar{\nu}_\alpha)$ ). Dla prawdopodobieństw oscylacji neutrin (4) obowiązują reguły sum  $\sum_\beta P(\nu_\alpha \rightarrow \nu_\beta) = 1$ , będące konsekwencją unitarności macierzy  $U$ :  $\sum_\beta U_{\beta j}^* U_{\beta i} = \delta_{ji}$ .

W rozsądnej fenomenologicznie reprezentacji, w której leptony naładowane  $l_\alpha^- = e^-, \mu^-, \tau^-$  odpowiadające neutrinom  $\nu_\alpha = \nu_e, \nu_\mu, \nu_\tau$  mają określone masy (tzn. ich macierz masy jest diagonalna), macierz unitarna  $U$  diagonalizująca macierz masy dla neutrin gra dla leptonów rolę analogiczną do macierzy mieszania kwarków, znanej jako macierz Cabibbo, Kobayashiego i Maskawy, i może być sparametryzowana w analogiczny sposób przez kąty mieszania leptonów:  $\theta_{ij} = \theta_{12}, \theta_{23}, \theta_{13}$  oraz ich jedną fazę  $\delta$  łamiącą zachowanie CP:

$$U = \begin{pmatrix} c_{13}c_{12} & c_{13}s_{12} & s_{13}e^{-i\delta} \\ -c_{23}s_{12} - s_{13}s_{23}c_{12}e^{i\delta} & c_{23}c_{12} - s_{13}s_{23}s_{12}e^{i\delta} & c_{13}s_{23} \\ s_{23}s_{12} - s_{13}c_{23}c_{12}e^{i\delta} & -s_{23}c_{12} - s_{13}c_{23}s_{12}e^{i\delta} & c_{13}c_{23} \end{pmatrix}, \quad (7)$$

gdzie  $c_{ij} = \cos \theta_{ij}$  i  $s_{ij} = \sin \theta_{ij}$ . Taką macierz mieszania leptonów wprowadzili po raz pierwszy Maki, Nagagawa i Sakata w 1962 r.

Wstawiając postać (7) macierzy  $U$  z fazą  $\delta = 0$  (czyli z pominięciem wpływu niezachowania CP) do wzorów (4) na prawdopodobieństwa oscylacji  $\nu_\alpha \rightarrow \nu_\beta$  i przyjmując popularną hipotezę, że

$$m_1^2 \approx m_2^2 \ll m_3^2 \quad (8)$$

(tzn.  $x_{21} \ll x_{31} \approx x_{32}$ ), otrzymuje się w szczególności:

$$\begin{aligned} P(\nu_e \rightarrow \nu_e) &\approx 1 - 4U_{e2}^2 U_{e1}^2 \sin^2 x_{21} \\ &\quad - 4U_{e3}^2 (1 - U_{e3}^2) \sin^2 x_{32} \\ &\approx 1 - (2c_{12}s_{12})^2 (1 - 2s_{13}^2) \sin^2 x_{21} \\ &\quad - 4s_{13}^2 \sin^2 x_{32} + O(s_{13}^4), \end{aligned} \quad (9)$$

$$\begin{aligned} P(\nu_\mu \rightarrow \nu_\mu) &\approx 1 - 4U_{\mu2}^2 U_{\mu1}^2 \sin^2 x_{21} \\ &\quad - 4U_{\mu3}^2 (1 - U_{\mu3}^2) \sin^2 x_{32} \\ &\approx 1 - [(c_{12}s_{12})^2 (1 - 6s_{13}^2) \\ &\quad + 2c_{12}s_{12}(c_{12}^2 - s_{12}^2)s_{13} \\ &\quad + s_{13}^3 + O(s_{13}^3)] \sin^2 x_{21} \\ &\quad - \sin^2 x_{32} + O(s_{13}^4) \end{aligned} \quad (10)$$

oraz

$$\begin{aligned} P(\nu_\mu \rightarrow \nu_e) &\approx -4U_{e2}U_{e1}U_{\mu2}U_{\mu1} \sin^2 x_{21} \\ &\quad + 4U_{e3}^2 U_{\mu3}^2 \sin^2 x_{32} \\ &\approx [2(c_{12}s_{12})^2 (1 - 2s_{13}^2) \\ &\quad + 2c_{12}s_{12}(c_{12}^2 - s_{12}^2)s_{13} \\ &\quad + O(s_{13}^3)] \sin^2 x_{21} \\ &\quad + 2s_{13}^2 \sin^2 x_{32} + O(s_{13}^4), \end{aligned} \quad (11)$$

gdzie można też napisać  $2c_{12}s_{12} = \sin(2\theta_{12})$ ,  $c_{12}^2 - s_{12}^2 = \cos(2\theta_{12})$  oraz  $2c_{12}s_{12}(c_{12}^2 - s_{12}^2) = \sin(4\theta_{12})/2$ .

Tutaj w pierwszym kroku wykorzystano unitarność macierzy  $U$ :

$$\sum_i U_{\beta i} U_{\alpha i}^* = \delta_{\beta\alpha}, \quad (12)$$

zaś w drugim kroku przyjęto, że

$$c_{23} \approx \frac{1}{\sqrt{2}} \approx s_{23} \quad (13)$$

(tzn.  $\theta_{23} \approx \pi/4$ ) oraz

$$c_{13}^2 \gg s_{13}^2 \quad (14)$$

(wtedy  $s_{13}^2$ , a tym bardziej  $s_{13}^3$ , staje się znikomo małe). Przypuszczenie (13) jest w zgodzie z obserwowaną w detektorze Super-Kamiokande prawie maksymalną amplitudą  $\approx 1$  przy oscylacji  $\sin^2(x_{32})_{\text{atm}}$  neutrin atmosferycznych (wzór (10)), natomiast hipoteza (14) jest spójna z brakiem oscylacji  $\bar{\nu}_e \rightarrow \bar{\nu}_e$  obserwowanym w reaktorze w Chooz (Francja), bowiem w tym przypadku zachodzi  $(x_{21})_{\text{Chooz}} \ll (x_{32})_{\text{Chooz}} \approx (x_{32})_{\text{atm}} \sim O(1)$  ze względu na zbieżność numeryczną  $(L/E)_{\text{Chooz}} \approx (L/E)_{\text{atm}}$ , prowadząc do

$$\begin{aligned} P(\bar{\nu}_e \rightarrow \bar{\nu}_e)_{\text{Chooz}} &\approx 1 - 4s_{13}^2 \sin^2(x_{32})_{\text{Chooz}} + O(s_{13}^4) \\ &\sim 1 \end{aligned} \quad (15)$$

(wzór (9)). Wynika stąd doświadczalne ograniczenie  $|s_{13}| \lesssim 0,1$ .

W warunkach doświadczeń z neutrinami słonecznymi  $\nu_e$  otrzymuje się ze wzoru (9) zgodny z obserwacjami niedobór neutrin słonecznych  $\nu_e$ , jeśli  $(x_{21})_{\text{sol}} \sim O(1) \ll (x_{32})_{\text{sol}}$  oraz

$$m_2^2 - m_1^2 \sim (10^{-10} \text{ albo } 10^{-5} \text{ albo } 10^{-7}) \text{ eV}^2. \quad (16)$$



Druga i trzecia wartość po prawej stronie wzoru (16) (a potem wzoru (18)) uwzględnia efekt rezonansowego wzmocnienia oscylacji neutrin słonecznych  $\nu_e$  w materii Słońca w wyniku ich oddziaływania (słabego) z elektronami (odpowiadają one tzw. rozwiązaniom LMA i LOW dla oscylacji  $\nu_e$ , uwzględniającym ten efekt), natomiast pierwsza dotyczy oscylacji neutrin słonecznych  $\nu_e$  w próżni, tzn. sytuacji, gdy ośrodek materii słonecznej nie wnosi poprawki. Wtedy

$$\begin{aligned} P(\nu_e \rightarrow \nu_e)_{\text{sol}} &= 1 - P(\nu_e \rightarrow \nu_\mu)_{\text{sol}} - P(\nu_e \rightarrow \nu_\tau)_{\text{sol}} \\ &\approx 1 - (2c_{12}s_{12})^2(1 - 2s_{13}^2) \sin^2(x_{21})_{\text{sol}} \\ &\quad - 2s_{13}^2 + O(s_{13}^4), \end{aligned} \quad (17)$$

gdź  $\sin^2(x_{32})_{\text{sol}} \approx \langle \sin^2(x_{32})_{\text{sol}} \rangle = 1/2$  przy średniowaniu po wielu oscylacjach odpowiadających  $(x_{32})_{\text{sol}} \gg (x_{21})_{\text{sol}} \sim O(1)$  (i uwzględnieniu rozmycia energii wiązki). Tutaj  $s_{13}^2$  jest dostatecznie małe, zaś

$$(2c_{12}s_{12})^2 \sim (0,7 \text{ albo } 0,8 \text{ albo } 0,9) \quad (18)$$

odpowiednio dla wartości  $m_2^2 - m_1^2$  podanych we wzorze (16).

Dla doświadczeń z neutrinami atmosferycznymi  $\nu_\mu$  przy użyciu detektora Super-Kamiokande dostaje się ze wzoru (10) zgodny z obserwacjami niedobór neutrin atmosferycznych  $\nu_\mu$ , jeżeli  $(x_{21})_{\text{atm}} \ll (x_{32})_{\text{atm}} \sim O(1)$  oraz

$$m_3^2 - m_2^2 \approx 3,5 \times 10^{-3} \text{ eV}^2. \quad (19)$$

Wtedy

$$\begin{aligned} P(\nu_\mu \rightarrow \nu_\mu)_{\text{atm}} &= 1 - P(\nu_\mu \rightarrow \nu_e)_{\text{atm}} - P(\nu_\mu \rightarrow \nu_\tau)_{\text{atm}} \\ &\approx 1 - \sin^2(x_{32})_{\text{atm}} + O(s_{13}^4), \end{aligned} \quad (20)$$

gdzie na podstawie wzoru (11)

$$P(\nu_\mu \rightarrow \nu_e)_{\text{atm}} \approx 2s_{13}^2 \sin^2(x_{32})_{\text{atm}} + O(s_{13}^4) \quad (21)$$

oraz konsekwentnie

$$P(\nu_\mu \rightarrow \nu_\tau)_{\text{atm}} \approx (1 - 2s_{13}^2) \sin^2(x_{32})_{\text{atm}} + O(s_{13}^4). \quad (22)$$

Dla oscylacji „zanikania”  $\nu_\mu$  (tzn.  $\nu_\mu \rightarrow \nu_\mu$ ) dominującym modem jest więc oscylacja „pojawiania się”  $\nu_\tau$  (tzn.  $\nu_\mu \rightarrow \nu_\tau$ ), co rzeczywiście zgadza się z wynikami eksperymentów dla neutrin atmosferycznych  $\nu_\mu$  na detektorze Super-Kamiokande.

W przypadku doświadczeń z neutrinami akceleratorowymi  $\bar{\nu}_\mu$  i  $\nu_\mu$  przy użyciu detektora LSND w Los Alamos nie otrzymuje się ze wzoru (11) efektu oscylacji  $\bar{\nu}_\mu \rightarrow \bar{\nu}_e$  i  $\nu_\mu \rightarrow \nu_e$  przy skali  $\sim 1 \text{ eV}^2$  dla różnicy kwadratów mas, jak to sugerowałyby te doświadczenia, ponieważ nie ma takiej trzeciej skali dla trzech neutrin masowych  $\nu_1, \nu_2, \nu_3$ , jeśli dwie skale  $m_2^2 - m_1^2$  i  $m_3^2 - m_2^2$

są dopasowane odpowiednio do eksperymentów słonecznych i atmosferycznych (wzory (16) i (19)). Jeśli więc efekt LSND zostanie potwierdzony (np. w przygotowywanym eksperymencie w Fermilabie), niezbędne będzie wprowadzenie co najmniej jednego dodatkowego lekkiego neutrina masowego  $\nu_0$  mieszającego się z neutrinami  $\nu_1, \nu_2, \nu_3$ , a zatem co najmniej jednego nowego rodzaju neutrin  $\nu_s$  obok  $\nu_e, \nu_\mu, \nu_\tau$ . Neutrino  $\nu_s$ , w przeciwieństwie do  $\nu_e, \nu_\mu$  oraz  $\nu_\tau$ , musiałoby nie wykazywać żadnych oddziaływań cechowania w Modelu Standardowym, gdyż wiadomo z doświadczenia, że bozon Z rozpada się wyłącznie na trzy różne pary neutrino-antineutrino (o lekkich masach pozwalających na ten rozpad), identyfikowane zatem jako  $\nu_e \bar{\nu}_e, \nu_\mu \bar{\nu}_\mu$  oraz  $\nu_\tau \bar{\nu}_\tau$ . Dlatego hipotetyczne  $\nu_s$  nazywa się neutrinem sterylnym, zaś  $\nu_e, \nu_\mu, \nu_\tau$  – neutrinami aktywnymi.

W ogólności mogą istnieć dla neutrin  $\nu_\alpha = \nu_e, \nu_\mu, \nu_\tau$  trzy macierze masy, każda o wymiarze  $3 \times 3$ : macierz masy Diraca  $M^{(D)}$  oraz dwie macierze masy Majorany, lewa  $M^{(L)}$  i prawa  $M^{(R)}$ , o których w najprostszej wersji zakłada się, że wszystkie są hermitowskie i rzeczywiste, a więc także symetryczne. Wtedy odpowiednie wyrazy masowe zawarte w operatorze gęstości lagranżjanu neutrin mają postać

$$\begin{aligned} &\sum_{\alpha\beta} (\bar{\nu}_{\alpha L} + \bar{\nu}_{\alpha R}) M_{\alpha\beta}^{(D)} (\nu_{\beta L} + \nu_{\beta R}) \\ &= \sum_{\alpha\beta} (\bar{\nu}_{\alpha L} M_{\alpha\beta}^{(D)} \nu_{\beta R} + \bar{\nu}_{\alpha R} M_{\alpha\beta}^{(D)} \nu_{\beta L}), \\ &\frac{1}{2} \sum_{\alpha\beta} [\bar{\nu}_{\alpha L} + (\nu_{\alpha L})^c] M_{\alpha\beta}^{(L)} [\nu_{\beta L} + (\nu_{\beta L})^c] \\ &= \frac{1}{2} \sum_{\alpha\beta} [\bar{\nu}_{\alpha L} M_{\alpha\beta}^{(L)} (\nu_{\beta L})^c + (\nu_{\alpha L})^c M_{\alpha\beta}^{(L)} \nu_{\beta L}], \\ &\frac{1}{2} \sum_{\alpha\beta} [\bar{\nu}_{\alpha R} + (\nu_{\alpha R})^c] M_{\alpha\beta}^{(R)} [\nu_{\beta R} + (\nu_{\beta R})^c] \\ &= \frac{1}{2} \sum_{\alpha\beta} [\bar{\nu}_{\alpha R} M_{\alpha\beta}^{(R)} (\nu_{\beta R})^c + (\nu_{\alpha R})^c M_{\alpha\beta}^{(R)} \nu_{\beta R}], \end{aligned} \quad (23)$$

i sumują się, prowadząc po pewnym rachunku do następującego całkowitego wyrazu masowego dla neutrin:

$$\frac{1}{2} \sum_{\alpha\beta} (\bar{\nu}_\alpha^{(a)}, \bar{\nu}_\alpha^{(s)}) \begin{pmatrix} M_{\alpha\beta}^{(L)} & M_{\alpha\beta}^{(D)} \\ M_{\alpha\beta}^{(D)} & M_{\alpha\beta}^{(R)} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \nu_\beta^{(a)} \\ \nu_\beta^{(s)} \end{pmatrix}, \quad (24)$$

gdzie

$$\nu_\alpha^{(a,s)} = \nu_{\alpha L,R} + (\nu_{\alpha L,R})^c \quad (25)$$

noszą nazwę pól neutrin Majorany, odpowiednio aktywnych i sterylnych (typu konwencjonalnego),

$$\nu_{\alpha L,R} \equiv \frac{1}{2}(1 \mp \gamma_5)\nu_\alpha, \quad \nu_\alpha \equiv \nu_{\alpha L} + \nu_{\alpha R} \quad (26)$$

są odpowiednio polami neutrin lewo- i prawoskrętnych (lewymi i prawymi spinorami Weyla) oraz polami neutrin Diraca (bispinorami Diraca), zaś

$$(\nu_{\alpha L,R})^c \equiv C\overline{\nu_{\alpha L,R}}^T = (\nu_{\alpha}^c)_{R,L}, \quad \nu_{\alpha}^c \equiv C\overline{\nu_{\alpha}}^T \quad (27)$$

ich polami sprzężonymi ładunkowo (tzn. polami ich antycząstek). We wzorze (27)  $C$  jest macierzą Diraca sprzężenia ładunkowego, a  $T$  oznacza nakaz transpozycji (od jednego wiersza do jednej kolumny) dla bispinora Diraca  $\overline{\nu_{\alpha}} = \nu_{\alpha}^{\dagger}\beta$  bądź  $\overline{\nu_{\alpha L,R}} = (\nu_{\alpha L,R})^{\dagger}\beta$ . Dodajmy, że poprzednio oznaczaliśmy przez  $\nu_{\alpha}$  neutrina lewoskrętne  $\nu_{\alpha L}$  biorące udział w oddziaływaniach cechowania w Modelu Standardowym, teraz zaś we wzorze (26) są to pełne neutrina Diraca. Zauważmy, że przypisując neutrinom lewoskrętnym  $\nu_{\alpha L}$  i prawoskrętnym  $\nu_{\alpha R}$  liczbę leptonową  $L = 1$ , zaś ich antycząstkom  $(\nu_{\alpha L})^c$  i  $(\nu_{\alpha R})^c$  liczbę leptonową  $L = -1$  stwierdzamy, że we wzorze (23) jedynie wyraz Diraca zachowuje tę liczbę, zaś oba wyrazy Majorany zmieniają ją o  $+2$  albo  $-2$ . A zatem możliwe występowanie tych wyrazów Majorany w hamiltonianie neutrin implikuje w ogólności niezachowanie liczby leptonowej w procesach słabych (wyższego rzędu). Realnym przykładem jest tu nieobserwowany dotąd bezneutrinowy podwójny rozpad  $\beta$ :  $n + n \rightarrow p + p + e^{-} + e^{-}$  (w jądrze atomowym), gdzie wymieniane są wirtualnie dwa współliniowe neutrina Majorany  $\nu_e^{(a)} \equiv \nu_{eL} + (\nu_{eL})^c$  o nieokreślonej liczbie leptonowej, sprzężone masą  $M_{ee} = \sum_i U_{ei}^2 m_i$ . Ograniczenie doświadczalne na tę „masę efektywną” neutrina  $\nu_e$  wynosi obecnie  $M_{ee} \lesssim 0,2$  eV.

W mechanizmie huśtawki (ang. seesaw) zakłada się dla macierzy mas neutrin ostrą hierarchię wielkości  $M^{(L)} \ll M^{(D)} \ll M^{(R)}$  (w sensie rachunku zaburzeń), która (jak się okazuje) dla aktywnych neutrin Majorany  $\nu_{\alpha}^{(a)}$  zbudowanych z neutrin lewoskrętnych  $\nu_{\alpha L}$  prowadzi w przybliżeniu do macierzy masy o postaci

$$M = M^{(D)}(M^{(R)})^{-1}M^{(D)} \quad (28)$$

(po dokonaniu diagonalizacji złożonej macierzy masy  $6 \times 6$  wewnątrz wzoru (24) do postaci dwu macierzy masy  $3 \times 3$  na diagonalu). Macierz masy (28) zapewnia małość swym wartościom własnym  $m_i = m_1, m_2, m_3$  w porównaniu z wartościami własnymi macierzy masy Diraca  $M^{(D)}$ , które (jak się przypuszcza) powinny być rzędu mas leptonów naładowanych. Stąd wynika, że stany masowe  $\nu_i^{(a)}$  aktywnych neutrin Majorany, jako stany własne macierzy masy (28), powinny być bardzo lekkie. Wyraz masowy w operatorze gęstości lagranżjanu aktywnych neutrin Majorany  $\nu_{\alpha}^{(a)}$  ma tutaj postać

$$\frac{1}{2} \sum_{\alpha\beta} \left[ \overline{\nu_{\alpha L}} + \overline{(\nu_{\alpha L})^c} \right] M_{\alpha\beta} \left[ \nu_{\beta L} + (\nu_{\beta L})^c \right], \quad (29)$$

gdzie  $M = (M_{\alpha\beta})$  jest dane wzorem (28). Sterylne neutrina Majorany  $\nu_{\alpha}^{(s)}$  zbudowane z neutrin prawoskrętnych  $\nu_{\alpha R}$  w mechanizmie huśtawki uzyskują

w przybliżeniu macierz masy  $M^{(R)} \gg M^{(D)} \gg M^{(D)}(M^{(R)})^{-1}M^{(D)}$  (po dokonaniu wspomnianej diagonalizacji złożonej macierzy masy w wyrażeniu (24)). Sprawia to, że stany masowe  $\nu_i^{(s)}$  sterylnych neutrin Majorany, jako stany własne macierzy masy  $M^{(R)}$ , powinny być bardzo ciężkie i praktycznie odprężnione od stanów masowych  $\nu_i^{(a)}$  aktywnych neutrin Majorany.

Nasz Dodatek zakończmy uwagą adresowaną do Czytelnika znającego podstawy Modelu Standardowego, a w szczególności mechanizm spontanicznego łamania symetrii.

Otóż motywacją mechanizmu huśtawki może być przekonanie, że w przyrodzie występuje zjawisko tzw. Wielkiej Unifikacji (ang. Grand Unification) wszystkich oddziaływań fundamentalnych z wyjątkiem, jak na razie, grawitacji, polegające na tym, że dla energii większych od pewnej bardzo dużej wartości rzędu  $10^{16}$  GeV (skala Wielkiej Unifikacji) neutrimo prawoskrętne łącznie z neutrimo lewoskrętnym, leptonem naładowanym oraz dwoma kwarkami (u oraz d) tworzą dla każdej generacji tych fermionów elementarnych jedną (na ogół nieprzywiedlną) reprezentację pewnej całościowej grupy symetrii cechowania, zawierającej w sobie grupę cechowania Modelu Standardowego  $SU(2)_L \times U(1) \times SU(3)$ . Przy zmniejszaniu energii symetria tej grupy ulega spontanicznemu złamaniu wskutek działania pewnego dodatkowego mechanizmu Higgsa, redukując się przy energii wciąż jeszcze większej od skali unifikacji elektroślabej (rzędu 100 GeV) do grupy cechowania Modelu Standardowego. Jednocześnie pierwotna reprezentacja, wspólna dla wszystkich fermionów elementarnych w każdej generacji, ulega rozszczepieniu. Przy energiach powyżej skali unifikacji elektroślabej jest ona w każdej generacji rozszczepiona na jedną (przywiedlną) reprezentację grupy cechowania Modelu Standardowego, obejmującą neutrimo lewoskrętne, lepton naładowany i dwa kwarki (u oraz d), ciągle jeszcze bezmasowe, oraz na jedną reprezentację singletową (z punktu widzenia Modelu Standardowego), identyczną z neutrimo prawoskrętnym, którego stan masowy uzyskuje dzięki wspomnianemu dodatkowemu mechanizmowi Higgsa bardzo dużą masę, wyznaczoną przez skalę Wielkiej Unifikacji. Przy dalszym zmniejszaniu energii grupa Modelu Standardowego ulega wskutek działania zwykłego mechanizmu Higgsa następnemu spontanicznemu złamaniu, redukując się do grupy elektromagnetycznej  $U(1)_{EM}$ , a reprezentacja (przywiedlna) Modelu Standardowego, obejmująca w każdej generacji neutrimo lewoskrętne, lepton naładowany i dwa kwarki (u oraz d), rozszczepia się wewnętrznie, przy czym lepton naładowany i dwa kwarki uzyskują masy poprzez zwykły mechanizm Higgsa. Wtedy mechanizm huśtawki może zadziałać i stać się odpowiedzialnym w każdej generacji za bardzo małą masę stanu masowego neutrina lewoskrętnego.

# Filozofia przyrody w roku 1000

Jerzy Witczak

*Papieski Wydział Teologiczny, Wrocław*

---

## Natural philosophy in the year 1000

*Abstract:* In this article the history of natural sciences is presented as a part of natural philosophy from its very beginning to the year 1000 A.D. There are three ancient Greek philosophical traditions: Platonian, Aristotelian and Archimedean, and it is the third one which gave rise to science. The encounter of that tradition with the early Christianity is then analysed as well as its role in the period of decline of the Roman Empire and in the early Middle Ages. Finally, the restoration of the European natural sciences in the tenth century driven by contacts with Arabic philosophers and scientists is shown. A symbol of that new beginning is the mathematician and astronomer Gerbert from Aurillac, who later became pope of the year 1000 – Sylvester II.

---

Poniższy tekst artykułu ks. dra Jerzego Witczaka otrzymaliśmy od dra Pawła Tomaszewskiego z Instytutu Niskich Temperatur i Badań Strukturalnych PAN we Wrocławiu. Wydaje się nam, że zamieszczony poniżej fragment jego listu jest dobrym wprowadzeniem do tego artykułu.

Przy okazji pragniemy zachęcić wszystkich Czytelników *Postępów* do „wyławiania” ciekawych wydarzeń związanych w najogólniejszym sensie z fizyką, które warte są rozpowszechnienia przez nasze pismo, i informowanie nas o nich. Staramy się zawsze podkreślać, że tworzenie pisma przez całe środowisko jest najlepszą gwarancją jego użyteczności dla tego środowiska.

Oto fragment listu dra Tomaszewskiego:

„Przesyłam tekst referatu filozofa przyrody, ks. dra Jerzego Witczaka z Papieskiego Wydziału Teologicznego we Wrocławiu, wygłoszonego podczas dyskusji panelowej pt. »Czego Bolek uczył się w szkole, czyli milenijne forum o stanie nauk przyrodniczych w czasach Bolesława Chrobrego«.

Dyskusja ta odbyła się w naszym Instytucie jako jedna z imprez Milenijnego Festiwalu Nauki 2000, zorganizowanego we Wrocławiu w dniach 21–24 września 2000 r. W dyskusji uczestniczyli: prof. dr hab. Lech Tyszkiewicz (historyk Średniowiecza, Uniwersytet Wrocławski), dr Mirosław Piwowarczyk (pedagog, Uniwersytet Wrocławski), ks. dr Jerzy Witczak, dr Paweł Pres (astronom, Uniwersytet Wrocławski) i mgr Andrzej Syroka (historyk medycyny, Akademia Medyczna we Wrocławiu). Miałem zaszczyt prowadzić to ciekawe spotkanie.

Zastanawialiśmy się nad Tysiącleciem Diecezji Wrocławskiej i tysiącleciem Synodu Gnieźnieńskiego: jaki był stan wiedzy przyrodniczej ok. roku 1000 i co z tej wiedzy mogło być nauczane w ówczesnych szkołach. Musieliśmy więc poznać trochę system oświaty i kanon wykształcenia z tamtego okresu. A skoro Bolesław Chrobry przebywał jako młodzieniec na dworze cesarskim, to zapewne zetknął się z uczonymi tamtych czasów (choć być może sam nie chodził do szkoły). Przecież do kręgu jego znajomych czy przyjaciół zaliczali się tacy wybitni ludzie, jak św. Wojciech – budowniczy pokoju, cesarz Otton III – budowniczy Cesarstwa Rzymskiego i Gerbert z Aurillac, późniejszy papież Sylwester II, zwany pierwszym europejczykiem (jedyne papież-matematyk).

Sądzę, że załączony tekst najlepiej oddaje temat i zakres spotkania obejmując także omówienie tego, co powiedzieli inni dyskutanci. Mam nadzieję, że zwięzłość ujęcia tematu i jego oryginalność spodoba się Czytelnikom *Postępów Fizyki*”.

*Redakcja*

## 1. Wstęp

Filozofia nauki każe nam wystrzegać się pokusy oceniania dawnych twierdzeń i teorii naukowych z punktu widzenia dzisiejszego stanu wiedzy. Sięgając tysiąc lat wstecz powinniśmy sobie uświadomić, że sam człowiek i jego zdolności umysłowe nie uległy w tym czasie większym zmianom. Wówczas, podobnie jak obecnie, głównym pragnieniem człowieka myślącego było poznanie prawdy o rzeczywistości – o Bogu, przyrodzie i sobie samym. Ludzie sprzed 1000 lat mieli do dyspozycji filozofię – „miłośniczkę mądrości”, zrodzoną w starożytnej Grecji już półtora tysiąclecia wcześniej. Mogli więc spoglądać na początki racjonalnej refleksji o świecie z podobnej perspektywy czasowej, z jakiej my dziś patrzymy na stan ich wiedzy. Zaczniemy zatem od przypomnienia głównych osiągnięć starożytnej filozofii przyrody, by następnie zastanowić się, co z nich było dostępne w X w. i na początku XI w. i jaki był wkład uczonych wczesnego średniowiecza w rozwój wiedzy przyrodniczej.

## 2. Dziedzictwo starożytnej filozofii przyrody

Warto na wstępie przypomnieć, że poszczególne, odrębne dyscypliny nauk przyrodniczych są dopiero dziełem czasów nowożytnych. Starożytność i średniowiecze posługiwały się terminem „filozofia przyrody” (*philosophia naturalis*). Grecy wcześniej używali nazwy „fizyka”, pochodzącej od Platona i Arystotelesa. Oba terminy oznaczały to samo: obejmowano nimi wszelkie zagadnienia i badania dotyczące przyrody, zarówno ożywionej, jak i nieożywionej. Z historycznego punktu widzenia jest to w ogóle najstarszy dział filozofii (na marginesie wspomnijmy, że nazwy „filozofia” po raz pierwszy miał użyć Pitagoras w VI w. p.n.e.). Początek starożytnej filozofii greckiej dali bowiem jońscy filozofowie przyrody z Talesem z Miletu (624–547 p.n.e.) na czele. Z ich grona można wymienić jeszcze Anaksymandra, Anaksymenesa, Heraklita z Efezu czy Parmenidesa z Elei. Ich wielką zasługą jest demitologizacja wyjaśniania przyrody i przejście od umiejętności wyłącznie praktycznych do uprawiania nauki, choć proponowane wyjaśnienia były zbyt uproszczone i naiwne. Zarówno jednak oni, jak i pitagorejczycy

zapoczątkowali dyskusję rozciągającą się przez IV i III wiek, która zrodziła bardziej dojrzałe teorie. Historycy wyróżniają trzy główne tradycje, które wyrosły z tej dyskusji: platońską, arystotelesowską i archimedejską [1].

Platon (427–347 p.n.e.) pozostawał pod głębokim wrażeniem rozwoju greckiej matematyki, z którą się zapoznał studiując prace szkoły pitagorejskiej. Cenił także geometrię – nad wejściem do swojej Akademii kazał wypisać słynne słowa: „Niech tu nie wchodzi ci, co nie zna geometrii”. Obok tych dwóch dyscyplin podstawę platońskiego systemu nauczania stanowiły także astronomia i akustyka (teoria muzyki) – tzw. pitagorejskie *quadrivium*. Jednak jego podejście do rzeczywistości było zdominowane przez matematykę i miało charakter aprioryczny, bez odniesień do danych zmysłowych (empirycznych). Stąd jego wyjaśnienia dotyczące świata miały charakter spekulacji liczbowych, przechodzących w numerologię oraz mistykę liczb, i nie przyczyniły się w większym stopniu do rozwoju nauk przyrodniczych.

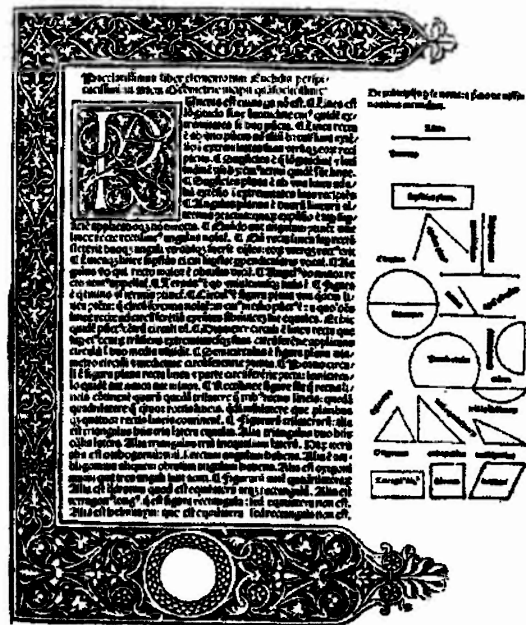
Z kolei uczeń Platona, Arystoteles (384–322 p.n.e.), zwalczał na wielu płaszczyznach tę szczególną koncepcję matematycznego opisu przyrody. Jego podejście miało charakter empiryczny i zdroworozsądkowy. Widzimy to w licznych jego pismach przyrodniczych, takich jak: *Fizyka*, *O niebie*, *Historia naturalna zwierząt*, *O częściach zwierząt*, *O pochodzeniu zwierząt* czy *O ruchu zwierząt*. Dziedzina nauki, którą się zajmował najwięcej, była biologia. Matematyki pitagorejskiej nie znał tak dobrze i nie rozumiał. Odrzucał platońskie wyjaśnianie za pomocą liczb i matematycznych struktur na rzecz przyczynowego wyjaśniania zjawisk naturalnych. W swojej teorii czterech przyczyn dawał pierwszeństwo przyczynie celowej, a z takim wyjaśnianiem matematyka według niego nie ma do czynienia. Dlatego jego fizyka bytów zmiennych w swoim poszukiwaniu celu w przyrodzie nie potrzebuje matematyki. Podobnie jak z matematyką rzecz się ma z fizyką matematyczną (według współczesnej nomenklatury), tj. z optyką, harmoniką i astronomią (tzw. fizyczne działy matematyki). Również one, nie mogąc podać przyczyny celowej, dają niekompletny opis przyrody. Oczywiście, Arystoteles nie odrzucał tych dyscyplin. W jego pismach znajdujemy np. staranne obliczenia kosmologicznego systemu

koncentrycznych sfer, zaproponowanego przez Eudoksosa. Jednak ostatecznie odszedł od zdobyczy greckich badaczy, porzucił pitagorejski system astronomiczny i zbudował swój system fizyki bez odniesień do matematyki. Ten system był ogromnym i imponującym wysiłkiem ludzkiego umysłu, by zrozumieć przyrodę, dającym wgląd w naturę rzeczy – ruchu, czasu, Wszechświata. Arystotelesowska synteza zaważyła na długie wieki na myśli o przyrodzie, niemniej była w pewnym sensie przedwczesna. Filozof „nie przewidział” dalszego rozwoju metody matematycznej w fizyce. Dlatego tym, co przetrwało, jest paradoksalnie przede wszystkim jego metafizyka przyrody, nie zaś sama fizyka, której poświęcał tyle uwagi.

I wreszcie trzecia tradycja – archimedajska, przez wielu historyków filozofii pomijana z tego względu, że z filozofią pozornie miała najmniej wspólnego. Archimedes z Syrakuz (287–212 p.n.e.) to najwybitniejszy matematyk, fizyk i wynalazca starożytności. W jego pismach z zakresu fizyki nie jest wyraźnie widoczna podstawa empiryczna, na pozór jest to czysta matematyka i stąd pomijanie tego autora w historii filozofii przyrody. A jednak jest tam solidna dawka doświadczenia. Wystarczy przypomnieć anegdotę na temat odkrycia słynnego prawa o sile wyporu. Źródła mówią, że był on twórcą wielu instrumentów pomiarowych, takich jak zegary słoneczne, sfery, kątomierze czy planetarium. Jego wiedza ma więc rodowód empiryczny, tak jak u Arystotelesa, lecz pomija całkowicie wyjaśnianie przyczynowe, nie jest zatem arystotelizmem. Z drugiej strony nie można go też umieścić wśród platoników, ponieważ – chociaż szeroko stosuje matematykę – wychodzi z doświadczenia i konsekwentnie pomija numerologiczne spekulacje. Trzeba zatem przyjąć, że Archimedes jest właściwym twórcą odrębnej wielkiej tradycji w starożytnej nauce, do której nawiązywało wielu innych uczonych. Jego dzieło prowadziło do nieustannego rozwoju wiedzy o związkach między zjawiskami przyrody, która była zdobywana dzięki metodzie matematycznej analizy. Właśnie to podejście sprawiło, że osiągnięcia szkoły archimedejskiej były trwałe i są uznawane do dzisiaj.

Wspomnijmy najważniejsze odkrycia greckich uczonych. Z Sycylii, gdzie dawniej żył Pitagoras, a potem pracował Archimedes i Arystarch (320–250 p.n.e.), twórca hipotezy heliocentrycz-

nej, centrum życia naukowego przeniosło się do Aleksandrii. Tam swoją słynną geometrię stworzył Euklides (365–300 p.n.e.). Tam Apoloniusz (III w. p.n.e.) napisał traktat o krzywych stożkowych. Dyrektor Biblioteki Aleksandryjskiej, Eratostenes (275–194 p.n.e.), oszacował dość dokładnie rozmiary Ziemi, dokonując pomiaru południka ziemskiego; wyznaczył też kąt nachylenia ekliptyki. W wieku następnym Hipparch (190–125 p.n.e.) podał oparte na obserwacji dobre oszacowanie odległości Księżyca od Ziemi. Mniej więcej w tym samym czasie działał również Heron z Aleksandrii, sławny matematyk, fizyk i wynalazca.



Pierwsza strona najstarszego drukowanego wydania *Elementów* Euklidesa (Erhard Ratdolt, 1482 r., łacińskie tłumaczenie Campanusa) ze zbiorów Biblioteki Uniwersytetu w Toronto.

Również w Aleksandrii 300 lat później pracował najsłynniejszy astronom starożytności Klaudiusz Ptolemeusz (100–168). Był on autorem dwóch ważnych traktatów: *Almagest* i *Tetrabiblos*. Pierwszy – czysto astronomiczny – jest utrzymany w tradycji archimedejskiej i opisuje matematykę ruchu planetarnego bez odwoływania się do wyjaśniania przyczynowego. Czyni to w sposób uznawany za wzorzec aż do czasów Keplera, choć niestety w duchu systemu geocentrycznego. Drugi traktat miał charakter astrologiczny. Ptolemeusz starał się w nim na sposób naukowy uchwycić wpływ planet na Ziemię i jej najbliż-

szere otoczenie (świat podksiężycowy). Inną zasługą tego uczonego było napisanie *Wstępu do geografii*, używanego w Europie aż do początku czasów nowożytnych. Zatem dzięki aleksandryjskim uczonym starożytność m.in. oswoiła się z kulistym kształtem Ziemi, zrozumiała mechanizm faz Księżyca i poznała większość pojęć, którymi do dziś operuje astronomia sferyczna i geografia.

### 3. Nauka w pierwszym tysiącleciu chrześcijaństwa

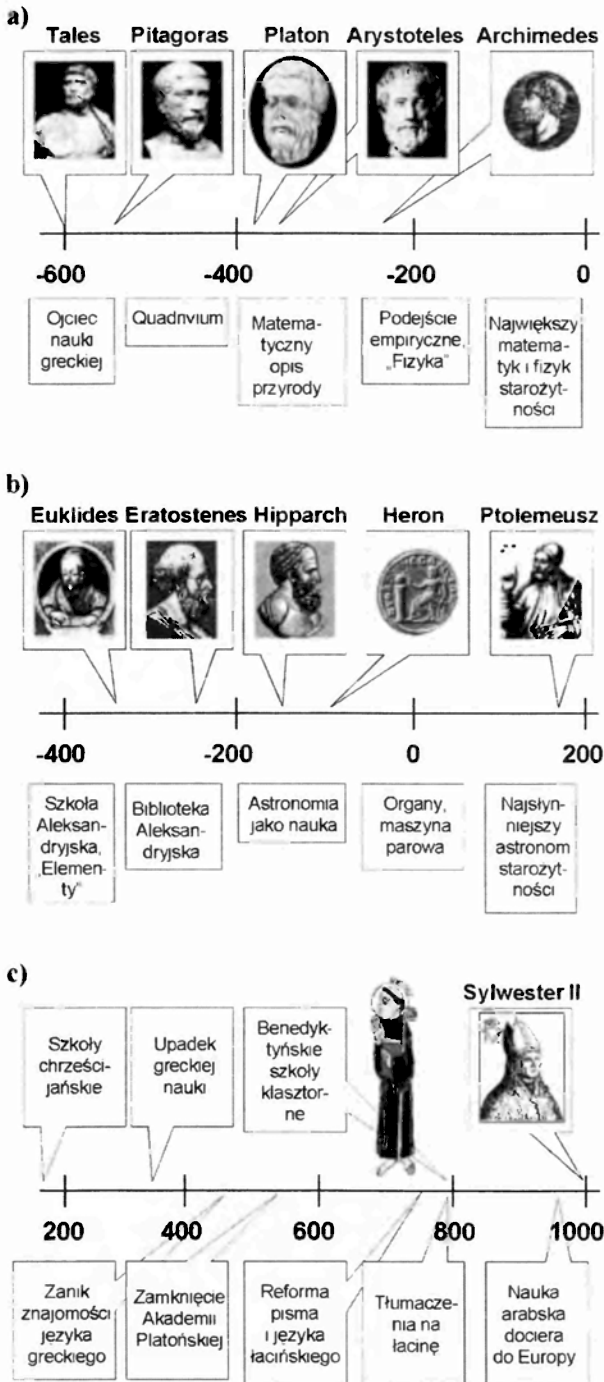
Tymczasem w świecie zaszła ważna zmiana: pojawiło się i zaczęło rozszerzać chrześcijaństwo. Nastąpiło spotkanie greckiej myśli z teologią Nowego Testamentu. Początkowo oba te światopoglądy niewiele miały ze sobą wspólnego. Trzeba jednak podkreślić przynajmniej otwartość wczesnej teologii chrześcijańskiej na podstawowe założenie greckiej nauki, iż świat jest w całości uporządkowaną strukturą, którą rządzą własne, wewnętrzne prawa. Co więcej, głoszenie Ewangelii pogańskim słuchaczom, pozostającym pod wpływem hellenistycznej filozofii, łączyło się z uznaniem, że istnieje droga od naturalnego świata do Boga – droga racjonalnej wiedzy dostępna wszystkim ludziom. Mówił o tym św. Paweł w znanym fragmencie *Listu do Rzymian*: „Albowiem od stworzenia świata niewidzialne Jego przymioty – wiekuista Jego potęga oraz bóstwo – stają się widzialne dla umysłu przez Jego dzieła, tak że nie mogą wymówić się od winy” (Rz 1.20). Fragment ten odgrywał bardzo wielką rolę w rozwoju filozofii przyrody, zachęcał bowiem wprost do rozwijania badań nad światem stworzonym w celach apologetycznych.

Spotkanie teologii chrześcijańskiej ze światem antycznym nabrało rozpędu po edykcji mediolańskim w 313 r., ale już wcześniej, w okresach wolnych od prześladowań, pojawił się problem chrześcijańskiej edukacji dzieci. Od II w. zaczynają powstawać szkoły chrześcijańskie. Ośrodkiem życia umysłowego stała się szkoła w Aleksandrii. Nauczanie to miało początkowo charakter katechetyczny i o tyle tylko uwzględniało wiedzę o przyrodzie. Szybko jednak zauważono, że nauczanie świeckie może być stosowane z powodzeniem do interpretacji Biblii (Orygenes, zm. w 254 r.). Dlatego w IV w. zanikły najpoważniejsze obawy wobec tego nauczania i uznano je za środek roz-

woju chrześcijańskiej osobowości. Św. Augustyn (354–430) przestrzegał nawet przed lekceważeniem rezultatów nauki i edukacji świeckiej w obawie przed oskarżeniem chrześcijan o nieuctwo.

Z drugiej strony jest jednak historycznym faktem, że ten sam IV wiek, w którym chrześcijaństwo zwyciężyło stary świat swoją nową wiarą, był też okresem, w którym grecka nauka prawie całkowicie upadła. Jeszcze w drugiej połowie III w. wydała ona Diofantosa, który stworzył nowy dział matematyki – algebrę, a sto lat później Teon z Aleksandrii napisał doskonały komentarz do *Almagestu*. Jego córka Hypatia (370–415) była znaną matematyczką. Została ona zabita przez tłum chrześcijan podczas zamieszek w Aleksandrii i jej śmierć przedstawiano często jako symbol walki Kościoła z nauką. Przyczyny upadku nauki greckiej były inne i głębsze [2]. Najpierw zmieniła się ogólna atmosfera intelektualna po obu stronach. Dla chrześcijan teologia była oczywiście ważniejsza, ale i dla pogańskich elit pozostających w kręgu filozofii neoplatonickiej (Plotyn) większego znaczenia nabrały problemy egzystencjalne. Ostatecznie zdecydował o wszystkim upadek zachodniego cesarstwa rzymskiego w 476 r. Rzym już w IV w. przestał być ośrodkiem umysłowym imperium, a w V w. dwukrotnie zdobywany i niszczonego przez Wandalów, dostał się w końcu pod panowanie barbarzyńców. W tych warunkach nie można było myśleć o rozwijaniu, lecz co najwyżej podtrzymywaniu życia umysłowego. Okazało się wtedy, że to właśnie chrześcijańscy uczeni i mnisi podjęli dzieło uratowania ze spuścizny starożytności tego, co było możliwe. Znamienna jest zbieżność dwóch dat: w tym samym 529 r. nastąpiło zamknięcie Akademii Platonicznej w Atenach i założenie poświęconego pracy umysłowej zakonu benedyktynów.

Pierwsze zadanie, jakie sobie stawiali ówczesni uczeni, polegało na tym, by z odziedziczonych pism ułożyć najprostsze podręczniki, katechizm czy przystępną encyklopedię. I tak, na początku V w. Marcjusz Capella ułożył szkolny podręcznik nauk wyzwolonych, po nim Kasjodor (477–562) skompilował „encyklopedię rzeczy boskich i ludzkich”. Podobne zbiory stworzyli św. Izidor, arcybiskup Sewilli (VII w.) i angielski benedyktyn św. Beda Czcigodny (VIII w.), który m.in. w dziele *De natura rerum* zawarł wykład kosmografii Ptolemeusza.



Osie historii – wydarzenia naukowe i najwięksi twórcy: a) Starożytna Grecja – główne tradycje naukowe, b) Aleksandria – centrum życia naukowego świata starożytnego, c) upadek Cesarstwa Rzymskiego i odrodzenie nauki w średniowieczu (rysunek przygotowany przez dra Pawła Tomaszewskiego i dra hab. Marka Wołczyrza z Instytutu Niskich Temperatur i Badań Strukturalnych PAN we Wrocławiu).

Drugie zadanie wiązało się z ważną konsekwencją upadku Cesarstwa, jaką był zanik znajomości języka greckiego. Do tej pory tradycyjna znajomość greki należała do wyznaczników wyższego wykształcenia. Tak więc ludzie nauki w ca-

łym Imperium mogli studiować literaturę grecką w oryginale, w tym prace Euklidesa, Arystotelesa, Archimedesza i Ptolemeusza. Gdy nauczanie języka greckiego zaczęło zanikać, nie można już było dłużej używać tych ksiąg i pozostawało wykorzystanie nielicznych źródeł pisanych po łacinie, głównie wspomnianych streszczeń o charakterze encyklopedycznym. Takie prace informowały wprawdzie o rezultatach osiągniętych przez greckich uczonych, nie mówiły jednak nic o metodach, dzięki którym je uzyskano. Nie wiadomo więc było, jak prowadzić dalsze badania. Dlatego właśnie najwybitniejsi myśliciele, wspomniany Kasjodor, a przede wszystkim Boecjusz (480–525), podjęli próbę ocalenia jak najwięcej z dziedzictwa myśli greckiej, tłumacząc najważniejsze źródła na łacinę. W ten sposób uratowano m.in. wiele pism logicznych Arystotelesa oraz inne prace z arytmetyki, teorii muzyki i elementarnej geometrii. Reszta, wraz z astronomiczną wiedzą zawartą w *Almageście*, popadła w zapomnienie. Dość tu trzeba natychmiast, że podupadłe Bizancjum przechowało przynajmniej znajomość języka greckiego, a grecka literatura była tam nieustannie obecna i przekazywana dalej – do świata muzułmańskiego. Podziały polityczne i religijne jednak sprawiły, że na długie wieki nauka europejska nie miała z tych dzieł żadnego pożytku.

W taki sposób rozpoczął się ok. VII w. okres nauki monastycznej w Europie. Pozostały w niej wyłącznie benedyktyńskie szkoły klasztorne, dbające o kopiowanie ksiąg w skryptoriach i edukację nowicjuszy. Nauki przyrodnicze zajmowały w tej edukacji dalekie miejsce, niemniej jednak były obecne. Skrótkowo prezentowano kosmologię w połączeniu z geologią i meteorologią. Najważniejszą dyscypliną w interesującym nas zakresie stał się nadto tzw. *computus*, czyli rachuba czasu oparta na astronomii, uprawiana w duchu tradycji archimedejskiej. W szkołach monastycznych doprowadzono ją do perfekcji. Wybitnym (i jedynym doniosłym) dziełem należącym do tego nurtu jest księga *De temporum ratione*, napisana w 725 r. przez wymienionego już św. Bedę Czcigodnego. Korzystano z niej przez kolejne pięć wieków. Beda przedstawił w niej historię problemu ustalania daty Wielkanocy i związaną z nim matematyczną metodę przewidywania ruchu Księżyca.

Po około dwóch najtrudniejszych dla nauki wiekach, pod koniec VIII w. rozpoczęło się odro-

dzenie. Jego przyczyną było utworzenie przez Karola Wielkiego (742–814) nowego imperium w Europie. Powstanie rozległej administracji państwowej zrodziło pilną potrzebę wykształcenia licznych świeckich urzędników. W tym celu nowy cesarz zgromadził uczonych przy swoim dworze i powołał system szkół przykatedralnych w całym swoim królestwie, a zarządzanie nim zlecił mnichowi anglosaskiemu Alkuinowi z Yorku (735–804). Program tych szkół został poszerzony o siedem sztuk wyzwolonych, a przede wszystkim o stare pitagorejskie *quadrivium* (arytmetyka, geometria, astronomia i harmonia), co zapewniło naukom ścisłym stałe miejsce w szkołach. Natomiast *trivium* obejmowało nauki humanistyczne: gramatykę, dialektykę i retorykę. I tak odrodzenie karolińskie we Francji oraz na opanowanych przez nią ziemiach rozpoczęło dzieło odzyskiwania zdobyczy starożytnej nauki, a zarazem rozwoju oryginalnej myśli filozoficznej i naukowej. Dzieło to przeżyło później pewien okres zastoju w związku z rozpadem imperium Karola Wielkiego w połowie IX w. i niespokojnym czasem, jaki w rezultacie tego nastąpił. Było ono jednak dostatecznie trwałe, by ruszyć do przodu, gdy w 962 r. Otton I założył nowe imperium – Święte Cesarstwo Rzymskie Narodu Niemieckiego. Wiedzie nas to wprost do roku 1000.

#### 4. Nauka arabska i papież-matematyk

Musimy jednak cofnąć się jeszcze do roku 529, daty zamknięcia Akademii Platonskiej. Gdy w Grecji zabrakło warunków do uprawiania i rozwoju nauk, uczeni greccy schronili się początkowo w Persji, a następnie w Syrii. Gdy zaś w VII w. zaczął się rozkwit Arabii, syryjscy uczeni znaleźli gościnne przyjęcie na dworze w Bagdadzie. Następne wieki – od VIII do XII – to okres bujnego rozwoju nauki arabskiej. Na język arabski przełożono z syryjskiego i greckiego niemal całą szeroko rozumianą spuściznę filozoficzną Greków. Język arabski na Wschodzie odgrywał wówczas analogiczną rolę do łaciny na Zachodzie i w nim powstawały kolejne dzieła. Najpierw Bagdad, a potem Kordoba w Hiszpanii pełniły przez te wieki rolę stolicy naukowej świata.

Szczególnie interesujące jest to, że rozkwit ten dotyczył najpierw nauk szczegółowych. W IX w. zaczyna się rozwijać trygonometria i algebra,

wprowadzany jest pozycyjny zapis liczb i tzw. cyfry arabskie. pojawia się teoria logarytmu i próby zastosowania algebry w geometrii. Wielkie znaczenie przykładano do astronomii, korzystając oczywiście z przetłumaczonego na arabski *Megale Syntaxis*, tj. ptolemeuszowego *Almagestu*. W tym czasie powstały dwa obserwatoria astronomiczne, w Bagdadzie i Damaszku, gdzie prowadzono m.in. obserwacje nachylenia ekliptyki. Najślawniejszym z astronomów arabskich tego okresu jest Albatęgnius (zm. w 928 r.), autor katalogu gwiazd i wynalazca nowych metod obliczeniowych. Inne badania obejmowały chemię, geografę, botanikę i zoologię oraz medycynę. Następne liczne osiągnięcia nauki arabskiej przypadają już na lata po roku tysięcznym. Warto jednak zauważyć, że były one niejednokrotnie zabarwione astrologią, alchemią i pierwiastkami religijnymi.

Obok zaś nauk szczegółowych, uprawianych w duchu tradycji pitagorejskiej, rozwijała się filozofia, głównie arystotelesowska i neoplatoniska. Na przełomie tysiącleci tworzył słynny Awicenna, tj. Ibn Sina (980–1037), filozof i lekarz, m.in. autor encyklopedycznego dzieła pod tytułem *Szifa* (Księga uzdrowienia), które w 18 tomach zawierało logikę, fizykę, matematykę i metafizykę. Szczególną zasługą filozofii arabskiej było później, w wiekach XII–XIII, dostarczenie filozofii chrześcijańskiej tekstów zapomnianego Arystotelesa i własnych komentarzy do nich.

Gdy zatem arabska nauka w X w. dotarła do muzułmańskiej części Hiszpanii, dowiedział się o niej budzący się do życia świat nauki chrześcijańskiej. Zarówno szkoły w Barcelonie, jak i klasztory położone na południowych stokach Pirenejów zaczęły korzystać z kontaktów z muzułmańskimi uczonymi z Kordoby i Sewilli. Przed końcem tysiąclecia coraz więcej uczonych z innych krajów zaczęło odwiedzać Hiszpanię.

I tutaj pojawia się postać symboliczna dla naszego tematu: słynny Gerbert z Aurillac, późniejszy papież Sylwester II – papież roku 1000 i bulli powołującej do istnienia diecezję wrocławską [3,4]. Urodził się w pobliżu Aurillac (w Oweranii) we Francji ok. roku 945. Był mnichem benedyktyńskiego klasztoru Saint-Géraud w Aurillac. Tam otrzymał staranne wykształcenie w zakresie *trivium*. Zabranym właśnie stamtąd do Hiszpanii, przebywał prawdopodobnie w opactwie Ripoll k. Vich w Katalonii, gdzie w latach 967–970 stu-



diował *quadrivium* u biskupa Attona z Vich, zdobywając wyjątkową biegłość w zakresie matematyki oraz astronomii i zapoznając się z osiągnięciami uczonych arabskich w zakresie nauk ścisłych i przyrodoznawstwa. Swoje wykształcenie uzupełnił jeszcze studiami dialektyki w Reims, a następnie rozpoczął wspaniałą karierę pedagogiczną jako nauczyciel *quadrivium* i logiki w wielu szkołach Europy. W roku 996 udał się na dwór Ottona III, gdzie został bliskim przyjacielem i doradcą cesarza. Otton przyczynił się do jego mianowania na arcybiskupa Rawenny, a po śmierci papieża Grzegorza V mianował go jego następcą (2 kwietnia 999 r.). Zmarł 12 maja 1003 r.

Sylwester II to jedyny matematyk, jaki kiedykolwiek zajmował katedrę św. Piotra. Był jedną z najbardziej wykształconych osób swej epoki. Zyskał sławę wielkiego uczonego ze względu na umiejętność dokonywania zmian właściwości metali w procesach chemicznych, wprowadzenie cyfr arabskich do matematyki europejskiej, skonstruowanie organów i posługiwanie się liczydłem (tj. abakusem) oraz globusami – ziemskim i niebieskim. Jako pierwszy uczoney na Zachodzie posiadał umiejętność posługiwania się astrolabium, genialnym wynalazkiem muzułmańskich astronomów. Jego opis podał w niewielkim dziele *Liber de astrolabio*. W następnych latach XI i XII w. astrolabium znacznie się przyczynia do rozwoju astronomii w Europie. Gerbert z Aurillac napisał



Astrolabium z Toledo (1068 r.)

również dzieło *Geometria*, w którym próbował zapisać lukę spowodowaną fragmentaryczną wciąż znajomością geometrii Euklidesa. W pracach filozoficznych zajmował się problematyką definicji i klasyfikacji nauk oraz stosunkiem prawdy rozumowej do objawionej. Jak podają różne źródła, po jego śmierci wymyślono legendę, że był magikiem, który zawarł pakt z diabłem i to jemu zawdzięczał swój bezprecedensowy awans na najwyższy urząd w Kościele. Podobno też jego osoba – uczonego i alchemika – była dla Goethego wzorem postaci doktora Fausta. Można zaryzykować twierdzenie, że opinia społeczna nie była wówczas jeszcze zbyt życzliwa nauce, pomimo zaangażowania się w nią najwyższych autorytetów kościelnych i państwowych. I chyba nie jest to cechą charakterystyczną wyłącznie dla roku 1000.

## 5. Epilog

W roku tysięcznym widzimy już zatem zapowiedź następnych kroków w historii nauki i filozofii przyrody. Dalej pójdzie stosunkowo szybko. Rozpoczęte kontakty z muzułmańskimi uczonymi w Hiszpanii będą kontynuowane. Średniowieczni badacze wiedzieli, że nie muszą zaczynać od początku. Pamięć o osiągnięciach starożytności była ciągle żywa w ich świadomości. Zatem dzięki tłumaczom, z których najsłynniejszym był Gerard z Cremony (zm. w 1187 r.), dokona się przeniesienie całego dorobku starożytnych i arabskich autorów na grunt europejski. W astronomii będzie to dotyczyć w pierwszej kolejności tablic, następnie zaś prac teoretycznych. Podobnie w innych dyscyplinach. Statystycznie spośród 116 dzieł przełożonych przez trzech największych tłumaczy na łacinę co najmniej 84 to dzieła należące do dyscyplin wchodzących w skład *quadrivium* lub medycyny. W ten sposób pod koniec XII w. nauka średniowieczna będzie mogła kontynuować studia od miejsca, do którego doszli jej starożytni prekursorzy. Nowe przekłady doprowadzą zwłaszcza do bujnego rozwoju wiedzy przyrodniczej, a w filozofii teoretycznej – do powstania opartego na Arystotelesie systemu św. Tomasza z Akwinu. Wcześniej, bo już w drugiej połowie XII w. powstaną pierwsze uniwersytety...

Koniec pierwszego tysiąclecia rokował więc dobrze na przyszłość. Oby tak było obecnie, w ostatnim roku drugiego tysiąclecia!

## Literatura

- [1] Zob. np. O. Pedersen, *Konflikt czy symbioza?*, Tarnów 1997, s. 42 i następne.
- [2] Tamże, s. 140 i następne.
- [3] K. Dopierała, *Księga papieży*, Poznań 1996, s. 127–130.
- [4] J.N.D. Kelly, *Encyklopedia papieży*, Warszawa 1997, s. 191–193.

## RÓŻNE

# Centralna Komisja ds. Tytułu Naukowego i Stopni Naukowych

Adam Sobiczewski\*

*Instytut Problemów Jądrowych im. A. Sołtana, Warszawa*

---

### Central Commission for Scientific Title and Scientific Degrees

*Abstract:* Competence, organization and activity of the Polish Central Commission for Scientific Title and Scientific Degrees, responsible for the development of the scientific staff in Poland, are described. The contribution of physicists to the activity of the Commission is mentioned.

---

#### 1. Wstęp

Sprawami awansów naukowych zainteresowane jest całe środowisko naukowe w Polsce. Mimo to wiedza o Centralnej Komisji ds. Tytułu Naukowego i Stopni Naukowych (zwanej dalej krótko Centralną Komisją, Komisją czy wprost CK), która zajmuje się tymi sprawami w skali całego kraju, jest stosunkowo niewielka. Świadczy o tym wiele problemów, jakie pojawiają się przy prowadzeniu przez rady (naukowe czy rady wydziałów) postępowań awansowych, przy przygotowywaniu przez nie dla CK materiałów z tych postępowań czy przy recenzowaniu wniosków dla rad i samej CK. Chociaż Centralna Komisja informuje rady o swej działalności i pojawiających się w jej trakcie problemach w rocznych sprawoz-

daniach i specjalnych komunikatach, zasięg tych informacji wydaje się niewystarczający.

Celem tego artykułu jest próba dotarcia z takimi informacjami do szerszych kręgów środowiska naukowego. W szczególności do recenzentów biorących udział w postępowaniach awansowych, którzy stanowią dużą i wpływową część tego środowiska. Może to zaowocować lepszą znajomością problemów powstających w procesie awansowania kadry naukowej, motywacji takiego czy innego ich rozwiązywania, a w dalszej perspektywie być może także powstania nowych idei ulepszeń w całym tym procesie. Może też mieć bardziej bezpośrednie skutki w postaci lepszego, bardziej użytecznego dla rad i samej CK recenzowania wniosków, dzięki zasygnalizowaniu dość częstych jeszcze braków występujących w tym procesie.

---

\*Autor jest wiceprzewodniczącym Sekcji V (tj. Sekcji Nauk Matematycznych, Fizycznych, Chemicznych i Nauk o Ziemi) Centralnej Komisji ds. Tytułu Naukowego i Stopni Naukowych (przyp. Red.).

Artykuł nie pretenduje do pełnego i głębokiego omówienia sprawy awansów naukowych; nie byłoby to zresztą właściwe na to miejsce. Pomyślany jest raczej jako popularnie ujęta informacja o CK, sposobie jej działania (z ilustracją jego wyników) oraz zasygnalizowanie problemów, jakie pojawiają się w trakcie tej działalności. Szczegółową wiedzę o podstawach formalnych działania CK może znaleźć Czytelnik w treści ustawy z dnia 12 września 1990 r. [1], na której ta działalność się opiera, oraz w statucie CK [2].

W *Postęпах Fizyki* jest to pierwszy artykuł dotyczący tych spraw.

## 2. Informacje ogólne

### 2.1. Trochę historii

Centralna Komisja ds. Tytułu Naukowego i Stopni Naukowych powołana została wspomnianą ustawą z dnia 12.09.1990 r. [1]. Jej poprzedniczką była Centralna Komisja Kwalifikacyjna dla Pracowników Nauki, utworzona w 1951 r. Zakres jej działania obejmował początkowo wszystkie 3 pionierzy organizacyjne nauki, tj. szkolnictwo wyższe, Polską Akademię Nauk i instytuty naukowo-badawcze. W roku 1958 z kompetencji tej Komisji wyłączono sprawy pracowników naukowych szkolnictwa wyższego. Ustawa z 1965 r. wprowadziła już wyraźny podział kompetencji: sprawami pracowników naukowych szkolnictwa wyższego zajęła się Rada Główna Szkolnictwa Wyższego, a pracowników PAN i instytutów naukowo-badawczych – Główna Komisja Kwalifikacyjna dla Akademii Nauk i instytutów naukowo-badawczych. Dopiero Centralna Komisja ds. Tytułu Naukowego i Stopni Naukowych objęła z powrotem swoimi kompetencjami sprawy awansów naukowych pracowników wszystkich trzech pionierzy.

Przed 1951 r., w tym także przed wojną, nie było organu typu Centralnej Komisji.

### 2.2. Ogólny cel

Najogólniejszym celem CK jest zapewnienie dobrego poziomu kadry naukowej w Polsce. W szczególności chodzi o to, by żaden przyznany stopień czy tytuł naukowy nie schodził poniżej pewnego poziomu wymagań, niezależnie od tego, w której polskiej placówce naukowej odbywa się

odpowiednie postępowanie. Jak zobaczymy poniżej, cała działalność Komisji podporządkowana jest temu celowi.

### 2.3. Status

Centralna Komisja działa przy Prezesie Rady Ministrów i w swoim zakresie pełni funkcje centralnego organu administracji państwowej. Daje jej to pełną niezależność od resortów (Edukacji Narodowej, PAN, KBN i in.), których placówki naukowe ma kontrolować w zakresie awansów naukowych.

### 2.4. Wybory do CK

Członkiem CK może zostać obywatel polski posiadający tytuł naukowy (tj. tytuł profesora). Kandydatów mogą zgłaszać wszystkie rady (naukowe czy wydziałów), które mają uprawnienia do przyznawania stopnia naukowego doktora. Spośród tych kandydatów, członkowie CK wybierani są przez osoby posiadające tytuł naukowy. Zarówno więc zgłaszania kandydatów jak i ich wyboru dokonuje samo środowisko naukowe spośród swoich reprezentantów.

Kadencja trwa 3 lata. Bieżąca kadencja obejmuje okres 1.01.00–31.12.02.

### 2.5. Organizacja i skład

Centralna Komisja działa na swoich posiedzeniach plenarnych oraz przez swoje organy, tzn. przewodniczącego, prezydium i sekcje.

Na pierwszym posiedzeniu plenarnym Komisja wybiera dwóch kandydatów na przewodniczącego. Spośród nich przewodniczącego powołuje premier rządu (zwykle jest to osoba, która otrzymała więcej głosów). Komisja dokonuje także wyboru dwóch wiceprzewodniczących i sekretarza. Może także wprowadzić zmiany w istniejących dotychczas sekcjach stałych.

Obecnie istnieje 6 stałych sekcji CK: sekcja I – Nauk Humanistycznych i Społecznych, Sekcja II – Nauk Ekonomicznych, Sekcja III – Nauk Biologicznych, Rolniczych i Leśnych, Sekcja IV – Nauk Medycznych (z Farmaceutycznymi), Sekcja V – Nauk Matematycznych, Fizycznych, Chemicznych i Nauk o Ziemi oraz Sekcja VI – Nauk Technicznych. Na pierwszym swoim posiedzeniu sekcje wybierają swoich przewodniczących i wiceprzewodniczących. Oprócz sekcji stałych mogą być powoływane spośród członków różnych sekcji

stałych sekcje doraźne, do rozpatrzenia konkretnej sprawy, wykraczającej poza kompetencje jednej sekcji stałej.

Prezydium CK to 10 osób: przewodniczący CK (w obecnej kadencji jest nim prof. Janusz Tazbir – historyk), dwóch wiceprzewodniczących (prof. Franciszek Kaczmarek – fizyk i prof. Andrzej Grzywacz – przedstawiciel nauk leśnych), sekretarz (prof. Osman Achmatowicz – chemik) i 6 przewodniczących sekcji.

Obecnie CK liczy 220 członków. W podziale na poszczególne sekcje wynosi to: I – 54 osoby, II – 16, III – 34, IV – 35, V – 39, VI – 42. Członkowie CK reprezentują wszystkie dziedziny i dyscypliny naukowe, w których mogą być przyznawane stopnie i tytuł. Jest zasadą, że w skład CK wchodzi co najmniej 3 przedstawicieli każdej dziedziny.

Obecnie istnieje 17 takich dziedzin (ustala je CK). Są to nauki: biologiczne, chemiczne, ekonomiczne, farmaceutyczne, fizyczne, humanistyczne, leśne, matematyczne, medyczne, o kulturze fizycznej, o Ziemi, prawne, rolnicze, techniczne, teologiczne, weterynaryjne, wojskowe.

Wymieńmy także dyscypliny wchodzące w skład dziedzin objętych interesującą nas szczególnie Sekcją V (dyscypliny te podajemy w nawiasie): nauki matematyczne (informatyka, matematyka), nauki fizyczne (astronomia, biofizyka, fizyka, geofizyka), nauki chemiczne (biochemia, chemia, technologia chemiczna), nauki o Ziemi (geofizyka, geografia, geologia, oceanologia). Widać, że dyscyplina „geofizyka” wchodzi zarówno do nauk fizycznych, jak i nauk o Ziemi.

## 2.6. Fizycy w CK

Dla Czytelników *Postępów Fizyki* może być ciekawe, jak reprezentowana jest obecnie w CK fizyka, kto z fizyków wchodzi w jej skład, tzn. skład Sekcji V (w nawiasie podajemy szczegółową specjalność oraz instytucję, z którą osoba ta jest związana). Są to: Krzysztof Haman (geofizyka, fizyka atmosfery, Instytut Geofizyki UW), Andrzej Hryniewicz (fizyka jądrowa, fizyka ciała stałego, Instytut Fizyki Jądrowej im. H. Niewodniczańskiego, Kraków), Mikołaj Jerzykiewicz (astronomia, astrofizyka, Instytut Astronomii UW), Franciszek Kaczmarek (elektronika kwantowa, optyka kwantowa, Instytut Fizyki UAM, Poznań), Andrzej Oleś (fizyka ciała stałego, AGH, Kraków), Adam Sobiczewski (fizyka jądrowa, Instytut Pro-

blemów Jądrowych im. A. Sołtana, Warszawa), Jan Stankowski (radiospektroskopia ciała stałego, Instytut Fizyki Molekularnej PAN, Poznań), Kacper Zalewski (fizyka teoretyczna, fizyka wysokich energii, Instytut Fizyki UJ, Kraków). Jest to zatem 8 fizyków na ogólną liczbę 39 członków Sekcji V, obejmującej 4 dziedziny. Dziewiątym był Józef S. Kwiatkowski (biofizyka, Instytut Fizyki UMK, Toruń), który zmarł w grudniu 2000 r.

Podaliśmy tu tylko te osoby, których dyscyplina należy formalnie do dziedziny nauk fizycznych. Jednakże bardzo bliskie fizyce są także osoby reprezentujące dziedziny pokrewne lub pogranicza dziedzin. Należą tu: Czesław Druet (oceanologia, fizyka morza, Instytut Oceanologii PAN, Sopot), Zbigniew Fajkiewicz (geofizyka, AGH, Kraków) i Stanisław Woronowicz (fizyka matematyczna, Katedra Metod Matematycznych Fizyki UW), a więc dalsze 3 osoby.

## 3. Kompetencje i sposób działania

### 3.1. Kompetencje

O wpływie CK na poziom przyznawanych stopni i tytułu decydują trzy główne jej kompetencje: 1) przyznawania, ograniczania, zawieszania lub cofania radom uprawnień do nadawania stopni naukowych i prowadzenia postępowań o nadanie tytułu. 2) zatwierdzania (lub nie) uchwał rady o nadaniu stopnia doktora habilitowanego, 3) przedstawiania (lub nie) Prezydentowi RP nadesłanego przez radę wniosku o nadanie tytułu naukowego.

Radom jednostek szkolnictwa wyższego uprawnienia przyznawane są po zasięgnięciu opinii Rady Głównej Szkolnictwa Wyższego.

Do kompetencji CK należy wiele innych, mniej zasadniczych spraw, które przewijają się w odpowiednim kontekście w różnych częściach tego artykułu i nie wymagają tu oddzielnego wymienienia czy omówienia. Na przykład, CK określa w postaci uchwały dziedziny nauki i dziedziny sztuki oraz dyscypliny naukowe i artystyczne, w zakresie których mogą być nadawane stopnie i tytuły. Przewodniczący CK ogłasza (w *Monitorze Polskim*) wykaz tych dziedzin i dyscyplin, jak również wykaz jednostek uprawnionych do nadawania stopni w tych dziedzinach oraz nazwy tych stopni. Ogłasza też tryb zgłaszania przez rady wniosków o przyznanie im uprawnień.

### 3.2. Sposób działania

Swe główne uprawnienia decydowania o poziomie przyznawanych awansów naukowych CK realizuje przez ocenę kwalifikacji i działalności rad oraz rozpatrywanie wniosków o przyznanie stopnia lub tytułu.

#### 3.2.1. Ocena kwalifikacji i działalności rad

Przed rozpatrzeniem wniosku rady o przyznanie jej uprawnień, Komisja bada formalne i merytoryczne kwalifikacje rady, aktywność naukową placówki, w której rada działa, itd. Jeśli jest to placówka szkolnictwa wyższego, to, jak wspomnieliśmy powyżej, zasięga także opinii Rady Głównej Szkolnictwa Wyższego. Na podstawie tej wiedzy udziela uprawnień lub nie. Są dwa rodzaje uprawnień: do przyznawania stopnia doktora oraz do przyznawania stopnia doktora habilitowanego w określonej dziedzinie. To ostatnie uprawnienie pozwala także radzie na prowadzenie postępowania o nadanie tytułu naukowego (profesora) w danej dziedzinie.

Co do rad posiadających już uprawnienia, to CK dokonuje okresowej oceny działalności naukowej placówki, którą dana rada reprezentuje. Poziom tej działalności decyduje bowiem z reguły o jakości przeprowadzanych tam awansów naukowych. Komisja ocenia również zasadność uchwał podejmowanych przez radę tej placówki w sprawach tych awansów. Jeśli ocena jest negatywna, to CK może: 1) ograniczyć uprawnienia rady przez wymóg zatwierdzenia przez CK każdej jej uchwały o nadaniu stopnia doktora, 2) zawiesić uprawnienia rady na określony czas (nie przekraczający 3 lat), 3) pozbawić radę uprawnień.

W wyniku oceny placówki może również nastąpić sytuacja niejako odwrotna: CK może zwołać uchwały rady tej placówki w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego od potrzeby ich zatwierdzenia przez CK. Może to nastąpić w przypadku stwierdzenia wyjątkowo wysokiego poziomu przeprowadzanych tam habilitacji. Obecnie zachodzi to tylko w jednym przypadku: Rady Naukowej Instytutu Matematycznego PAN.

#### 3.2.2. Rozpatrywanie wniosków o przyznanie stopnia i tytułu

Rozpatrywanie wniosków o przyznanie stopnia doktora habilitowanego oraz tytułu profesora

stanowi główną, zajmującą najwięcej czasu działalność CK. Najbardziej interesująca nas tutaj Sekcja V poświęca głównie tej sprawie z reguły 2 dni każdego miesiąca (z wyjątkiem 2 miesięcy letnich).

Każdą sprawę sekcja rozważa po zasięgnięciu opinii przynajmniej jednego recenzenta, wybranego spośród swoich członków lub spoza nich. Jeśli co najmniej jedna opinia jest negatywna, powoływany jest dodatkowy recenzent spoza składu sekcji. W niektórych sprawach powoływanych bywa wielu recenzentów, szczególnie w przypadku odwołań kandydata lub rady od decyzji Komisji. Naturalnie wydłuża to czas rozpatrywania sprawy.

Decyzje sekcji zapadają w głosowaniu tajnym, po wysłuchaniu opinii recenzenta CK i dyskusji członków sekcji. Wszystkie decyzje sekcji przedstawiane są następnie na posiedzeniu Prezydium CK. Wniosek awansowy, który budził wątpliwość sekcji (np. duża liczba głosów wstrzymujących się lub niewielka przewaga głosów pozytywnych nad negatywnymi i wstrzymującymi się) dyskutowany jest przez Prezydium, które w takim przypadku z reguły proponuje dodatkowego recenzenta. Po otrzymaniu jego opinii Prezydium podejmuje decyzję ostateczną lub kieruje sprawę do sekcji w celu ponownego jej rozpatrzenia.

Czas rozpatrywania poszczególnej sprawy bardzo zależy od stopnia jej przejrzystości, od tego, czy dorobek kandydata spełnia bardzo wyraźnie wszystkie wymagania. Zależy też od jakości przygotowania sprawy przez radę, a także przez recenzenta. Gdy przygotowane materiały i recenzja są dokładne, przejrzyste, możliwie wszechstronne i wyczerpujące, czas ten jest krótki. Należy więc usilnie apelować do rad i recenzentów o takie właśnie przygotowywanie spraw, dla dobra kandydatów do awansu.

### 3.3. Kontakt z radami

Przy rozpatrywaniu przez CK nadsyłanych przez rady wniosków ujawnia się wiele spraw i problemów, w których Komisja musi określić swoje stanowisko i przekazać je radom razem z wyjaśniającymi je uwagami. Dokonuje ona tego przy okazji corocznych sprawozdań ze swej działalności oraz w specjalnych komunikatach. Podamy tu bardziej typowe przykłady tych problemów.

W sprawach recenzentów i recenzowania CK zwraca np. uwagę, że w wielu opiniach brak jest wskazania, co istotnego i oryginalnego wniósł kandydat do rozwoju swojej dziedziny. Podawane są natomiast mało znaczące ogólniki. Często nie jest odpowiednio wyeksponowany dorobek po ostatnim awansie.

Sporo jest recenzji grzecznościowych, pozbawionych krytycznej analizy dorobku. Zdarzają się też recenzje krytyczne, stanowiące faktycznie negatywną ocenę dorobku, ale zakończone grzecznościowo pozytywną konkluzją. Są one więc w istocie mylące, wewnętrznie sprzeczne i mogą prowadzić do niewłaściwej oceny kandydata przez radę. Zjawisko takie występuje też czasami w opiniach przygotowywanych dla CK. Komisja proponuje rezygnację z zasięgania opinii tych recenzentów, którzy systematycznie wykazują brak krytycyzmu w ocenie dorobku lub brak odwagi w jego wyrażaniu.

Komisja sugeruje także niepowoływanie na recenzentów osób, które są współautorami prac kandydata, sądząc, że okoliczność ta może utrudnić obiektywność oceny.

Czasami zdarza się powoływanie recenzentów zagranicznych. Recenzenci ci, nie znający polskich kryteriów oceny dorobku, charakteru określonego szczebla awansowego, piszą najczęściej opinię jawnie grzecznościową, której nie przedstawiają potem osobiście w trakcie postępowania i nie ponoszą żadnej formalnej czy moralnej odpowiedzialności za swą ocenę. Poza tym według obowiązującego u nas prawa recenzentem może być, zależnie od rodzaju postępowania, osoba ze stopniem doktora habilitowanego lub tytułem profesora. Tego warunku formalnego recenzenci zagraniczni na ogół nie spełniają, co może być podstawą do unieważnienia uchwały rady w prowadzonej sprawie. W tej sytuacji CK proponuje nie powoływać recenzenta zagranicznego lub, gdy jest to merytorycznie uzasadnione, powołać go jako opiniodawcę dodatkowego, przy tyłu recenzentach krajowych, ilu wymaga aktualnie obowiązująca procedura. Opinia takiego recenzenta, szczególnie gdy cieszy się on dużym międzynarodowym autorytetem w danej dziedzinie, będzie niewątpliwie miała wpływ na wynik postępowania, nawet gdy nie będzie spełniał on wymagań formalnych.

Wśród spraw pojawiających się w różnych etapach postępowania awansowego rad, CK

zwraca uwagę np. na potrzebę możliwie ścisłego określania zakresu, dziedziny i dyscypliny habilitacji. Chodzi o to, by zakres habilitacji mieścił się w ramach formalnych i merytorycznych uprawnień rady. Zdarza się bowiem, że przekracza on te ramy.

Nierzadko zdarza się też, że materiały dotyczące kandydata są uzupełniane w trakcie postępowania awansowego. Jest to jednak całkowicie sprzeczne z istotą takiego postępowania. Ma ono bowiem wykazać pełną gotowość kandydata do awansu już w chwili wszczęcia postępowania. Nawet w przypadku odwołania od decyzji CK, które z reguły wiąże się z wydłużonym okresem rozważania sprawy, bierze się pod uwagę wyłącznie dorobek w momencie wszczęcia postępowania. Nowy dorobek kandydata może być wykorzystany tylko w nowym wniosku o awans, a nie w postępowaniu odwoławczym.

W związku ze wzrostem liczby prac zespołowych konieczne jest wyodrębnianie indywidualnego wkładu kandydata do tych prac. W tym celu współautorzy prac wchodzących do habilitacji kandydata proszeni są o przejrzyste oświadczenie, jaki jest ich własny (a nie kandydata) wkład do tych prac. Chodzi jednak o merytoryczną charakterystykę tego wkładu (koncepcja pracy, wybór lub opracowanie metody badań, przeprowadzenie ich, interpretacja wyników, ...), a nie o mało użyteczny i trudny do ustalenia wkład procentowy. Najczęściej jednak jest tak, że współautorzy oceniają właśnie wkład kandydata i to bardzo ogólnikowo, np. w procentach, co dla omawianych celów jest bezwartościowe.

Komisja zwraca też często uwagę, że kolokwia habilitacyjne nie powinny ograniczać się do sprawdzenia wiedzy kandydata jedynie w zakresie rozprawy habilitacyjnej. Powinno ono zostać wykorzystane do sprawdzenia jego erudycji na szerszej płaszczyźnie naukowej, jego kwalifikacji jako samodzielnego pracownika naukowego. W protokole rady powinna znaleźć się ocena odpowiedzi podana przez zadających pytania.

Wykład habilitacyjny powinien z kolei świadczyć zarówno o naukowych, jak i dydaktycznych kwalifikacjach kandydata. Powinien też wykazywać umiejętność przejrzystej konstrukcji wypowiedzi, zachowania jej dyscypliny czasowej oraz jej poprawność terminologiczną i językową. Zaleca się więc wygłaszanie, a nie odczytywanie wykładu

oraz pozwolenie habilitantowi na wygłoszenie go w całości, a nie przerywanie po wygłoszeniu tylko części.

Przy charakterystyce recenzentów i członków rady, biorących udział w głosowaniu, w materiałach postępowania powinno się przestrzegać rozróżniania tytułu naukowego profesora od stanowiska. Nieprzestrzeganie tego może utrudnić ocenę, czy recenzent spełnia wymagania formalne, a także czy rada podejmująca uchwałę (dokumentuje to lista osób obecnych w chwili tego wydarzenia) spełnia w danej chwili odpowiednie wymagania kadrowe, by w tym momencie korzystać z posiadanych uprawnień. Trzeba bowiem pamiętać, że recenzentami wniosku o tytuł profesora mogą być tylko osoby posiadające ten tytuł. To samo dotyczy także osób wchodzących w skład komisji rady zajmującej się postępowaniem w sprawie tego wniosku.

Dodajmy tu może, że przy podejmowaniu uchwał rad w sprawie awansów naukowych przestrzegany jest z reguły wymóg kworum formalnego, ilościowego (obecność co najmniej połowy członków rady uprawnionych do głosowania). Nie zawsze jednak przestrzegany jest warunek kworum jakościowego, tj. obecności tych członków danej rady, którzy są kompetentni w zakresie oceniania dorobku. Przy tym chodzi o faktyczną obecność i czynny udział, a nie o samo złożenie podpisu na liście obecności. Chociaż warunek ten nie jest formalnie postawiony przez przepisy, to CK apeluje, by go spełniać.

### 3.4. Kilka uwag praktycznych

Jak wspomnieliśmy wyżej, przebieg postępowania awansowego w CK, czas jego trwania i wynik zależy nie tylko od sposobu przeprowadzenia go przez daną radę, ale i od staranności przygotowania jego materiałów przesłanych do Komisji. Wszelkie braki czy niejasności w tych materiałach powodują konieczność uzupełnień lub wyjaśnień. Powoduje to wydłużenie procedury, ze szkodą dla kandydata. Niestarannie przygotowane, mało przejrzyste materiały utrudniają też pracę recenzentowi powołanemu przez Komisję.

Przebieg postępowania w CK zależy też w dużym stopniu od tego recenzenta, staranności przygotowania jego opinii i przejrzystości jej przedstawienia. Recenzent powinien poznać materiały wniosku możliwie dokładnie i wszechstron-

nie, by móc od razu odpowiedzieć na różne, często dość szczegółowe pytania członków sekcji, bez potrzeby wyszukiwania odpowiednich informacji w materiałach dopiero w trakcie referowania sprawy.

Pytania mogą być naturalnie bardzo różnorodne. Warto może jednak powiedzieć, jakimi podstawowymi kwestiami interesuje się CK i które z nich powinny się zatem znaleźć w opracowanej dla niej opinii.

Podstawową kwestią jest możliwie dokładne wskazanie oryginalnego osiągnięcia naukowego kandydata po ostatnim jego awansie, osiągnięcia, które wniosło istotny wkład w rozwój uprawianej przez niego dziedziny. Ważne jest, by osiągnięcie to było wskazane możliwie konkretnie, a nie ogólnikowo. Trzeba tu wyraźnie powiedzieć, że brak takiego osiągnięcia nie daje się skompensować przez nawet bardzo duży dorobek dydaktyczny czy organizacyjny. Istotne też jest omówienie całego dorobku, np. poza rozprawą w przypadku habilitacji. Pewną miarą dorobku jest liczba publikacji w dobrych czasopismach o międzynarodowym zasięgu. Ważny jest również oddźwięk na prace kandydata, liczba ich cytowań, zaproszenia do wygłoszenia referatów oryginalnych i przeglądowych w różnych ośrodkach i na konferencjach, szczególnie tych najbardziej prestiżowych. Użyteczna też jest informacja o aktywności polegającej na nawiązywaniu i prowadzeniu współpracy z ośrodkami w kraju i na świecie.

Istotne jest naturalnie omówienie również działalności dydaktycznej. W przypadku wniosku o tytuł ważne jest podanie, czy kandydat zgromadził grupę młodych ludzi, których kształci na pracowników naukowych, inicjując pewną tematykę badawczą. W szczególności ważne jest, czy wypromował przynajmniej jednego doktora. Promowanie doktorów jest bowiem bardzo czytelną miarą dorobku w zakresie kształcenia młodej kadry naukowej. Wymóg ten, choć bardzo naturalny, nie jest jednak formalny. Stąd CK uważa, że może on nie być spełniony, ale tylko w bardzo wyjątkowych przypadkach szczególnie wybitnych osiągnięć naukowych.

Ważne są także osiągnięcia organizacyjne, zwłaszcza przy wnioskach o tytuł naukowy.

Pragniemy jeszcze raz podkreślić, że informacje te stanowią pewne minimum, które powinno znaleźć się w recenzji dla CK. Podobnie powinno być zresztą także w recenzjach dla rady. Recen-

zent CK może być także pytany o wiele innych spraw, np. przebieg kolokwium czy wykładu habilitacyjnego, temat tego wykładu, przeprowadzonej po nim dyskusji, jak wypadł w niej habilitant, wyniki poszczególnych głosowań itd. Może być pytany właściwie o wszystko, co zawierają materiały postępowania.

#### 4. Działalność w ostatniej pełnej kadencji

Działalność CK i jej wyniki zilustrujemy na przykładzie ostatniej pełnej kadencji, tj. kadencji III w latach 1997–99.

Identycznie jak w bieżącej IV kadencji, do Komisji w III jej kadencji wybranych zostało 220 członków. Wybrano ich spośród 728 kandydatów zgłoszonych przez 482 placówki naukowe (spośród 504 placówek do tego uprawnionych, co oznacza, że ok. 96% placówek skorzystało z tego prawa). Wybrani oni zostali przez 7149 osób spośród 9727 osób uprawnionych do głosowania, tj. posiadających tytuł profesora. Z prawa do głosu skorzystało więc ok. 73% osób.

Wśród tych 220 członków, 170 osób (ok. 77%) było pracownikami szkół wyższych, 33 (ok. 15%) – placówek PAN i 17 (ok. 8%) – jednostek badawczo-rozwojowych.

Istniały takie same jak w bieżącej kadencji sekcje stałe (6 sekcji), liczące tyle samo co obecnie członków. Działała również doraźna Sekcja (VII)

Nauk Wojskowych powoływana spośród członków sekcji stałych do rozpatrzenia konkretnych spraw.

W ciągu kadencji odbyło się 28 posiedzeń Prezydium, 50 posiedzeń Sekcji I, po 29 Sekcji II i III, 32 Sekcji IV, 45 Sekcji V i 27 Sekcji VI.

W zdecydowanej większości spraw czas oczekiwania na decyzję Komisji wynosił ok. 3 miesiące. Czas ten poświęcony był na przygotowanie opinii przez recenzenta CK, przedyskutowanie sprawy przez sekcję i podjęcie decyzji przez Prezydium. Sprawy, w których zachodziła potrzeba powołania dodatkowych recenzentów trwały znacznie dłużej. Sprawy te są jednak stosunkowo nieliczne: stanowią 10–15%.

Tabela 1 ilustruje pełną działalność CK w III kadencji. Podane liczby mogą się naturalnie zmieniać od jednej kadencji do drugiej. Ponieważ dotyczą jednak długiego okresu (3 lata), niosą wiele informacji.

Rzuca się w oczy przede wszystkim ogromna liczba rozważonych spraw, blisko 4400. W zdecydowanej większości dotyczyły one szkół wyższych, gdyż tych placówek naukowych jest najwięcej. Największa liczba spraw to habilitacje. Decyzje negatywne CK były tu na poziomie poniżej 4%. Liczba spraw profesorskich była tylko o ok. 1/3 mniejsza. Tutaj decyzje negatywne stanowiły ok. 5%. Ciekawy też jest rozkład liczbowy tych spraw i negatywnych decyzji na poszczególne pionier nauki.

Tabela 1. Liczba spraw rozpatrzonych przez CK w III kadencji (1997–99).

Rodzaj sprawy	Liczba spraw rozpatrzonych								
	Ogółem	Pozytywnie	Negatywnie	w tym					
				Szkoly wyższe		PAN		Pozost. placowki	
				Pozyt.	Negat.	Pozyt.	Negat.	Pozyt.	Negat.
Tytuł profesora	1623	1542	81	1334	71	117	9	91	1
Habilitacja	2402	2309	93	1967	84	202	3	140	6
Doktoraty (zatw. uchwał)	14	14	0	14	0	0	0	0	0
Uprawn. do nad. st. i tyt. nauk.	181	117	64	104	52	8	7	5	5
Odwołania od uchwał RW/RN	53	29	24	29	20	0	2	0	2
Odwołania od decyzji CK	112	32	80	30	74	2	4	0	2
Inne (wznow., zgody)	6	6	0	6	0	0	0	0	0
Liczba spraw ogółem	4391	4049	342	3484	301	329	25	236	16



Sprawdzenia poprawności uchwał rad nadających stopień doktora dokonano tylko w 14 przypadkach. Wszystkie wypadły pozytywnie. Natomiast bardzo duży procent (ok. 35%) stanowiły decyzje odmawiające radom przyznania im praw do nadawania stopni i tytułu naukowego (w określonej dziedzinie). Jeszcze większy był odsetek (ok. 45%) decyzji negatywnych w sprawach odwołań kandydatów od uchwał rad, a największy (ok. 71%) w sprawach odwołań rad i kandydatów

od decyzji CK. We wszystkich rodzajach spraw interesujący jest rozkład decyzji negatywnych na poszczególne piony nauki.

Wykaz spraw habilitacji i tytułu rozważonych w najbardziej interesującej nas Sekcji V podaje tab. 2. Widać, że najwięcej rozpatrzonych zostało spraw z dziedziny fizyki.

Wreszcie tab. 3 podaje rozkład rozważonych spraw habilitacyjnych z dziedziny fizyki na poszczególne dyscypliny.

Tabela 2. Liczby wniosków o stopień dra hab. i tytuł profesora rozważonych w Sekcji V w III kadencji CK.

Dziedzina	Tytuł prof.			Habilitacje		
	Razem	Poz.	Neg.	Razem	Poz.	Neg.
Nauki chemiczne	78	72	6	102	98	4
Nauki fizyczne	92	88	4	151	146	5
Nauki matematyczne	36	34	2	56	52	4
Nauki o Ziemi	42	38	4	67	59	8
Razem	248	232	16	376	355	21

Tabela 3. Rozkład liczby wniosków o stopień dra hab. w dziedzinie fizyki na poszczególne dyscypliny, rozpatrzonych przez Sekcję V CK w III kadencji.

Dyscyplina	Razem	Poz.	Neg.
astronomia	6	6	0
fizyka	142	137	5
geofizyka	3	3	0
Razem	151	146	5

Bardziej szczegółowe dane o działalności CK w III kadencji może znaleźć Czytelnik w opracowaniu [3].

Pragnę serdecznie podziękować Profesorom Osmanowi Achmatowiczowi (sekretarzowi CK) i Franciszkowi Kaczmarkowi (wiceprzewodniczącemu CK) za cenne uwagi i sugestie, oraz Panu Henrykowi Halembie (dyrektorowi Biura CK) za pomoc w zebraniu materiałów do tego artykułu.

### Literatura

- [1] *Dziennik Ustaw* 1990, nr 65, poz. 386.
- [2] Statut Centralnej Komisji ds. Tytułu Naukowego i Stopni Naukowych (przyjęty na posiedzeniu plenarnym w dniu 19.04.1991 r., ze zmianami wprowadzonymi na posiedzeniu plenarnym w dniu 9.03.1994 r.).
- [3] Sprawozdanie z działalności Centralnej Komisji ds. Tytułu Naukowego i Stopni Naukowych w III kadencji (1997–99), Centralna Komisja ds. Tytułu Naukowego i Stopni Naukowych, Warszawa, styczeń 2000 r.

## Witold Gariat (1926 – 2001)

Andrzej Mycielski

*Instytut Fizyki Polskiej Akademii Nauk, Warszawa*

9 stycznia 2001 r. zmarł w Caracas w Wenezueli prof. dr hab. Witold Gariat. Przeżył 75 lat. Urodzony 1 stycznia 1926 r. na rubieżach przedwojennej Polski, na północno-wschodnich krańcach województwa wileńskiego, wyniósł z domu głęboki patriotyzm, szacunek dla przodków i tradycji oraz wielkie umiłowanie historii.

Do wybuchu wojny ukończył I klasę gimnazjum. W czasie wojny został przez Niemców wywieziony na roboty, gdzie w obozie w Osnabrück pracował jako stolarz. Mimo młodego wieku wyróżniał się wytrzymałością fizyczną i talentem technicznym, dzięki czemu dawał sobie radę w tych skrajnie ciężkich dla młodego chłopca warunkach. Cierpiąc głód i niewolniczą pracę. Po wyzwoleniu obozu przez Anglików spędził rok w Anglii, lecz ze wszystkich sił starał się powrócić do Polski, w której nie miał nikogo bliskiego, gdyż powojenne granice odcięły od Polski jego rodzinę. Wydawało mu się, że pamięta adres jakiejś dalekiej ciotki w Lęborku. Głodny, wyczerpany dotarł na to miejsce, lecz okazało się, że adres był pomyłony – mieszkał tam ktoś inny. Długo krążył zrozpaczony po mieście, odwiedzając rynek, targowiska, kościoły. W końcu przedziwnym trafem spotkał poszukiwaną ciotkę przypadkowo na ulicy. Zamieszkał u niej, podjął naukę w gimnazjum w Lęborku i przez cały czas utrzymywał się z pracy w zakładzie stolarskim.

Po zdaniu matury w 1948 r. przyjechał do Wrocławia i rozpoczął studia na Wydziale Fizyki Uniwersytetu Wrocławskiego. Żeby móc studiować, pracował jako stróż nocny w sklepie obuwniczym. Jego – jak mówili koledzy – litewski upór, twardy charakter i ogromna pracowitość pozwo-

liły mu godzić pracę z nauką i w październiku 1952 r. zakończyć studia pracą magisterską wykonaną pod kierownictwem prof. Jana Nikliborca, którego przez całe życie darzył ogromnym szacunkiem i czcią. W 1954 r. przeniósł się do Warszawy, gdzie na Uniwersytecie Warszawskim podjął studia doktoranckie (wówczas zwane kandydackimi) pod kierunkiem prof. Leonarda Sosnowskiego, który wówczas organizował Instytut Fizyki Polskiej Akademii Nauk i w 1956 r. zatrudnił w nim Gariata.

Witold Gariat od czasów wspólnych studiów we Wrocławiu był w wielkiej przyjaźni z nieżyjącym obecnie moim bratem Jerzym Mycielskim, jak też z moimi rodzicami. Mój ojciec, profesor prawa, wyrzucony w czasach stalinowskich z katedry Uniwersytetu Wrocławskiego, w poszukiwaniu pracy zamieszkał z rodziną w Magdalence pod Warszawą. Na wiadomość, że Gariat przenosi się do Warszawy, rodzice znaleźli mu tanie mieszkanie w Magdalence. Pamiętam wtedy liczne wieczory, w których Gariat z moim bratem Jerzym, już zatrudnionym jako fizyk teoretyk u prof. Infelda, dyskutowali, w jaki sposób stworzyć warunki do rozwoju fizyki półprzewodników. Pamiętam zdanie Gariata, którego jako ówczesny gimnazjalista nie bardzo rozumiałem: „żeby były pomiary, doświadczenia i cała fizyka półprzewodników, musi być najpierw własna dobra technologia”. Ta idea przyświecała mu potem przez całe życie.

Gariat miał taki charakter i upór, że gdy podjął decyzję, to realizował ją do zapamiętania się. Sam wykonywał niezbędne prace mechaniczne, szklarskie, sam nawijał i montował piece, najprzód w jednym, potem w dwóch, trzech pokojach

na III piętrze Instytutu Fizyki na Hożej 69 w Warszawie. Pamiętam np. takie zdarzenie, że gdy nie miał już gdzie ustawiać następnych pieców do krystalizacji, a na dachu budynku istniał betonowy taras wielkości  $15\text{ m}^2$ , to Gariat w ciągu krótkiego czasu zbudował na części tego tarasu zgrabny, przeszklony pawilon z zasilaniem elektrycznym, a potem ustawił tam i uruchomił kilka pieców do oczyszczania i krystalizacji. Tego typu postępowanie budziło podziw i entuzjazm u kolegów, lecz niekoniecznie ułatwiało relacje z przełożonymi. To jego bardzo charakterystyczna cecha – ani cienia kompromisu, ani cienia układowości z przełożonymi. Gdy Gariat uważał, że coś jest słuszne, to przystępował do działania nie zważając zupełnie na reakcje, jakie to działanie wywołuje.

W końcu lat pięćdziesiątych jedną z tematyk, jaka zaczęła się w fizyce ciała stałego pojawiać, była fizyka półprzewodników z wąską przerwą energetyczną. Możliwość płynnego przechodzenia od półmetalicznych cech związków typu HgTe do półizolacyjnych cech CdTe zafascynowała Gariata. Do realizacji tej idei musiały być zbudowane nowe metody oczyszczania pierwiastków: destylacja próżniowa, topienie strefowe, specjalna destylacja rtęci oraz różne metody przeprowadzania reakcji syntezy dwu- i trójskładnikowych związków i w końcu ich krystalizacji. Do tej technologii rzucili się z zapałem młodzi fizycy (dziś już szacowni profesorowie, luminarze polskiej nauki), którzy wówczas zaczynali prace od oczyszczania materiałów czy też hodowania kryształów, które chcieli badać. Pamiętam, jak Robert Gałązka z zapałem hodował InSb, a potem HgCdTe, jak Jerzy Ginter i Marian Grynberg wyhodowali, a potem badali piękne kryształy CdSe. Fizyka półprzewodników z wąską przerwą stała się jedną z najważniejszych tematyk w tamtych latach.

W latach sześćdziesiątych pojawiła się nowa tematyka: półprzewodniki  $A^{II}B^{VI}$  domieszkowane trzecim składnikiem – manganem – wprowadzającym do tych półprzewodników oddziaływanie magnetyczne. Znowu trzeba było wytwarzać najróżniejsze kryształy z wprowadzonym do nich manganem. Zapoczątkowanie tego dzieła zaowocowało wieloma pracami doświadczalnymi i teoretycznymi, wykonywanymi często we współpracy międzynarodowych. Ta tematyka stała się potem dominującą w tzw. warszawskiej szkole półprzewodników.

Ideą Gariata było znowu tworzenie specyficznej bazy materiałowej niezbędnej do rozwijania tej tematyki. Tą bazą była nie tylko technologia, lecz miały się nią stać zebrania fizyków pracujących w tej samej dziedzinie, żeby wspólnie omawiać otrzymywane wyniki, pomysły i nowe idee. Tak z inicjatywy Gariata i jego wysiłku organizacyjnego powstała genialna idea corocznych konferencji w Jaszowcu. Wiosenne tygodniowe spotkania daleko od miejsca pracy, z możliwością kontaktów z przyrodą na licznych wycieczkach, były wymarzoną okazją do dyskusji i inicjowania kontaktów. Początkowo „Jaszowce” odbywały się po polsku, lecz z czasem stały się – i są do dzisiaj – międzynarodową anglojęzyczną szkołą fizyki związków półprzewodnikowych. Idea, aby młodzi fizycy mogli spotykać się nieformalnie ze starszymi, realizowana była w pełni i do dzisiaj znakomicie przyczynia się do konsolidacji środowiska naukowego.

W początkach lat siedemdziesiątych Instytut Fizyki PAN w Warszawie przeniósł się na Służewiec. Tam znów Witold Gariat z olbrzymim rozmachem urządził pracownię z dużą, znakomitą technologią materiałów półprzewodnikowych. Do dzisiaj często korzystam z tych urządzeń i wiem, ile wiedzy i pracy musiał w to włożyć.

Intuicja fizyczna i utalentowane, pracowite ręce Witolda Gariata przynosiły znakomite wyniki: otrzymywał materiały o rewelacyjnej na owe czasy czystości i strukturze. W Polsce (i nie tylko) niewielu jest chyba fizyków zajmujących się półprzewodnikami półmagnetycznymi, którzy by nie słyszeli o Gariacie. Często wyjeżdżał do zagranicznych laboratoriów, gdzie wiele się uczył, nawiązywał współprace naukowe, otrzymywał liczne zaproszenia, kontrakty, stypendia. Liczba publikacji naukowych z jego nazwiskiem rosła bardzo szybko. Jednak po dwudziestu latach bardzo intensywnej i naukowo wydajnej pracy tarcia personalne spowodowały, że wyjechał do Wenezueli i tam pozostał. Skazanie na przymusową emigrację było dla niego bardzo bolesnym ciosem.

Pozostał w Wenezueli, najpierw w Meridzie, potem w Caracas. Tam znowu po raz kolejny budował laboratoria i ustawiał technologie. Pracował nad otrzymywaniem półprzewodników  $A^{II}B^{VI}$  z wprowadzanymi do nich innymi metalami przejściowymi poza manganem. Wytwarzane przez niego doskonałe próbki znane były od



Witold Gariat w 1975 r. nad Laguna Negra (3500 m n.p.m.) w górach de Santo Domingo.

Ameryki przez Paryż, Warszawę do Świerdłowska. W roku 1996 na Uniwersytecie Los Andes

w Meridzie otwarto Laboratorium Fizyki Stosowanej im. Witolda Giriata.

Po przejściu na emeryturę Witold Gariat mógł nareszcie poświęcić więcej czasu swej drugiej pasji – zagłębianiu się w literaturę historyczną. Jego zdjęciowe dokumentacje zebrane podczas licznych wędrówek po świecie i komentarze historyczne były imponujące. Przy intensywnej codziennej pracy musiało go to kosztować dużo wysiłku, ale nie był to mięczak, tak popularny w dzisiejszych czasach. I takim w naszej pamięci pozostanie: energicznym i bardzo pracowitym, dla siebie twardym i upartym w działaniu, ale bardzo koleżeńskim i pomocnym dla młodszych i podwładnych. Swoim twórczym i pracowitym życiem wykazał, że był niestrudzonym naukowcem i człowiekiem wielkiego formatu. Wysoko go cenią wszyscy, którzy go poznali i cieszyli się jego przyjaźnią. Podczas długich lat pobytu na obczyźnie zawsze marzył o powrocie do Polski i o cieszeniu się tu urokami jesieni życia. Powrócił na stałe, by spocząć w rodzinnym grobie, lecz nie takiego powrotu wszyscyśmy oczekiwali.

Cześć Jego pamięci!

# Nadchodzi rewolucja w nauczaniu fizyki\*

David Goodstein

*California Institute of Technology, Pasadena, USA*

---

### The coming revolution in physics education

---

Poniższy tekst zakończy się nutą optymistyczną, ale na początek mam złe wiadomości. Będę szczery. Nauczanie fizyki na poziomie college'u w Ameryce służy dziś tylko dwóm celom. Jeden z nich to produkcja fizyków, a drugi – tworzenie zapory, która ma utrzymywać niegodnych z dala od takich zawodów jak lekarz czy inżynier. Zawsze będziemy potrzebować fizyków, ale niezbyt wielu. I rzeczywiście, liczba absolwentów ze specjalizacją fizyka jest dziś w całym kraju podobno najniższa od czasów wystrzelenia Sputnika, czyli od ponad 40 lat. Nasza druga rola, bramkarza, jest ciemną stroną naszego zawodu, i mówiąc szczerze, jest nas niegodna. Ale jest faktem, że gdyby nauczanie fizyki było przedsiębiorstwem, wszczynalibyśmy postępowanie upadłościowe.

Oczywiście ci z nas, którzy uczą na uniwersytetach, mają inną rolę edukacyjną, będąc mistrzami naszych doktorantów. Tu sytuacja wydaje się głęboko odmienna. Amerykański doktorat jest jedyną częścią naszego całego systemu kształcenia, która jest podziwiana przez cały świat. Ale ta rola też ma swoją ciemną stronę. Przeciętnie każdy profesor uniwersytetu amerykańskiego wypuszcza w ciągu całej swojej kariery ok. 15 doktorów. W stacjonarnym świecie nauki (najlepszym, na jaki możemy mieć nadzieję kiedykolwiek w przewidywalnej przyszłości) wystarczy, by każdy profesor wyprodukował tylko jednego profesora dla następnego pokolenia. Jeśli

każdy z tych 15 doktorów chce zostać profesorem i wyprodukować dalszych 15 doktorów, łatwo dostrzec, dlaczego fizyka stała się zawodem powszechnie niespełnionych oczekiwań. A ponieważ studia fizyczne są w dużym stopniu postrzegane jako przygotowanie do studiów doktoranckich, łatwo jest też zrozumieć, dlaczego tak mało osób studiuje fizykę na poziomie uniwersyteckim. Spójrzmy prawdzie w oczy: ten system się załamał.

No dobrze. Spróbujmy udawać, choć przez chwilę, że nasza profesja jest przedsiębiorstwem, i rozejrzyjmy się w sytuacji. Nasza linia produkcyjna jest przestarzała, a popyt na nasze wyroby zmalał. Co możemy na to poradzić?

Trzeba zacząć od odwrócenia problemu i zapytania, czy mamy jakieś wartościowe aktywa, które warto ocalić.

No pewnie, że mamy! Mamy ni mniej, ni więcej, tylko mądrość wieków. To ta ogromna wiedza, centralny triumf ludzkiej inteligencji, nasze zwycięstwo nad tajemnicą i ignorancją; a do tego jeszcze mamy metody badawcze i analityczne, które tę wiedzę wytworzyły. Nasze aktywa są w istocie tak cenne, że mamy solenny obowiązek nie pozwolić na to, by nasz zawód upadł.

Celem nauczania fizyki nie powinno być jedynie powielanie (klonowanie) nas samych i niedopuszczenie kilku nieszczęśników do studiów medycznych. Solidne wykształcenie z fizyki jest naj-

---

\* Artykuł opublikowany w *APS News* 9, nr 6 (2000). Copyright © 2000, The American Physical Society (przypr. Red.).

lepszym wyobraźnym przygotowaniem do życia w świecie szybkich zmian technicznych, które czeka naszą młodzież. Wstępne wykształcenie uniwersyteckie z fizyki powinno stanowić wykształcenie humanistyczne dwudziestego pierwszego wieku! Każdy wydział fizyki w kraju powinien wypisać to motto na ścianie i na sztandarach, pod którymi maszeruje. Ale by przerobić to motto na rzeczywistość, potrzebna będzie całkowita rewolucja w sposobie wykonywania naszej pracy.

Wszystkie aspekty sposobu, w jaki uczymy fizyki, są beзуżyteczne z punktu widzenia celu, o którym myślę. Metody, podręczniki, język, którego używamy – wszystko to zostało zaprojektowane raczej z myślą o tym, by pozbyć się niegodnych, niż by szeroko otworzyć drzwi. To, czego potrzebujemy najbardziej, to zmiana sposobu myślenia, który mówi, że wykształcenie ściśle przetwarzania ludzi, jakimi kiedyś byliśmy, w ludzi, jakimi jesteśmy teraz.

Podejrzewam, że większość z nas wiedziała w bardzo młodym wieku, że przeznaczona jest nam jakaś kariera techniczna. Różniliśmy się od innych dzieci. Mieliśmy większą łatwość posługiwania się liczbami, i może mniej zdolności w innych dziedzinach, niż nasi rówieśnicy. System kształcenia jakoś nas odkrył i skierował „do terminu” w fizyce, czy może raczej powinienem powiedzieć – poddał rytuałom, które uczyniły nas strażnikami płomienia. Funkcja ta polega na poddawaniu naszych studentów takim samym uciążliwym rytuałom, jakie sami przeszliśmy, aby zapewnić, że następne pokolenie będzie równie czyste i szlachetne, jak my sami.

Przez większą część naszej historii ten system działał świetnie. Pierwszy amerykański doktorat z fizyki przyznano po wojnie secesyjnej, ok. roku 1870. Na przełomie wieków wypuszczaliśmy ok. 10 doktorów fizyki rocznie, w latach trzydziestych – 100 doktorów rocznie, w siedemdziesiątych – tysiąc rocznie. Podczas tego stulecia wzrostu wykładowiczej liczby bezwzględne były małe, i tylko wybrani potrzebowali wiedzieć cokolwiek o fizyce. Potem, ok. roku 1970, nastąpiło załamanie. Wzrost wykładowiczy zatrzymał się raptownie. Na uniwersytetach robiliśmy swoje, wypuszczając naszych 15 doktorów i udając, że nic się nie stało. Z pewnością najlepsi studenci amerykańscy nie chcieli już robić doktoratu, więc zastąpiliśmy ich studentami zagranicznymi, a ponieważ nasi dok-

torzy już nie znajdowali tak łatwo pracy, stworzyliśmy więcej etatów dla doktorów. Nadal jednak, przynajmniej do końca zimnej wojny, mogliśmy dalej trwać i czekać na powrót dobrych czasów wzrostu wykładowiczego. Z lepszym skutkiem moglibyśmy czekać na Godota.

Dla wielu bystrych obserwatorów koniec zimnej wojny, jakkolwiek był pożądany, nie rokował dobrze dla fizyki. Niewypowiedziana przyczyna, dla której rząd wspierał finansowo badania z fizyki, znikła. Wiele państwowych laboratoriów straciło rację bytu. Zadłużenie kraju wynosiło 5 bilionów dolarów, a badania naukowe należały do niewielu pozycji w budżecie, które można było obciąć. Sytuacja wyglądała ponuro.

A potem stało się coś całkiem nieoczekiwane. Kraj wszedł w bezprecedensowy okres utrzymującej się prosperity. Gdy rozejrzeliśmy się, aby zobaczyć, dlaczego nam się tak dobrze powodzi, odkryliśmy, że cieszymy się technicznymi owocami tych wszystkich lat badań, które w naszym mniemaniu służyły podtrzymaniu zimnej wojny. Wtedy nie tylko fizycy zdali sobie sprawę, że badania naukowe są bardzo opłacalną inwestycją. Nagle fizyka znowu ma przed sobą wspaniałą przyszłość.

Niestety jednak ci z nas, którzy uczą fizyki, nadal żyją w przeszłości.

Czy jest do pomyślenia, by tak przebudować nauczanie fizyki, aby służyło ono innym celom niż tylko wybór najlepszych i odrzucenie pozostałych? Przeszkody są ogromne. My sami jesteśmy częścią tego problemu, ale nie jego całością. Wydaje mi się, że ten problem ma trzy ściśle zającebiające się składowe: społeczną, edukacyjną i pedagogiczną.

Składowa społeczna dotyczy głównie oczekiwań. My, fizycy, uzyskaliśmy całkiem dobre zrozumienie tego, jak świat funkcjonuje. Wyobraźmy sobie społeczeństwo, w którym oczekuje się, że każda osoba w każdym poważnym zawodzie też ma tę wiedzę, przynajmniej w rozsądnym stopniu. Czy mogłoby się to wydarzyć w Ameryce, gdzie prawie wszyscy (dwie trzecie absolwentów szkół średnich) uczą się w college'ach, a zatem są „wykształceni”? Nie znam odpowiedzi na to pytanie, ale jeśli edukacja ma sprawić, że nasi obywatele potrafią sobie radzić w coraz bardziej złożonym, stechniczowanym świecie, coś w tym rodzaju może być konieczne.

Jeśli chodzi o składową edukacyjną, to wyobraźmy sobie świat, w którym każdy nauczyciel szkoły średniej (a nie tylko nauczyciele fizyki) ma pensję i status zawodowy, które uzasadniałyby doktorat z każdej dyscypliny, której naucza. Było to w przybliżeniu prawdą w dużej części Europy przed drugą wojną światową, ale w owych czasach znacznie mniej ludzi chodziło do odpowiednika obecnej szkoły średniej. Czy mogłoby się to zdarzyć u nas? Może nie wszędzie i nie dla wszystkich, ale to jest droga, którą musimy podążać. Gdyby to się spełniło, wówczas potrzeba dostarczenia tych nauczycieli zmieniałaby całkowicie kształcenie uniwersyteckie zarówno na poziomie dyplomu, jak i doktoratu. Chcę, żebyście mnie dobrze zrozumieli: nie mówię po prostu o przepchnięciu do szkół dzisiejszego nadmiaru doktorów. Zamiast tego wyobrażam sobie prawdziwie głęboką transformację społeczną.

Doszliśmy na koniec do składowej pedagogicznej. Czy mogą uczyć fizyki ludzie, którzy nie mają wrodzonego talentu do nauczania? W ostatnich kilku dziesięcioleciach wykonano wiele badań dotyczących nauczania fizyki, a wiele z nich miało na celu wykrycie przeszkód w przekształcaniu ludzi, którzy nie są tacy jak my, w ludzi, którzy są tacy jak my, czyli w sprawnych rozwiązywaczy problemów fizycznych. Podejrzewam, że jest to złe podejście. Zamiast tego potrzebujemy wynaleźć sposoby, jak pokazać im bezpieczny grunt i nauczyć ich kilku naszych pożytecznych sztuczek, bez cienia zamiaru przekształcenia ich w „piechotę” fizyczną.

Zaledwie kilka lat temu komputera nie używał nikt jeszcze poza takimi jak my. Potem wynaleziono graficzny interfejs użytkownika (Graphical User Interface – GUI) i w mgnieniu oka dziesiątki milionów ludzi zaczęły używać komputerów. GUI sprawia, że komputer jest mniej wydajny, mniej elastyczny, mniej odpowiedni dla prawdziwych, twardych zawodowców, ale zarazem sprawia, że komputera może używać prawie każdy. Fizyka po-

trzebuje czegoś, co pełniłoby taką samą rolę, jaką dla komputerów pełni GUI.

To nie znaczy, że musimy fizykę „ogłupić”. W latach osiemdziesiątych kierowałem produkcją serialu telewizyjnego pod nazwą „Mechaniczny Wszechświat”, który w zamierzeniu miał stanowić podstawę kursu fizyki (z rachunkiem różniczkowym i całkowym) prawie dla każdego. Wydawało nam się, że będziemy mogli pomóc nauczycielom w pokonywaniu barier, dając im prawdziwą fizykę w bogatym kontekście historycznym, z pięknymi ilustracjami i świetnymi animacjami komputerowymi, które mogliby pokazywać uczniom. Pomysł ten wzbudził sporo sceptycyzmu, więc zorganizowano próbę, podczas której przygotowany materiał został użyty do uczenia studentów kierunków humanistycznych. Okazało się, że studenci nie mieli żadnego problemu z całkowaniem i różniczkowaniem, gdy tylko im pokazaliśmy, jak to się robi. W gruncie rzeczy, nasze matematyczne sztuczki bardzo im się podobały. Eksperyment się jednak nie powiódł, ponieważ (choć zakładaliśmy, że musimy nauczyć studentów różniczkowania i całkowania) przyjęliśmy całkiem niesłusznie, że w szkole średniej nauczyli się trochę trygonometrii. Oczywiście, ten problem dałby się rozwiązać, gdybyśmy przeszli społeczną transformację, o której mówiłem.

My, fizycy, nie możemy przeprowadzić takiej transformacji całkiem sami. Ale jesteśmy w lepszym położeniu niż ktokolwiek inny, by zrobić kilka pierwszych kroków. Rzucam więc nam wszystkim wyzwanie: wymyślmy sposób nauczania fizyki, który sprawi, że przedmiot będzie tak istotny i pociągający, że będzie rzeczą nie do pomysłenia dla każdej wykształconej osoby w XXI wieku, by nie posiadała jego podstaw. Jeśli uda się nam to zrobić, być może pójdzie za tym cała reszta transformacji.

*Tłumaczyła Magdalena Staszal  
Instytut Fizyki Doświadczalnej UW  
Warszawa*

# Nadprzewodnictwo – niespodziewane odkrycia

Karol Izydor Wysokiński

*Instytut Fizyki, Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej, Lublin*

---

## Superconductivity – surprising discoveries

*Abstract:* The surprising discoveries of new superconducting materials lead to the renewed interest in the phenomenon. We discuss here the properties and (briefly) the theory of superconducting state in  $MgB_2$  and  $Sr_2RuO_4$ . The recent findings of the superconductivity in hole doped fullerite  $C_{60}$  and other molecular superconductors are also mentioned.

---

### 1. Wstęp

Zjawisko nadprzewodnictwa polegające na zaniku oporu elektrycznego materiału oziębionego poniżej pewnej charakterystycznej temperatury  $T_c$ , zwanej temperaturą krytyczną, zostało odkryte w 1911 r., czyli dokładnie 90 lat temu w Lejdzie przez holenderskiego fizyka Heikego Kammerlingh Onnesa. Badania oporu rtęci w funkcji temperatury wykazały jego kompletny zanik poniżej 4 K. Od tego czasu trwały intensywne poszukiwania doświadczalne materiałów o coraz wyższych temperaturach krytycznych. Postęp był trwały, choć powolny. W 1973 r. rekordowo wysoką wartość  $T_c = 23,6$  K miał związek  $Nb_3Ge$ . Kolejny rekord padł w 1986 r., gdy doniesiono o odkryciu nadprzewodnictwa o  $T_c = 30$  K w  $La_2CuO_4$  domieszkowanym Ba [1,2]. Bezpośrednio po tym odkryciu nastąpiła lawina odkryć innych, bardziej złożonych tlenków, o coraz wyższych temperaturach przejścia:  $Y_1Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$ ,  $T_c = 93$  K (luty 1987),  $BiSrCaCuO$ ,  $T_c = 115$  K (1988),  $TlSrCaCuO$ ,  $T_c = 125$  K (1988) i wreszcie  $HgBa_2Ca_2Cu_3O_{8+\delta}$ ,  $T_c = 135$  K (1993). Ten ostatni materiał pod ciśnieniem nadprzewodzi w 165 K. Wszystkie te związki są tlenkami,

mają strukturę krystaliczną typu perowskitu i zawierają miedź. Ze względu na stosunkowo wysokie temperatury przejścia w stan nadprzewodzący materiały te przyjęto nazywać nadprzewodnikami wysokotemperaturowymi.

Odkrycie nadprzewodnictwa [1] w tlenkach miedzi spowodowało niespotykane wcześniej zainteresowanie tym zjawiskiem [2]. Gdy emocje opadły, a agencje finansujące zmniejszyły dotacje na badanie nadprzewodników wysokotemperaturowych, na placu boju pozostali ci, których zważyła nie tylko chwilowa moda czy chęć łatwego dokonania wielkiego odkrycia, ale zauroczyło piękno i tajemniczość tych materiałów. Gdy dowiedziano się o odkryciu nadprzewodnictwa w tlenkach, okazało się, że w wielu laboratoriach na świecie, głównie chemicznych, materiały na „murowaną Nagrodę Nobla” leżały od wielu lat na półkach. Od tego czasu badanie oporu elektrycznego materiałów w temperaturach ciekłego helu stało się rutyną. Niezależnie od tego, że w wielu laboratoriach rozpoczęto intensywne poszukiwania nowych nadprzewodników, wciąż odkrywa się nadprzewodnictwo w materiałach znanych od dawna. Takim przykładem jest odkryty niedawno dwuborek magnezu. Ale o tym materiale później.



## 2. C<sub>60</sub> i nadprzewodnictwo

Na efekty nowego podejścia do badań nadprzewodników nie trzeba było długo czekać. Przypomnijmy, że pierwszy nadprzewodnik wysokotemperaturowy odkryto we wrześniu 1986 r. Już w 1991 r. odkryto nadprzewodnictwo w zupełnie nowej grupie materiałów [3] – fullerytach domieszkowanych metalami alkalicznymi A<sub>3</sub>C<sub>60</sub> (A = K, Rb, Cs), o temperaturze przejścia powyżej 30 K, a nawet 40 K w Cs<sub>3</sub>C<sub>60</sub> pod ciśnieniem [4]. W odróżnieniu od nadprzewodników wysokotemperaturowych, w których dziury są nośnikami ładunku, fullerydki (czyli domieszkowane fulleryty) są nadprzewodnikami elektronowymi. Oznacza to, że elektrony są nośnikami ładunku elektrycznego i one też tworzą pary Coopera odpowiedzialne za nadprzewodnictwo.

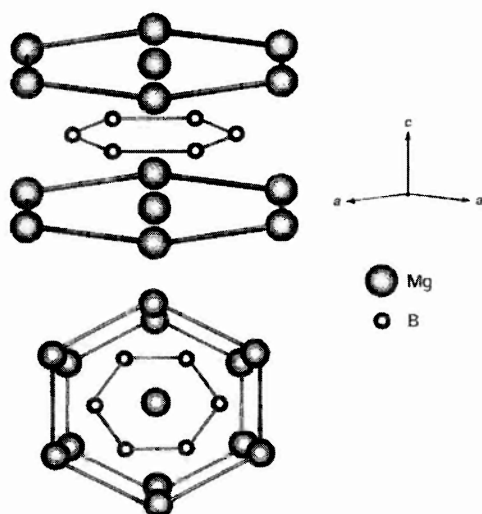
Pewne dane sugerują, że oddziaływanie elektronów z drganiami sieci (fononami) jest odpowiedzialne za pojawienie się nadprzewodnictwa w fullerydkach. Wielkość tego oddziaływania określa wartość  $T_c$ , a pamiętajmy, że temperatura przejścia ok. 30 K uważana była za górną granicę temperatury w mechanizmie fononowym nadprzewodnictwa. To przekonanie zostało ostatnio mocno nadwerężone dzięki dwu wspomniałym i niespodziewanym odkryciom. Pierwsze to odkrycie nadprzewodnictwa w fullerycie C<sub>60</sub> domieszkowanym dziurami [5]. Czysty fulleryt jest izolatorem (półprzewodnikiem o przerwie energetycznej ok. 1,8 eV) i staje się metalem, gdy wprowadzimy pewną liczbę elektronów do pasma przewodnictwa lub usuniemy pewną ich liczbę z pasma walencyjnego (inaczej mówiąc, wprowadzimy tam dziury). Domieszkowany dziurami fulleryt C<sub>60</sub> przechodzi w stan nadprzewodnictwa w temperaturze  $T_c = 52$  K [5]. Domieszkowanie dziurami udało się zrealizować z wykorzystaniem monokryształu fullerenu C<sub>60</sub> jako elementu czynnego tranzystora polowego [6]. Oczekuje się, że chemiczne domieszkowanie dziurowe mogłoby prowadzić do dalszego wzrostu temperatury przejścia, być może powyżej 100 K. Taki wzrost  $T_c$  w nadprzewodnikach dziurowych w porównaniu z elektronowymi wydaje się być związany z większą gęstością stanów w pasmie walencyjnym w porównaniu z pasmem przewodnictwa, a także silniejszym oddziaływaniem dziura-fonon w porównaniu z oddziaływaniem elektron-fonon w A<sub>3</sub>C<sub>60</sub>.

W serii przepięknych doświadczeń B. Battlog wraz ze współpracownikami [7] pokazał, że do całego szeregu organicznych kryształów molekularnych będących w normalnych warunkach izolatorami można wprowadzać swobodne nośniki, zamieniając te kryształy w metale, które po oziębieniu stają się nadprzewodnikami. W ten sposób zademonstrowano pojawienie się nadprzewodnictwa przy temperaturze ok. 4 K lub niższej w pentacenie, tetracenie i antracenie. Domieszkowanie dziurami tych materiałów zostało zrealizowane w taki sam sposób jak wspomniane wyżej domieszkowanie fullerytu, tj. przez zbudowanie tranzystora polowego z wykorzystaniem monokryształu badanego związku. Biorąc pod uwagę bogactwo związków organicznych, można w najbliższym czasie oczekiwać zadziwiających odkryć.

## 3. Przeczoony nadprzewodnik

Drugim niespodziewanym odkryciem jest obserwacja nadprzewodnictwa w dwuborku magnezu MgB<sub>2</sub> w temperaturze  $T_c = 39$  K [8]. Okazuje się, że będące w handlu proszki tego związku są nadprzewodzące. Największą niespodzianką jest to, że materiał jest znany od dawna [9] (przynajmniej od 1953 r.), prosty pod względem chemicznym i zawiera lekki pierwiastek bor, z obecnością którego wiąże się występowanie wysokoczęstotliwościowych drgań sieci sprzyjających (zasadniczo) pojawieniu się nadprzewodnictwa. O tym wszystkim wiedziano już w latach pięćdziesiątych i sześćdziesiątych, kiedy prowadzono zakrojone na szeroką skalę poszukiwania nowych nadprzewodników. W tym miejscu godzi się wspomnieć, że w latach siedemdziesiątych poszukiwano nadprzewodnictwa w związkach boru. I tak w 1970 r. odkryto [10] nadprzewodnictwo w związkach izostrukturnalnych z MgB<sub>2</sub>. Temperatura przejścia w NbB<sub>2</sub> wynosiła 3,87 K, natomiast w Zr<sub>0,13</sub>Mo<sub>0,87</sub>B<sub>2</sub> nieco ponad 11 K. Poszukiwanie [11] nadprzewodnictwa w grupie materiałów typu MeB<sub>2</sub> (Me = Ti, Zr, Hf, V, Nb, Ta, Cr, Mo) przyniosło zasadniczo negatywny wynik. Potwierdzono jedynie pojawianie się nadprzewodnictwa w NbB<sub>2</sub>. W końcu marca 2001 roku grupa badawcza z Instytutu Niskich Temperatur i Badań Strukturalnych PAN we Wrocławiu pod kierunkiem prof. Jana Klamuta [12] doniosła o odkryciu nadprzewodnictwa w związku TaB<sub>2</sub> o temperaturze przejścia ok. 9,5 K.

Dwuborek magnezu ma prostą strukturę heksagonalną typu  $AlB_2$  z grupą przestrzenną  $P6/mmm$  [8]. Stałe sieci wynoszą  $a = 3,084 \text{ \AA}$  i  $c = 3,523 \text{ \AA}$  [13]. Zarówno atomy boru, jak i magnezu tworzą warstwy o heksagonalnym ułożeniu. Warstwy B mają typową strukturę grafitu. Płaszczyzny magnezowe posiadają atomy w narożach i środku sześciokąta foremnego. W prymitywnej komórce krystalograficznej mieszczą się 2 atomy boru i 1 atom magnezu. Struktura krystaliczna  $MgB_2$  pokazana jest na rys. 1 wykonanym na podstawie danych z pracy [8].



Rys. 1. Struktura krystalograficzna  $MgB_2$  [8] widziana w płaszczyźnie warstw (górny rysunek) oraz wzdłuż osi  $c$  (dolny rysunek).

O odkryciu nadprzewodnictwa w  $MgB_2$  [8] poinformowano na konferencji w Sendai (Japonia) poświęconej tlenkom metali przejściowych 10 stycznia 2001 r. Od tego czasu pojawiło się już wiele prac [13–43] na temat tego materiału. Powoli wyłania się obraz niesłychanie interesującego nadprzewodnika.

Przede wszystkim zbadano efekt izotopowy (polegający na zależności temperatury przejścia do stanu nadprzewodnictwa  $T_c$  od masy  $M$  izotopu:  $T_c \propto M^{-\alpha}$ ). Okazało się, że zastąpienie izotopu  $^{11}B$  izotopem  $^{10}B$  zwiększa temperaturę przejścia z 39 K do 41,2 K. Oszacowana wartość współczynnika  $\alpha$  efektu izotopowego dla boru wynosi  $0,26 \pm 0,03$ . Świadczy to niewątpliwie o istotnej roli oddziaływania elektron-fonon w pojawieniu się nadprzewodnictwa.

Wstępne pomiary parametrów termodynamicznych prowadzą do wartości temperatury Debye'a  $\theta_D \approx 700 \text{ K}$ , współczynnika ciepła właściwego  $\gamma \approx 3 \text{ mJ/mol} \cdot \text{K}^2$  i  $\Delta C_p/\gamma T_c \approx 1$ . Pomiary współczynnika rozszerzalności liniowej  $\alpha = (1/l_0)(\Delta l/\Delta \tau)$  dają w kierunku osi  $c$  wartość [14] prawie dwukrotnie większą niż wzdłuż osi  $a$ . Anizotropia ta związana jest z silniejszymi wiązaniami B–B w płaszczyznach niż w kierunku prostokątnym, gdzie występują wiązania Mg–B. Wyniki te sugerują istnienie sprzężenia płaszczyznowych drgań sieci z elektronami w temperaturze  $T_c$ , co może świadczyć o tym, że za nadprzewodnictwo są głównie odpowiedzialne elektrony obsadzające pasma  $\sigma$  boru i poruszające się w płaszczyznach.

Stałe sieci  $a$  i  $c$  wykazują różną reakcję na przyłożenie zewnętrznego ciśnienia. Mimo że zależność obu stałych sieci od ciśnienia jest liniowa, to współczynnik określający zmiany stałej  $c$  jest o 64% większy niż stałej  $a$ . Wzrost ciśnienia obniża temperaturę przejścia w tempie  $dT_c/dp = -1,6 \text{ K/GPa}$  [13]. Takie zachowanie jest charakterystyczne dla mechanizmu elektronowo-fononowego. Pomiary siły termoelektrycznej wskazują [14], że nośnikami są dziury, natomiast dowodu dostarczają pomiary współczynnika Halla. Jest on dodatni [15]. Opór właściwy w stanie normalnym wykazuje silną zależność od temperatury  $\rho = \rho_0 + \rho_1 T^\alpha$ , przy czym  $\alpha = 2$  lub więcej [16]. Natomiast kotangens kąta Halla  $\theta$ :  $\text{ctg } \theta_H = \rho_{xy}/\rho_{xx}$  jest proporcjonalny do drugiej potęgi temperatury. Podobne zachowanie  $\theta_H$  obserwuje się w nadprzewodnikach wysokotemperaturowych.

Pomiary [16] oporu właściwego cienkich drutów wykonanych z  $MgB_2$  wskazują, że materiał ten w stanie normalnym jest dobrym przewodnikiem o oporze właściwym  $\rho = 0,38 \mu\Omega \cdot \text{cm}$  (w temperaturze 40 K) i o dużych wartościach średniej drogi swobodnej elektronów  $l \approx 600 \text{ \AA}$ . Z pomiarów  $H_{c2}$  oszacowano długość koherencji  $\xi_0 \approx 50 \text{ \AA}$ .

Podstawową kwestią jest rozstrzygnięcie, czy  $MgB_2$  jest typowym nadprzewodnikiem klasycznym z fononowym mechanizmem. Pomiary: ciepła właściwego [17], fotoemisyjne [18] i niesprężystego rozpraszania neutronów [19] wskazują na to, że mechanizmem nadprzewodnictwa jest sprzężenie elektron-fonon. Uzyskane wyniki są zgodne z opi-

sem nadprzewodnictwa w ramach teorii BCS [20]. Oszacowane wartości parametru  $\lambda$  opisującego wielkość sprzężenia elektron-fonon oscylują wokół  $\lambda = 1$ . W pracy [17] oszacowano  $\lambda = 1.2-2$ , natomiast w [19]  $\lambda = 0,9$ , przy założeniu, że drugi z parametrów ( $\mu^*$ ) wchodzących do wzoru na temperaturę przejścia

$$T_c = \theta_D \exp \left[ -\frac{1 + \lambda}{\lambda - \mu^*(1 + \lambda)} \right] \quad (1)$$

jest równy 0,1.

Widmo fononów MgB<sub>2</sub> jest bogate i rozciąga się do energii równej 0,1 eV, za sprawą lekkich atomów boru. W fononowej gęstości stanów występuje wiele maksimów. Najwyraźniejsze odpowiadają energii 36 meV dla gałęzi akustycznych oraz energiom 54, 78, 89 i 97 meV w części optycznej widma [19].

Materiał MgB<sub>2</sub> jest nadprzewodnikiem II rodzaju, charakteryzującym się sporą wartością [21] ( $\kappa \approx 26$ ) parametru Ginzburga-Landaua  $\kappa$  będącego ilorzem głębokości wnikania  $\lambda_L$  i długości koherencji  $\xi$ . Wstępne oszacowanie natężenia prądu krytycznego dla sprasowanego proszku dało wartość  $J_c \sim 10^5$  A/cm<sup>2</sup> zbliżoną do wartości uzyskiwanej dla Nb<sub>3</sub>Sn, klasycznego nadprzewodnika typu A15. Wyniki pomiarów [22,23] jądrowego czasu relaksacji  $1/T_1$  dla <sup>11</sup>B pokazują typowe zachowanie ( $1/T_1 T = \text{const}$ ) w stanie normalnym. Pomiaru te wykonywane były w silnych polach magnetycznych, typowo powyżej 2 T, i stąd trudno o jednoznaczne stwierdzenie braku wzmocnienia Hebel-Slichtera poniżej  $T_c$ . Wiadomo bowiem, że silne pole magnetyczne negatywnie wpływa na współczynniki koherencji odpowiadające za ten efekt. Podobnie spektroskopia tunelowa wskazuje [24–26] na zgodność uzyskanych wyników z prostym modelem BCS nadprzewodnika o stałej przerwie energetycznej  $\Delta \approx 5$  meV, wartości  $2\Delta/T_c \approx 3$  i symetrii  $s$  parametru porządku.

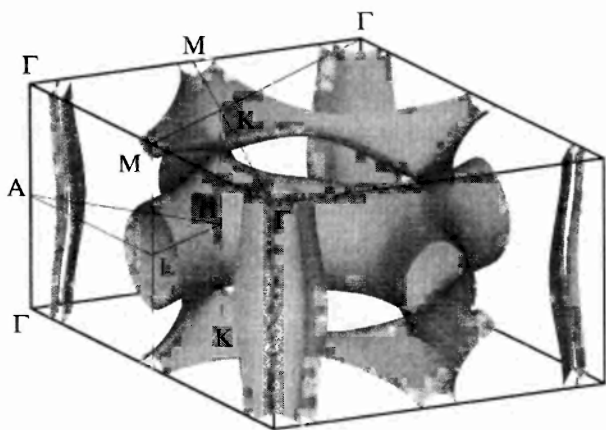
Kilka innych wyników pomiarów wyraźnie nie zgadza się z przewidywaniami dla nadprzewodników o stałej wartości przerwy energetycznej na powierzchni Fermiego. Liniowa zależność [27] dolnego pola krytycznego od temperatury w całym zakresie temperatur od 0 K do  $T = T_c$  nie jest zgodna z symetrią  $s$  parametru porządku. Zaobserwowano także liniowy charakter zależności głębokości wnikania od temperatury

$\Delta\lambda_L(T) = \lambda_L(T) - \lambda_L(0) \propto aT$ . Takie zachowanie jest silnym argumentem za inną symetrią parametru porządku. Dobrym kandydatem jest symetria typu  $d$  (zależność parametru porządku o symetrii  $d$  od wektora falowego można przedstawić w postaci  $\Delta_k = \Delta_d(k_x^2 - k_y^2)$  albo  $\Delta_k = \Delta_d(\cos k_x a - \cos k_y a)$ , gdzie  $a$  jest stałą sieci, a  $\Delta_d = \Delta_d(T)$  amplitudą). Dla symetrii typu  $d$  parametr porządku znika wzdłuż linii  $k_x = \pm k_y$  na powierzchni Fermiego, kwazicząstkowa gęstość stanów jest liniową funkcją energii i wszystkie charakterystyki termodynamiczne nadprzewodnika wykazują potęgowe zależności od temperatury. Pomiaru głębokości wnikania za pomocą precesji spinów mionów [28] wprowadzonych do materiału pozwoliły oszacować głębokość wnikania w temperaturze zerowej na 850 Å, ale jej zależność od temperatury okazała się kwadratowa. To zachowanie też jest zgodne z zerowaniem się parametru porządku na powierzchni Fermiego. W nadprzewodnikach wysokotemperaturowych domieszkowanych Zn obserwuje się taką samą zależność  $\lambda$  od temperatury i kojarzy się ją z symetrią  $d$  parametru porządku w silnie nieuporzędkowanych materiałach (rozpraszanie kwazicząstek na domieszkach zmienia wykładnik przy  $T$  z 1 na 2).

Podsumujmy najważniejsze fakty doświadczalne dotyczące MgB<sub>2</sub>. Jest to materiał warstwowy. Nośnikami prądu są dziury. Wiele danych wskazuje na fononowy mechanizm nadprzewodnictwa i symetrię  $s$  parametru porządku. Istnieją jednak poważne wskazówki, że symetria parametru porządku jest inna niż  $s$  – najprawdopodobniej  $d$ .

A co na to teoria? Obliczenia struktury energetycznej elektronów wskazują na złożony charakter widma nośników. Powierzchnia Fermiego pokazana na rys. 2 jest skomplikowana i składa się z 3 powierzchni dziurowych i jednej elektronowej. Dwie spośród powierzchni dziurowych utworzone są ze stanów  $\sigma$  orbitali  $p_x$  i  $p_y$  boru, pozostałe dwie związane są ze stanami  $\pi$  orbitali  $p_z$ , które hybrydują z orbitalami  $s$  magnezu [29]. Pasma  $\sigma$  charakteryzują się silną dyspersją w płaszczyźnie i jej brakiem w kierunku  $c$ . Mają więc one typowo dwuwymiarowy charakter [30]. Na rysunku 2 są to walce wokół linii  $\Gamma A\Gamma$  w strefie Brillouina. Odwrotnie, pasma  $\pi$  mają trójwymiarową dyspersję. Obecność pasm dziurowych i elektro-

nowych o dwu- i trójwymiarowej dyspersji jest ważną cechą  $\text{MgB}_2$ . Jedną z teoretycznych konsekwencji takiej sytuacji jest możliwość pojawienia się akustycznych plazmonów, na co wskazują obliczenia [31]. Plazmony akustyczne mogą odgrywać istotną rolę w pojawieniu się nadprzewodnictwa w tym związku. Polegałaby ona głównie na zmniejszeniu wartości  $\mu^*$  wchodzącej do wzoru (1) na  $T_c$ . Większość dotychczasowych obliczeń własności  $\text{MgB}_2$  z pierwszych zasad [32] wskazuje na stosowalność teorii BCS do opisu nadprzewodnictwa w tym związku.



Rys. 2. Powierzchnia Fermiego  $\text{MgB}_2$  [29].

Istnieją też [33,34] propozycje niestandardowe. Hirsch i Marsiglio argumentują [33], że nadprzewodnictwo w  $\text{MgB}_2$  ma charakter dziurowy (praca ta została wykonana przed pomiarami efektu Halla w materiale – zatem już uzyskała pewne potwierdzenie doświadczalne, gdyż nośnikami okazały się rzeczywiście dziury). Pewne przewidywania teorii dziurowej, jak na razie nie znalazły potwierdzenia doświadczalnego lub nawet pozostają w sprzeczności z niektórymi wstępnymi pomiarami. W szczególności dotyczy to zależności  $T_c$  od ciśnienia. Teoria przewiduje wzrost  $T_c$  wraz z ciśnieniem. Doświadczenie sugeruje odwrotną tendencję. Pamiętać jednak należy, że w wykonanych doświadczeniach przykładano ciśnienie hydrostatyczne, a teoria ta wymaga ciśnienia w płaszczyznach. Według teorii dziurowej  $\text{NbB}_2$  nie powinien być nadprzewodnikiem, gdyż nośnikami w tym materiale są elektrony, a pamiętamy, że związek ten nadprzewodzi w  $T < 4$  K. Zapewne więc rzeczywistość po raz kolejny okaże się bardziej złożona niż przewidywania prostych teorii.

Niezwykle interesujące wyniki uzyskano w badaniach domieszkowanych związków typu  $\text{Mg}_{1-x}\text{A}_x\text{B}_2$ . Doświadczalnie stwierdzono [35,36], że dla  $\text{A} = \text{Li}$  materiał jest nadprzewodnikiem o temperaturze przejścia  $T_c(x)$  malejącej ze wzrostem koncentracji domieszki. Nadprzewodnictwo zanika przy koncentracji  $x \approx 0,5$ . Ponieważ zastąpienie części atomów magnezu atomami litu powiększa stałą sieci w płaszczyźnie, więc domieszkowanie litem jest równoważne poddaniu wyjściowego materiału ujemnym ciśnieniom (natury chemicznej). Autorzy pracy [35] sugerują, że to zachowanie potwierdza słuszność modelu dziurowego nadprzewodnictwa. Wniosek wydaje się być nieco przedczesny, gdyż domieszkowanie litem dodatkowo zmienia koncentrację nośników w materiale, a jak na razie brak jest systematycznych pomiarów zależności  $T_c$  od koncentracji nośników. Domieszkowanie  $\text{MgB}_2$  miedzią prowadzi [36] do wzrostu  $T_c$ . Dla  $x = 0,2$  uzyskano metodą oporową  $T_c = 49$  K oraz metodą pomiaru podatności magnetycznej  $T_c = 46$  K.

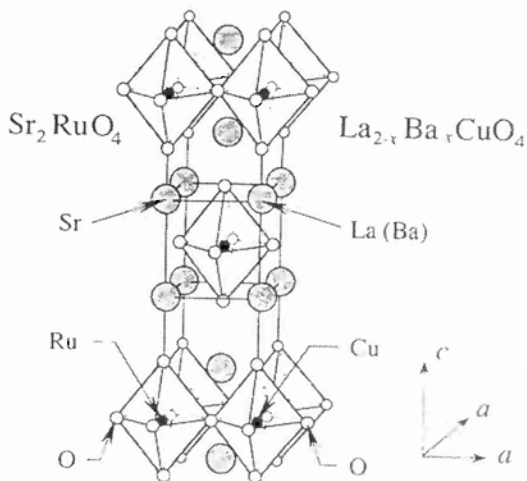
Obliczenia struktury energetycznej i koncentracji  $n(x)$  dziur [34] w pasmach typu  $\sigma$  w związkach  $\text{Mg}_{1-x}\text{Na}_x\text{B}_2$  oraz  $\text{Mg}_{1-x}\text{Al}_x\text{B}_2$  sugerują, że domieszkowanie sodem powinno prowadzić do wzrostu  $n$ , gdyż w tym przypadku  $n(x) = 0,8 \cdot (1+x) \cdot 10^{22} \text{ cm}^{-3}$ , natomiast dla domieszkowania glinem uzyskano  $n(x) = (0,8 - 1,4x) \cdot 10^{22} \text{ cm}^{-3}$  i znikanie dziur przy  $x \approx 0,6$ . Jeśli teoria nadprzewodnictwa dziurowego stosuje się do opisu tych związków, to  $\text{NaB}_2$  powinien charakteryzować się wyższą temperaturą przejścia niż  $\text{MgB}_2$ , natomiast nadprzewodnictwo w  $\text{Mg}_{1-x}\text{Al}_x\text{B}_2$  powinno znikać przy  $x \approx 0,6$ . Z badań przedstawionych w pracy [38] wynika konieczność uwzględnienia efektów wielopasmowych. Autorzy ci zwracają uwagę na niską wartość oszacowanej energii kondensacji w porównaniu z innymi materiałami.

$\text{MgB}_2$  jest przedstawicielem nowej klasy nadprzewodników o potencjalnie dużym znaczeniu naukowym i praktycznym. Stąd zapewne olbrzymie zainteresowanie tym materiałem. W ciągu 8 tygodni jakie minęły od pierwszego doniesienia o odkryciu nadprzewodnictwa w tym materiale, jedynie w elektronicznej bazie preprintów w Los Alamos (<http://xxx.lanl.gov>) pojawiło się 75 prac. Ta liczba szybko zmienia się i zapewne zanim ten artykuł ukaże się w druku przekroczy kilka setek.

Gdy piszę te słowa, w USA odbywa się spotkanie wiosenne Amerykańskiego Towarzystwa Fizycznego, gdzie na sesję poświęconą nowym nadprzewodnikom zgłoszono 80 prac. Na referat wprowadzający J. Akimitsu – odkrywcy nadprzewodnictwa w  $\text{MgB}_2$  – przewidziano 8 minut, natomiast każde z pozostałych wystąpień ma trwać dokładnie 2 minuty plus 1 minuta na dyskusję i zmianę wykładców. W nieco mniejszej skali powtarza się gorączka z wiosny 1987 r.

#### 4. W czym $\text{Sr}_2\text{RuO}_4$ jest podobny do $^3\text{He}$ ?

Mniej spektakularne wejście na arenę badań miał inny związek, który okazał się nadprzewodnikiem, a mianowicie odkryty w 1994 r.  $\text{Sr}_2\text{RuO}_4$  [44]. Na początku jedynym powodem zainteresowania się nadprzewodnikiem o  $T_c \approx 1$  K było jego strukturalne podobieństwo do nadprzewodnika wysokotemperaturowego  $\text{La}_{2-x}\text{Ba}_x\text{CuO}_4$  i fakt, że w materiale tym nie było miedzi. Struktura krystalograficzna obu materiałów jest bowiem prawie identyczna [44], przy czym Ru zastępuje miedź, natomiast atomy Sr obsadzają te same węzły sieci co La i Ba (por. rys. 3). Oba materiały są tlenkami. Transport elektronowy odbywa się głównie w dwuwymiarowych płaszczyznach dzięki częściowo zapełnionym stanom z powłoki  $d$  (odpowiednio miedzi i rutenu) zhybrydyzowanym z orbitalami  $p$  tlenu.

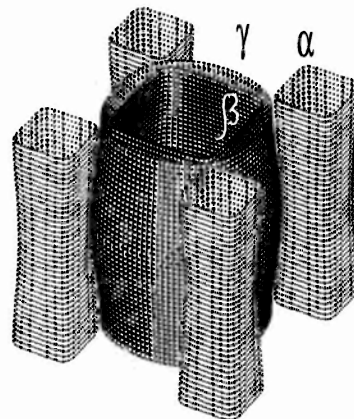


Rys. 3. Struktura krystalograficzna nadprzewodników  $\text{Sr}_2\text{RuO}_4$  i  $\text{La}_{2-x}\text{Ba}_x\text{CuO}_4$  [44].

Różnice pomiędzy tymi dwoma nadprzewodnikami są ogromne. I nie tylko dlatego, że znacznie

różnią się ich temperatury krytyczne.  $\text{Sr}_2\text{RuO}_4$  w stanie normalnym jest typowym metalem poddającym się teoretycznemu opisowi w ramach sformułowanej przez Landaua teorii cieczy Fermiego, z oporem właściwym proporcjonalnym do  $T^2$ . Jak wiemy, stan normalny  $\text{La}_{2-x}\text{Ba}_x\text{CuO}_4$  i innych nadprzewodników wysokotemperaturowych jest bardzo anomalny.

Powierzchnia Fermiego  $\text{Sr}_2\text{RuO}_4$  składa się z 3 prawie cylindrycznych części. Na rysunku 4 przedstawiona jest trójwymiarowa powierzchnia Fermiego [45]. Dwa „cylindry” centrowane w punkcie  $\Gamma$  strefy Brillouina przedstawiają powierzchnie elektronowe (zwane odpowiednio  $\beta$  i  $\gamma$  – licząc od punktu  $\Gamma$ ), natomiast cylindry o środkach w punkcie  $(\pi, \pi)$  i równoważnych są powierzchniami dziurowymi ( $\alpha$ ). Powierzchnia  $\gamma$  pochodzi od elektronów z orbitali  $d_{xy}$ , natomiast  $\alpha$  i  $\beta$  ze zhybrydyzowanych orbitali  $d_{xz}$  i  $d_{yz}$  rutenu. Obliczony kształt powierzchni Fermiego dobrze zgadza się z pomiarami jej kształtu z wykorzystaniem zjawiska de Haasa-van Alphen [46]. Pomiary te pozwalają oszacować średnią masę efektywną nośników na  $m^* = (3 - 5)m_e$ . Wartości te pozostają w zgodzie z oszacowaniem na podstawie pomiarów elektronowego ciepła właściwego,  $c_{eN} = \gamma T$ , gdzie  $\gamma = 37,5 \text{ mJ/K}^2 \cdot \text{mol}$ .



Rys. 4. Powierzchnia Fermiego związku  $\text{Sr}_2\text{RuO}_4$ . W centrum znajdują się powierzchnie elektronowe. Cztery walce zewnętrzne reprezentują powierzchnię dziurową  $\alpha$ . W pierwszej strefie Brillouina leżą cztery ćwiartki tych walców.

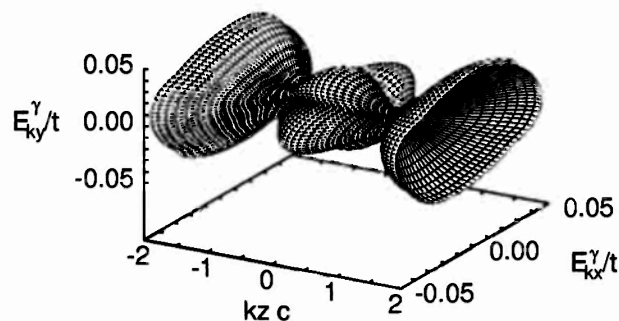
Nadprzewodzący  $\text{Sr}_2\text{RuO}_4$  okazał się bardzo czuły nawet na niewielkie ilości domieszek. W materiale o oporze właściwym  $\rho = 0,15 \mu\Omega \cdot \text{cm}$

w temperaturze nieco powyżej  $T_c = 1,5$  K średnia droga swobodna wynosi ponad  $7000 \text{ \AA}$ . Obecność glinu w ilości 300 do 450 ppm kompletnie niszczy nadprzewodnictwo w  $\text{Sr}_2\text{RuO}_4$  [47]. Silny wpływ domieszek, brak wierzchołka Hebel-Slichtera w pomiarach jądrowego czasu relaksacji, pojawienie się spontanicznego pola magnetycznego w stanie nadprzewodzącym [48] oraz potęgowe zależności od temperatury szeregu parametrów w stanie nadprzewodzącym wskazują na trypletowy stan spinowy [49] elektronów tworzących pary Coopera i symetrię  $p$  parametru porządku.

Ponieważ funkcja falowa pary, będąca iloczynem funkcji falowej zależnej od spinu  $\chi(\sigma_1, \sigma_2)$  i funkcji zależnej od zmiennych przestrzennych  $\phi(\mathbf{r}_1, \mathbf{r}_2)$ , musi być antysymetryczna ze względu na zamianę miejscami elektronów, więc możliwe są dwie sytuacje. Albo część spinowa jest symetryczna  $\chi(\sigma_1, \sigma_2) = \chi(\sigma_2, \sigma_1)$ , a orbitalna antysymetryczna  $\phi(\mathbf{r}_1, \mathbf{r}_2) = -\phi(\mathbf{r}_2, \mathbf{r}_1)$ , albo na odwrót – część spinowa jest antysymetryczna  $\chi(\sigma_1, \sigma_2) = -\chi(\sigma_2, \sigma_1)$ , a część orbitalna symetryczna  $\phi(\mathbf{r}_1, \mathbf{r}_2) = \phi(\mathbf{r}_2, \mathbf{r}_1)$ . W tym drugim przypadku mówimy o tworzeniu par singletowych (funkcja spinowa antysymetryczna). Część orbitalna może mieć wtedy symetrię  $s$ ,  $d$  lub inną scharakteryzowaną parzystą liczbą kwantową  $l$ . Odwrotnie, gdy spiny elektronów tworzących parę są równoległe (całkowity spin pary jest równy 1 w jednostkach  $\hbar$ ), a funkcja spinowa jest symetryczna, mówimy o tworzeniu par trypletowych. Część orbitalna funkcji falowej musi być wtedy antysymetryczna. Dozwołoną symetrią orbitalną parametru porządku jest symetria fali  $p$ ,  $f$  itd.

$\text{Sr}_2\text{RuO}_4$  jest pierwszym znanym nadprzewodnikiem trypletowym. Pod tym względem jest on podobny do  $^3\text{He}$ . Parametr porządku, który dla klasycznego nadprzewodnika z singletowymi parami o symetrii  $s$  ma 2 składowe (część rzeczywistą i urojoną), dla  $^3\text{He}$  ma 18 składowych. Ma on wtedy strukturę macierzy o wymiarach 3 na 3 ze względu na trzy składowe spinowe i trzy orbitalne. Każdy element macierzy jest zespolony co podwaja liczbę składowych parametru porządku. Oznacza to, że w  $^3\text{He}$  możliwe jest istnienie 18 różnych stanów nadciekłych. Jak wiemy, w helu 3 [50] realizują się 2 takie fazy. Znane są one jako faza A, czyli faza Andersona–Brinkmana–Morela i faza B, inaczej faza Baliana–Werthamera.

W  $\text{Sr}_2\text{RuO}_4$  sytuacja jest bardziej złożona, gdyż należy rozważać dodatkowo trzy pasma na poziomie Fermiego. Oznacza to, że liczba możliwych stanów nadprzewodzących może wynieść nawet 54. Obecnie trwają intensywne poszukiwania teoretyczne fazy lub faz, które występują w tym materiale. Wiele własności  $\text{Sr}_2\text{RuO}_4$  wykazuje podobieństwo do własności  $^3\text{He}$  i dlatego można przypuszczać, że podobnie jak w  $^3\text{He}$  mechanizmem nadprzewodnictwa są ferromagnetyczne fluktuacje spinowe. Przez analogię do  $^3\text{He}$  proponuje się też kształt parametru porządku, który będzie dawał opis własności zgodny ze wszystkimi doświadczeniami. Na rysunku 5 przedstawiono [45] zależność parametru porządku od wektora falowego  $k_z$  na powierzchni Fermiego  $\gamma$  dla stanu, który posiada symetrię  $p$ , prowadzi do pojawienia się spontanicznych pól magnetycznych w stanie nadprzewodzącym oraz dobrze opisuje kilka innych doświadczeń z tym materiałem. Do pełnego scharakteryzowania stanu należy zapoznać się też z kształtem parametru porządku na powierzchniach Fermiego  $\alpha$  i  $\beta$ . Rysunek ten przedstawia wartość  $|\Delta(k_x, k_y, k_z)|$  w każdym z punktów cylindrycznej powierzchni Fermiego  $\gamma$ .



Rys. 5. Zależność modułu parametru porządku nadprzewodnika od wektora falowego na płacie  $\gamma$  powierzchni Fermiego.

$\text{Sr}_2\text{RuO}_4$  jest materiałem, który zapewne nie znajdzie żadnego zastosowania praktycznego, choćby tylko z powodu bardzo niskiej temperatury krytycznej. Ze względów poznawczych jest on, obok wciąż nie do końca zbadanych nadprzewodników wysokotemperaturowych, chyba najbardziej obecnie fascynującym nadprzewodnikiem.

## 5. Zamiast zakończenia – rozbudzone nadzieje

Czy na tym koniec niespodzianek w badaniach nadprzewodnictwa? Z pewnością nie! Odkrycie grupy wrocławskiej [12] pokazuje, że czasami warto poszukiwać nadprzewodnictwa i nowych zjawisk także tam, gdzie wcześniej inni niczego nie znaleźli. Z poznawczego punktu widzenia fascynującym materiałem jest  $\text{UGe}_2$  [51], w którym współistnienie nadprzewodnictwa z silnym ferromagnetyzmem wyznacza nowy kierunek badań w fizyce przejść fazowych. Przyroda zaskoczy nas jeszcze wielokrotnie. Być może, że niepotwierdzone doniesienie [52] o odkryciu nadprzewodnika o temperaturze krytycznej powyżej 340 K (prawie plus  $70^\circ\text{C}$  !!) stanowi taką niespodziankę. Autorzy pracy [52] od wielu lat metodami absorpcji mikrofalowej obserwowali zachowania wskazujące na istnienie w temperaturze powyżej 200 K słabo związanych ziaren nadprzewodzących w związkach Cu-Pb-Ag-O. Twierdzą obecnie, że zastąpienie miedzi węglem dało materiał, który nadprzewodzi w temperaturze pokojowej. Nie udało się, jak dotąd, wyodrębnić fazy nadprzewodzącej. Z badań dyfraktometrycznych wynika, że tzw. faza „321” (odpowiedzialna według autorów pracy [52] za nadprzewodnictwo) składa się z warstw o heksagonalnym ułożeniu

atomów Pb, z których każdy jest w centrum ośmiościanów tlenowych – podobnie jak struktury Cu-O<sub>6</sub> w nadprzewodnikach wysokotemperaturowych. Z pewnością na potwierdzenie lub odrzucenie tego odkrycia nie trzeba będzie długo czekać. Na wspomnianej wcześniej konferencji APS zapowiedziano też wystąpienie z informacją o tym materiale. Odkrycia ostatnich tygodni sprawiają, że do każdej tego typu informacji świat naukowy podchodzi z dużą uwagą.

Na zakończenie przedstawiam tabelę, w której zestawiono najważniejsze własności kilku interesujących nadprzewodników. Związek  $\text{Nb}_3\text{Sn}$  został wybrany jako przedstawiciel grupy materiałów zwanych nadprzewodnikami A15. Przed odkryciem nadprzewodników wysokotemperaturowych i ciężkofermionowych była to najbardziej trudna do opisu teoretycznego grupa materiałów. Zwróćmy uwagę, że pewne parametry wszystkich nadprzewodników tam wymienionych mają zbliżone wartości. Ciekawe, na ile inaczej wyglądałaby dzisiaj dyskusja o nadprzewodnictwie, gdyby Kammerlingh Onnes odkrył to zjawisko w tlenkach miedzi lub w którymś z omawianych w tym artykule materiałów?

Składam podziękowania Profesorom Janowi Klamutowi, Janowi Stankowskiemu i Henrykowi Szymczakowi za dyskusje na tematy związane z przedstawionymi tu zagadnieniami.

Tabela. Podstawowe parametry nadprzewodników  $\text{MgB}_2$ ,  $\text{Sr}_2\text{RuO}_4$ ,  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$  oraz  $\text{Nb}_3\text{Sn}$ .

	$\text{MgB}_2$	$\text{Sr}_2\text{RuO}_4$	$\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$	$\text{Nb}_3\text{Sn}$
Temperatura krytyczna [K]	39	1,5	92	18
Temperatura Debye'a [K]	700	410	400	220
Opór właściwy w stanie normalnym $\rho(T \rightarrow T_c^+) [\mu\Omega \cdot \text{cm}]$	0,38	0,15	60	2
Średnia droga swobodna nośników [Å]	600	7000	100	
Energia kondensacji $E_c$ (w jednostkach $0,24 \gamma T_c^2$ = wartości BCS $E_c$ dla $2\Delta/k_B T_c = 3,52$ )	0,55		1,1	1,2
Współczynnik $\alpha$ efektu izotopowego $T_c \sim M^{-\alpha}$	0,26		$\approx 0,05$	
Długość koherencji $\xi_{a,b}$ [Å]	50	660	$\approx 10$	35
Głębokość wnikania $\lambda(T = 0 \text{ K})$ [Å]	800–1800	1900	4000	800
$2\Delta(0)/T_c$	1,2–4,0		5	4,8
Skok ciepła właściwego $\Delta c/\gamma T_c$	0,82–1,2	0,74	$\approx 2$	2,5
Stan spinowy par Coopera	singlet (?)	tryplet	singlet	singlet
Symetria parametru porządku	<i>s</i> lub <i>d</i>	<i>p</i>	<i>d</i>	<i>s</i>

## Literatura

- [1] K.I. Wysokiński, *Postępy Fizyki* **38**, 463 (1987).
- [2] G. Bednorz, K.A. Müller, *Postępy Fizyki* **40**, 99 (1989).
- [3] K.I. Wysokiński, *Postępy Fizyki* **44**, 339 (1993).
- [4] T.T.M. Palstra i in., *Solid State Commun.* **93**, 327 (1995).
- [5] J.H. Schön, Ch. Kloc, B. Batlogg, *Nature* **408**, 549 (2000).
- [6] J. Stankowski, *Postępy Fizyki*, przesłane do druku.
- [7] J.H. Schön, Ch. Kloc, B. Batlogg, *Nature* **406**, 702 (2000).
- [8] J. Nagamatsu, N. Nakagawa, T. Muramaka, Y. Zenitani, J. Akimitsu, *Nature* **410**, 63 (2001).
- [9] R.J. Cava, *Nature* **410**, 23 (2001).
- [10] A.S. Cooper, E. Corenzerst, L.D. Longinotti, B.T. Matthias, W.H. Zachariasen, *Proc. Natl. Acad. Sci.* **67**, 313 (1970).
- [11] L. Leyarovska, E. Leyarovski, *J. Less-Common Metals* **67**, 249 (1979).
- [12] D. Kaczorowski, A.J. Zaleski, O.J. Żogał, J. Klamut, preprint cond-mat/0103571.
- [13] B. Lorenz, R.L. Meng, C.W. Chu, preprint cond-mat/0102264.
- [14] J.D. Jorgensen, D.G. Hinks, S. Short, preprint cond-mat/0103069.
- [15] W.N. Kang, C.U. Jung, Kijoon H.P. Kim, Min-Seok Park, S.Y. Lee, Hyeong-Jin Kim, Eun-Mi Choi, Kyung Hee Kim, Mun-Seog Kim, Sung-Ik Lee, preprint cond-mat/0102313.
- [16] P.C. Canfield, D.K. Finnemore, S.L. Bud'ko, J.E. Ostenson, G. Lapertot, C.E. Cunningham, C. Petrovic, *Phys. Rev. Lett.* **86**, 2423 (2001).
- [17] Ch. Wälti, E. Felder, C. Degen, G. Wigger, R. Monnier, B. Delley, H.R. Ott, preprint cond-mat/0102522.
- [18] T. Takahashi, T. Sato, S. Souma, T. Muranaka, J. Akimitsu, preprint cond-mat/0103079.
- [19] R. Osborn, E.A. Goremychkin, A.I. Kolesnikov, D.G. Hinks, preprint cond-mat/0103064.
- [20] J. Bardeen, L. Cooper, J. Schrieffer, *Phys. Rev.* **108**, 1175 (1957).
- [21] D.K. Finnemore, J.E. Ostenson, S.L. Bud'ko, G. Lapertot, P.C. Canfield, *Phys. Rev. Lett.* **86**, 2420 (2001).
- [22] A. Gerashenko, K. Mikhalev, S. Verkhovskii, T. D'yachkova, A. Tyutyunnik, V. Zubkov, preprint cond-mat/0102421.
- [23] J.K. Jung, Seung Ho Baek, F. Borsa, S.L. Bud'ko, G. Lapertot, P.C. Canfield, preprint cond-mat/0103040.
- [24] G. Rubio-Bollinger, H. Suderow, S. Vieira, preprint cond-mat/0102242.
- [25] G. Karapetrov, M. Iavarone, W.K. Kwok, G.W. Crabtree, D.G. Hinks, preprint cond-mat/0102312.
- [26] A. Sharoni, I. Felner, O. Millo, preprint cond-mat/0102325.
- [27] S.L. Li, H.H. Wen, Z.W. Zhao, Y.M. Ni, Z.A. Ren, G.C. Che, H.P. Yang, Z.Y. Liu, Z. X. Zhao, preprint cond-mat/0103032.
- [28] C. Panagopoulos, B.D. Rainford, T. Xiang, C.A. Scott, M. Kambara, I. H. Inoue, preprint cond-mat/0103060.
- [29] J. Kortus, I.I. Mazin, K.D. Belashchenko, V.P. Antropov, L.L. Boyer, preprint cond-mat/0101446.
- [30] K.D. Belashchenko, M. van Schilfhaarde, V.P. Antropov, preprint cond-mat/0102290.
- [31] K. Voelker, V.I. Anisimov, T.M. Rice, preprint cond-mat/0103082.
- [32] I. Loa, K. Syassen, *Solid State Commun.* **118**, 279 (2001).
- [33] J.E. Hirsch, F. Marsiglio, preprint cond-mat/010247.
- [34] M. Imada, preprint cond-mat/0103006.
- [35] Y.G. Zhao, X.P. Zhang, P.T. Qiao, H.T. Zhang, S.L. Jia, B.S. Cao, M.H. Zhu, Z.H. Han, X.L. Wang, B.L. Gu, preprint cond-mat/0103077.
- [36] Y.P. Sun, W.H. Song, J.M. Dai, B. Zhao, J.J. Du, H.H. Wen, Z.X. Zhao, preprint cond-mat/0103101.
- [37] S. Suzuki, S. Higai, K. Nakao, preprint cond-mat/0102484.
- [38] Y. Wang, T. Plackowski, A. Junod, preprint cond-mat/0103181.
- [39] C.E. Cunningham, C. Petrovic, G. Lapertot, S.L. Bud'ko, F. Laabs, W. Straszheim, D.K. Finnemore, P.C. Canfield, preprint cond-mat/0103390.
- [40] J.P. Joshi, S. Sarangi, A.K. Sood, S.V. Bhat, preprint cond-mat/0103369.
- [41] M. Kohmoto, I. Chang, J. Friedel, preprint cond-mat/0103352.
- [42] S.M. Kazakov, M. Angst, J. Karpinski, preprint cond-mat/0103350.
- [43] A.E. Karkin, V.I. Voronin, T.V. Dyachkova, A.P. Tyutyunnik, V.G. Zubkov, Yu.G. Zainulin, B.N. Goshchitskii, preprint cond-mat/0103344.
- [44] Y. Maeno, H. Hashimoto, K. Yoshida, S. Nishiiaki, T. Jujita, J.G. Bednorz, F. Lichtenberg, *Nature* **372**, 532 (1994).
- [45] G. Litak, J.F. Annet, B.L. Gyorffy, K.I. Wysokiński, wyniki niepublikowane (2001).
- [46] C. Bergemann, S.R. Julian, A.P. Mackenzie, S. Nishizaki, Z. Maeno, *Phys. Rev. Lett.* **84**, 2662 (2000).
- [47] A.P. Mackenzie, R.K.W. Haselwimmer, A.W. Tyler, G.G. Lonzalich, Y. Mori, S. Nishizaki, Y. Maeno, *Phys. Rev. Lett.* **80**, 161 (1998).
- [48] G.M. Luke, Y. Fudamoto, K.M. Kojima, M.I. Larkin, J. Merrin, B. Nachumi, Y.J. Vemura, Y. Maeono, Z.Q. Mao, Y. Mori, H. Nakamura, M. Sigríst, *Nature* **394**, 558 (1998).
- [49] Y. Maeno, T.M. Rice, M. Sigríst, *Phys. Today*, styczeń 2001, s. 42.
- [50] J.B. Ketterson, S.N. Song, *Superconductivity* (Cambridge University Press, Cambridge 1999), s. 397.
- [51] G. Lonzarich, *Bull. Am. Phys. Soc.* **45**, 646 (2000); P. Aggarwal i in., tamże, s. 657.
- [52] D. Djurek, Z. Medunić, A. Tonejc, M. Paljević, preprint.



# ZE ZJAZDÓW I KONFERENCJI

## X-TOP 2000

W dniach 13–15 września 2000 r. odbyła się w Ustroniu-Jaszowcu V Międzynarodowa Konferencja Rentgenowskiej Dyfraktometrii Wysokorozdzielczej i Topografii (5th Biennial Conference on High Resolution X-ray Diffraction and Topography) X-TOP 2000, zorganizowana wspólnie przez Instytut Fizyki Doświadczalnej Uniwersytetu Warszawskiego oraz Instytut Fizyki Polskiej Akademii Nauk w Warszawie. Przewodniczącym Komitetu Organizacyjnego był autor niniejszego sprawozdania, a w skład Komitetu wchodził także pracownicy Instytutu Chemii Fizycznej PAN w Warszawie, Instytutu Energii Atomowej w Świerku k. Warszawy, Instytutu Technologii Materiałów Elektronicznych w Warszawie, Centrum Badań Wysokociśnieniowych PAN w Warszawie, Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie oraz Instytutu Niskich Temperatur i Badań Strukturalnych we Wrocławiu. Międzynarodowy Komitet Programowy tworzyło 14 naukowców z 9 krajów, w tym dr Jadwiga Bąk-Misiuk z IF PAN i prof. Maria Lefeld-Sosnowska z IFD UW.

Konferencje z serii X-TOP są organizowane co dwa lata od roku 1992 przez środowisko europejskich fizyków zajmujących się rentgenowskimi metodami charakteryzacji kryształów. Inicjatywę organizacji takich cyklicznych spotkań wysunęła międzynarodowa grupa fizyków pracujących w Europejskim Laboratorium Promieniowania Synchrotronowego (ESRF) w Grenoble. Pierwsze sympozjum odbyło się w lipcu 1992 r. na terenie Uniwersytetu w Marsylii, drugie – we wrześniu 1994 r. w byłym ośrodku szkolenia kadr Stasi (stanowiło to podówczas specyficzną atrakcję) w Gosen k. Berlina, trzecie – w kwietniu 1996 r. w hotelowym ośrodku nad brzegiem morza niedaleko Palermo, a czwarte – we wrześniu 1998 r. w Durham, na jednym z najstarszych angielskich uniwersytetów. We wszystkich brało udział po ok. 100–180 fizyków, głównie z krajów europejskich, lecz także pojedynczy uczestnicy z USA, Japonii, Australii i in. Tematyka konferencji z tej serii dotyczy stosowania metod rentgenowskich (głównie dyfrakcyjnych) do badań kryształów, zwłaszcza półprzewodnikowych, ma więc bardzo aplikacyjny charakter. Od ośmiu lat przynoszą one przegląd rozwoju tych metod i ich zastosowań do charakteryzacji różnych materiałów.

Na konferencję X-TOP 2000 przyjechało 118 uczestników, w tym 28 z Polski. Pozostali goście pochodzili z następujących krajów: Armenii, Australii, Austrii, Białorusi, Czech, Danii, Finlandii, Francji, Grecji, Holandii, Indii, Irlandii, Izraela, Japonii, Niemiec, Rosji, Stanów Zjednoczonych, Szwajcarii, Ukrainy, Wielkiej Brytanii i Włoch. Zgłoszono łącznie 165 prac, z czego 9 przedstawiono jako 30-minutowe referaty plenarne na 9 sesjach, 32 zakwalifikowano jako 15-minutowe komunikaty

ustne, a 124 jako komunikaty na dwie sesje plakatowe. Nie wygłoszono czterech komunikatów z powodu absencji autorów, a liczba nieprzywiezionych plakatów nie przekroczyła 20. Streszczenia wszystkich zgłoszonych prac opublikowano w zbiorze przygotowanym przed Konferencją, a jej szczegółowy program zamieszczono na stronie internetowej [info.ifpan.edu.pl/XTOP2000.html](http://info.ifpan.edu.pl/XTOP2000.html).

Konferencję rozpoczął we środę 13 września referat plenarny dra Jürgena Härtwiga (ESRF), stanowiący przegląd najnowszych topograficznych badań defektów w kwazikryształach, wykonanych w Grenoble. Tematowi temu był też poświęcony jeden z plakatów na wieczornej sesji. Do wygłoszenia referatu otwierającego drugą sesję przedpołudniową poświęconą topografii została także zaproszona osoba z ESRF, dr Petra Pernot, która przedstawiła referat o zmianach strukturalnych wywołanych przez przyłożenie pola elektrycznego w piezo- i ferroelektrycznych kryształach stosowanych w optyce nieliniowej. Ponadto na obu śródowych sesjach wygłoszono jeszcze 5 ciekawych komunikatów. Po obiedzie uczestnicy konferencji mieli 3,5 godziny na nieformalne kontakty naukowe podczas dwóch pieszych wycieczek w okoliczne góry: łatwiejszej z wjazdem wyciągiem krzeselkowym na Czantorie i nieco trudniejszej z wejściem na Równicę (fot.). Szczęśliwie tego dnia dopisała pogoda, a fakt, że przez dwa następane dni bardziej intensywnych zajęć nie była ona już tak ładna, dał asumpt żartom na temat dobrego ułożenia programu przez organizatorów. Po powrocie z wycieczki zmęczeni uczestnicy konferencji z przyjemnością odpoczęli na krótkiej sesji poświęconej reflektometrii, a po kolacji wzięli liczny udział w sesji plakatowej. Warto może przypomnieć, że zaletą organizowania konferencji naukowych z dala od dużych ośrodków miejskich jest brak pokus, które mogłyby skłonić uczonych (tych o słabszych charakterach) do absencji na sesjach naukowych.

Czwartek 14 września był dniem aż 4 sesji całkowicie poświęconych dyfraktometrii o dużej zdolności rozdzielczej. Metoda ta, stosowana od kilkunastu lat do badania otoczenia węzłów krystalicznej sieci odwrotnej, przyniosła już wiele ciekawych wyników, m.in. dlatego, że umożliwia szczegółową charakteryzację kryształów z warstwami epitaksjalnymi, supersieci i układów niskowymiarowych. Właśnie takie układy były dominującym tematem również na X-TOP-ie 2000. Referat plenarny o rozpraszaniu promieniowania X przez samoorganizujące się kropki kwantowe PbSe w magnetycznych supersieciach PbSe/PbEuTe wygłosił na sesji porannej prof. Václav Holý z Uniwersytetu Masaryka w Brnie. Kilka innych referatów dotyczyło m.in. układów kropek kwantowych w InP, drutów kwantowych GaAs w studniach InGaAs i okresowych układów drutów SiO<sub>2</sub> na krzemie. Referaty na zaproszenie na pozostałych sesjach czwartkowych wygłoszili: prof. Brian Tanner (Uniwersytet w Durham) na te-

mat tzw. grubości krytycznej (czyli grubości warstwy epitaksjalnej, po której przekroczeniu tworzą się dyslokacje niedopasowania) warstw InGaAs/GaAs, doktorant Wolfgang Ludwig (ESRF) o mikrotomografii synchrotronowej (nowej metodzie obrazowania rentgenowskiego) oraz doc. Michał Leszczyński (CBW PAN) o rentgenowskich badaniach objętościowych i warstwowych kryształów GaN. Interesujące komunikaty ustne przedstawili również m.in. dr Angel Mazuelas z ESRF (obserwacje degradacji diod laserowych na studniach kwantowych) i dr Richard Matyi z Uniwersytetu stanu Wisconsin (badania defektów w kryształach białka kurzego). Jeśli dodać do tego jeszcze ożywioną poobiednią sesję plakatową, to stanie się jasne, że tego dnia uczestnicy konferencji w pełni zapracowali na wystawny bankiet, przygotowany przez kuchnię ośrodka „Kolejarz”, w którym odbywały się wszystkie zajęcia i była zakwaterowana część gości. Na wielkie pochwały zasłużyli zresztą także pracownicy pobliskiego „Gwarka”, gdzie mieszkała większość uczestników i stłłowali się wszyscy.

Ostatniego dnia, w piątek 15 września, referat plenerny na temat dyfrakcyjnych badań spójnych fononów akustycznych o częstościach sięgających 1 THz wygłosił dr Justin Wark z Uniwersytetu w Oksfordzie. Na kolejnych sesjach piątkowych referaty na zaproszenie przedstawili:

dr Cinzia Giannini z włoskiego instytutu PASTIS-CNRSM w Brindisi (o zastosowaniu falowodów rentgenowskich do analizy deformacji wprowadzanej przez procesy technologiczne w krzemowych układach mikroelektronicznych) oraz dr Peter Cloetens z ESRF o obiecującym wariancie metody obrazowania rentgenowskiego za pomocą kontrastu fazowego, nazwanym holotomografią. Warto może w tym miejscu dodać, że duża spójność promieniowania synchrotronowego z nowych źródeł (zwłaszcza ESRF) otworzyła możliwości poszukiwania rentgenowskich odpowiedników metod optyki w zakresie światła widzialnego, w związku z czym pojawia się wiele prac na ten temat.

Konferencja była dofinansowana przez Ministerstwo Edukacji Narodowej i Komitet Badań Naukowych (dotacją w wysokości 10 000 zł, co stanowiło ok. 8% całkowitych kosztów) i Komitet Fizyki PAN (subwencją w wysokości 2500 zł) oraz przez firmy wytwarzające aparaturę naukową (łącznie ok. 23 000 zł, czyli 20% budżetu). Reszta kosztów została pokryta z wpłat uczestników, przy czym na konferencjach X-TOP uczestnicy wygłaszający referaty plenarne i na zaproszenie nie są zwolnieni z opłat. Komitet Organizacyjny przyznał natomiast 15 stypendiów (głównie dla uczestników z krajów byłego ZSRR), obejmujących koszty pobytu na konferencji i wpisowe.



Grupa uczestników podczas wycieczki na Równicę przy ułożonym z kamieni napisie X-TOP. Z przodu: drugi od lewej José Baruchel, pierwszy od prawej Jürgen Härtwig; stoją: trzeci od lewej Brian Tanner, czwarty od lewej Václav Holý (fot. Moreton Moore).

Bardzo wielu uczestników wyrażało wielkie uznanie dla zespołu z IF PAN, organizującego Konferencję od strony technicznej: mgr Halinie Granat za prowadzenie

sekretariatu i niezwykle sprawne załatwianie wielu rozmaitych spraw z tym związanych (pomagała jej w tym p. Alicja Szczepańska); Ludwikowi Borgowi, który znako-

miecie zorganizował już tak wiele konferencji w Ustroniu, za zapewnienie bezproblemowego rozwiązania lokalnych spraw organizacyjnych; wreszcie panom: Bogdanowi Wieczorkowi i Wojciechowi Kaliszowskiemu za wzorcową obsługę sali wykładowej. Z przyjemnością dołączam się do tych opinii i serdecznie im wszystkim dziękuję.

Zgodnie z zasadą przyjętą już na pierwszym sympozjum X-TOP, część przedstawianych prac została opublikowana jako zwykłe artykuły naukowe w specjalnym zeszycie *Journal of Physics D: Applied Physics*, którego redaktorem (Guest Editor) był autor niniejszego sprawozdania. Do zeszytu tego, który ukazał się z datą 21 maja 2001 r., zgłoszono 63 artykuły, z czego przyjęto 44.

W podsumowaniu warto podkreślić wysoki poziom naukowy przedstawionych prac, a przede wszystkim fakt, że wiele z nich było wykonanych przez młodych doktorów i doktorantów. Perspektywy tej dziedziny wyglądają zatem zdecydowanie optymistycznie. Następną konferencja z serii X-TOP odbędzie się w 2002 r. we Francji (w ESRF lub w okolicy Grenoble); jej organizację powierzono drowi Josému Baruchelowi z ESRF.

Jerzy Gronkowski

Instytut Fizyki Doświadczalnej UW  
Warszawa

## RECENZJE

### Fizyczne metody badań w biologii, medycynie i ochronie środowiska

*Fizyczne metody badań w biologii, medycynie i ochronie środowiska*, praca zbiorowa pod redakcją Andrzeja Z. Hrynkiewicza i Eugeniusza Rokity, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1999, s. 444.

Recenzowana książka (podręcznik) jest pierwszą częścią dwutomowego opracowania wykładów adresowanych do fizyków i chemików, którzy mają zamiar pracować lub już pracują wśród biologów, lekarzy czy przedstawicieli innych zawodów, stosujących w swojej pracy fizyczne metody doświadczalne. Potencjalną grupę czytelników tej książki świadomie ograniczam do fizyków i chemików, gdyż możliwość korzystania z niej wymaga, moim zdaniem, dobrej znajomości podstaw fizyki, czym np. medycy i biolodzy, jak wiadomo, nie grzeszą. Z racji szerokiego wachlarza przedstawionych zagadnień (od rentgenografii i neutronografii poczynając, poprzez spektroskopię Mössbauera i optyczną, a kończąc na chromatografii) oraz chęci jak najbardziej fachowego przedstawienia tych specjalności, książka jest dziełem wielu autorów. Być może dlatego ma zdecydowanie nierówny poziom.

Część winy za rozliczne usterki, jakie znalazłam w książce, ponosi redakcja Wydawnictwa, która nie ujednoliciła stosowanych oznaczeń wielkości fizycznych. Na przykład, magneton Bohra w rozdz. 3 jest oznaczony przez  $\mu_B$ , tak jak to jest powszechnie przyjęte, a w rozdz. 5 przez  $\beta$ . Stała Boltzmanna w rozdz. 3 jest oznaczona przez  $k_B$ , a w rozdziałach 1, 4 i 5 przez  $k$ , co nie przeszkadza, że we wzorze na s. 117 (rozdz. 4) mamy jednak  $k_B$ . Redakcja dopuściła też posługiwanie się żargonem, przeoczyła kilka błędów gramatycznych i niezręczności stylistycznych, których wykaz dołączam do tej recenzji.

Rozdziały 1, 2 i 13 recenzuje dalej prof. Gronkowski, przejdę zatem od razu do rozdz. 3 pt. „Spektroskopia

Mössbauera”, autorstwa Andrzeja Z. Hrynkiewicza i Krzysztofa Tomali. Jest to niewątpliwie najlepiej napisany rozdział i powinien być potraktowany jako wzór dla całej książki. Wiadomości w nim zawarte całkowicie wystarczają, by poznać zjawisko, dowiedzieć się, jakie wielkości fizyczne można wyznaczyć metodą spektroskopii Mössbauera oraz jak i po co stosuje się tę metodę w biologii i medycynie. Nic dodać, nic ująć.

Rozdział 4 jest poświęcony magnetycznemu rezonansowi jądrowemu. Niestety, zarówno jego treść, jak i forma budzą mój niepokój. Od razu na wstępie, na s. 116<sup>3-4</sup> Autorka pisze: „W silnym zewnętrznym polu magnetycznym  $B_0$  poziomy energetyczne jądra rozszczepiają się na  $(2I + 1)$  podpoziomów” i nazywa to zjawisko „jądrowym efektem Zeemana”. Pozornie wszystko jest w porządku, ale tu przecież nie o to chodzi! Już w następnym akapicie czytamy: „Dla jasności dalszego opisu zajmijmy się jądrami wodoru”. Na tej samej stronie w podpisie do rys. 4.1 jest stwierdzenie: „poziom energetyczny spinu  $I = 1/2$  rozszczepia się...” Natomiast na s. 117<sup>4</sup> jest powiedziane dosłownie, że „W polu magnetycznym stan podstawowy jądra wodoru rozszczepia się tylko na dwa podpoziomy”. I dalej wszystko „leci” mniej więcej w tym samym stylu. Nie wątpię, że Autorka dobrze wie, że chodzi o strukturę nadsubtelną poziomów energetycznych atomu, która odzwierciedla własności jądra, ale skąd student ma wiedzieć, że Autorka co innego myśli niż pisze? Przytoczony na s. 121 przykład wpływu natężenia pola magnetycznego na zdolność rozdzielczą spektrometru niczego nie wyjaśnia, a do tego równość  $1 \text{ ppm} = 90 \text{ Hz}$  (s. 121<sup>11</sup>) ostatecznie wszystko zaciemnia.

Rozdział 5 „Elektronowy rezonans paramagnetyczny” też pozostawia nieco do życzenia. Znalazłam w nim kilka nieścisłości. Już na wstępie czynnik Landego  $g$ , nazywany też czynnikiem giromagnetycznym, tu został nazwany „czynnikiem rozszczepienia spektroskopowego” – ja z takim określeniem się nie spotkałam.

W punkcie 5.6, poświęconym oddziaływaniu nadsubtelnemu, ze zdziwieniem przeczytałam (s. 143<sub>2-1</sub>), że: „na niesparowany elektron działa nie tylko zewnętrzne pole magnetyczne, lecz również pole wytworzone przez jądra”. Na stronie 144<sub>13</sub> napisano, że „pole magnetyczne jądra powoduje rozszczepienie sygnału EPR na szereg składowych”.

Z mojej wiedzy o strukturze nadsubtelnej wynika, że jest to konsekwencja oddziaływania dipolowego momentu magnetycznego jądra  $\mu_I$  ( $\mu_I = g_I \mu_n I$ , gdzie  $g_I$  jest jądrowym czynnikiem Landego,  $\mu_n$  – magnetonem jądrowym,  $I$  – spinem jądra) z polem magnetycznym wytworzonym przez elektrony powłoki atomowej w miejscu, gdzie znajduje się jądro. Kierunek i wartość natężenia tego pola zależy od momentu pędu atomu  $J$ , ponieważ  $B(0) = (\vec{B}(0)/J\hbar)J$ , i zmienia się wraz ze zmianą stanu atomu. W danym stanie atomowym średnia wartość natężenia pola magnetycznego w miejscu, gdzie znajduje się jądro jest taka sama dla wszystkich izotopów danego pierwiastka. Różne jądra tych izotopów mają charakterystyczne dla siebie wartości  $\mu_I$  (i momenty wyższego rzędu), co w konsekwencji prowadzi do różnych wartości rozszczepienia nadsubtelnego stanów atomowych.

W rozdziale 6 „Spektroskopia optyczna w zakresie podczerwieni i spektroskopia Ramana” przedstawiono podstawową wiedzę o cząsteczkach wieloatomowych, metodach dostarczających informacji o ich strukturze oraz o stosowanej aparaturze. Doskonale skondensowany i w pełni zrozumiały opis zasługiwałby na miano „bryka”, gdyby to słowo nie miało wydźwięku pejoratywnego. Dodatkową zaletą tego rozdziału jest zamieszczenie w nim wielu praktycznych rad i zwrócenie uwagi czytelnika na potencjalne „zagrożenia”, np. na występowanie w rejestrowanym widmie pasm pochodzących od rozpuszczalnika czy toksyczne własności niektórych ze stosowanych materiałów. W końcu rozdziału są przytoczone bardzo ciekawe przykłady zastosowania opisanych metod w ochronie środowiska i do badania materiałów biologicznych. Mam tylko jedno zastrzeżenie odnoszące się do sformułowania. Na stronie 177<sup>16</sup> jest mowa o rozszczepieniu „częstości drgań optycznych podłużnych i poprzecznych”. Tymczasem fala elektromagnetyczna jest falą poprzeczną, a falą podłużną może być np. fala akustyczna, zatem takie sformułowanie wydaje mi się niezręczne.

Rozdział 7 „Spektroskopia optyczna UV/VIS” jest napisany dobrze i obejmuje szeroki wachlarz tematów. Są w nim przedstawione podstawowe procesy fizyczne (absorpcja, emisja i rozpraszanie światła) oraz aparatura i typowe metody stosowane w spektroskopii optycznej. Zapewne z racji małej objętości szereg tematów Autor jedynie zasygnalizował, a wiele omówił dosyć powierzchownie, odsyłając czytelnika do literatury specjalistycznej. Kilka zauważonych, szczegółowych potknięć językowych i literówek umieściłam w oddzielnym wykazie (wykaz ten przesyłam Wydawnictwu – Red.).

Rozdział 8 „Spektroskopia fotoelektronów” jest kolejnym rozdziałem, do którego mam zastrzeżenia. Jest w nim omówiona metoda wykorzystująca zjawisko foto-

elektryczne do pomiaru energii wiązania elektronów w dowolnym stanie atomowym. Pozwala to np. na identyfikację pierwiastków występujących śladowo w badanej próbce. Niestety, punkt „Podstawy fizyczne” jest zbyt ubogi, gdyż ogranicza się do omówienia równania Einsteina. Przykłady złego stylu i posługiwania się żargonem podaję w oddzielnym wykazie. Dwa z nich przytaczam poniżej. Już w pierwszym zdaniu tego rozdziału czytamy: „materiału naświetlanego fotonowym promieniowaniem jonizującym”. A oto próbka stylu (s. 223<sub>2-1</sub>): „musimy zmierzyć energię kinetyczną  $E_k$  wybitych z tych powłok fotoelektronów za pomocą spektrometru”. Ponadto długość fali jest wyrażona w Å (jedynie w tym rozdziale).

W drugim co do długości rozdziale książki (po „Spektroskopii mössbauerowskiej”), zatytułowanym „Mikroskopia”, można znaleźć kompendium wiedzy o zasadach działania różnego typu mikroskopów (w tym ostatniej generacji), ich budowie i możliwościach zastosowań. Na początku rozdziału są wyprowadzone wzory soczewkowe i omówione główne aberracje układów optycznych. Mimo że bardzo dobrze napisany, rozdział ten także nie ustrzegł się od przejawu braku konsekwencji terminologicznej i sformułowań żargonowych. A oto przykłady. Na rysunku 9.17 zamiast ogólnie przyjętego terminu „płytką światłodzielącą” (patrz np. rys. 6.6) wprowadzono nazwę „dzielnik wiązki”. Na stronach 281<sub>4</sub> i 282<sup>6</sup> czytamy: „stosuje się wiązkę lasera skolimowaną do rozmiarów mniejszych od  $1 \mu\text{m}$ ” i następnie: „jest ograniczona rozmiarami wiązki lasera, typowo  $0,5\text{--}1 \mu\text{m}$ ”. Po pierwsze „wiązkę światła”, a po drugie – ciekawe, o jakie rozmiary chodzi. Rozkład natężenia światła w przekroju wiązki jest gaussowski i dlatego jej szerokość określa się w połowie wysokości tego rozkładu. Jednak ani takiej, ani innej definicji „rozmiarów wiązki” w rozdz. 9 nie znalazłam.

Rozdział 10 „Spektroskopia dielektryczna” przedstawia wysoce wyspecjalizowany opis własności fizycznych dielektryków. Zdaniem Autora spektroskopia dielektryczna może dostarczyć informacji o budowie elektrycznej substancji i o oddziaływaniach międzycząsteczkowych. Stosuje się ją m.in. do badania fosfolipidów rozpuszczonych w chloroformie i wodzie oraz do badania samej wody.

W rozdziale 11, zatytułowanym „Aktywacja neutronowa” przedstawiono metodę wyznaczania śladowych ilości pierwiastków w badanej próbce poddanej aktywacji neutronami termicznymi. Podstawy fizyczne tej metody są wyłożone dosyć „łopatologicznie” – idea aktywacji i pomiaru energii kwantów  $\gamma_2$  jest powtórzona kilka razy. Cały rozdział jest napisany jak instrukcja, co, moim zdaniem, jest jego wielką zaletą. Jednak i tu Autorzy nie ustrzegli się potknięć. Otóż równania (11.9) nie otrzymuje się z równań (11.6) i (11.7), gdyż w takim wypadku miałyby ono postać:  $\sigma_{Ax} \Phi N_A + \lambda N_{A+1} = 0$ . Tymczasem równ. (11.9) jest zapisem dwóch procesów: powstawania i rozpadu jąder  $^{A+1}X$ . Ponadto dziwi mnie stosowanie w tym rozdziale żargonowego określenia „emisja natychmiastowego promieniowania  $\gamma$ ” (np. s. 323<sub>15,11</sub>).

W rozdziale 12 „Spektroskopia mas” przedstawiono metody badania składu pierwiastkowego i struktury (rozładu koncentracji w funkcji odległości od powierzchni) próbki w fazie skondensowanej, za pomocą bombardowania strumieniem naładowanych cząstek rozpraszanych do tyłu, względnie wywołujących reakcje jądrowe, czy też wybijających z próbki jądra znacznie lżejsze od pocisków. Ponadto jest omówiona zasada działania spektrometru masowego. Rozdział jest napisany zrozumiale, chociaż powtarzanie po kilka razy tego samego materiału jest bardziej wskazane w trakcie wykładu niż w tekście pisanym. Przykładem jest trzykrotne wykorzystanie tego samego zdania, a mianowicie w podpisach do rys. 12.4a i 12.4b oraz na s. 354<sup>4</sup>. Warto też zauważyć, że fragment podrzdz. 12.4 „Spektrometria mas czasu przelotu” (fatalne zestawienie słów!) jest po prostu źle napisany i robi wrażenie, jakby nie został opracowany przez Redakcję (patrz s. 363).

Ostatni recenzowany przeze mnie rozdział książki to rozdz. 14 „Chromatografia”. Jest on zgrabnie napisany i w swojej treści, jako jedyny, bezpośrednio nawiązuje do pomiarów zanieczyszczenia środowiska. Jasny opis metody pomiaru, wraz z wyjaśnieniem znaczenia wielu tajemniczych symboli, sprawia, że jest to bardzo pożyteczny fragment omawianego podręcznika.

Reasumując chciałabym zwrócić uwagę na fakt, że recenzowana książka jest bodajże pierwszym wydaniem w języku polskim i tak kompleksowym opracowaniem wielu metod doświadczalnych stosowanych w biologii, medycynie i ochronie środowiska. Wytknięte przeze mnie „niedoróbki” są łatwe do poprawienia i mam nadzieję, że zostaną uwzględnione w kolejnym wydaniu tego podręcznika, który z pewnością przyda się także wielu młodszym i starszym fizykom.

*Aleksandra Kopystyńska*

Instytut Fizyki Doświadczalnej UW  
Warszawa

Recenzowana książka jest bardzo pożyteczną pozycją, wypełniającą lukę wśród polskojęzycznych podręczników akademickich. Coraz szersze stosowanie metod spektroskopowych do badania substancji biologicznych, wykrywania zanieczyszczeń środowiska i w diagnostyce medycznej sprawia, że opis tych zastosowań może się przydać zarówno studentom specjalizacji związanych z medycyną i ekologią, jak i wykładowcom. Wiem coś o tym, bo sam już drugi rok z rzędu wykorzystuję *Fizyczne metody badań* do przygotowywania wykładów specjalizacyjnych.

Niestety, do pochwały Autorów, Redaktorów i Wydawnictwa za podjęcie się trudu wydania tego podręcznika muszą dołączyć trochę ogólnych i szczegółowych uwag krytycznych. Podobnie jak prof. Kopystyńska, w recenzowanych przez siebie rozdziałach dostrzegam sporo przejawów niestarannej korekty redakcyjnej i autorskiej. Brakuje mi próby ujednoczenia książki pod względem terminologii i oznaczeń. I tak, czynnik Debye'a–Wallera jest definiowany trzykrotnie, za każdym razem w innym

kontekście (przy czym tylko definicja w rozdz. 3 jest poprawna). A przecież tę niespójność można było spostrzec już choćby przy opracowywaniu skorowidza. Wektory falowe mają długość  $1/\lambda$  w rozdz. 1 i 2, natomiast w rozdz. 3 i 9 wynosi ona  $2\pi/\lambda$ . Przede wszystkim jednak brakuje koordynacji kolejności przedstawiania materiału. Promieniowanie synchrotronowe najbardziej szczegółowo jest omówione dopiero w rozdz. 13 zamiast w p. 1.4.1, dotyczącym źródeł promieniowania rentgenowskiego, gdzie na jego temat są zaledwie trzy zdania. A przecież do właściwości tego promieniowania odwołuje się już rozdz. 2. Podobnie jest z widmem charakterystycznym promieniowania rentgenowskiego, omówionym w rozdz. 13.

Rozdział 1, poświęcony analizie strukturalnej kryształów przy użyciu promieniowania rentgenowskiego i neutronów, jest bardzo niespójny. Obok ładnego opisu metod wyznaczania struktur krystalicznych i kompetentnego omówienia rozpraszania małąkątowego zawiera niestety poważne błędy merytoryczne. Niefortunna była chyba koncepcja łącznego omawiania rentgenografii i neutronografii. Prowokuje ona Autora m.in. do ciągłego mieszania długości rozpraszania, definiowanej dla neutronów, z atomowym czynnikiem rozpraszania (dla promieni X), np. przed wzorami (1.27) i (1.29) i na s. 32–33. W końcu pojawia się nawet taki lapsus, jak rozszerzenie metody czasu przelotu na promieniowanie rentgenowskie (s. 27). Zresztą, definicja atomowego czynnika rozpraszania jest błędna i przy tym bardzo źle zredagowana. Czynnikiem ten definiuje się jako stosunek amplitud, a nie natężeń. Zamiast „stosunek natężenia promieniowania rozpraszanego przez pojedynczy atom do rozpraszania przez elektron” (s. 15) należało więc napisać: „stosunek amplitudy fali rozproszonej przez atom do amplitudy fali rozproszonej pod tym samym kątem przez pojedynczy elektron”. Razi również systematyczne co błędne nazywanie fali rozproszonej „falą rozpraszaną”. Zdanie: „Zjawisko dyfrakcji neutronów w badaniach strukturalnych wynika z równania de Broglie'a” (s. 17) jest niezgrabne. Ze wzoru de Broglie'a wynika to, że z neutronem, jak z każdą cząstką, jest związana fala o określonej długości; można to wykorzystać w badaniach struktury kryształów. Zdanie: „Te trzy wektory tworzą układ, z którego wynika prawo zachowania pędu w rozpraszaniu braggowskim” (s. 26) miało prawdopodobnie znaczyć: „Z zasady zachowania pędu wynika, że te trzy wektory leżą w jednej płaszczyźnie i spełniają warunek dyfrakcji”. Po lewej stronie wzoru (1.58) jest iloraz dwóch wektorów.

Kolejnymi „wpadkami” w tym rozdziale są dziwne błędy na rysunkach. Na przykład, na rys. 1.2 podział widma promieniowania elektromagnetycznego na zakresy zupełnie odbiega od ogólnie przyjętego. „Fale świetlne” (chodzi chyba o światło widzialne) obejmują tu zakres 80 nm – 2  $\mu$ m, natomiast w ogóle na rysunku nie występuje nadfiolet; promieniowanie rentgenowskie, sąsiadujące z „falami świetlnymi”, jest podzielone na „miękkie” i „normalne” (zamiast „twardego”), przy czym to ostatnie ma bardzo szeroki zakres; promieniowanie  $\gamma$  obejmuje zakres  $10^{-12}$ – $10^{-11}$  m; zakres fal radiowych koń-

czy się na 100 metrach (a co z falami długimi?); wreszcie, fale o większych długościach są tajemniczo nazwane „tłem kosmicznym”. Przedstawiony na tym rysunku schemat obejmuje pięć wybranych zjawisk fizycznych, pokazując „wielkość efektu” dla fal o różnej długości. Schemat ten jest jednak ogólnie biorąc wysoce bałamutny (co oznacza „wielkość efektu” dla absorpcji albo emisji?), a w szczegółach błędny: rozpraszanie na fononach jest jakoby najintensywniejsze dla promieniowania  $\gamma$ , a rozpraszanie komptonowskie zachodzi także dla „fal świetlnych”. Zakres podczerwieni oznaczony na rys. 1.4 jest za wąski (powinien sięgać od 700 nm do 1 mm, czyli na rysunku aż do ramki), podobnie dla promieni X powinien sięgać od  $10^{-2}$  nm do 10 nm. Na rys. 1.11 stożek  $R_3$  jest narysowany błędnie (nie może w taki sposób przecinać błony fotograficznej). „Chopper” jest na s. 28 nazwany „przerywaczem wiązki neutronów” lub „przerywaczem”, a w podpisie rys. 1.13 – „selektorem prędkości”.

Rozdział 2 zawiera zwięzły, lecz jasny opis podstaw teoretycznych metody EXAFS. Można żałować, że jest to najkrótszy rozdział w książce i że podane są zaledwie dwa przykłady biomedycznych zastosowań, w tym jeden zbyt skrótowo. Mam tylko jedną drobną uwagę krytyczną: byłoby lepiej, gdyby Autor podjął próbę zaproponowania polskiej nazwy „procesów shake up/off” (s. 53).

Tytuł rozdziału 13 („Analiza fluorescencyjna”) jest nieco mylący, ponieważ cały tekst dotyczy jedynie rentgenowskiej analizy fluorescencyjnej, a nie innych zakresów widma fal elektromagnetycznych, np. światła widzialnego. Podobnie jak w rozdz. 2, opis podstaw fizycznych tej metody spektroskopowej jest również napisany w dobrze zorganizowany i zrozumiały sposób, a dodatkowymi zaletami są: szczegółowe omówienie jej kilku wariantów, ich schematy blokowe i dodatkowe informacje o układach pomiarowych (jest nawet zdjęcie komory PIXE używanej w Instytucie Fizyki Jądrowej w Krakowie) oraz wiele ciekawie przedstawionych przykładów ich zastosowań. Szkoda tylko, że w ładnie napisanym tekście, w którego przygotowanie Autor włożył wiele trudu, przemknęło się sporo żargonu. Razi zwłaszcza częste używanie określenia „pik” zamiast „linia widmowa”, choć przecież z tym problemem terminologicznym optycy uporali się już dawno. Prowadzi to do różnych łamańców językowych, jak w zdaniu „Położenia linii widmowych ustala się na podstawie położenia maksimów pików odpowiadających danym liniom” (s. 377), zamiast po prostu „Położenia linii widmowych wyznacza się na podstawie położenia ich maksimów”, albo w sformułowaniu „liczba zliczeń pod pikiem danej linii” (s. 380). Lepiej pisać o fotonach, a nie o „kwantach”. Termin „stężenie” lepiej jest rezerwować dla roztworów, tak jak to czynią chemicy; w szerszym kontekście należy używać określenia „zawartość” (ta uwaga dotyczy także innych rozdziałów). Należało podjąć próbę wylansowania polskiej nazwy dla używanego w książce terminu „linie pile-up” (s. 378).

Jeszcze raz pragnę wyrazić uznanie Autorom tego pożytecznego podręcznika za jego napisanie. Błędy i „wpadki” są nieuniknione, zwłaszcza przy tego typu

przedsięwzięciu o szerokim zakresie i zwłaszcza w pierwszym wydaniu książki, a recenzja jest okazją do ich wyłowienia. Podobnie jak prof. Kopystyńska, załączam szczegółowy spis drobniejszych poprawek do uwzględnienia przez Autorów i Wydawnictwo przed ewentualnym wznowieniem *Fizycznych metod badań* (ten obszerny, 13-stronicowy spis przesyłamy do Wydawnictwa – Red.).

Jerzy Gronkowski

Instytut Fizyki Doświadczalnej UW  
Warszawa

## Elektryczność i magnetyzm

Jan Gaj: *Elektryczność i magnetyzm*, Wydawnictwa Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa 2000, s. 156.

Recenzowana książka jest podręcznikiem adresowanym do studentów pierwszego roku fizyki Uniwersytetu Warszawskiego, a także do słuchaczy podstawowego kursu fizyki innych wydziałów i innych wyższych uczelni. Podręcznik powstał na podstawie kilkuletnich wykładów Autora. Jej wydanie z pomocą finansową Tempus – PHARE (cena książki 21 zł) wypełnia lukę na rynku podręczników akademickich. Zalecana we wstępie literatura to podręczniki dawno wyczerpane, dostępne jedynie w bibliotekach lub antykwariatach.

Podręcznik autorstwa Jana Gaja zawiera w zasadzie kompletny wykład o polu elektrycznym, magnetycznym, prądzie elektrycznym, a także wpływie tych pól na materię. Zaznajamia czytelnika z równaniami Maxwella, ale nie omawia fal elektromagnetycznych. Podział wykładanego materiału przebiega według sposobu opisu pól i prądów, przy czym opis ten jest dwustopniowy: najpierw bez wnikania w przyczyny zjawisk (tak jak w kinematyce), a następnie z omówieniem praw rządzących tymi zjawiskami (jak w dynamice). Autor zresztą używa pojęć „kinematyka” i „dynamika” w odniesieniu do pól i prądów, co moim zdaniem jest niezbyt logiczne, ale upraszcza język.

Do istotnych zalet książki należy zaliczyć zwięzły charakter wykładu, z opisem matematycznym sprowadzonym do niezbędnego minimum, lecz za to opartego na opisanych w tekście 85 doświadczeniach z użyciem nowoczesnych, a nie muzealnych przyrządów. Na przykład Autor korzysta z generatora Van de Graaffa (zamiast maszyny elektrostatycznej), oscylografu, stabilizatora prądu elektrycznego do ładowania kondensatorów o różnych pojemnościach itp. Ponadto cenny jest zestaw pytań na końcu każdego rozdziału, umożliwiający studentowi bieżącą kontrolę przyswajanych treści, a także dobre przygotowanie się do egzaminu.

Natomiast słabą stroną książki jest w moim odczuciu opis matematyczny pól, który w zwartej postaci (na pięciu stronach) jest podany w rozdz. 2, a następnie wykorzystany w „dynamice” pól i przy wyprowadzaniu równań Maxwella.

Głównym mankamentem analizy matematycznej pół jest brak przejścia od całkowitej postaci równań do różniczkowej – bardziej abstrakcyjnej w moim przekonaniu. Na przykład, Autor definiuje dywergencję jako sumę pochodnych składowych pola wektorowego (s. 16), co jest słuszne jedynie w prostokątnym układzie współrzędnych, zamiast bardziej ogólnie jako graniczny stosunek strumienia, wychodzącego z danej objętości, do tej objętości, ograniczonej rozważaną powierzchnią zamkniętą. Taka sama uwaga dotyczy pojęcia rotacji (s. 36).

Mam nadzieję, że w następnym wydaniu Autor usunie wspomniane wyżej mankamenty, jak też inne, na ogół dość drobne, usterki tekstu wymienione niżej (podaję nr strony i ewentualnie wiersza):

4<sup>13</sup>: Indukcja elektromagnetyczne → ... elektromagnetyczna.

7<sup>16</sup>: Jego istotą jest rozróżnienie między wynikami obserwacji (i doświadczeń), które... → Jego istotą jest rozróżnienie między wynikami obserwacji (i doświadczeń) a ich interpretacją. Wyniki doświadczenia...

16<sup>9</sup>: Autor pisze: „Jest to wielkość skalarna, podobnie jak strumień czy dywergencja”. Ponieważ to zdanie dotyczy krążenia, to proponuję zamienić: strumień → praca, dywergencja → potencjał.

27: Przykład doświadczalny dobrze byłoby uzupełnić rysunkiem miernika magnetoelektrycznego. W dobie mierników cyfrowych studentom coraz trudniej zrozumieć działanie tego miernika.

32: proporcjonalny → wprost proporcjonalny.

50: Poprawić charakterystykę diody półprzewodnikowej.

57<sup>12,13</sup>: spadek napięcia → spadek potencjału (lub napięcia).

75<sup>6</sup>: praw Maxwella → równań Maxwella.

85: Poprawić przebieg krzywej rezonansowej. Krzywa ta powinna opadać asymptotycznie do zera od strony wysokich częstości, a zaczynać skończoną wartością amplitudy, zależną od amplitudy napięcia zasilacza.

100<sup>3</sup>: Obserwowaną redukcję natężenia → Obserwowane malenie...

149<sup>1,13</sup> oraz 150<sup>4</sup>: siła przeciwelektromotoryczna polaryzacji → siła elektromotoryczna polaryzacji.

149<sup>5</sup>: w ubiegłym wieku → w 1790 r.

154: Brak rysunku do doświadczenia 3, w opisie brak dławików, przez które łuk zasila się ze źródła napięcia stałego.

Wymienione wyżej usterki bądź niedostatki nie wpływają istotnie na wartość książki, która jest napisana zwięźle i ciekawie. Zawiera znakomite komentarze i interpretacje, często oryginalne. Dla studentów cenne są pytania na końcu rozdziałów. Nabycie tej książki za niewielką w końcu cenę poleciłbym także studentom przygotowującym się do egzaminu magisterskiego, jak też wykładowcom podstaw fizyki.

Stanisław Hałas  
Instytut Fizyki UMCS  
Lublin

## Fizyka cząsteczek

Paweł Kowalczyk: *Fizyka cząsteczek. Energie i widma*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2000, s. 206 (tytuł dotowany przez Tempus PHARE).

Wydana nakładem Wydawnictwa Naukowego PWN książka Pawła Kowalczyka *Fizyka cząsteczek. Energie i widma* powstała, jak wynika z pierwszego zdania wstępu, jako rozwinięcie wykładów z fizyki atomów i cząsteczek prowadzonych przez Autora dla studentów trzeciego roku fizyki Uniwersytetu Warszawskiego. Ta informacja pozwala od razu zrozumieć podstawowe założenia projektu książki. Zapowiada ona z jednej strony charakter książki, która ma być podręcznikiem wprowadzającym początkującego czytelnika w tak obszerną dziedzinę, jaką jest dziś fizyka molekularna, a z drugiej strony wyjaśnia, jaki poziom przygotowania konieczny jest do studiowania książki z pożytkiem. Autor precyzuje to bliżej, definiując krótko sylwetkę swego przyszłego czytelnika: ma być nim student, który „nie czując się teoretykiem, chciałby zrozumieć metody stosowane do opisu struktury energetycznej cząsteczek oraz obserwowanych doświadczalnie widm” oraz „zna matematykę i mechanikę kwantową na poziomie trzeciego roku fizyki lub chemii na uniwersytecie”.

Podtytuł książki: *Energie i widma*, określa bliżej jej treść. Należy jednak od razu wyjaśnić, że wykład w przeważającej części poświęcony jest omówieniu struktury cząsteczek (rozdział o widmach cząsteczkowych zajmuje niespełna dwadzieścia procent objętości książki). Jako podstawę analizy układów cząsteczkowych wybrał Autor własności symetrii i aparat teorii grup. Raz jeszcze przywołam słowa Autora ze wstępu: „głównym zamyśleniem książki było pokazanie, jak wiele wyników można uzyskać prostymi i eleganckimi metodami teorii grup”. Metody te są stosowane konsekwentnie w wielu miejscach wykładu, od konstrukcji orbitali cząsteczkowych po uzasadnienie reguł wyboru. Pierwszy rozdział książki zawiera prezentację podstawowych, niezbędnych dla dalszych zastosowań, pojęć teorii grup. Ograniczając do minimum czysto formalną dyskusję, Autor szybko przechodzi do związków teorii z fizyką cząsteczkową, a drobiazgowo omówione przykłady pozwalają, aby nawet czytelnik bez doświadczenia w tej dziedzinie mógł nabrać przekonania o przydatności i skuteczności metod teorio-grupowych. Kolejne trzy rozdziały zawierają zasadniczą część materiału dotyczącą struktury energetycznej cząsteczek. Krótki rozdział drugi omawia rozdzielanie ruchu jąder i elektronów jako punktu wyjścia dla dalszej kwantowej analizy zagadnienia widm energetycznych i prowadzi do przybliżenia Borna–Oppenheimera oraz do przedstawienia całkowitej energii drobin w postaci sumy energii elektronowej, oscylacyjnej i rotacyjnej. Najobszerniejsze rozdziały, trzeci i czwarty, składające się łącznie na połowę objętości książki, poświęcone są strukturze energetycznej cząsteczki. Przedstawione są tu (rozdział trzeci) główne zasady konstrukcji orbitali molekularnych według

metody LCAO-MO opartej na liniowych kombinacjach orbitali atomowych, stany elektronowe cząsteczki i odpowiednie schematy energetyczne, kolejno dla cząsteczek dwu- i wieloatomowych. Bardzo szczegółowa dyskusja przeprowadzona dla najprostszego przypadku dwuatomowej drobiny homojądrowej daje czytelnikowi dobry pogląd na zasadnicze elementy jakościowej analizy elektronowych. Rozdział czwarty to omówienie wpływu ruchu jąder na strukturę energetyczną. Analizowane są w nim oscylacje i obroty cząsteczki, poczynając, podobnie jak dla stanów elektronowych, od najprostszego przypadku cząsteczki dwuatomowej. Zagadnieniom widm cząsteczkowych poświęcony jest ostatni rozdział książki. Przedstawiona jest tu podstawowa klasyfikacja widm cząsteczkowych wynikająca z wyodrębnienia różnych elementów struktury energetycznej cząsteczki i wyprowadzone są związki z każdym typem przejść reguły wyboru. Krótko wspomniane są widma ramanowskie oraz zagadnienie zaniku wzbudzenia w cząsteczce. Należy podkreślić, że dyskusja w tym rozdziale ma charakter teoretyczny i nie dotyczy zagadnień doświadczalnych spektroskopii molekularnej. Układ materiału i jego prezentacja są w książce przejrzyste i staranne.

Z powyższego omówienia widać, że wybór materiału odpowiada tradycyjnym zagadnieniom kursu fizyki molekularnej, co jest zupełnie zrozumiałe w tego typu wykładzie. Autor koncentruje się na podstawowych aspektach omawianych zagadnień, kładąc nacisk na rozumienie jakościowe. Wykład ogólny ilustrowany jest cały czas przykładami dotyczącymi konkretnych cząsteczek. Daje to studentowi dobrą możliwość poznania i zrozumienia podstawowych pojęć dotyczących kwantowego modelu cząsteczek oraz przybliżeń stosowanych do jego stworzenia, mechanizmów decydujących o własnościach fizycznych cząsteczek oraz o procesach, na których opierają się główne metody ich spektroskopowego badania. Czytając podręcznik widać konsekwencję, z jaką Autor realizuje swój główny zamysł dydaktyczny – nawet czytelnik nie mający wcześniej kontaktu ze stosowaniem teorii grup w mechanice kwantowej będzie miał okazję zauważyć siłę i elegancję tego typu metod. Jest to, obok prezentacji samych treści poznawczych dotyczących fizyki drobin, duży walor kursu o charakterze ogólnokształcącym. Materiał dotyczący teorii grup wyłożony w pierwszym rozdziale książki nie zastąpi systematycznego kursu poświęconego tej dziedzinie (o czym Autor doskonale wie), ale konsekwentne stosowanie go w wielu sytuacjach i przykładach stwarza dobrą szansę do nabrania „wyczucia”, jak on funkcjonuje i do analizowania, do jakiego typu zagadnień jest przydatny.

Dużą zaletą książki jest, według mnie, styl prowadzenia wykładu. Przy zachowaniu niezbędnej ścisłości, tekst napisany jest ładnym i żywym językiem, a nawet z pewną potocznością stylu w mówieniu o technicznych przecież z natury rzeczy zagadnieniach. Można by wskazać różne szczegóły w redakcji tekstu, które – dodatkowo podkreślając czy ilustrując ważny moment wykładu – dobrze służą skupieniu uwagi czytelnika. Czytając tekst

odnosiłem niejednokrotnie wrażenie, że Autor uprzedza ewentualne wątpliwości czy pytania czytelnika i z góry na nie odpowiada. Niewątpliwie znajdują tu odbicie własne doświadczenia dydaktyczne Autora w nauczaniu przedmiotu, o którym pisze.

Z obowiązku recenzenta zwrócę uwagę na zauważone gdzieniegdzie w tekście niezbyt zręczne, nadto żargonowe moim zdaniem, sformułowania, takie jak: „ruch... nie skwantowany w swobodnej przestrzeni” (s. 52), „poziomy atomowe, z których zostały zbudowane orbitale molekularne” (s. 71), „natężenie przejścia” (s. 187), „wirtualny stan energetyczny, położony z dala od stanów rzeczywistych” (s. 198). Mogą one razić, nie sądzę jednak, aby czytane w kontekście prowadziły do nieporozumień – nie jest ich zresztą wiele. Przyjęte jest raczej używanie terminu czynnik, a nie współczynnik Francka–Condon (s. 188 i 206).

Silną stroną podręcznika są rysunki (jest ich ponad osiemdziesiąt w dwustustronicowej książce!); dobrze ilustrują tekst i są bardzo czytelne. W czytelny sposób zostały też zebrane i uwidocznione w tekście reguły wyboru (sygnalizuję błąd w (5.51): powinno być „asymetryczny”). Cały układ graficzny książki jest zresztą przejrzysty i estetyczny. Za mankament utrudniający lekturę uważam natomiast brak nagłówek tabel, z których w istotny sposób należy korzystać studiując odpowiednie partie tekstu; warto byłoby dopisać je w następnym wydaniu.

Można by oczywiście sporządzić listę zagadnień, o których w książce nie ma mowy lub mówi się skrótowo. Nie idąc zbyt daleko w kierunku wąskich specjalizacji, wystarczy porównać spisy treści wydanej przed dwoma laty oraz omawianej tu książki Hakena i Wolfa *Fizyka molekularna z elementami chemii kwantowej* (Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1998), aby zobaczyć różne możliwości rozszerzenia tematyki. Ale też książka Hakena i Wolfa ma o trzysta stron więcej! Tutaj Autor wyraźnie uprzedził, jaką książkę chce napisać i do jakiego czytelnika przede wszystkim ją adresuje – cel ten konsekwentnie i umiejętnie zrealizował, zamieścił też spis dostępnej w języku polskim literatury uzupełniającej. Dzięki temu otrzymaliśmy dobrze napisany, ładnie i starannie wydany, o dużych walorach dydaktycznych i „nie zniechęcającej” objętości podręcznik prezentujący podstawy fizyki cząsteczek, będący cennym uzupełnieniem niezbyt bogatej w języku polskim literatury poświęconej tej tematyce. Dostarcza on niewątpliwie zasadniczej wiedzy na temat kwantowej struktury cząsteczek, a zainteresowanym daje dobre podstawy do studiowania bardziej specjalistycznej czy oryginalnej literatury. Uważam tę książkę za bardzo udany podręcznik, z którego będą mogli z pożytkiem korzystać nie tylko studenci fizyki, ale i zainteresowani tą dziedziną studenci innych kierunków, wykładowcy czy wreszcie ci, którzy zechcą odświeżyć swą wiedzę na temat fizyki cząsteczek.

Jarosław Zaremba  
Instytut Fizyki UMK  
Toruń



## Nowe wartości stałych fizycznych (i nie tylko)

W sierpniowym numerze *Physics Today* z 2000 r. P.J. Mohr i B.N. Taylor przedstawiają zestaw rekomendowanych wartości stałych fizycznych, opracowany przez zespół pracowników amerykańskiego Państwowego Instytutu Wzorców i Techniki (National Institute of Standards and Technology, NIST), działający z upoważnienia międzynarodowego Komitetu Danych dla Nauki i Techniki (Committee on Data for Science and Technology, CODATA). Wartości stałych i przypisanych im niepewności standardowych uzyskano przez analizę ok. setki eksperymentów metrologicznych wykonanych do końca 1998 r. Nowe wartości ponad 300 stałych zastępują zestaw ogłoszony w 1986 r., czyli 14 lat wcześniej.

Jak należało się spodziewać, niepewności prawie wszystkich stałych zmniejszyły się, na ogół ponaddwukrotnie. Największy wzrost dokładności dotyczy stałej Rydberga (160 razy), gdyż w latach 90. udało się porównać częstości przejść w wodorze z częstotliwością wzorcowego zegara atomowego. Stała  $R_\infty = 10\,973\,731,568\,549(83) \text{ m}^{-1}$  (niepewność względna  $u_r = 7,6 \cdot 10^{-12}$ ) jest obecnie najdokładniej wyznaczoną stałą przyrody.

Wyjątkiem w tym optymistycznym obrazie jest stała grawitacji. Dotychczasowa wartość  $G$  została utrzymana, ale przypisaną jej niepewność zwiększono aż 12 razy ( $G = 6,673(10) \cdot 10^{-11} \text{ m}^3 \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-2}$ ). Wynika to stąd, że rezultaty nowego pomiaru, uznanego za wiarygodny, okazały się wyraźnie niezgodne z wartością  $G$  z 1986 r. Stała grawitacji pozostaje jedną z najmniej dokładnie znanych stałych fizycznych ( $u_r = 1,5 \cdot 10^{-3}$ ). Większą niepewność względną ma tylko kwadrat sinusa kąta Weinberga,  $\sin^2 \theta_W = 0,2224(19)$ . Wartość  $\sin^2 \theta_W$ , opisującą (wraz ze stałą sprzężenia Fermiego  $G_F$ ) oddziaływania elektro-słabe, uznać trzeba – na równi ze stałą grawitacji – za podstawową stałą fizyczną.

Wgląd w nazewnictwo użyte w artykule nasuwa dwa spostrzeżenia, w mojej opinii ważne dla nauczania fizyki w szkołach i na uczelniach. Zgodnie z Międzynarodową Normą Oceny Niepewności Pomiaru (por. artykuł H. Szydłowskiego w zesz. 2/00 *PF*) niepewność jest

konsekwentnie podawana z dokładnością dwu cyfr. Standardowa niepewność względna oznaczana jest symbolem  $u_r$ . Otóż *Przewodnik* z 1995 r. wprowadza symbol  $u(x)$  dla (bezwzględnej) niepewności wielkości  $x$ , a niepewność względna oznaczana jest ułamkiem  $u(x)/x$ . Niepewność względna jest jednak wielkością o dużym znaczeniu i osobny symbol jest potrzebny. Użycie oznaczeń  $u_r$  lub  $u_r(x)$  zostało wprowadzone w publikacjach NIST-u i należy przypuszczać, że przyjmie się w świecie (por. *The NIST Reference on Constants, Units and Uncertainty*, <http://physics.nist.gov/cuu>).

Jak wiadomo, przyjęcie obecnej definicji metra powoduje, że zarówno  $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ V} \cdot \text{s}/(\text{A} \cdot \text{m})$ , jak i  $\epsilon_0 = 8,854\,187\,817 \dots \cdot 10^{-12} \text{ F/m}$  są „bezbłędnymi” stałymi konwencjonalnymi. Autorzy raportu nazywają je „magnetic constant” i „electric constant” (stała magnetyczna i stała elektryczna). Zgodnie z decyzjami Międzynarodowej Organizacji Standardyzacji ISO (International Organization for Standardization) oraz Międzynarodowej Komisji Elektrotechnicznej IEC (International Electrotechnical Commission) są to obecnie podstawowe nazwy dla stałych  $\mu_0$  oraz  $\epsilon_0$ ; tradycyjne terminy „permeability of vacuum” (przenikalność magnetyczna próżni) i „permittivity of vacuum” (przenikalność elektryczna próżni) pozostają nazwami pomocniczymi (B.N. Taylor, informacja prywatna).

Nowe nazwy lepiej odzwierciedlają sens fizyczny wielkości  $\mu_0$  i  $\epsilon_0$ . Jak wiadomo, jedyną stałą fizyczną opisującą w ramach teorii Maxwella własności próżni jest prędkość światła  $c$ . Stałe  $\mu_0$  i  $\epsilon_0 = (\mu_0 c^2)^{-1}$  zostały wprowadzone do równań elektromagnetyzmu po to, by wartości większości jednostek elektrycznych, w szczególności wolta i ampera, były wygodne w użyciu.

W przyszłości CODATA planuje co 4 lata opracowywać zestaw rekomendowanych stałych fizycznych. Cały zestaw stałych i ich niepewności (wraz z macierzą współczynników kowariancji) jest dostępny w Internecie ([physics.nist.gov/constants](http://physics.nist.gov/constants)).

*Andrzej Zięba*

Wydział Fizyki i Techniki Jądrowej AGH  
Kraków

## PTF

### Informacje o podręcznikach

Z inicjatywy Zarządu Oddziału Warszawskiego PTF powstała strona internetowa [flow.fuw.edu.pl/fff](http://flow.fuw.edu.pl/fff), na której mogą być zamieszczane recenzje podręczników. Pomysł ten wysunął dr hab. Stanisław Głazek ([stglazek@fuw.edu.pl](mailto:stglazek@fuw.edu.pl)), a stroną techniczną zajął się mgr Jarosław Młynik.

Zamysłem autorów strony jest stworzenie możliwości wypowiedzenia się i opiniowania dostępnych na rynku wydawniczym podręczników fizyki. Powstało wiele firm wydawniczych, co spowodowało pojawienie się na rynku wielu różnorodnych podręczników. Ich użytkownicy, uczniowie i nauczyciele, w momencie zakupu często nie potrafią ocenić ich poprawności merytorycznej, walorów dydaktycznych i metodycznych. Dla ucznia i nauczyciela bardzo ważny jest dobór i układ treści, poprawność stosowanej terminologii oraz zakres zastosowań ze względu na zamieszczony materiał.

Na wspomnianej stronie internetowej zamieszczono już wiele tytułów, podając ich autorów oraz informacje o wydawnictwie. Gdyby na tej stronie zechcieli wypowiedzieć się pracownicy naukowcy, metodycy i doświadczeni nauczyciele, znakomicie ułatwiłoby to dobór najlepszych podręczników i naturalną eliminację podręczników słabych pod względem merytorycznym i dydaktycznym. Gorąco zachęcamy Państwa do zamieszczania swoich recenzji na stronie [flow.fuw.edu.pl/fff](http://flow.fuw.edu.pl/fff). Dodatkowe informacje można uzyskać pisząc na adres: [stglazek@fuw.edu.pl](mailto:stglazek@fuw.edu.pl).

*Aleksandra Mitosz*

### Nominacje profesorskie

Tytuł naukowy profesora nauk fizycznych nadany przez Prezydenta Rzeczypospolitej Polskiej otrzymali w dniu 25 maja 2001 r.: Janusz Andrzej Hołyst (PW), Wiesław Marian Macek (CBK PAN), Michał Matlak (UŚI), Andrzej Opanowicz (PŁ), Ryszard Piotr Poprawski (PW), Andrzej Wojciech Rutkowski (UW-M, Olsztyn), Krzysztof Piotr Rykaczewski (UW), Karina Agnieszka Weron (PW).

*Rzeczpospolita*, nr 121 (2001)

## FNP

W związku z wyrokiem Naczelnego Sądu Administracyjnego z lutego 2001 r., który zobowiązał Fundację na rzecz Nauki Polskiej do zapłacenia ok. 81,5 mln zł podatku, wskutek czego nastąpiło poważne uszczuplenie bazy finansowej Fundacji, a więc też obniżenie jej przewidywanych dochodów, Rada FNP postanowiła ograniczyć

wydatki na realizację zadań statutowych przewidzianych na bieżący rok.

Obniżono znacznie kwoty przyznane na programy o charakterze inwestycyjnym. Nie ulega natomiast zmianie plan wydatków na programy adresowane bezpośrednio do ludzi nauki (Nagrody FNP, programy stypendialne). Część wydatków programowych zostanie pokryta kosztem naruszenia funduszu podstawowego.

[www.fnp.org.pl](http://www.fnp.org.pl)

*B. W.*

### Medale Boltzmann

W czasie międzynarodowej konferencji fizyki statystycznej w Cancun w Meksyku zostały wręczone Medale Boltzmann przyznawane przez Międzynarodową Unię Fizyki Czystej i Stosowanej (IUPAP) za wybitne osiągnięcia w fizyce statystycznej. Otrzymali je: Berni Adler i Kyozi Kawasaki.

Adler, profesor emerytowany Uniwersytetu Kalifornijskiego i konsultant Instytutu Badań Komputerowych w Laboratorium im. Lawrence'a w Livermore, został uhonorowany za „wynalezienie metody symulacji kinetyki molekularnej i wykazanie, że za pomocą takich »doświadczeń komputerowych« można robić ważne odkrycia w dziedzinie mechaniki statystycznej, w szczególności dotyczące przemiany topnienie-kryształizacja twardych kul i długoczasowego zaniku funkcji autokorelacji w płynach”.

Kawasaki był profesorem nauk przyrodniczych i matematyki Uniwersytetu Chubu w Japonii, a obecnie pracuje w Los Alamos National Laboratory. Medal otrzymał za „wkład do zrozumienia zjawisk dynamicznych w układach materii skondensowanej, w szczególności teorii sprzężenia modów w cieczach w obszarze bliskim przejść krytycznych, oraz zjawisk nieliniowych (jak zjawiska krytyczne w płynach) i kinetyki rozdzielania faz”.

*Phys. Today* 54, nr 6 (2001)

*B. W.*

### Nagroda za epitaksję z wiązek molekularnych

Amerykańskie Towarzystwo Fizyczne przyznało Nagrodę McGroddy'ego Arthurowi C. Gossardowi za „ponad 25 lat istotnego i ciągłego wkładu do wiedzy i technologii epitaksji z wiązek molekularnych i za wzrost heterogenicznych struktur związków półprzewodnikowych, które umożliwiły zarówno zastosowania i budowę przyrządów, jak również zrozumienie fizyki struktur niskowymiarowych”.

Epitaksja z wiązek molekularnych (MBE) umożliwiła stworzenie nowych struktur półprzewodnikowych: super sieci, studni, drutów i kropek kwantowych.

*Industrial Physicist* 7, nr 1 (2001)

*B. W.*

## DataGrid

Unia Europejska przyznała ok. 10 mln euro zespołowi składającemu się z różnych organizacji badawczych na prace nad stworzeniem sieci danych (DataGrid) umożliwiającej wymianę danych przez Internet. Projekt został przedstawiony przez konsorcjum 21 instytucji prowadzących badania w różnych dziedzinach nauki – od fizyki wysokich energii i nauki o komputerach do meteorologii i biologii.

Patronem sterującym całością projektu jest CERN. Jednym z pierwszych zadań będzie uporządkowanie i udostępnienie olbrzymiej ilości danych, jakie będzie się uzyskiwać za pomocą Wielkiego Zderzacza Hadronów (LHC), który ma zacząć działać w 2005 r.

Od 2001 r. DataGrid będzie otrzymywał z Unii Europejskiej ok. 10 mln euro rocznie. Do finansowania projektu dołączy się też wiele instytucji z krajów członkowskich CERN-u. Dalsze informacje: [www.cern.ch/grid](http://www.cern.ch/grid).

*Nature* 409, nr 6818 (2001)

B. W.

## Przysięga Hipokratesa fizyków?

W czasie tegorocznego zebrania Amerykańskiego Stowarzyszenia na rzecz Postępu w Nauce (American Association for the Advancement of Science) odbyło się sympozjum, na którym rozważano i zaproponowano wprowadzenie przysięgi Hipokratesa (*primum non nocere*), jaką składają lekarze, również dla badaczy w dziedzinach nauk przyrodniczych i ścisłych.

Wnioskujący wprowadzenie takiej przysięgi uważają, że pomoże to w odzyskaniu przez naukowców zaufania społeczeństwa. Natomiast przeciwnicy tego projektu zwracają uwagę, że przysięga może ograniczyć pewne drogi nauki, które, być może, kiedyś okażą się pożyteczne. Zwracano też uwagę na trudność przewidzenia wyników badań oraz na problem, czy ktoś nie użyje ich na szkodę ludzkości.

Problem przysięgi jest również dyskutowany w Europie (głównie w związku z genetycznie modyfikowaną żywnością, ale nie tylko). Na przykład, Gérard Toulouse, dyrektor Zakładu Fizyki Teoretycznej w Ecole Normale Supérieure w Paryżu, powiedział, że przysięga Hipokratesa może wzmocnić poczucie odpowiedzialności naukowców wobec społeczeństwa.

*Nature* 409, nr 6823 (2001)

B. W.

## Zarobki amerykańskich fizyków w przemyśle rosną

Jak wynika z badań przeprowadzonych przez Amerykański Instytut Fizyki (AIP) zarobki fizyków pracujących w przemyśle wzrosły w roku 2000 w stosunku do lat poprzednich. Ankietowano członków 10 towarzystw należących do AIP i stwierdzono, że w 2000 r. średnie zarobki fizyków ze stopniem doktora wynosiły 90 200 USD, tj. o 7% więcej niż 2 lata wcześniej. Fizycy przemysłowi ze stop-

niem magistra zarabiali w 2000 r. średnio 79 500 USD, a z niższym stopniem naukowym – 71 000 USD.

Średnie zarobki fizyków pracujących w badawczych instytutach federalnych są wyższe i wynoszą 96 000 USD. Najwyższe średnie zarobki mają fizycy ze stopniem doktora pracujący w szpitalach i centrach medycznych – 100 000 USD.

*AIP Update*, nr 541 (2001)

B. W.

## Kłopoty z „naj”

W swoim liście zamieszczonym w styczniowym *Physics Today* (s. 72) H. Goldwhite zwraca uwagę, że Richard J. Weiss, redaktor książki o Carlu Davidzie Andersonie – odkrywcy pozytonu – popełnia błąd już w samym tytule (*The Discovery of Anti-Matter: The Autobiography of Carl David Anderson, the Youngest Man to Win the Nobel Prize*), pisząc, że jest on najmłodszym laureatem Nagrody Nobla. Rzeczywiście, nietrudno sprawdzić (patrz np. R.L. Weber, *Pioneers of Science: Nobel Prize Winners in Physics*, The Institute of Physics, Bristol 1980), że Anderson otrzymał tę Nagrodę (z fizyki) wspólnie z Victorem Hessem w roku 1936 mając 31 lat, podczas gdy W.L. Bragg został, wspólnie ze swoim ojcem W.H. Braggiem, laureatem (także z fizyki, za badania struktury kryształów za pomocą promieni X) w wieku 25 lat.

Jak często zatem bywa, użycie stopnia najwyższego okazało się ryzykowne i nic dziwnego, że na ogół wolimy zamiast „naj” pisać „jeden z naj”. A swoją drogą rekord Bragga juniora będzie trudno pobić, chyba że tym razem... wspólnie z utalentowanym dziadkiem.

A. S.

## Pamięci Chien Shiung Wu

Rząd chiński postanowił uczcić pamięć znakomitej fizyczki Chien Shiung Wu (1912–1997), która urodziła się w Chinach, studia fizyki niższego stopnia odbyła na Południowo-Wschodnim Uniwersytecie w Nanjing, potem wyemigrowała do Stanów Zjednoczonych, gdzie na Uniwersytecie Kalifornijskim uzyskała doktorat i od 1944 r. była profesorem na Uniwersytecie Columbia w Nowym Jorku. Wu swoimi doświadczeniami potwierdziła zaproponowaną przez Fermiego teorię rozpadu  $\beta$ , a w 1957 r. wykazała doświadczalnie niezachowanie parzystości (P) i naruszenie symetrii sprzężenia ładunkowego (C), co stanowiło doświadczalny dowód słuszności teorii Lee i Yanga. W latach sześćdziesiątych wykazała doświadczalnie, wraz ze swymi współpracownikami, symetrię między prądami słabymi i elektromagnetycznymi.

Na Uniwersytecie w Nanjing ma powstać Dom Pamięci C.S. Wu, który zaprojektuje znany w świecie architekt I.M. Pei. Mają tam być przechowywane pamiątki po pani Wu, m.in. oryginalna aparatura, która posłużyła do wykazania niezachowania parzystości. Otwarcie Domu nastąpi prawdopodobnie na wiosnę 2002 r.

*CERN Courier* 41, nr 2 (2001)

B. W.

### Zakusy na gal

W laboratorium SAGE (Soviet-American Gallium Experiment) w górach Kaukazu, gdzie prowadzi się badania neutrin słonecznych, znajduje się 60 ton galu służącego jako detektor (w oddziaływaniu neutrin z gallem powstaje promieniotwórczy german, którego ilość jest stosunkowo łatwo mierzyć). Gal jest jednym z najdroższych na świecie pierwiastków – jeden jego kilogram kosztuje ok. 500 USD. Parokrotnie próbowano już ukraść ten cenny materiał. Jeden z napadów opisaliśmy w Kronice 1/98.

Okazuje się, że poza zwykłymi rabusiami na cenny gal mają zakusy również instytucje państwowe i firmy przemysłowe. W lutym tego roku w SAGE pojawili się bez uprzedzenia chemicy z pewnej fabryki w towarzystwie policjantów, oskarżając pracujących tam naukowców, że sprzedają nielegalnie gal, będący własnością państwową; zażądali oni przeprowadzenia inwentaryzacji. Gal przechowywany jest w siedmionowych kadziach. Postawiono zarzut, że pojemniki mają podwójne dno, czyli objętość galu jest mniejsza niż znamionowa. Przez 10 dni mierzono pojemność kadzi; wreszcie stwierdzono, że nic nie brakuje i zostawiono tymczasem laboratorium w spokoju.

Przed czterema laty rząd wydał nakaz sprzedania galu. Dzięki ostrym protestom fizyków rosyjskich i zagranicznych zarządzenie cofnięto, jednak do części galu (ok. 7 ton) rości sobie pretensje prywatna firma chemiczna, która zapłaciła tylko 1/3 wartości rynkowej tej części materiału.

Oczywiście takie najazdy psują ciągłość pomiarów, a dyrektor SAGE Władimir Gawrin obawia się, że mogą się powtarzać. Pomiaru liczby neutrin i (po zbudowaniu detektorów z arsenku galu) ich energii są zaplanowane na cały cykl słoneczny 2006 r.

*Phys. Today* 54, nr 6 (2001)

B. W.

### Wystawa w Sztokholmie

W sztokholmskim Muzeum Noblowskim zostanie otwarta, w związku ze stuleciem przyznawania Nagród Nobla, wystawa „Cultures and Creativity”. Będą pokazane filmy i eksponaty interakcyjne mające ukazać inspiracje i działania, które doprowadziły uczonych do uzyskania Nagrody Nobla. Wśród 30 wybranych z różnych dziedzin laureatów są: Maria Skłodowska-Curie, Alexander Fleming, Erwin Schrödinger.

*Nature* 410, 6828 (2001)

B. W.

### Yvette Cauchois (1908 – 1999)

Yvette Cauchois, która wybitnie przyczyniła się do rozwoju rentgenowskiej spektroskopii i optyki, zmarła 19 listopada 1999 r. Była profesorem chemii fizycznej na Sorbonie i w latach 1953–78 dyrektorem Laboratorium Chemii Fizycznej Sorbony (obecnie Uniwersytetu Paryskiego VI).

Urodziła się 19 grudnia 1908 r. w Paryżu. Studiowała fizykę na Sorbonie. Po uzyskaniu niższego stopnia naukowego pracowała w laboratorium Jeana Perrina. W 1933 r. uzyskała doktorat na podstawie pracy, w której przedstawiła zasady zastosowania wygiętych kryształów do uzyskania, z dużą zdolnością rozdzielczą, transmisyjnych widm promieniowania rentgenowskiego. Nieco później udowodniła, że metodę wygiętego kryształu można też stosować do widm odbiciowych, nawet w zakresie miękkiego promieniowania rentgenowskiego. Spektrometry Cauchois – ta nazwa się ogólnie przyjęła – używane były w wielu krajach (również w Polsce, m.in. w Instytucie Fizyki Doświadczalnej UW) i umożliwiły rozwój spektroskopii X i  $\gamma$ . Cauchois była też pionierem obrazowania rentgenowskiego. W latach 40. wykonała pomiary poziomów energetycznych atomów pojedynczo i wielokrotnie zjonizowanych z powłok wewnętrznych, potwierdziła na drodze spektroskopowej istnienie ziem rzadkich i dała początek spektroskopii aktywnowców. W Europie zainicjowała wykorzystywanie źródeł promieniowania synchrotronowego – początkowo we Frascati, a później w Orsay. Interesowała się również pozaziemskimi źródłami promieniowania rentgenowskiego i we współpracy z astrofizykami uzyskała w 1970 r. obrazy rentgenowskie Słońca.

Była bardzo dobrym dydaktykiem; stworzyła nowoczesny program nauczania chemii fizycznej. Interesowała się młodzieżą i ludźmi niepełnosprawnymi. Lubiła sztukę, była dobrą pianistką. Była prezesem Francuskiego Towarzystwa Chemii Fizycznej. Była uhonorowana nagrodami i medalami przez Francuską Akademię Nauk, Francuskie Towarzystwo Fizyczne i Uniwersytet Paryski.

*Phys. Today* 54, nr 4 (2001)

B. W.

### Lochlainn O’Raifeartaigh (1933 – 2000)

Dnia 18 listopada 2000 r. zmarł w wieku 67 lat w Dublinie, po krótkiej chorobie, profesor tamtejszego Instytutu Studiów Zaawansowanych, wybitny irlandzki fizyk teoretyk, Lochlainn O’Raifeartaigh.

Urodzony w 1933 r. w Dublinie, studiował w tamtejszym University College. Uczęszczał na wykłady Erwina Schrödingera, który wówczas był dyrektorem Szkoły Fizyki Teoretycznej Dublińskiego Instytutu Studiów Zaawansowanych (DIAS). Gdy Schrödinger wrócił w 1956 r. do Wiednia, O’Raifeartaigh, po studiach ukończonych z wyróżnieniem, współpracował w wymienionym instytucie z Johnem Synge’em nad zagadnieniami ogólnej teorii względności.

W 1957 r. wyjechał do Zurychu, gdzie pod kierunkiem Waltera Heitlera pracował na tamtejszym uniwersytecie w dziedzinie kwantowej teorii pól. Tam też uzyskał w 1960 r. stopień doktora, po czym w roku 1961 wrócił do Dublina, gdzie został profesorem DIAS i członkiem Irish Royal Society.

O’Raifeartaigh specjalizował się w zastosowaniach teorii grup do fizyki, a w szczególności do fizyki cząstek elementarnych. Zimą 1963/64 r. spędził w Insty-

tucie Nauk Matematycznych w Madrasie (Indie), po czym w latach 1964–68 pracował na Uniwersytecie w Syrakuzach w stanie Nowy Jork oraz w Instytucie Studiów Zaawansowanych w Princeton. Tam dokonał ważnego odkrycia, znanego obecnie jako twierdzenie „no go” O’Raifeartaigha o nieistnieniu nietrywialnego połączenia symetrii wewnętrznych z symetrią relatywistyczną w kwantowej teorii pól, przy ograniczeniu się do formalizmu skończonego wymiarowych grup Liego. Jego praca ukazała się w *Physical Review* w 1965 r. jako jedna z pierwszych w tym kierunku, a cały nurt został zwieńczony pracą S. Coleman’a i J. Manduli z roku 1967. Prace te położyły kres poszukiwaniom modeli z zakresu teorii pola, które byłyby niezmiennicze względem grupy symetrii obejmującej grupę Poincarégo i grupę symetrii wewnętrznej, a przy tym dawałyby niezdegenerowane widmo mas cząstek elementarnych. Z drugiej strony, prace te przyczyniły się do życzliwego przyjęcia zaproponowanych kilka lat później śmiałych idei supersymetrii i superstrun.

W roku 1974, uczestnicząc w słynnej konferencji fizyki matematycznej w Warszawie, poprzedzającej cykl konferencji „MNP”, O’Raifeartaigh zapoznał się z ideą supersymetrii (w kuluarach konferencji dyskutowano historyczną pracę J. Wessa i B. Zumino, której preprint właśnie się ukazał). Wkrótce stało się jasne, że znaczenie supersymetrii dla modeli cząstek elementarnych zależy od istnienia mechanizmu spontanicznego jej naruszenia. P. Fayet i J. Iliopoulos znaleźli taki mechanizm, ale zakładał on obecność pola cechowania. W roku 1975 O’Raifeartaigh opublikował w *Nuclear Physics B* przełomową pracę, w której wykazał, że możliwe jest spontaniczne łamanie supersymetrii w modelach nie zawierających pól cechowania, jeśli wprowadzić kilka superpól skalarnych. Ten „mechanizm O’Raifeartaigha” omawiany jest w większości podręczników poświęconych supersymetrycznej teorii pól.

Na początku lat osiemdziesiątych O’Raifeartaigh zajął się badaniem monopoli magnetycznych ‘t Hoofta–Polyakova. Interesowały go szczególnie monopole o ładunku topologicznym większym niż jeden, które nie są sferyczne symetryczne. Później zajmował się wieloma aktualnymi zagadnieniami fizyki teoretycznej. Wymieńmy kilka z nich: modele Wessa–Zumino–Wittena–Nowikowa i ich związki z algebrami  $W$ ; efektywne lagranżjany Seiberga–Wittena; teoria pól konforemnych na dwuwymiarowej czasoprzestrzeni, w szczególności problem, czy symetria konforemna jest konsekwencją niezmienniczości względem skalowania; dualności w kwantowej teorii pól.

Wydał monografię *Group Structure of Gauge Theories* (Cambridge Univ. Press, 1991). Interesował się histo-

rią teorii pól cechowania. Jest autorem książki *Dawning of Gauge Theory* (Princeton Univ. Press, 1997), w której znakomicie przedstawił początki teorii pól cechowania. Rozwojowi tej teorii poświęcony jest też napisany z N. Straumannem artykuł zatytułowany „Gauge theory: Historical origins and some modern developments”, który ukazał się w styczniu 2000 r. w *Reviews of Modern Physics*. Jest to jedna z ostatnich jego publikacji.

W DIAS kierował pracą doktorantów i młodych pracowników naukowych. Liczbę jego współpracowników w latach pobytu w Dublinie szacuje się na ok. 60 osób. Był cenionym wykładowcą; zapraszano go często do udziału w szkołach fizyki teoretycznej i na wykłady w wielu uniwersytetach na świecie. Jeszcze w ostatnich trzech miesiącach życia, gdy nie przeczuwał śmiertelnej choroby, był zaproszony do Dubnej, do Minnesoty i na wykłady do Turcji.

Za zasługi naukowe przyznano mu w 1998 r. Nagrodę Humboldta, a w sierpniu 2000 r. Medal Wignera.



Lochlainn O’Raifeartaigh

Miał wielu przyjaciół, w tym także fizyków-teoretyków polskich. Swoją przyjaźnią darzył przez wiele lat, od czasu wspólnej pracy na Uniwersytecie Zurychskim, jednego z autorów niniejszego wspomnienia (B.Ś.). Jego przyjaciele pamiętają jego skromność, gotowość do niesienia pomocy, pogodę i poczucie humoru. Takim zostanie w pamięci licznych przyjaciół.

Henryk Arodź, Bronisław Średniawa

## Komisja ds. Edukacji Przyrodniczej\*

Pod koniec 1999 r., z inicjatywy Polskiego Towarzystwa Chemicznego, z udziałem Polskich Towarzystw: Biochemicznego, Fizycznego, Geograficznego i Przyrodników im. M. Kopernika, utworzona została Komisja ds. Edukacji Przyrodniczej. Był to kolejny krok w kierunku skoordynowania dotychczasowych działań tych Towarzystw w zakresie dotyczącym nauczania poszczególnych przedmiotów przyrodniczych, stanowiący kontynuację podjętej wcześniej współpracy w tym zakresie przez Polskie Towarzystwo Chemiczne i Polskie Towarzystwo Fizyczne w ramach Komisji ds. Reformy Edukacji. Decyzja o utworzeniu wspólnej Komisji ds. Edukacji Przyrodniczej była konsekwencją coraz powszechniej uświadamianego sobie w tych Towarzystwach przekonania, że aktualny stan edukacji przyrodniczej wymaga szybkich i zdecydowanych działań. Szczególnie uprawnione do takich działań, a jednocześnie zainteresowane ich pozytywnymi skutkami powinny bowiem być środowiska naukowe.

Przez wiele lat wymienione Towarzystwa, zwłaszcza dzięki aktywności funkcjonujących w ich ramach Sekcji Dydaktycznych, podejmowały szereg ważnych i przynoszących znaczące efekty inicjatyw. Jednakże w obecnej sytuacji zakres, a przede wszystkim skuteczność podejmowanych działań, będzie znacznie większa, jeśli będą one podejmowane wspólnie, przy wykorzystaniu olbrzymiego potencjału intelektualnego i organizacyjnego tych Towarzystw. Uzasadnione jest to zarówno tym, że problemy, jakie występują w nauczaniu poszczególnych przedmiotów przyrodniczych mają zbliżony charakter, ale przede wszystkim o wiele większym oddziaływaniu, jakie będzie miał wspólny głos środowisk reprezentowanych przez te Towarzystwa. Dodatkowym czynnikiem, przemawiającym za podjęciem współpracy, było pojawienie się w szkole podstawowej nowego przedmiotu „Przyroda”, którego właściwa realizacja wymaga ścisłego współdziałania zajmujących się sprawami edukacji specjalistów reprezentujących poszczególne dyscypliny przyrodnicze.

W skład Komisji ds. Edukacji Przyrodniczej wchodzi przedstawiciele ww. Towarzystw: pracownicy naukowci, dydaktycy przedmiotów przyrodniczych, doświadczeni nauczyciele, zainteresowani wspólnymi działaniami na rzecz podnoszenia poziomu kształcenia przyrodniczego w Polsce. W zależności od charakteru i zakresu podejmowanych działań w ramach Komisji do ich realizacji powoływane są zespoły robocze. W pracach Komisji do tej pory brali udział przedstawiciele Towarzystw:

— Biochemicznego: prof. dr hab. Jerzy Duszyński, prof. dr hab. Andrzej Jerzmanowski;

— Chemicznego: prof. dr hab. Krystyna Borecka, prof. dr hab. Hanna Gulińska, dr Ryszard M. Janiuk, dr Zofia Kluz, prof. dr hab. Jerzy Konarski, prof. dr hab. Marek T. Krygowski;

— Fizycznego: prof. dr hab. Ewa Dębowska, dr Jan Dunin-Borkowski, dr Zofia Gołąb-Meyer, dr Stanisław Jakubowicz, dr Leszek Ryk, mgr Nina Tomaszewska, dr Józefina Turło;

— Geograficznego: dr Michalina Lubelska, prof. dr hab. Florian Plit, dr Zbigniew Podgórski, dr Maria M. Wilczyńska-Wołoszyn;

— Przyrodników: dr Elwira Samonek-Miciuk, dr Aliana Stankiewicz, prof. dr hab. Wiesław Stawiński, dr Ilona Żeber-Dzikowska.

Pierwszym poważniejszym efektem działań Komisji było zorganizowanie w lutym 2000 r. sympozjum naukowo-dydaktycznego „Społeczne znaczenie wiedzy przyrodniczej”, którego cele obejmowały:

— przedyskutowanie aktualnych problemów dotyczących edukacji przyrodniczej w Polsce;

— wymianę doświadczeń w zakresie praktycznych aspektów kształcenia przyrodniczego;

— ustalenie głównych kierunków działań w kierunku poprawy stanu nauczania przedmiotów przyrodniczych.

W sympozjum tym wzięli udział przedstawiciele rozmaitych środowisk i instytucji, w tym przede wszystkim reprezentujący wymienione wyżej Towarzystwa Naukowe. W materiałach tego sympozjum, które niedługo zostaną wydane drukiem, oprócz prezentowanych na nim wystąpień, znajdzie się podsumowanie dyskusji dotyczącej najważniejszych problemów w edukacji przyrodniczej oraz sposobów ich rozwiązywania.

Ponadto na bieżąco w ramach Komisji podejmowane są prace wynikające z przeprowadzanej aktualnie w Polsce reformy systemu edukacji. W lipcu 2000 r. przygotowane zostało i przesłane do Ministerstwa Edukacji Narodowej wspólne „Stanowisko w sprawie podstaw programowych z przedmiotu przyrodniczych dla liceum profilowanego”. Sygnalizowano w nim między innymi konieczność lepszego powiązania podstaw dla poszczególnych przedmiotów, zarówno w obrębie jednego przedmiotu na kolejnych etapach kształcenia, jak i pomiędzy tymi przedmiotami.

Kolejnym zadaniem, którego realizacji podjęła się Komisja było opracowanie „Raportu o stanie dydaktyk przedmiotów przyrodniczych w Polsce”. Celem raportu, którego przygotowanie wspierane jest finansowo przez Ministerstwo Edukacji Narodowej, będzie przedstawienie:

— funkcji, jakie mogą i powinny być pełnione przez dydaktyki przedmiotów przyrodniczych;

— aktualnego stanu dydaktyk przedmiotów przyrodniczych w Polsce i na świecie;

— działań niezbędnych w celu stworzenia warunków umożliwiających realizację przez dydaktyki przedmiotów przyrodniczych przewidywanych funkcji.

Nie ulega bowiem wątpliwości, że właściwy poziom edukacji przyrodniczej zależy od ogólnej koncepcji

\*Informację tę, podaną w czasopiśmie Polskiego Towarzystwa Chemicznego *Orbital*, zesz. 2/2001, przedrukujemy za zgodą Autora i Redakcji (przyp. Red.).

kształcenia przyrodniczego, programów nauczania, podręczników, środków dydaktycznych, a przede wszystkim właściwego przygotowania nauczycieli, na co decydujący wpływ ma stan dydaktyk przedmiotowych, a konkretnie przygotowanie zawodowe, motywacje oraz perspektywy rozwoju zajmującej się tą problematyką kadry naukowo-dydaktycznej.

Możliwie pełna i rzetelna wiedza na ten temat aktualnej sytuacji dydaktyk przedmiotów przyrodniczych w Polsce powinna odnosić się w pierwszym rzędzie do:

- stanu kadrowego tych dydaktyk;
- warunków pracy dydaktycznej (kształcenie i doskonalenie nauczycieli) oraz naukowej;
- perspektyw rozwoju z uwzględnieniem takich czynników, jak: możliwości awansu naukowego, współpraca z oświatą itp.;
- porównanie ze stanem dydaktyk przedmiotów przyrodniczych w innych krajach;

Głównym adresatem raportu będzie Ministerstwo Edukacji Narodowej, gdyż z jednej strony powinno być ono najbardziej zainteresowane zawartymi w nim informacjami, z drugiej zaś strony, ma ono największe potencjalne możliwości podejmowania niezbędnych działań, które prawdopodobnie sugerowane będą w raporcie. Nie oznacza to oczywiście, że raportem nie będą zaintereso-

wane inne organizacje czy środowiska, gdyż w aktualnej sytuacji tylko skoordynowane działanie z wielu stron może przynieść spodziewane rezultaty.

W swoich planach Komisja ma jeszcze wiele innych działań, które mogą być podejmowane dzięki dużemu zaangażowaniu osób uczestniczących w jej pracach, doskonale znających problemy związane z nauczaniem przedmiotów przyrodniczych w naszym kraju. Rozważana jest między innymi konieczność podjęcia prac dzięki którym łatwiej będzie nauczycielom dokonać przemyślanego i korzystnego, z punktu widzenia ich uczniów, wyboru programów nauczania i podręczników. Jednym z bardziej długofalowych działań Komisji może być również pomoc w utworzeniu Centrum Edukacji Przyrodniczej, którego zadaniem będzie zbieranie i przekazywanie informacji związanych z aktualnymi problemami w zakresie nauczania przedmiotów przyrodniczych, jak również w perspektywie koordynacja działań na rzecz edukacji przyrodniczej podejmowanych na skalę ogólnopolską, bądź międzynarodową. Można mieć także nadzieję, że działalność Komisji wpłynie także na jeszcze silniejsze zainteresowanie sprawami edukacji środowisk naukowych związanych z poszczególnymi Towarzystwami.

*Ryszard M. Janiuk*

## **Do wszystkich przyrodników i ludzi zatroskanych przyszłością o poparcie zmian nauczania w gimnazjum**

W imieniu Komisji Polskiego Towarzystwa Fizycznego ds. Nauczania Fizyki w Szkołach zwracam się do wszystkich przyrodników, a więc fizyków, chemików, biologów i geografów, a także rodziców i polityków z prośbą o podjęcie wszystkich możliwych działań w celu zwiększenia liczby godzin nauczania każdego z przedmiotów przyrodniczych w gimnazjum przynajmniej do 2 godzin tygodniowo we wszystkich trzech klasach. Zwiększenie liczby godzin nauczania przedmiotów przyrodniczych może nastąpić bez zwiększenia liczby godzin nauczania kosztem godzin pozostawionych do dyspozycji dyrektora.

### **Uzasadnienie**

Liczba 4 godzin każdego z przedmiotów przyrodniczych realizowanych w ciągu trzech lat oznacza, że w dwóch klasach będą one nauczane w wymiarze jednej godziny tygodniowo, a w jednej klasie w wymiarze 2 godz. tygodniowo. Tak mała liczba godzin nie daje możliwości zrealizowania nawet najskromniejszego programu, a tym bardziej wykonywania czasochłonnych eksperymentów i pokazów.

Przedmiot, który jest nauczany w wymiarze jednej godziny tygodniowo nigdy nie był i nie będzie traktowany poważnie przez uczniów, przez nauczycieli innych przedmiotów, a zwłaszcza przez wychowawcę klasy i dyrektora szkoły.

Dla dobra szkoły i przedmiotu nauczanego nauczyciel winien być w pełni z nimi związany. Zatem wymiar godzin nauczanego przedmiotu i liczba równoległych klas powinny zapewnić zatrudnienie każdego z przyrodników w pełnym wymiarze w jednym gimnazjum. Pełen etat nauczyciela to 18 godzin tygodniowo. Stąd łatwo policzyć, że przy obowiązującym minimum tylko gimnazja, w których będzie po 4–5 równoległych oddziałów wypełnią etat nauczyciela (tzn. gimnazjum musi kształcić łącznie 450 uczniów). Przy zwiększeniu liczby godzin nauczania do 6, czyli do 2 godzin tygodniowo we wszystkich klasach, już gimnazja z trzema równoległymi oddziałami (ok. 270 uczniów) mogą zatrudnić na stałe po jednym przyrodniku.

Stan wprowadzony przez reformę wywoła szczególne nasilenie ujemnych następstw w utrzymaniu pracowni szkolnych (fizyka, biologia, chemia, geografia), w których nie będzie zatrudnionego na stałe, w pełnym wymiarze godzin nauczyciela danej dyscypliny przyrodniczej, a więc dotyczy to małych szkół, zwłaszcza w niewielkich miejscowościach. Stan taki musi doprowadzić do jeszcze większego zróżnicowania poziomu nauczania.

### **Komentarz**

Zwróćmy uwagę na fakt, że to rozwój nauk przyrodniczych doprowadził do powstania cywilizacji technicz-

nej, bez której nie potrafimy żyć. Jak wyobrazić sobie życie bez elektryczności, środków transportu, nowoczesnych środków przekazu informacji czy produktów chemicznych? To nauki przyrodnicze tłumaczą świat, w którym żyjemy, i zjawiska przyrodnicze zachodzące wokół nas. Wśród nauk przyrodniczych szczególną rolę pełni fizyka, której epokowe odkrycia z reguły prowadzą do powstania nowych gałęzi techniki i pozwalają zrozumieć podstawy innych dziedzin nauki, np. chemii czy geologii. Odkrycia naukowe i metody badań fizycznych są wdrażane w medycynie, biologii czy archeologii, a w filozofii stanowią kryterium prawdy. Nauczanie fizyki ma również duże znaczenie dla rozwoju człowieka, a szczególnie wyobraźni. Na przykład zrozumienie budowy materii, kosmologii czy teorii kwantowej wymaga bardzo znacznego poszerzenia wyobraźni zwięzanej obrazem podawanym w gotowej postaci we wszechobecnej telewizji. Dobrze nauczana fizyka wzbogaca również poczucie piękna, ukazując nie tylko piękno świata widzianego oczyma, lecz również piękno wewnętrznej harmonii praw tym światem rządzących.

Braki w dziedzinie wykształcenia przyrodniczego, a zwłaszcza fizycznego na poziomie gimnazjum, a więc przed podjęciem specjalizacji w liceum, prowadzą do ujemnych skutków, których doświadczyło już dawno szkolnictwo niektórych krajów zachodnich. Wśród tych ujemnych skutków wymienię dwa: pogłębienie podziału zainteresowań dziewcząt i chłopców oraz brak zrozumienia świata, w tym techniki.

Pogłębienie wspomnianego podziału zainteresowań wynika stąd, że dziewczęta z reguły rezygnują z głębszego poznania matematyki i fizyki. Zamyka im to dostęp do wielu dziedzin nauki i wielu zawodów technicznych. W celu przezwyciężenia tych ujemnych skutków od wielu lat w krajach zachodnich organizuje się konferencje GASAT (Gender and Science and Technology). Pozytywnym skutkiem tych konferencji jest jedynie zwrócenie uwagi na konieczność doboru bardziej atrakcyjnych metod nauczania.

Brak zrozumienia świata, w tym również techniki, ujawnia się w braku kultury technicznej i niewłaściwych

postawach wobec techniki, środowiska itp. W celu przezwyciężenia tej trudności w niektórych krajach wprowadzono nowy przedmiot nauczania – technikę. Również u nas zamieniono zajęcia praktyczne na nauczanie techniki. Przedmiot „technika” o ambitnym programie obejmuje olbrzymią wiedzę niezbędną w różnych zawodach, a faktyczne „zajęcia praktyczne” stanowią mały fragment. W programie tego przedmiotu każdy uczeń może spotkać fragment użyteczny dla siebie, ale musi uczyć się całości. Nauczanie takie, bez zgłębiania podstaw fizycznych, obciąża pamięć, a w małym stopniu prowadzi do zrozumienia tajemnic otaczającego nas świata.

Stanowisko Komisji na pewno spotka się z zarzutami. Spodziewamy się zarzutu, że na ocenę reformy jeszcze czas, jeszcze nie została w pełni wdrożona. Na taki zarzut możemy odpowiedzieć pytaniem. Czy człowieka idącego w górach w kierunku urwiska należy ostrzegać, nim wpadnie w przepaść? Czy po fakcie?

Innym argumentem obrony stanu po reformie jest nadzieja, że dyrektor szkoły ma do dyspozycji wiele godzin, które rozdysponuje najrozsądniej z pożytkiem dla uczniów i nie zapomni o naukach przyrodniczych. Na pewno są dyrektorzy, którzy rozumieją potrzebę harmonijnego rozwoju człowieka. Ale są i tacy, miejmy nadzieję, że nieliczni, którzy idąc po linii najmniejszego oporu lub ze względu na zaistniałą sytuację kadrową przydzielą wszystkie godziny na nauczanie języka obcego lub oddadzą je nauczycielom, którzy już są zatrudnieni w szkole itp.

Będzie prawdopodobnie wysuwany postulat, by nauczyciele uczyli dwóch przedmiotów, a nie tylko jednego. Tak istotnie jest w niektórych krajach. Może w przyszłości i u nas tak będzie, ale na razie nasze uczelnie kształcą w większości nauczycieli jednego przedmiotu. Ponadto zwróćmy uwagę na to, że nauczyciel dwóch przedmiotów przyrodniczych musiałby prowadzić dwie pracownie, np. fizyczną i biologiczną. Czy podoba takim obowiązkom?

*Henryk Szydłowski*

Przewodniczący Komisji



# KALENDARZ IMPREZ

Informacje podajemy w następującej kolejności: data i miejsce imprezy, nazwa, instytucje organizujące, nazwisko osoby, która może udzielić bliższych informacji, Z – termin nadsyłania zgłoszeń, A – termin nadsyłania streszczeń, P – przewidziane wydanie materiałów, U – liczba uczestników, O – wysokość opłaty konferencyjnej, język (jeśli inny niż polski).

## 2001

2 – 7 września 2001, Zakopane

### **IUTAM Symposium on Tubes, Sheets and Singularities in Fluid Dynamics**

Wydz. Fizyki UW; dr Konrad Bajer, Inst. Geofizyki UW, tel.: (22) 8226013, fax: (22) 8222387, adr.el.: IUTAM@igf.fuw.edu.pl.

5 – 7 września 2001, Gliwice

### **IV Krajowa Konferencja „Podstawy Fizyczne Badań Nieniszczących”**

Oddz. Gliwicki Polskiego Tow. Fizycznego i Inst. Fizyki Politechniki Śląskiej; dr Jerzy Bodzenta, IF PŚI, Krzywoustego 2, 44-100 Gliwice, tel.: (32) 2372932, adr.el.: bodzenta@zeus.polsl.gliwice.pl.

Z: 30.5.01, A: 15.6.01, P.

10 – 13 września 2001, Ustroń

### **II Int. Seminar on Semiconductor Surface Passivation – SSP 2001**

Zakład Mikroelektroniki Inst. Fizyki PŚI; dr hab. Jacek Szuber, ZM IF PŚI, Krzywoustego 2, 44-100 Gliwice, tel.: (32) 2372057, fax: (32) 2372216, adr.el.: szuber@zeus.polsl.gliwice.pl, Internet: zeus.polsl.gliwice.pl/zm/ssp'2001.

A: 31.5.2001, P, U: 75, O: 300 USD, ang.

11 – 14 września 2001, Polanica Zdrój

### **XLVIII Otwarte Seminarium z Akustyki, OSA 2001**

Oddz. Wrocławski Polskiego Tow. Akustycznego, Inst. Telekomunikacji i Akustyki Pol. Wrocławskiej i Komitet Akustyki PAN; dr inż. Krzysztof Opieliński, ITiA PWR, Wybrzeże Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław, tel.: (71) 3203028, adr.el.: osa2001@zakus.ita.pwr.wroc.pl, Internet: zakus.ita.pwr.wroc.pl/pta/osa2001.

Z: 31.1.01, A: 12.5.01, P.

17 – 20 września 2001, Toruń

### **XXXVI Zjazd Fizyków Polskich**

Oddział Toruński PTF; prof. A. Bielski, IF UMK, Grudziądzka 5/7, 87-100 Toruń, adr.el.: ptf@phys.uni.torun.pl, Internet: www.phys.uni.torun.pl/~ptf.

19 – 21 września 2001, Warszawa

### **Int. Symposium: Plasma 2001 – Research and Applications of Plasma**

Inst. Fizyki Plazmy i Laserowej Mikrosyntezy; 00-908 Warszawa 49, skr.poczt. 49, tel.: (22) 6381460, fax: (22) 6668372, adr.el.: plasma2001@ifpilm.waw.pl.

P, U: 150, O: 250 USD, ang.

20 – 22 września 2001, Kraków

### **X Int. Symposium on Electromagnetic Field in Electrical Engineering**

Instytut Elektrotechniki; prof. Andrzej Krawczyk, IE, Pożaryskiego 28, 04-703 Warszawa, tel.: (22) 8123050, fax: (22) 6157535, adr.el.: krawczyk@iel.waw.pl.

23 – 29 września 2001, Jaszowiec

### **IV Int. School and Symposium on Physics in Material Science. Nanomaterials and nanostructures – fabrication, properties, physical models**

Inst. Energii Atomowej i Wyd. Inżynierii Materiałowej PW; prof. Andrzej Czachor, IEA, 05-400 Świerk-Otwock, tel.: (22) 7180060, adr.el.: e08@cyf.gov.pl oraz dr Katarzyna Konołka, WIM PW, Wołoska 141, 02-507 Warszawa, tel.: (22) 60608441, adr.el.: kako@inmat.pw.edu.pl.

U: 100, O: ok. 270 USD, ang.

## 2002

6 – 15 lutego 2002, Łądek Zdrój

### **38 Zimowa Szkoła Fizyki Teoretycznej: „Półgrupy dynamiczne: dysypacja, chaos i kwanty”**

Inst. Fizyki Teoretycznej UW i Inst. Fizyki WSP Zielona Góra; dr hab. Robert Olkiewicz, IFT UW, pl. Maksa Borna 9, 50-204 Wrocław, adr.el.: karp38@ift.uni.wroc.pl; Internet: www.ift.uni.wroc.pl/karp38.

A: 15.01.2002, U: 90, P, O: 1700 zł, ang.

## NOWE KSIĄŻKI

- R.P. Feynman, R.B. Leighton, M. Sands, *Feynmana wykłady z fizyki, tom 1.1 – mechanika, szczególna teoria względności*, z jęz. angielskiego tłum. Ryszard Gajewski, Zofia Królikowska, Marek Grynberg, Teresa Butler; PWN, Warszawa 2001, wyd. IV, s. 414.
- R.P. Feynman, R.B. Leighton, M. Sands, *Feynmana wykłady z fizyki, tom 1.2 – optyka, termodynamika, fale*, z jęz. angielskiego tłum. Andrzej Jurewicz, Marek Grynberg, Mirosław Kozłowski, Teresa Butler; PWN, Warszawa 2001, wyd. IV, s. 432.
- R.P. Feynman, R.B. Leighton, M. Sands, *Feynmana wykłady z fizyki, tom 2.1 – elektryczność i magnetyzm, elektrodynamika*, z jęz. angielskiego tłum. Stanisław Bażański, Barbara Wojtowicz-Natanson, Grzegorz Białkowski, Zofia Białynicka-Birula; PWN, Warszawa 2001, wyd. IV, s. 422.
- R.P. Feynman, R.B. Leighton, M. Sands, *Feynmana wykłady z fizyki, tom 2.2 – elektrodynamika, fizyka ośrodków ciągłych*, z jęz. angielskiego tłum. Andrzej Lenda, Stanisław Bażański, Zofia Białynicka-Birula; PWN, Warszawa 2001, wyd. III, s. 451.
- R.P. Feynman, R.B. Leighton, M. Sands, *Feynmana wykłady z fizyki, tom 3 – mechanika kwantowa*, z jęz. angielskiego tłum. Andrzej Pindor, Waldemar Gorzkowski, Andrzej Szymacha; PWN, Warszawa 2001, wyd. III, s. 465.
- *Komputerowe modelowanie dynamicznych oddziaływań ciał metodą punktów swobodnych*, praca zbiorowa pod red. Karola Jacha; PWN, Warszawa 2001, s. 264 + 31 rys.
- David J. Griffiths, *Podstawy elektrodynamiki*, z jęz. angielskiego tłum. Zygmunt Ajduk, Piotr Rączka, Krzysztof Rejmer; PWN, Warszawa 2001, s. 604, cena 44 zł.
- Z. Bojarski, M. Gigla, S. Stróż, M. Surowiec, *Krystalografia – podręcznik wspomagany komputerowo*, wyd. II, PWN, Warszawa 2001, s. 445.
- Antoni Śliwiński, *Ultradźwięki i ich zastosowania*, wyd. II zmienione, WNT, Warszawa 2001, s. 426, cena 59 zł.
- Fred Hoyle, *Mój dom kędy wieją wiatry – stronice z życia kosmologa*, z jęz. angielskiego tłum. Marek Krośniak; Prószyński i S-ka, Warszawa 2001, s. 478, cena 45 zł.

### Sprostowanie

W związku z artykułem „W parze z odwagą winien iść rozsądek – Rozmowa z Janem Łopuszańskim” (*Postępy Fizyki* 52, 15 (2001)) chciałybyśmy sprostować moją wypowiedź tam zamieszczoną.

Profesor Roman S. Ingarden nie był zaproszony do Rochester przez firmę Eastman-Kodak (s. 22), ale przez profesora Emila Wolfa (Instytut Fizyki i Astronomii Uniwersytetu Rochesterskiego), znanego matematyka i fizyka, pracującego zarówno w optyce technicznej, jak i matematycznej optyce geometrycznej i falowej. Wśród

słuchaczy wykładów prof. Ingardena w Rochester byli również pracownicy firmy Eastman-Kodak.

W moim wywiadzie zapomniałem o ważnej sprawie. Otóż prof. Ingarden był inspiratorem kierunku fizyki statystycznej i niskich temperatur w naszym ośrodku (zarówno na Uniwersytecie, jak i w Instytucie Niskich Temperatur PAN). Jemu w dużej mierze zawdzięcza wrocławski ośrodek rozwój tych dyscyplin.

Na s. 18 chodzi oczywiście o koncert fortepianowy e-moll, a nie f-moll Chopina.

Jan Łopuszański

---

---

## WARUNKI PRENUMERATY

---

---

Cena prenumeraty krajowej w 2001 r. wynosi 30,00 zł za pół roku, 60,00 zł za rok. Prenumeratę można zamówić za pośrednictwem:

### I. RUCH-u

1. Wpłaty na prenumeratę przyjmują jednostki kolportażowe „RUCH” S.A. właściwe dla miejsca zamieszkania lub siedziby prenumeratora.
2. Cena prenumeraty ze zleceniem dostawy za granicę: cena prenumeraty krajowej + rzeczywiste koszty wysyłki. Wpłaty przyjmuje „RUCH” S.A. Oddział Krajowej Dystrybucji Prasy na konto: PEKAO SA IV O/Warszawa nr 12401053-40060347-2700-401112-001 lub w kasie Oddziału (Warszawa, ul. Jana Kazimierza 31/33). Zlecenia na prenumeratę dewizową, przyjmowane od osób zamieszkałych za granicą, realizowane są od dowolnego numeru.
3. Terminy przyjmowania wpłat na prenumeratę krajową i zagraniczną: do 5 grudnia – na I półrocze roku następnego, do 5 czerwca – na II półrocze roku bieżącego.

### II. ZARZĄDU GŁÓWNEGO PTF

Prenumeratę można także zamówić w Zarządzie Głównym PTF, drogą wpłaty na konto ZG PTF w PKO BP IX O/Warszawa nr 10201097-335245-270-1-111 lub w Biurze Zarządu Głównego PTF. Dostawa *Postępów Fizyki* następuje drogą pocztową na wskazany adres.

### III. ODDZIAŁÓW PTF

Prenumeratę można zamówić również w oddziale PTF. Członkowie PTF, którzy opłacają prenumeratę w oddziałach PTF na cały rok, otrzymują 40% zniżki. Taka sama zniżka (40%) przysługuje studentom. Dostawa *Postępów Fizyki* odbywa się za pośrednictwem oddziału PTF.

---

---

## INFORMACJE DLA AUTORÓW

---

---

Komitet Redakcyjny prosi autorów o opracowywanie materiałów przeznaczonych do druku w *Postęпах Fizyki* zgodnie z podanymi niżej wytycznymi:

1. Artykuły powinny mieć charakter przeglądowy i być przystępne dla ogółu fizyków. Bardziej szczegółowe wskazówki co do ich charakteru przedstawione są w *Postęпах Fizyki* **24**, 701 (1973); **33**, 299 (1982). O przyjęciu pracy do druku decyduje Komitet Redakcyjny.
2. Maszynopisy pracy należy nadsyłać pod adresem: Redakcja *Postępów Fizyki*, ul. Hoża 69, 00-681 Warszawa. W liście towarzyszącym prosimy podać dokładny adres (również komputerowy) do dalszej korespondencji.
3. Maszynopis winien być napisany **na arkuszach formatu A4 jednostronnie, z podwójną interlinią** (nie więcej niż 30 wierszy na stronie) i marginesem 3,5 cm z lewej strony.
4. Rysunki należy wykonać starannie na oddzielnych arkuszach. Napisy, ograniczone do minimum, winny być czytelne i tylko w języku polskim. Na odwrocie rysunku należy podać jego numer, nazwisko autora i pierwsze wyrazy tytułu pracy. Podpisy do rysunków, tabele (z ich tytułami) i spis literatury winny być napisane na oddzielnych stronach.
5. Układ strony tytułowej (tytuł polski, angielski, streszczenie angielskie, . . .), tekstu, odnośników literaturowych itd. powinien odpowiadać formie przyjętej w *Postęпах Fizyki* (patrz artykuły np. w tym numerze).
6. Aby skrócić cykl wydawniczy, prosimy autorów przygotowujących swe artykuły na komputerach o nadsyłanie, wraz z maszynopisami, **plików**, zawierających **teksty artykułów** oraz **rysunki**, pocztą elektroniczną (nasz adres: [postepy@fuw.edu.pl](mailto:postepy@fuw.edu.pl)) lub na dyskietkach.
7. Autora obowiązuje wykonanie korekty autorskiej.
8. Maszynopisów prac nie zamówionych i nie zakwalifikowanych do druku Redakcja nie zwraca.

---

**POSTĘPY FIZYKI (ADVANCES IN PHYSICS)**, founded in 1949, is published bimonthly in Polish with abstracts in English by the Polish Physical Society with a support of the Polish State Research Committee (KBN) and the Physics Faculty of the Warsaw University.

### 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.

---

## SPIS TREŚCI

## CONTENTS

W. Królikowski – Masy neutrin .....	169	W. Królikowski – Neutrino masses .....	169
<b>RÓŻNE</b>		<b>MISCELLANEA</b>	
J. Witczak – Filozofia przyrody w roku 1000 ..	177	J. Witczak – Natural philosophy in the year 1000 .....	177
A. Sobiczewski – Centralna Komisja ds. Tytułu Naukowego i Stopni Naukowych .....	184	A. Sobiczewski – Central Commission for Scien- tific Title and Scientific Degrees .....	184
<b>WSPOMNIENIA – ROCZNICE</b>		<b>RECOLLECTIONS – ANNIVERSARIES</b>	
A. Mycielski – Witold Giriat (1926 – 2001) ...	192	A. Mycielski – Witold Giriat (1926 – 2001) ...	192
<b>NAUCZANIE FIZYKI</b>		<b>PHYSICS TEACHING</b>	
D. Goodstein – Nadchodzi rewolucja w nauczaniu fizyki .....	195	D. Goodstein – The coming revolution in physics education .....	195
<b>NOWOŚCI NAUKOWE</b>		<b>SCIENTIFIC NEWS</b>	
K.I. Wysokiński – Nadprzewodnictwo – niespo- dziewane odkrycia .....	198	K.I. Wysokiński – Superconductivity – surprising discoveries .....	198
<b>ZE ZJAZDÓW I KONFERENCJI</b> .....	207	<b>MEETINGS AND CONFERENCES</b> .....	207
<b>RECENZJE</b> .....	209	<b>REVIEWS</b> .....	209
<b>LISTY DO REDAKCJI</b> .....	215	<b>LETTERS TO THE EDITOR</b> .....	215
<b>KRONIKA</b> .....	216	<b>CHRONICLE</b> .....	216

## WKRÓTCE

- *Janusz A. Zakrzewski o projekcie TESLA w DESY*
- *Paweł i Józef Koreccy o holografii gamma*
- *Iwo Białynicki-Birula o mechanice kwantowej wczoraj, dziś i jutro*
- *Jerzy J. Wystocki o współczesnych magnesach i występujących w nich mechanizmach koercji*
- *Wykłady noblowskie 2000*